

УДК 58.056:630*561

Климатогенная реакция деревьев сосны на юге Томской области

Светлана А. Николаева*, Дмитрий А. Савчук
Институт мониторинга климатических
и экологических систем СО РАН
634055 Россия, Томск, пр. Академический, 10/3¹

Received 26.11.2008, received in revised form 3.12.2008, accepted 10.12.2008

*Изучено влияние температуры и осадков на радиальный прирост деревьев сосны (*Pinus sylvestris* L.) в суходольных сосняках юга Томской области. При среднемноголетнем распределении осадков по сезонам года наибольшая ширина годичного кольца формируется при более низких температурах вегетационного периода и более высоких температурах зимы и весны и большем количестве осадков лета (в основном июня) текущего гидрологического года. В период малоснежных зим усиливается положительная роль выпадающих весной и летом осадков (апрель-июль) в формировании кольца ксилемы и отрицательная роль осадков декабря-января текущего гидрологического года. В целом за столетний период (1900-2000 гг.) радиальный прирост деревьев сосны обыкновенной значимо зависит от температур апреля и сентября и осадков июня во всех обследованных суходольных сосняках и хорошо объясняется сезонными особенностями ее физиологической и ростовой активности и сезонными изменениями почвенного климата на юге Западно-Сибирской равнины.*

Ключевые слова: радиальный рост, температура, осадки, сосна обыкновенная.

Введение

Скорость роста дерева обусловлена влиянием множества факторов, среди которых климатические факторы нередко являются определяющими. Территория юга Томской области в целом оптимальна для произрастания хвойных видов. В местообитаниях с оптимальными условиями почвенного увлажнения отсутствуют постоянно действующие лимитирующие рост деревьев факторы по сравнению с пессимальными местообитаниями на границах географического и экологического ареалов древесных видов. В то же время предыдущими исследованиями установлено

(Глебов, Литвиненко, 1976; Несветайло, 1987; Паршина, Несветайло, 1996; Велисевич, Козлов, 2006; Николаева и др., 2006; Волкова и др., 2007), что в сообществах автоморфных местообитаний на юге Томской области температура и осадки могут влиять на радиальный прирост изученных хвойных видов (кедр, сосна, пихта, лиственница).

Суммарная величина прироста дерева определяется в основном темпом и длительностью процесса роста. Самая общая закономерность продолжительности и энергии роста деревьев от погодных условий года следующая: в первую половину вегетацион-

* Corresponding author E-mail address: sanikoll1@rambler.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

ного периода, когда в почве еще достаточны запасы влаги, величина прироста зависит от суммы положительных температур, а во вторую половину вегетации, когда воды в почве становится мало, – от выпадающих осадков (Тимофеев, 1972; Антонова, 1999). В суходольных сообществах юга Томской области связи ширины кольца хвойных видов (кедр, сосна, пихта, лиственница) с осадками вегетационного сезона (или отдельных месяцев вегетации), как правило, положительные, а с температурами – отрицательные (Глебов, Литвиненко, 1976; Несветаило, 1987; Паршина, Несветаило, 1996; Велисевич, Козлов, 2006; Николаева и др., 2006; Волкова и др., 2007). Связи климатических факторов «зимнего» периода с приростом деревьев в Томской области не изучались. Исследования в других районах страны показали, что связи прироста хвойных видов с температурами «зимнего» периода либо не выявляются, либо отрицательные (Смоляк и др., 1986; Краснобаева, Митяшкина, 2006). Аналогично связи с «зимними» осадками либо отрицательные, либо отсутствуют (Битвинская, 1974; Ваганов и др., 1996; Велисевич, Козлов, 2006).

Сосновые леса широко распространены на территории Западной Сибири. В Томской области их доля составляет 31,8% от общей площади лесов. Они объекты первоочередного хозяйствования, поэтому их типология, строение и структура древостоев достаточно хорошо исследованы (Верхунов, 1976; Габеев, 1990; Паневин, 2006 и др.). Реакция сосны на изменения погодных условий на юге Западно-Сибирской равнины изучена не в полной мере и касается в основном заболоченных местообитаний (Глебов, Литвиненко, 1976; Ваганов, Качаев, 1992). Поэтому задача настоящей работы – провести анализ влияния климатических факторов (температуры и

осадков) на радиальный прирост деревьев сосны обыкновенной суходольных местообитаний в области оптимума их произрастания на юге Западно-Сибирской равнины (в пределах Томской области).

Район, объекты и методы исследования

Район исследования – Обь-Томское междуречье и правобережье р. Томи. Среднегодовая температура воздуха, по данным метеостанции Томск, составляет минус 0,6 °С, среднемесячная температура воздуха июля (самый теплый месяц года в 89 % случаев) – 18,1 °С, января (самый холодный месяц года в 51 %) – минус 19,2 °С (рис. 1). Безморозный период длится 114 (89-139) дней. Летом и в переходные сезоны возможны заморозки на почве и в воздухе. Средняя дата последнего весеннего заморозка в воздухе – 20-25 мая, заморозки на почве прекращаются на 6-12 дней позже. Осенью первые заморозки на почве появляются в первой половине сентября, в воздухе – на 6-11 дней позже. Глубина промерзания почвы наибольшая (в среднем 70 см) в фазу «снеготаяния» и увеличивается с уменьшением высоты снежного покрова. По годовому количеству осадков район относится к зоне избыточного увлажнения – 517 (от 301 до 865) мм. Больше количество осадков выпадает в теплую половину года, из них 38-42 % от всех осадков теплого периода приходится на июль и август. Устойчивый снежный покров появляется 30-31 октября, разрушается 18-22 апреля и удерживается 176-182 дня. Высота снежного покрова под пологом леса составляет в среднем 60-80 см, а запас воды в снеге – 150-170 мм (Рутковская, 1979, 1984; География..., 1986).

Объекты исследования – суходольные сосняки, произрастающие в пределах 30-километровой зоны г. Томска. В рельефе они располагаются либо на гривах ложбин

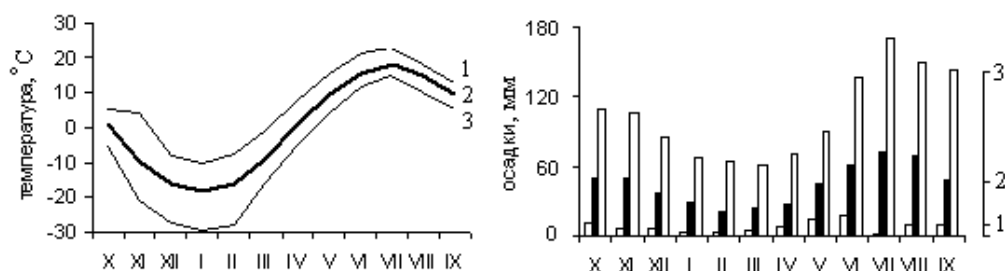


Рис. 1. Динамика среднемесячной температуры и суммы осадков по метеостанции Томск: 1 – максимальное, 2 – среднее, 3 – минимальное значение параметра

стока, перекрытых с поверхности супесями и легкими суглинками, либо на вторых террасах рр. Оби и Томи, сложенных песчаными и супесчаными породами. Почвы – подзолы иллювиально-железистые в первом случае и светло-серые и серые, часто глееватые – во втором. В автоморфных почвах гидрологические условия местоположений стабильно связаны с атмосферным типом водного питания. В подзолах формируется устойчивый горизонт иссушения ниже 70 см практически в течение всего периода вегетации, что свидетельствует об отсутствии связи с нижележащими водоносными горизонтами (Дюкарев и др., 2002).

Суходольные сосняки как объекты первоочередного хозяйствования имеют давнюю историю освоения и испытывают разнообразные антропогенные воздействия (рубки, пожары и т.п.), особенно усилившиеся в XX в. В результате их интенсивной эксплуатации значительная площадь сосняков представлена молодыми, возникшими на вырубках лесами (Верхунов, 1976; Габеев, 1990; Паневин, 2006). Поэтому возраст большей части обследованных сосняков меньше ста лет. Для анализа влияния климатических параметров на прирост деревьев подобрано 8 пробных площадей (ПП), возраст деревьев на которых более 100 лет (табл. 1). Они представлены одновозрастными (140-150 лет) и разновозрастными древостоями, состоящими из двух

поколений деревьев (130-155 и 75-80 лет соответственно).

На пробных площадях у 15-30 деревьев сосны были взяты керны по двум радиусам в нижней части ствола. На них измерена ширина годичных колец с помощью полуавтоматической установки LINTAB с точностью 0,01 мм. Полученные индивидуальные ряды прироста перекрестно датировались, усреднялись в хронологии и стандартизировались (Methods..., 1990) с помощью пакета дендрохронологических программ DPL, разработанного в Лаборатории изучения годичных колец Аризонского университета (США). В работе использовались остаточные хронологии прироста.

Влияние климатических показателей на радиальный рост деревьев оценивалось по средним и господствующим деревьям. Брали среднемесячные температуру воздуха и сумму осадков по данным метеостанции Томск. При этом за гидрологический год считали период с октября предыдущего года по сентябрь текущего, «зиму» – с октября по апрель, «лето» – с мая по сентябрь.

Все серии прироста, а также климатических переменных для минимизации в них высокочастотной компоненты усреднялись 5-летней скользящей средней. Для выявления связей между параметрами подсчитывался коэффициент корреляции рангов Спирмена (Лакин, 1990).

Таблица 1. Характеристика одновозрастных и разновозрастных суходольных сосняков на юге Томской области (Обь-Томское междуречье и правобережье р. Томи)

№№ ПП	Тип леса	Состав древостоя	Порода	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Бонитет	Число стволов, экз/га	Сумма площадей сечений, м ² /га
Юго-восточная часть междуречья									
Кл-07	чернично-разнотравный	6C ₁₃₀ 2C ₇₅ 1Б1Ос	С	130	26	61	II	56	21,1
			С	75	21	27		114	8,1
			Б-Ос			22-15		260	
			Всего					530	37,9
Восточная часть междуречья									
Тм-26	мелкотравно-осочковый	10C ₁₅₀ +C ₇₅ ед.Б,К	С	150	35	59	Ia	231	50,3
			С	75	20	13,5		188	2,1
			всего					444	53,5
Тм-01	зеленомошный	10С	С	140	25	39	III	432	41,2
Тм-02	зеленомошный	10С	С	145	28	37	II	580	49,7
Тм-25	бруснично-зеленомошный	7C ₁₄₀ 3C ₈₀	С	140	25	34	III	570	40,4
			С	80	15,5	16		850	13,8
			всего					1460	55,7
Тм-29	зеленомошный	10С	С	145	29,5	38	II	470	42,7
Правобережье р. Томи									
Св-41	малиново-разнотравный	9С1Б	С	140	35	66	Ia	170	45,2
			Б					30	
			всего					200	50,7
Св-42	малиново-крапивный	8C ₁₅₅ 2C ₈₀	С	155	28	74	II	440	37,5
			С	80	22	33		440	7,4
			всего					880	44,9

Результаты и обсуждение

Увеличение фитомассы ствола, в том числе и величина годичного кольца ксилемы, зависит от распределения ассимилятов текущего года между частями дерева в зависимости от условий роста. На увеличение массы ствола идет остаток ассимилятов после удовлетворения нужд корней, кроны и затрат на поддержание дыхания (Палуметс, 1987). При этом между радиальным приростом, накоплением органической массы и ассимиляционной способностью хвойных существует достаточно высокая зависимость (Бузыкин и др., 1991). Поэтому анализ влияния климатических факторов на радиальный прирост деревьев сосны в оптимальных условиях роста на юге Томской области необходимо прово-

дить и с учетом других внешних и внутренних факторов: условий местопроизрастания, сезонных изменений физиологических активности и роста всех частей дерева.

В центральной водораздельной части Обь-Томского междуречья уровень грунтовых вод составляет 12-18 м (Попов и др., 2002). Почвы (подзолы песчаные) отличаются низкой влажностью почвенных горизонтов в течение всего вегетационного периода даже во влажные годы (Дюкарев и др., 2002). На сухих и бедных почвах с глубоким уровнем грунтовых вод сосна развивает мощную поверхностную корневую систему, в то время как вертикальные корни идут сравнительно неглубоко (Орлов, Кошельков, 1971; Калинин, 1975). В результате грунтовые воды недоступ-

ны для корней сосны, и снабжение водой идет только за счет атмосферных осадков.

Из физиологических особенностей сосны необходимо отметить следующие. Для этого вида характерны два оптимума фотосинтетической активности – ранневесенний и летний. Первый оптимум соответствует периоду прогревания и насыщения весенними водами верхних слоев почвы. Оптимальная температура воздуха для сосны в это время составляет 10-15 °С, почвы – 5-10 °С. В условиях быстрого прогревания почвы высокая активность корневой системы обеспечивает более полную реализацию фотосинтетического потенциала этого вида. Второй пик активности соответствует периоду лета с оптимальными после дождей запасами влаги в почвенном горизонте и температурами воздуха – 10-25 °С. При оптимальном увлажнении наибольшие значения истинного фотосинтеза наблюдаются в июне. Осенью оптимальная для фотосинтеза температура воздуха понижается до 10-15 °С (Щербанюк и др., 1990; Суворова и др., 2003, 2005а,б).

В условиях юга Сибири рост побегов у сосны начинается в I-III декадах мая и заканчивается в III декаде июня – I декаде июля, хвои – с конца мая – середины июня по III декаду июля – I декаду августа соответственно. Начало видимого роста ствола по радиусу в нижней части ствола совпадает с началом роста хвои и заканчивается в I-II декадах августа (Елагин, 1976; Забуга, Забуга, 1990, Ваганов, Арбатская, 1996; Панов, Николаева, 2008). Развитие (дифференциация, рост растяжением, созревание) ранних трахеид охватывает период с III декады мая по начало августа, поздних трахеид – с начала июня и почти до конца сентября (Антонова, 1999). Рост корней у сосны в южной тайге осуществляется с мая по сентябрь (Орлов, Кошельков, 1971). Наиболее интенсивный рост разных частей дерева

только частично разделен во времени. Корни наиболее интенсивно прирастают в мае-июне, побеги – во второй половине мая – июне, хвоя – во второй половине июня – первой половине июля, ранняя древесина – в июне, поздняя древесина – в июле. Таким образом, на юге Сибири в суходольных сосняках наиболее напряженные отношения за ассимиляты между разными частями дерева должны создаваться в период наиболее интенсивного роста в июне, они могут усугубляться неблагоприятным сочетанием погодных факторов в это время.

По нашим данным, остаточные древесно-кольцевые хронологии сосны на юге Томской области имеют низкую чувствительность (0,12-0,17). Связи индексов радиального прироста деревьев сосны в исследованных сообществах со среднемесячными температурой воздуха и суммой осадков в погодичной динамике имеются, но в большинстве случаев недостоверны. Лучше эти связи выявляются по выровненным рядам, что, по-видимому, может означать обусловленность роста не погодичными, а многолетними изменениями тепла и влаги.

По сглаженным данным радиальный прирост сосны достоверно положительно коррелирует с температурами апреля (0,24-0,64) и отчасти марта и мая и отрицательно – с температурами сентября (минус 0,19-0,35) и отчасти июня. Также обнаружена значимая положительная связь с суммой осадков июня (0,30-0,54). Влияние температур холодного времени года на ширину кольца незначительно. Но в разных сообществах фиксируется достоверная положительная корреляция с температурами различных «зимних» месяцев. По реакции на количество «зимних» осадков изученные древостои разделились на две группы. В первой (ПП Кл-07, Тм-25, Тм-29, Тм-01, Тм-02) прирост сосны отрицательно связан с

Таблица 2. Корреляция радиального прироста деревьев сосны со средней температурой и суммой осадков за 1900-2000 гг.

№ пр. пл.	Месяц											
	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Средняя температура												
Кл-07	-0,03	0,23	-0,08	-0,10	0,17	0,20	0,24	-0,12	-0,11	-0,13	-0,06	-0,35
Тм-29	0,07	0,01	-0,03	-0,17	0,22	0,08	0,29	0,21	-0,16	-0,05	-0,09	-0,25
Тм-25	0,54	-0,05	-0,09	-0,24	0,00	0,00	0,39	-0,10	-0,25	-0,04	0,15	-0,29
Тм-01	0,10	-0,04	-0,11	-0,09	0,07	0,32	0,64	0,13	-0,33	0,15	-0,16	-0,32
Тм-02	0,03	0,15	0,11	-0,06	0,14	0,17	0,57	0,23	-0,20	0,00	-0,15	-0,24
Тм-26	-0,06	0,30	0,22	-0,07	0,05	0,05	0,52	0,17	-0,17	-0,14	-0,12	-0,24
Св-41	0,20	0,22	0,15	0,09	0,21	0,32	0,45	0,26	-0,20	0,11	0,07	-0,19
Св-42	0,20	0,34	0,24	-0,08	0,01	0,46	0,57	-0,06	0,07	0,05	0,09	-0,21
Сумма осадков												
Кл-07	-0,02	-0,32	-0,24	0,09	-0,09	-0,21	-0,03	-0,01	0,41	0,12	0,15	0,15
Тм-29	-0,03	-0,46	-0,25	-0,26	-0,20	-0,52	-0,24	-0,14	0,33	0,12	0,10	-0,10
Тм-25	0,07	-0,23	-0,27	-0,06	-0,18	-0,35	0,03	0,20	0,33	-0,05	0,22	0,11
Тм-01	0,08	-0,27	-0,09	-0,06	-0,05	-0,28	0,17	0,14	0,54	-0,07	0,32	0,00
Тм-02	0,09	-0,17	-0,09	0,07	0,11	-0,25	0,14	0,06	0,40	-0,06	0,18	-0,07
Тм-26	0,17	0,10	0,06	0,33	0,22	0,10	0,17	0,18	0,40	0,10	-0,03	0,18
Св-41	0,06	0,07	0,06	0,29	0,10	0,00	0,10	0,01	0,26	-0,09	0,22	0,31
Св-42	0,14	0,01	-0,12	0,26	-0,01	-0,10	0,05	0,19	0,30	-0,07	0,06	0,13

Примечание: полужирным шрифтом выделены достоверные значения коэффициентов при 95 %-м уровне значимости.

их количеством (минус 0,21–0,52), во второй связи отсутствуют (ПП Тм-26, Св-41, Св-42), за исключением января, где корреляция положительна (0,26-0,33) (табл. 2).

Чем теплее весна и в какой-то мере зима, предшествующие вегетационному сезону, и прохладнее лето и начало осени и чем больше выпадает осадков в июне, тем большую ширину кольца формируют деревья суходольных сосняков. Влияние же осадков «зимне-го» периода на ширину кольца, по-видимому, трансформируется локальными условиями.

Положительная корреляция ширины годичного кольца с температурой апреля, а также неоднозначная реакция на сумму твердых осадков в разных сообществах свидетельствует о том, что высокая температура этого

периода ускоряет не столько сход снега в лесу, сколько оттаивание и прогревание верхних почвенных горизонтов, где сосредоточена основная масса деятельных корней. Степень прогревания почвы влияет на сроки начала вегетации, в первую очередь, активного роста корней и высокой «весенней» фотосинтетической активности сосны, что, в конечном счете, отражается на ширине кольца.

Это предположение подтверждается среднемноголетними сроками по оттаиванию и прогреванию верхних почвенных горизонтов. В апреле оттаивание почвы на глубину залегания корней наступает в среднем 16 апреля (28 марта – 2 мая); фенологическим индикатором его может служить начало сокодвижения у березы. Снег полностью схо-

дит в лесу к 1 мая (12 апреля – 6 мая). Рост корней сосны начинается при температуре почвы 5-7 °С, в особо благоприятные годы при 0 °С, интенсивный прирост корней – при температуре почвы 7-9 °С. Прогрев верхнего 20-сантиметрового слоя почвы до 5-10 °С на открытых участках в Томске осуществляется в среднем во второй декаде мая (Орлов, Кошельков, 1971; Рутковская, 1979, 1984; Рудский, 2004; Суворова и др., 2005б). Под пологом леса прогрев почвы до этих температур должен наступать еще позже. По нашим наблюдениям, в сосняках разнотравном и чернично-разнотравном повышение температур почвы на глубине 5-10 см до 6-9 °С наступает во II-III декадах мая.

Аналогичное положительное влияние температур апреля на радиальный прирост деревьев обнаружено в Среднем Поволжье (Тишин, 2006), в центральной и южной частях Красноярского края (Ваганов и др., 1996; Савва и др., 2003) и в Центральной Якутии (Федоров, 2008). Кроме того, формирование более узких колец под влиянием низких температур почвы подтверждается опытами Н.Е. Судачковой с соавторами (2007) с охлаждением корневых систем сосны путем сохранения снежного покрова.

Значимое положительное влияние на прирост осадков июня во всех сообществах и отрицательное – температур июня в половине сообществ, а также отсутствие связей прироста с осадками и температурами мая, июля и августа в большинстве сообществ указывает на дефицит этих ресурсов в период наиболее интенсивного роста деревьев сосны в июне. Считается (Смоляк и др., 1986; Ваганов и др., 1996), что сочетание этих факторов в первую половину вегетационного сезона определяет содержание влаги в почве, тем самым влияя на ширину кольца. Кроме того, необходимо учесть, что летом высокие температуры воз-

духа чаще сопровождаются меньшим количеством выпадающих осадков (коэффициенты корреляции за период 1900-2000 гг.: май – минус 0,46, июнь – минус 0,42, июль – минус 0,33, август – минус 0,20, сентябрь – минус 0,26), особенно в начале вегетационного сезона.

В оптимальных условиях внешней среды нормально растущее дерево активно потребляет ассимиляты на рост всех своих частей. Любое ускорение оттока ассимилятов в растущие органы усиливает интенсивность фотосинтеза. У сосны высокие уровни истинного фотосинтеза, независимо от температур, стабильно сохраняются в течение большей части вегетационного сезона. Но в периоды интенсивного роста и при увеличении температуры возрастает дыхание всех частей дерева. Поэтому благоприятные для видимого фотосинтеза хвои условия создаются при оптимальной влажности почвы, которая гарантирует необходимую оводненность тканей и высокий уровень транспирации (Щербанюк и др., 1990; Суворова и др., 2005а,б). В такие годы формируется наибольшая ширина кольца ксилемы (Ваганов и др., 1996). Подтверждением влагообеспеченности сосны служит длина хвои и, соответственно, ее биомасса на дереве, поэтому в сухих условиях местообитания устанавливается связь между длиной хвои и количеством осадков в июне (Бирюкова, Бирюков, 1984). Кроме того, при недостатке влаги в почве прекращается рост корней, сокращается активная зона сосущих корней, затрудняется передвижение и усвоение питательных веществ (Орлов, Кошельков, 1971). Другими словами, значимые связи ширины кольца ксилемы с осадками вызваны повышенным запросом дерева на фотоассимиляты из-за высокой интенсивности ростовых процессов в июне по сравнению с другими месяцами вегетационного сезона, а также исчерпанием запаса весенней почвенной влаги по сравнению с маем и переходом на ат-

мосферное увлажнение. Недостаток осадков в этом месяце снижает доступность элементов минерального питания и способствует увеличению затрат на дыхание, тем самым снижая результативность фотосинтеза. Кроме того, эти явления могут усугубляться сухой и жаркой погодой в июне по сравнению со второй половиной вегетационного сезона.

Высокие температуры сентября снижают радиальный прирост, хотя в это время практически завершены процессы роста деревьев, и они готовятся к периоду длительного зимнего покоя. Происходит отток питательных веществ в побеги, ствол и корни, идет утолщение клеточных стенок поздних трахеид (Федорова, 1982; Антонова, 1999). Известно, что ассимиляты распределяются неравномерно по всему растению. Они направляются преимущественно туда, где больше их потребление. Такими активными центрами потребления являются быстро растущие или запасные органы (Кузнецов, Дмитриева, 2005). Наименьшие затраты на дыхание и наибольшие значения истинного фотосинтеза у сосны осенью соответствуют температуре 10-15 °С (Суворова и др., 2005а). Средняя температура сентября в г. Томске составляет 10 °С (рис. 1), поэтому повышенные температуры воздуха сентября вызывают более существенное увеличение интенсивности дыхания, чем скорости процессов фотосинтеза, и большинство образовавшихся ассимилятов тратится на дыхание поддержания, а не на рост дерева. В результате растения могут испытывать нехватку фотоассимилятов на завершение процессов роста (Усманов и др., 2001), в частности на утолщение клеточной стенки, либо может снижаться доля запасных веществ, которые используются в последующие годы. Поэтому в многолетней динамике повышенные температуры сентября будут способствовать уменьшению радиального прироста.

Неоднозначная реакция деревьев обследованных сосняков на осадки «зимнего» периода может быть связана с локальными условиями, такими как строение данных сообществ и почв и, как следствие, условиями снегонакопления и прогревания верхнего почвенного горизонта весной. В определенной мере прояснить это позволяет анализ влияния климатических параметров в периоды с резко различающимися условиями распределения осадков по сезонам.

По данным метеостанции Томск, при среднегодовом количестве осадков 526 мм «летом» (с мая по сентябрь) их выпадает незначительно больше по сравнению с «зимой» (с октября по апрель) (293 и 233 мм соответственно). В многолетней динамике это соотношение нарушается с 1935 по 1953 гг. (рис. 2). При некотором снижении среднегодового количества осадков (470 мм) в этот период резко изменяется их распределение по сезонам года: «зимой» осадков было существенно меньше средней многолетней нормы (146 мм), а «летом» – существенно больше (324 мм). Такая резкая смена внутригодового распределения осадков вызвала значительные изменения в дендроклиматических связях.

Период 1954-2000 гг. незначительно отличается от среднемноголетнего по распределению осадков по сезонам года и характеризуется тенденцией повышения «зимних» температур. В это время сохраняются те же связи радиального прироста деревьев с температурами, что и за весь столетний период наблюдения. Это значимые положительные связи с температурой апреля и отрицательные – сентября и июня текущего года. Возрастает положительное влияние на прирост «зимних» температур (октябрь-ноябрь) и осадков (январь-февраль) (табл. 3). В малоснежный период (1935-1953 гг.) сохраняются значимые связи с температурами апреля, и практически исчезает отрицательное влияние температур сентября и июня. Одно-

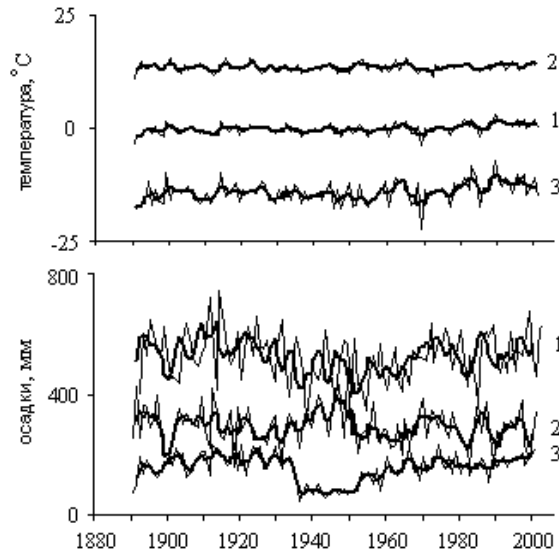


Рис. 2. Многолетняя динамика средней температуры и суммы осадков за гидрологический год (1), «лето» (2) и «зиму» (3)

временно возрастает роль осадков. Сохраняется положительное влияние на прирост осадков июня, появляется положительное влияние осадков июля и апреля. Связи выпадающих твердых осадков ноября-января с шириной кольца ксилемы отрицательные (табл. 4).

В малоснежные периоды недостаточное количество твердых осадков зимой приводит к формированию маломощного снегового покрова и способствует большему промерзанию почв зимой (Макаренко, Смирнов, 1973). В результате весной при снеготаянии требуется больше тепла для их оттаивания. Кроме того, замершая почва поглощает меньшее количество влаги (Елагин, 1976), что влечет за собой быстрое иссушение почв в первой половине вегетационного сезона и усиление зависимости прироста деревьев от выпадающих в апреле-июле осадков. По-видимому, вегетация сдвигается на более поздние сроки. В многоснежные периоды мощный снеговой покров препятствует промерзанию почв и весной требуется меньше тепла для их оттаивания, а большая часть влаги сохраняется в почве. Рост деревьев в первой половине веге-

тационного сезона в меньшей степени будет зависеть от выпадающих осадков.

Следовательно, в первой группе сообществ, в которых прирост деревьев отрицательно связан с «зимними» осадками, по сравнению со второй, высота снежного покрова меньше, промерзание почв больше, их оттаивание весной осуществляется позднее, а весенней влаги в почве сохраняется немного. Во второй группе сообществ, где прирост нейтрально или положительно связан с осадками, картина противоположная. Различия в накоплении снега под пологом этих сосняков могут быть связаны с разной сомкнутостью крон деревьев, которые задерживают в кронах значительную часть снега (Орлов, Кошельков, 1971; Макаренко, Смирнов, 1973), или с особенностями рельефа, способствующими или препятствующими снегонакоплению.

Поскольку высота снежного покрова в первой группе сообществ незначительна и не препятствует промерзанию почв по сравнению со второй группой, то некоторое ее дополнительное увеличение за счет осадков особенно марта, вероятно, способствует уве-

Таблица 3. Корреляция радиального прироста деревьев сосны со средней температурой и суммой осадков за 1954-2000 гг.

№ пр. пл.	Месяц											
	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Средняя температура												
Кл-07	0,31	0,60	0,22	0,17	-0,10	0,20	0,51	-0,18	-0,10	-0,02	-0,19	-0,41
Тм-29	0,47	0,32	0,05	0,06	0,11	0,00	0,17	0,21	-0,29	0,07	0,03	-0,36
Тм-25	0,63	-0,06	-0,05	-0,19	0,26	0,09	0,43	0,26	-0,53	0,09	0,22	-0,74
Тм-01	0,40	0,17	-0,04	-0,13	0,07	0,21	0,58	0,02	-0,61	0,14	-0,20	-0,57
Тм-02	0,45	0,32	0,10	-0,08	0,12	0,14	0,53	0,14	-0,37	0,13	-0,13	-0,55
Тм-26	0,42	0,54	0,27	0,01	0,02	0,32	0,69	0,10	-0,12	0,15	-0,15	-0,51
Св-41	0,45	0,34	0,37	0,16	0,24	0,64	0,61	0,37	-0,29	0,51	0,07	-0,52
Св-42	0,22	0,50	0,37	-0,04	0,04	0,41	0,75	0,05	0,04	0,14	-0,11	-0,40
Сумма осадков												
Кл-07	-0,22	0,14	-0,27	0,68	0,15	0,22	0,05	0,02	0,22	0,05	0,09	0,31
Тм-29	-0,20	-0,36	-0,10	0,33	0,29	-0,05	-0,13	-0,32	-0,06	0,04	0,07	-0,01
Тм-25	0,02	0,01	0,04	0,32	0,55	-0,12	0,13	0,00	0,41	-0,23	0,24	0,15
Тм-01	-0,19	0,19	0,01	0,55	0,40	0,12	0,11	0,08	0,46	-0,30	0,45	0,19
Тм-02	-0,30	-0,03	-0,07	0,59	0,43	0,09	-0,11	-0,10	0,19	-0,21	0,23	0,11
Тм-26	-0,14	0,20	-0,17	0,78	0,41	0,28	-0,03	-0,01	0,29	-0,19	0,09	0,39
Св-41	0,13	0,49	0,30	0,73	0,27	0,28	-0,01	-0,09	0,30	-0,52	0,38	0,43
Св-42	-0,06	0,50	-0,07	0,84	0,38	0,49	-0,01	0,21	0,42	-0,34	0,15	0,41

Примечание: полужирным шрифтом выделены достоверные значения коэффициентов при 95 %-м уровне значимости.

личению времени, необходимого для оттаивания и прогрева этих почв. По крайней мере, отрицательные связи прироста с суммой всех твердых осадков за ноябрь-март (минус 0,20-0,50) в первой группе сообществ и отсутствие связей или положительные связи (-0,02-0,11 и плюс 0,22-0,23 соответственно) во второй группе сохраняются.

Заключение

Таким образом, в оптимальных условиях юга Томской области при среднемноголетнем распределении осадков по сезонам года наибольшая ширина годичного кольца у деревьев сосны формируется при более низких температурах вегетационного периода, более высоких температурах зимы и весны и

большем количестве осадков лета (главным образом июня) текущего гидрологического года. В период малоснежных зим усиливается положительная роль выпадающих весной и летом осадков (апрель-июль) в формировании кольца ксилемы и отрицательная роль осадков декабря-января текущего гидрологического года. В целом за столетний период (1900-2000 гг.) радиальный прирост деревьев сосны обыкновенной значимо зависит от температур апреля и сентября и осадков июня во всех обследованных суходольных сосняках и хорошо объясняется сезонными особенностями ее физиологической и ростовой активности и сезонными изменениями почвенного климата на юге Западно-Сибирской равнины.

Таблица 4. Корреляция радиального прироста деревьев сосны со средней температурой и суммой осадков за 1935-1953 гг.

№ пр. пл.	Месяц											
	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Средняя температура												
Кл-07	-0,54	0,86	-0,15	-0,80	0,68	-0,24	-0,05	-0,57	0,20	-0,86	-0,41	-0,44
Тм-29	-0,60	0,79	-0,01	-0,74	0,63	-0,30	-0,16	-0,43	0,30	-0,82	-0,36	-0,32
Тм-25	-0,42	0,42	0,09	-0,30	0,19	0,32	0,58	-0,13	0,07	-0,43	0,27	-0,08
Тм-01	-0,29	0,22	0,03	-0,19	0,03	0,57	0,75	0,03	-0,05	-0,20	0,38	0,02
Тм-02	-0,42	0,29	0,11	-0,20	0,02	0,46	0,63	-0,02	0,09	-0,29	0,32	0,09
Тм-26	-0,14	0,26	-0,14	-0,19	0,19	0,32	0,74	0,03	-0,22	-0,34	0,19	-0,20
Св-41	-0,09	0,19	-0,10	-0,10	0,08	0,51	0,81	0,07	-0,26	-0,21	0,34	-0,11
Св-42	-0,41	0,44	0,14	-0,38	0,22	0,29	0,54	-0,08	0,04	-0,51	0,24	-0,17
Сумма осадков												
Кл-07	0,63	0,47	-0,37	-0,82	0,56	-0,53	0,23	-0,08	0,58	0,32	-0,06	-0,39
Тм-29	0,64	0,45	-0,30	-0,77	0,56	-0,40	0,05	-0,21	0,42	0,27	-0,23	-0,47
Тм-25	0,52	-0,23	-0,70	-0,71	0,05	-0,33	0,61	0,32	0,78	0,75	0,11	-0,26
Тм-01	0,33	-0,46	-0,85	-0,63	-0,15	-0,25	0,66	0,50	0,68	0,68	0,26	-0,14
Тм-02	0,46	-0,34	-0,75	-0,68	-0,09	-0,29	0,61	0,38	0,77	0,65	0,21	-0,26
Тм-26	0,24	-0,35	-0,72	-0,58	-0,02	-0,27	0,53	0,56	0,68	0,81	0,04	-0,01
Св-41	0,15	-0,47	-0,81	-0,53	-0,24	-0,26	0,67	0,68	0,70	0,78	0,17	0,08
Св-42	0,49	-0,20	-0,77	-0,65	0,09	-0,24	0,53	0,23	0,64	0,82	0,00	-0,25

Примечание: полужирным шрифтом выделены достоверные значения коэффициентов при 95 %-м уровне значимости.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований СО РАН (проект 7.10.1.3) и при финансовой поддержке РФФИ (05-07-98009р_об_в).

Список литературы

- Антонова Г.Ф. (1999) Рост клеток хвойных. Новосибирск, Наука, 232 с.
- Бирюкова З.П., Бирюков В.Н. (1984) Эколого-физиологические аспекты устойчивости искусственных насаждений сосны обыкновенной в Северном Казахстане. В: Экология лесных сообществ Северного Казахстана. Л., Наука, с. 8-16.
- Битвинкас Т.Т. (1974) Дендроклиматические исследования. Л., Гидрометеоиздат, 172 с.
- Бузыкин А.И., Исмагилов А.М., Суворова Г.Г., Щербанюк А.С. (1991) Оценка продуктивности деревьев и древостоев. Лесоведение. 6: 16-25.
- Ваганов Е.А., Арбатская М.К. (1996) История климата и частота пожаров в центральной части Красноярского края. 1. Климатические условия сезона роста и распределение пожаров в сезоне. Сибирский экологический журнал. 1: 9-18.
- Ваганов Е.А., Арбатская М.К., Шашкин А.В. (1996) История климата и частота пожаров в центральной части Красноярского края. 2. Дендрохронологический анализ связи изменчивости прироста деревьев, климата и частоты пожаров. Сибирский экологический журнал. 1: 19-28.

Ваганов Е.А., Качаев А.В. (1992) Дендроклиматический анализ роста сосны в лесоболотных фитоценозах Томской области. Лесоведение. 6: 3-10.

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

Велисевич С.Н., Козлов Д.С. (2006) Влияние температуры и осадков на радиальный рост лиственницы сибирской в экотопах с оптимальной, недостаточной и избыточной влажностью почвы. Экология. 4: 269-274.

Верхунов П.М. (1976) Закономерности строения разновозрастных сосняков. Новосибирск, Наука, 256 с.

Волкова М.А., Кусков А.И., Несветайло В.Д. (2007) Оценка влияния тепло-влажностного режима на прирост кедра сибирского на юге Томской области. В: Новые методы в дендрэкологии. Иркутск, Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, с. 130-132.

Габеев В.Н. (1990) Экология и продуктивность сосновых лесов. Новосибирск, Наука, 229 с.

География Томской области. (1988) Земцов А.А. (ред.) Томск, Изд-во Томск. ун-та, 246 с.

Глебов Ф.З., Литвиненко В.И. (1976) Динамика ширины годичных колец в связи с метеорологическими показателями в различных типах болотных лесов. Лесоведение. 4: 56-62.

Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н., Базанов В.В., Льготин В.А., Свечников Д.А., Чернова Н.А., Горбов Е.В. (2002) Состояние природной среды в зоне действия водозабора. В: *Envigomis-2002*: Тр. Междунар. конф. 2: 244-251.

Елагин И.Н. (1976) Сезонное развитие сосновых лесов. Новосибирск, Наука, 230 с.

Забуга В.Ф., Забуга Г.А. (1990) Взаимосвязь ростовой активности кроны с радиальным приростом ствола сосны обыкновенной. Лесоведение. 4: 1-24.

Калинин М.И. (1975) Корневые системы деревьев и повышение продуктивности леса. Львов, Вища школа, 175 с.

Краснобаева К.В., Митяшкина С.Ю. (2006) Дендроклиматический анализ роста сосны обыкновенной в географических культурах. Лесоведение. 4: 45-51.

Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. (2005) Физиология растений. М., Высш. шк., 736 с.

Лакин Г.Ф. (1990) Биометрия. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., Высшая школа, 352 с.

Макаренко А.А., Смирнов Н.Т. (1973) Формирование сосновых и сосново-березовых насаждений. Алма-Ата, Кайнар, 188 с.

Несветайло В.Д. (1987) Многолетняя динамика репродуктивной деятельности и радиального прироста кедра сибирского в припоселковом кедровнике подзоны южной тайги. Экология. 6: 19-25.

Николаева С.А., Савчук Д.А., Бочаров А.Ю. (2006) Влияние внешних и внутренних факторов на продуктивность деревьев. В: Биоиндикация стратосферного озона. Новосибирск, Изд-во СО РАН, с. 118-131.

Орлов А.Я., Кошельков С.П. (1971) Почвенная экология сосны. М., Наука, 323 с.

Палуметс Я. (1987) Климатические факторы распределения прироста ели европейской. В: Дендрохронологические методы в лесоведении и экологическом лесоведении: Тез. междунар. раб. совещ. Иркутск, с. 95-97.

Паневин В.С. (2006) Леса и лесное хозяйство Томской области. Томск, Изд-во Томск. ун-та, 126 с.

Панов А.Н., Николаева С.А. (2008) Пигментный комплекс хвои и сезонный рост подроста сосны обыкновенной. В: Контроль и реабилитация окружающей среды: Матер. VI межд. симпоз., Томск, 3-5 июля 2008 г. Томск, Аграф-Пресс, с. 201-202.

Паршина Н.В., Несветайло В.Д. (1996) Динамика прироста древесных растений в пойме р. Оби. В: Биологические ресурсы поймы средней Оби: динамика и прогноз. Томск, НИИ ББ при Томск. гос. ун-те, с. 65-75.

Попов В.К., Коробкин В.А., Рогов Г.М., Лукашевич О.Д., Галямов Ю.Ю., Юргин Б.И., Золотарева В.В. (2002) Формирование и эксплуатация подземных вод Обь-Томского междуречья. Томск, Изд-во ТГАСУ, Печатная мануфактура, 143 с.

Рудский В.Г. (2002) Неделя за неделей. Календарь Томской природы. Томск, Печатная мануфактура, 112 с.

Рутковская Н.В. (1984) География Томской области (сезонно-агроклиматические ресурсы). Томск, Изд-во Томск. ун-та, 158 с.

Рутковская Н.В. (1979) Климатическая характеристика сезонов года Томской области. Томск, Изд-во Томск. ун-та, 117 с.

Савва Ю.В., Ваганов Е.А., Милютин Л.И. (2003) Влияние климатических условий красноярской лесостепи на рост и структуру годичных колец сосны в условиях географических культур. Лесоведение. 3: 3-14.

Смоляк Л.П., Болботунов А.А., Романов В.С. (1986) Влияние рельефа на изменчивость радиального прироста сосны. В: Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск, Наука, с. 114-122.

Суворова Г.Г., Янькова Л.С., Копытова Л.Д., Филиппова А.К. Фотосинтетическая активность вечнозеленых хвойных в Средней Сибири. В: Ботанические исследования в Азиатской России: Матер. XI съезда Рус. ботан. общ-ва. Барнаул. 2: 272-273.

Суворова Г.Г., Янькова Л.С., Копытова Л.Д., Филиппова А.К. (2005а) Максимальная интенсивность фотосинтеза сосны обыкновенной и ели сибирской в Предбайкалье. Сибирский экологический журнал. 1: 97-108.

Суворова Г.Г., Янькова Л.С., Копытова Л.Д., Филиппова А.К. (2005б) Оптимальные факторы среды и интенсивность фотосинтеза сосны обыкновенной и лиственницы сибирской в Предбайкалье. Сибирский экологический журнал. 1: 85-95.

Судачкова Н.Е., Милютина И.Л., Романова Л.И. (2007) Влияние стрессовых воздействий на ксилогенез сосны обыкновенной в условиях Сибири. Лесоведение. 6: 101-106.

Тимофеев В.П. (1972) Продолжительность и интенсивность сезонного роста деревьев как показатели продуктивности насаждений. В: Питание древесных растений и проблема повышения продуктивности лесов. Петрозаводск, с. 111-123.

Тишин Д.В. (2006) Влияние природно-климатических факторов на радиальный прирост основных видов деревьев Среднего Поволжья: Автореф. дисс... канд. биол. наук. 03.00.16 – экология. Казань. 20 с.

Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. (2001) Экологическая физиология растений. М., Логос, 224 с.

Федоров П.П. (2008) Дендроклиматический анализ радиального прироста деревьев в Центральной Якутии: Автореф. дисс... канд. с.-х. наук. 03.00.16 – экология. Братск. 22 с.

Федорова А.И. (1982) Фитогормоны и рост дерева. Новосибирск, Наука, 248 с.

Щербатюк А.С., Янькова Л.С., Русакова Л.В. (1990) Эколого-физиологические особенности газообмена хвойных. Лесоведение. 4: 3-10.

Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences (1990) Cook E.R., Kairukstis L.A. (eds) Dordrecht-Boston-London, Kluwer Acad. Publ., 394 p.

Climatogenetic Response of Pine Trees in Southern Tomsk Oblast

Svetlana A. Nikolaeva and Dmitry A. Savchuk

*Institute for Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS
10/3 Academichesky, Tomsk, 634055 Russia*

*The effect of temperature and precipitation was studied on pine (*Pinus sylvestris* L.) radial increment in pine forests in southern Tomsk Oblast, West Siberia, Russia. The most tree ring width is produced by the lower temperatures in the growing season, the higher winter and spring temperatures and the higher summer precipitation in the current hydrological year. The positive correlation between the ring width and the higher spring and summer (since April till July) precipitation and the negative correlation between the width and the higher winter (since December till January) precipitation are found during winters with less snow cover. During the last century (1900-2000) the tree radial increment significantly depends on April and September temperatures and June precipitation in all pine forests studied and is satisfactory explained by seasonal patterns of physiological and growth activity of pine trees and by seasonal changes of soil climate in southern West Siberian Plain.*

Keywords: radial increment, temperature, precipitation, pine.
