

УДК 577.46

**ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ  
НА ХВОЙНЫЕ ЛЕСНЫЕ ЦЕНОЗЫ АБХАЗИИ**

Экба Я.А., Институт экологии горных территорий КБНЦ РАН, Нальчик, Россия

Дбар Р.С., Институт экологии горных территорий КБНЦ РАН, Нальчик, Россия

Ахсалба А.К., Абхазский государственный университет, Сухум, Абхазия

Значительный практический интерес представляют разработки в области влияния эдафических и экологических факторов на изменчивость биологической продуктивности деревьев. В ряде работ (Битвинская, 1974; Колищук, 1966; Моисеев, 2002; Экба и др., 2003) обосновывается единство изменчивости биологической продуктивности лесных ценозов в крайних условиях среды обитания, под которыми понимается северный и южный пределы границ леса, его верхняя и нижняя границы в горных районах, а также условия болотных местообитаний. Представляется необходимым проверка, уточнение и дальнейшее развитие этих представлений, поскольку именно в крайних условиях среды обитания деревья наиболее остро реагируют на изменения внешних факторов, что позволит использовать ценнейшую информацию, получаемую из наиболее слабо освещенных в метеорологическом отношении горных и северных районов для реставрации метеорологических условий за последние столетия.

Климат определяет не только количественную, но и качественную продуктивность лесов, так как с ним связан процесс формирования древесины: в одних климатических регионах – через образование годичных слоев и структурные изменения в них, в других, наоборот – при отсутствии годичной слоистости, через изменения, связанные с иной цикличностью. Однако продуктивность лесов – производная не только климата "в чистом виде", но и в сочетании с таким сопряженным с ним фактором, как почва.

По-разному складываются в разные годы погодные условия, распределение тепла и влаги по сезонам, сказывающиеся на жизни и состоянии леса, на успешности лесовосстановительных процессов, на росте деревьев.

Г.Н.Высоцкий (1930) придавал большое значение отношению величины осадков к величине испарения, или коэффициенту увлажнения: при коэффициенте больше 1 – климат влажный, свойственный лесной зоне; при 1 – соответствует лесостепи; коэффициент 0,5 характерен для полупустыни. Г.Т.Селенинов (1955) ввел показатели теплообеспеченности и влагообеспеченности. Первый характеризуется суммами активных температур (выше 10°C). На его основании выделены зоны сельскохозяйственных культур (зона северного огородничества – при сумме температур 1000-1400°, зона северных зерновых культур – 1400-2200° и т.д.), в том числе зона собственно субтропическая (4000° и более), с возможностью культуры субтропических многолетников – лавр, чай, инжир. Показатель влагообеспеченности дан в виде гидротермического коэффициента, представляющего отношение осадков за вегетационный период к сумме температур за этот же период, уменьшенное в 10 раз. Коэффициент больше 1,3 соответствует зоне избыточного увлажнения, 1,3-1 зоне обеспеченного увлажнения, меньше 1 – недостаточного увлажнения. Хотя эти показатели разработаны для сельскохозяйственных культур, они представляют интерес и для лесоводства, особенно гидротермический коэффициент.

Исследования И.Парде (Parde, 1964) и дальнейшие результаты работы С.Патерсона (Paterson, 1956) показали неравнозначность отдельных показателей климата в различных географических условиях. В Швеции температура играет основную роль, во Франции же ее роль несколько снижается, а осадки являются также основным

фактором. Некоторые климатологи указывают, что в северном полушарии влияние температур на прирост древесины увеличивается с приближением к полюсу, а влияние осадков повышается с приближением к экватору и, что в горах (Швейцарии) большое значение для прироста имеет температура, а в долинах – осадки. В связи с этим И. Пардэ (Parde, 1964) ставит вопрос: какие изменения следовало бы внести в показатель при перемещении к югу.

Рост деревьев, формирование годичных слоев, биологическая продуктивность в целом особенно тесно связаны с продолжительностью вегетационного периода, соотношением тепла и влаги.

Выявление оптимального свето-теплового режима в различных лесорастительных условиях для формирования годичных слоев с благоприятным соотношением в них ранней и поздней древесины – очень важная задача. Решение ее позволит выращивать древесину заранее заданных высоких качеств.

#### ВЛИЯНИЕ ТЕПЛА И ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ГОДИЧНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЫ ПИЦУНДСКОЙ

Тепло как экологический фактор играет огромную роль в жизни леса. При этом большое значение имеет микроклимат и, прежде всего, его термическая основа в приземном слое воздуха и почвы, т.е. в зоне непосредственного взаимодействия леса и тепла. В этом слое теплообмен, передача тепла происходят в четырех различных формах: молекулярная теплопроводность (физическая или истинная теплопроводность, или иначе кондукция); обмен, или турбулентная диффузия (конвекция, псевдотеплопроводность); тепловое излучение (радиационная псевдотеплопроводность, радиация); передача тепла водой в ее различных состояниях.

Оптимальным режимом тепла для произрастания древесных пород и леса в целом является режим, обеспечивающий при изменениях в данной местности необходимым количеством тепла все физиологические процессы, ростовые и стадийные изменения. Для разных фаз развития – прорастания семян, цветения, созревания плодов, роста молодого растения, старших возрастов – нужен разный термический режим.

Семена большинства лесных древесных пород прорастают при температуре 5-35°C. При этом у одной и той же породы скорость прорастания изменяется с температурой.

В процессе роста и развития каждая древесная порода по-своему нуждается в тепле. Тепловые границы у лесных древесных пород изучены слабо, несмотря на то, что выяснять связь распространения отдельных древесных пород с тепловым фактором на земном шаре начали давно. Известно, например, что северная граница дуба черешчатого более или менее близко совпадает с годовой изотермой +3°C.

Недостаточная разработанность поставленного вопроса связана с односторонностью подхода к оценке температуры. Ранее исходили из средней годовой температуры, что, конечно, недостаточно. При одной и той же средней температуре могут по-разному изменяться температуры в течение года (в одной местности могут быть большие зимние минимумы, в другой – нет и т.д.). Выделение температур применительно к вегетационному периоду, установление его продолжительности позволили, в частности, установить совпадение северной границы леса с июльской изотермой 10°C.

П.С.Погребняк (1968) составил шкалу требовательности к теплу с учетом географического распространения древесных пород, минимальных термохор, сроков распускания и окончания вегетации. При этом он выделил четыре группы пород: очень теплолюбивые, теплолюбивые, среднетребовательные и малотребовательные к теплу.

Названия установлены им применительно к условиям центральной лесостепи европейской части России.

- Очень теплолюбивые – эвкалипты, криптомерия, приморская сосна, пробковый дуб, кипарисы, кедры, секвойя, саксаулы.

- Теплолюбивые – съедобный каштан, айлант, восточный платан, пушистый дуб, орех пекан, грецкий орех, белая акация, гледичия, берест, серебристый тополь.

- Среднетребовательные к теплу – черешчатый поздний дуб, граб, клены, ильм, вяз, ясень, горный (скальный) дуб, бук, клен явор, амурский бархат, липа, черешчатый ранний дуб, черная ольха.

- Малотребовательные к теплу – осина, бальзамический тополь, серая ольха, рябина, береза, гребенчатая пихта, ель, сибирская пихта, обыкновенная сосна, кедровая сосна, лиственница, кедровый стланик, зеленая ольха.

Многие тропические растения гибнут при температуре 1,5°C, зарегистрированы подобные случаи даже при 3,7°C. Растения арктических стран выдерживают холода до -60°C. Неприспособленность южных лесов к низким температурам и их последствиям проявляются во многих формах.

В наших широтах чаще губительными для лесных древесных пород бывают не зимние 30-градусные морозы, хотя и они в известных условиях могут принести большой вред, а весенние заморозки, особенно при понижении температуры воздуха на 1-5° ниже нуля, или несколько более (в зависимости от породы). Особенно опасен быстрый переход от холода к теплу и обратно. В лесоводстве различают: поздние, или весенние, заморозки; ранние, или осенние. В северной тайге, а также, хотя и реже, в районах средней тайги бывают и летние заморозки.

Более ощутимо влияние леса на температурные амплитуды. В лесу летом прохладнее (днем), а зимой теплее, чем в поле, ночью в нем теплее, чем на открытом месте. Максимум этих различий наблюдается летом. Влияние лесного полога сказывается и на температуре почвы: она прогревается хуже, чем в поле.

Тепловой режим леса сказывается на водном балансе и испарении. Лес летом оказывает охлаждающее влияние на окружающий ландшафт, а зимой является источником тепла. Неровность лесного полога усиливает вертикальный воздухообмен, способствует очищению воздуха.

Наиболее простой способ изучения связей годичного прироста насаждений сосны с термическими факторами – сопоставление прироста с изменениями отдельных метеорологических элементов за определенные периоды. Для этой цели использовались данные метеорологической станции г. Гагра (табл. 1) и дендроклиматические данные по сосновым насаждениям окрестностей пос. Пицунда.

Сосна пицундская выбрана в качестве экспериментального образца, поскольку она является реликтовым видом, произрастает только в приморской полосе и, следовательно, наиболее полно отражает особенности климата морского побережья Абхазии. Изучались связи текущего прироста насаждений и климатических факторов за 84 года (1911-1995) (рис. 1). Сосновые насаждения произрастают на нормально увлажненных слабоподзолистых супесчаных почвах, иногда песчаных, подстилаемых глиной или суглинками. Сосна в этих местах достигает оптимального развития; этому способствует богатая хорошо дренированная почва, развитый макрорельеф. В этих сосновых насаждениях ярко выражено увеличение радиального прироста в 1921-1925, 1930-1935, 1946-1951, 1966-1971, 1976-1980 и его снижение в 1936-1941, 1956-1966, 1986-1991 гг. Изменения ширины слоев ранней и поздней древесины в годичном кольце подчиняются в основном тем же закономерностям, которые характерны для годичного прироста в целом.

Таблица 1

Среднегодовая температура воздуха (°C) осредненная по пятилеткам и радиальный прирост (см) сосны пицундской (суммарный по пятилеткам)

Годы	Q (мм)	Температура t°С	Радиальный прирост (см)		
			Сосна пицундская	Кедр гималайский	Сосна приморская
1906 – 1910	1345	14,1	2,6	2,3	2,4
1911 – 1915	1500	14,9	2,45	3,8	2,0
1916 – 1920	1232	15,2	2,5	4,3	1,8
1921 – 1925	1403	15,0	2,4	3,7	1,7
1926 – 1930	1346	14,9	2,3	2,8	1,7
1931 – 1935	1539	14,5	2,25	2,8	1,8
1936 – 1940	1706	14,9	2,3	2,3	1,8
1941 – 1945	1671	14,2	2,2	2,3	1,2
1946 – 1950	1371	14,1	1,62	1,9	1,0
1951 – 1955	1570	14,2	1,85	1,5	1,1
1956 – 1960	1551	14,7	1,8	1,5	1,2
1961 – 1965	1487	14,3	1,68	1,3	1,6
1966 – 1970	1503	14,6	1,2	1,0	1,7
1971 – 1975	1393	14,4	1,33	1,1	1,8
1976 – 1980	1533	14,0	1,65	1,2	1,9
1981 – 1985	1529	14,6	1,35	0,9	1,6
1986 – 1990	1589	14,1	1,28	1,0	1,7
1991 – 1995	1490	13,8	0,97	0,9	1,2

Исследования изменчивости годовых колец насаждений сосны (рис. 1) подтвердили правильность предположения, что именно температурный режим определяет величину прироста на сравнительно продуктивных, хорошо дренированных местопроизрастаниях сосны. Вместе с тем следует указать, что большое сходство обнаружено у показателей радиального прироста – индексов – со средними температурами не отдельных месяцев и сезонов, а за гидрологический год в целом, началом которого считается 1 сентября, а концом 31 августа.

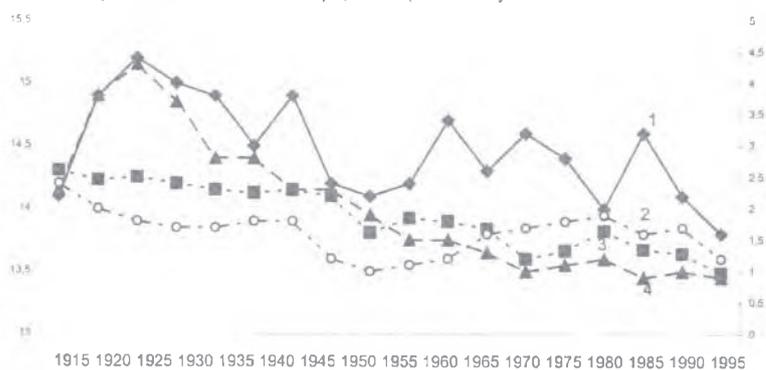


Рис. 1. Осредненные по пятилеткам значения радиального прироста  
1 – среднегодовая температура воздуха, 2 – сосна приморская, 3 – сосна пицундская,  
4 – кедр гималайский

Сходство обеих кривых (средних температур гидрологического года и индексов радиального прироста) составляет 76%, тогда как показатель сродства – изменчивости индексов радиального прироста с данными средних годовых температур равен всего лишь 58%. Сочетание температуры гидрологического года и средних температур воздуха за летние месяцы (июнь-август) предшествующего года существенного улучшения не дало – (76%). Связь средних температур воздуха в июне с радиальным приростом насаждений высокая. Многолетняя изменчивость ранней и поздней древесины сходна с многолетней изменчивостью годовичных колец. Показатель сродства изменчивости годовичных колец с изменчивостью ранней древесины достигает 87%. А изменчивостью поздней 76%. Вопрос, какие же метеорологические условия более существенно влияют на образование ранней и поздней древесины в отдельности, далек от решения. Попытка найти комплексные показатели климатических факторов, характеризующие изменчивость ранней и поздней древесины в отдельности, не дали положительных результатов. Сопоставляя данные об изменчивости метеорологических элементов за отдельные месяцы, можно приближенно судить о степени их влияния на отложения ранней и поздней древесины.

Изменчивость прироста заболоченных и болотных сосняков значительно отличается от изменчивости многолетнего хода прироста нормально увлажненных и влажных сосняков. Показатель сродства прироста влажных и болотных сосняков со средними температурами за гидрологический год равен 63%, что свидетельствует о существовании некоторой связи.

Наибольшие приросты сосны во всех типах местопроизрастания имели место в 1911-1930 гг. С 1931 г. начинается резкое снижение прироста насаждений. На свежих местопроизрастаниях падение прироста происходит неравномерно до 1941 г. В 1945-1956 гг. прирост еще сравнительно высок. На влажных местопроизрастаниях в эти годы также наблюдается повышенный радиальный прирост. Минимальный прирост отмечен в 1961 г., а на богатых местопроизрастаниях снижение радиального прироста прекращается в 1964 г.

Падение прироста мало отличается на всех типах изучаемых местопроизрастания и это, по-видимому, объясняется главным образом ухудшением термических условий гидрологического года.

Из анализа экспериментальных данных (рис. 1) следует, что между среднегодовыми температурами и суммарным приростом за пятилетку существует прямая пропорциональная зависимость с высоким значением коэффициента корреляции ( $r > 0,8$ ). Тренды температуры и радиального прироста практически совпадают и показывают понижение средней годовой температуры на величину  $0,7^{\circ}\text{C}$  и снижение радиального прироста с 2,5 см в третьей пятилетке XX века до 1 см в 1991-1995 гг. На рисунке 1. для сравнения приведены значения радиального прироста гималайского кедра и сосны приморской, которые свидетельствуют о синхронности изменений радиального прироста.

#### ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЫ ПИЦУНДСКОЙ

С влагой как экологическим фактором тесно связаны процессы возобновления леса, особенно в начальных стадиях, формирование и продуктивность древостоев, характер и само существование леса. Прямым или косвенным влиянием влаги обусловлены многие опасности в жизни леса. Влага оказывает на лес, как физиологическое влияние, так и физическое воздействие. Физическое воздействие влаги на лес менее разносторонне, но при определенных условиях оно может быть очень существенным

Все виды влаги, имеющей значение для леса, можно свести к трем группам: осадки; влага в воздухе в виде паров; влага в почве.

Лучшие леса в Центральной Европе растут в районах с годовым количеством осадков 600-700 мм. Действительная потребность леса ещё меньше – фактически лесом используется около 150-175 мм воды в год, что составляет около половины средней годовой потребности во влаге сельскохозяйственных культур (Мелехов, 1980).

Учет количества осадков за вегетационный период позволяет с большей определенностью судить о возможности произрастания леса. Однако средний показатель за вегетационный период не всегда дает ясную картину. Очень важно, в какое время вегетационного периода выпадают осадки. В среднем за год в данной местности может выпасть, например, 400-500 мм осадков, из которых 50 мм в вегетационный период. Однако если в решающие дни и недели вегетационного периода, начиная с апреля, не выпадет дождь, особенно в сухих южных районах, создается опасность засухи и гибели как сельскохозяйственных, так и лесных культур. Вот почему особенно велико значение осадков в период наибольшей нуждаемости в них растений. Проблема обеспечения водой в этот период чрезвычайно важна.

Влияние осадков во времени не ограничивается сказанным. Прирост лесных деревьев бывает тесно связан и с количеством осадков, выпавших в предыдущем году, особенно в предшествующий осенне-зимний период. Имеются данные, показывающие увеличение прироста после года с обильными осадками. Немаловажное значение имеет и интенсивность осадков. Может выпасть большое количество осадков за год, например, 700-800 мм, но если все они выпали в виде двух-трех ливней, последствия их могут быть и неблагоприятными.

Осадки дают растениям не только влагу, но в какой-то мере и пищу: они вносят в почву из атмосферы минеральные вещества, а также соли азотной кислоты, аммиака и др. В некоторых случаях они содержат и вредные для леса примеси. Состав осадков при соприкосновении их с надземными органами растений пополняется частично и некоторыми веществами этих растений. Выпадающие осадки, таким образом, играют важную роль в физиологических процессах леса. Осадки, особенно зимние, оказывают и физическое воздействие на лес, которое может быть положительным и отрицательным. Положительное влияние снега сказывается: в предохранении почвы от промерзания; в защите растений (всходов и самосева древесных пород, многолетних растений из напочвенного покрова и т.д.) от вымерзания; в защите от отравлений газами; в предохранении молодых поколений леса от повреждений при валке деревьев во время лесозаготовок; в увеличении дальности залета семян по насту.

Влажность воздуха наряду с осадками и в зависимости от них определяет характер климата (сухой или влажный), воздействуя на характер и условия существования леса. При повышенной влажности воздуха пышно развивается эпифитная растительность, что характерно для влажных тропических и субтропических лесов.

На основании дендроклиматических данных по сосновым насаждениям окрестностей г. Гагра и метеорологических наблюдений изучались связи текущего прироста насаждений и количества осадков за 84 года (1911-1995 гг.) (табл. 1 и рис. 2). Исследовалась сосна пицундская на верхней границе ареала. Сосна в этих местах достигает оптимального развития; этому способствует богатая хорошо дренированная почва, развитый макрорельеф. Изменения ширины слоев ранней и поздней древесины в годичном кольце подчиняются в основном тем же закономерностям, которые характерны для годичного прироста в целом. Сходство распределения осадков за гидрологический год с изменчивостью индексов прироста по диаметру за 84 летний период составляет 73%.

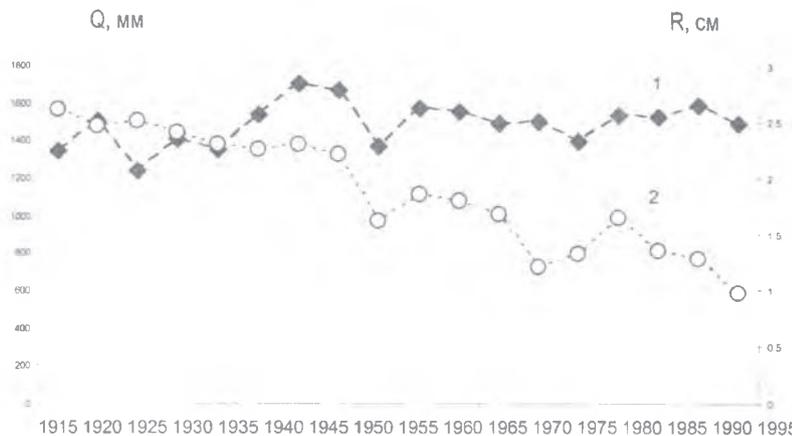


Рис. 2. Осредненные по пятилеткам значения радиального прироста сосны пицундской  
1 – годовая сумма осадков, 2 – радиальный прирост сосны пицундской

Изменчивость прироста заболоченных и болотных сосняков значительно отличается от изменчивости многолетнего хода прироста нормально увлажненных и влажных сосняков. Показатель сходства прироста влажных и болотных сосняков со средними температурами за гидрологический год равен 63%, что свидетельствует о существовании некоторой связи. Но на влажных и тем более на заболоченных местопроизрастаниях сосны изменчивость годичных колец насаждений определяется не только температурным режимом, но и влажностью почвы.

Рассмотрим более детально многолетний ход годичного прироста за период 1911-1995 гг. Наибольшие приросты сосны на всех типах местопроизрастания имели место в 1920-1935 гг. С 1935 г. начинается постепенное снижение прироста насаждений. На свежих местопроизрастаниях падение прироста происходит неравномерно. В 1932-1935 гг. прирост еще сравнительно высок. На влажных местопроизрастаниях в эти годы также наблюдается повышенный радиальный прирост. Минимальный прирост на местопроизрастаниях нормального увлажнения отмечен в 1955-1960 гг. Суммы положительных отклонений годичных индексов от средних многолетних за 1911-1935 гг. на свежих местопроизрастаниях равны 37%.

С 1955 по 1960 гг., по данным метеорологической станции Сухум, осадков выпало в среднем 1370 мм, что примерно на – 15-20% ниже нормы, соответственно величина среднегодового радиального прироста уменьшается с 1,6 мм до 1,3 мм. Условия роста насаждений ухудшаются. Особенно четко это проявляется в радиальном приросте сосны, находящейся в условиях недостаточного увлажнения. С некоторым опозданием повышается прирост древесины также и у влажных сосняков, прирост древесины на заболоченных местопроизрастаниях начинает резко понижаться и только с 1976 по 1980 гг. прирост снова возрастает.

С 1970 по 1975 гг. в Абхазии наблюдается резкое понижение прироста на местопроизрастаниях нормального увлажнения, что связано с относительно засушливым периодом 70-х годов. В среднем радиальный прирост снижается до 60-65% многолетней его величины. В сравнительно продуктивных условиях местопроизрастания прирост сосны вскоре начинает улучшаться и в 1976-1980 гг. уже достигает величины близкой к средней многолетней.

Сравнение изменчивости осадков и радиального прироста показывает синхронность циклов с периодом примерно 11 лет, что соответствует минимуму солнечной активности. В то же время разница интенсивности прироста между южной и северной ориентацией может быть объяснена непосредственным влиянием солнечного излучения на интенсивность движения субстрата и формирование камбия.

#### КОМПЛЕКСНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В СВЯЗИ С ГЛОБАЛЬНЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ И ГОДИЧНЫЙ ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

Ни один внешний фактор сам по себе не определяет в полной мере состояние любого живого организма. Живые организмы растут, развиваются и умирают как под воздействием постоянно меняющихся условий среды, так и под влиянием наследственности, формирующейся также в зависимости от условий среды. Связи организма и условий среды можно выразить в математической форме "биоценоза", т.е. взаимосвязанного комплекса "организм – среда". Любая релоконстанта организма, например, радиальный прирост дерева, может быть выражен суммой (интегралом) влияний среды за большой промежуток жизни организма. Упрощенно эта связь выглядит так

$$R_{\text{пр}} = k \left| \sum Q \right|,$$

где  $R_{\text{пр}}$  – радиальный текущий прирост,  $Q$  – условия среды (в рассматриваемом случае изменчивость климата),  $k$  – оператор, учитывающий все другие факторы, определяющие величину и изменчивость годичного прироста.

Что представляют собой климатические факторы, обуславливающие ширину годичных колец древесины? Выделить тот или другой климатический фактор в качестве решающего затруднительно. На прирост насаждений существенно влияют как термические условия гидрологического года, так и режим увлажнения. Средняя температура за гидрологический год, по существу представляет собой комплексный показатель, в известной степени учитывающий термические условия всего года: суровость зимы, весенние и летние условия роста. Показатель сходства изменчивости, годичных колец сосновых насаждений и хода средних температур воздуха за гидрологические годы для различных типов местопроизрастания леса составляет от 76% до 63%, что свидетельствует о явной связи термического режима гидрологического года с приростом насаждений. Следовательно, если бы весной был известен удовлетворительный прогноз температуры воздуха на летний сезон, то можно было бы с достоверностью примерно 70% судить об интенсивности прироста сосняков, растущих в условиях частично влажных местопроизрастаний. В некоторые периоды времени имеет решающее значение режим увлажнения, а влияние термических факторов здесь менее выражено.

Для характеристики условий среды можно использовать комплексные климатические показатели – соотношения температуры воздуха и количества осадков:

$$K = \frac{\sum Q}{0,1 \sum t^0}$$

где  $K$  – гидротермический коэффициент изменяющийся в условиях Юго-Западного Кавказа от 0,7 до 3,0;  $\sum t^0$  – средняя температура воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) за гидрологический год;  $\sum Q$  – осадки за этот же период.

Расчет комплексных показателей помогает уточнить степень влияния того или иного метеорологического фактора на радиальный прирост насаждений, позволяет получить представление о связи климатических факторов и характере их влияния на

изменчивость ширины годовых колец. В данном случае корреляция комплексного показателя с радиальным приростом ниже, чем с каждым фактором в отдельности.

При отыскании комплексных показателей нужно отдавать предпочтение тем из них, которые учитывают достаточно сложное влияние ряда факторов и при том за несколько лет. В условиях Юго-Западного Кавказа наиболее перспективными оказались комплексы климатических показателей летнего периода, так как в летний период чаще всего наблюдаются резкие изменения гидротермического коэффициента и значительная недостаточность увлажнения.

В связи с глобальным потеплением климата, особенно значимо проявляющемся на Юго-Западном Кавказе в последние 10-12 лет, нами предпринята попытка оценки влияния этого явления на радиальный прирост сосны (табл. 2, рис. 3). В последнее десятилетие наблюдается общее повышение температуры с 13°C (1992) до 16,3°C (2001) при этом суммарное годовое количество осадков сократилось на 13% с 1820 мм (1992) до 1580 мм (2002) радиальный прирост не изменился, но существенно возросли коэффициенты вариации ( $C_R=0,26$ ). Между изменением  $t^\circ\text{C}$  и суммарными годовыми осадками наблюдается высокий коэффициент корреляции ( $r_{Q,t} = -0,83$ ), значимая корреляционная связь наблюдается между осадками и радиальным приростом  $r_{Q,R}=0,74$ , между среднегодовой температурой и радиальным приростом  $r_{t,R}=0,73$ . Очевидно, что с повышением общего фона температуры значимость атмосферных осадков и их роль в формировании годовичного прироста сосны существенно возрастает.

Таблица 2  
Среднегодовая температура воздуха ( $t^\circ\text{C}$ ), годовая сумма осадков ( $Q$  мм)  
и радиальный прирост сосны пицундской ( $R$  мм)

Годы	$t^\circ\text{C}$	$Q$ мм	$K$	$R$ мм
1990	14,3	1284	1,6	2,87
1991	14,1	2050	3,1	4,75
1992	12,9	1828	2,1	2,25
1993	13,9	1750	1,9	2,87
1994	13,8	1870	1,9	5,25
1995	15,3	1990	2,3	5,87
1996	14,7	1469	1,7	6,75
1997	14,2	1650	0,8	2,75
1998	14,2	1478	0,6	2,0
1999	15,7	1500	1,1	2,87
2000	15,8	1740	1,1	2,0
2001	16,3	1780	1,2	4,2
2002	15,7	1580	1,4	4,5

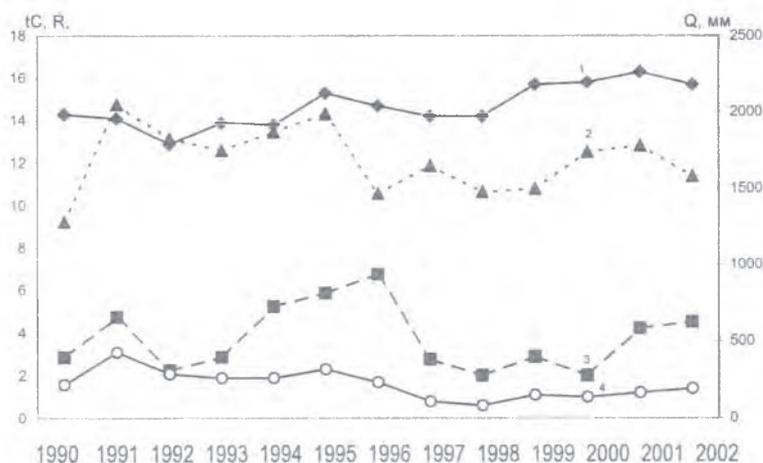


Рис. 3. Оценка влияния глобального потепления климата на радиальный прирост сосны пицундской, 1 – среднегодовая температура воздуха, 2 – годовая сумма осадков, 3 – радиальный прирост сосны пицундской, 4 – гидротермический коэффициент летнего периода

Из анализа данных следует, что связь между радиальным приростом сосны пицундской и гидротермическим коэффициентом летнего сезона составляет  $r=0,87$ , что свидетельствует о решающем значении летних осадков в формировании прироста ранней древесины сосновых насаждений.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее благоприятные периоды интенсивного радиального прироста сосны пицундской наблюдаются в 20-х, 40-х, 60-х и середине 90-х годов прошлого столетия, период цикличности кратен 11 летним циклам солнечной активности.

Между термическим режимом приземной атмосферы (среднегодовая температура) и годичным радиальным приростом сосны пицундской существует тесная связь с высоким коэффициентом корреляции ( $r>0,8$ ).

Дендроклиматические исследования термического фактора позволяют установить цикличность и спрогнозировать величину суммарного пятилетнего прироста на 5-10 лет с вероятностью 80%.

В соответствии с расчетными значениями коэффициентов регрессии, за 88 лет наблюдений с 1904 по 1992 годы происходит систематическое увеличение суммарных годовых и сезонных сумм осадков в среднем на 10-11%. Влияние ритмов осадков на растительность сильнее всего проявляется там, где коренным образом изменяется среда обитания растений.

Обнаруживается различие в интенсивности прироста южной ( $r_1=3$  мм) и северной ( $r_2=1,8$  мм) ориентаций. Наиболее вероятное объяснение этого явления, по всей видимости, заключается в непосредственном влиянии солнечной инсоляции на формирование камбия.

Наблюдается практически линейная связь между комплексным показателем увлажнения в летний период и радиальным приростом сосны пицундской, что свидетельствует о решающей роли летних осадков в формировании продуктивности лесных ценозов.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности разработки прогноза климата и продуктивности лесных ценозов и квот при заготовке промышленных сортов древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Битвинкас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л., Гидрометизд., 1974. 172с.
- Высоцкий Г.Н. Учение о лесной пертиненции. Курс лесоводства. Л.: Лесная промышленность, 1930. 220 с.
- Колищук В.Г. Динамика прироста горной сосны в связи с солнечной активностью. М.: ДАН СССР, 1966. №3. С. 710-713.
- Мелехов И.С. Лесоведение. М.: Лесная промышленность, 1980. 406 с.
- Моисеев П.А. Влияние изменений климата на радиальный прирост и формирование возрастной структуры высокогорных лесов Кузнецкого Алатау // Экология, 2002. №1. С. 10-17.
- Погребняк П.С. Общее лесоводство. М.: Колос, 1968. 398 с.
- Селенинов Т.Г. Климатическое районирование СССР для сельскохозяйственных целей // В кн. памяти
- Экба Я.А., Дбар Р.С., Ахсалба А.К. Экологическая роль атмосферных осадков и их влияние на продуктивность экосистем // Проблемы экологии горных территорий. Нальчик: КБНЦ РАН, 2003. С. 193-200
- Parde J. Indice climatique et production ligneuse // Comptes Rendus Hebdomadaires de séances d'Académie d'Agr. de France. Paris, 1964. 50. №6. P. 569-576.
- Paterson S.S. The forest area of the World and its potential productivity. Goteborg, 1956. 216 p.