

ПЛОТНОСТЬ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДРЕВЕСИНЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ
КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЫСОКОГОРИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

О.Н.Соломина, В.П.Бальчинос

Положение о том, что климат влияет на величину радиального прироста дерева является в дендроиндикации основополагающим. Данные последних лет показывают, что не только ширина годичных колец, но и их строение, химический и изотопный состав отражают в какой то мере динамику внешней среды. По мнению специалистов [4], структура древесины, количество и размеры ее анатомических элементов даже более полно, чем ширина колец могут характеризовать климатические условия, экологически важные для жизни дерева.

Наиболее удобным интегральным показателем структуры древесины, по-видимому, является плотность. Однако, до 1960-х годов не было известно эффективного способа ее измерения в массовых масштабах. Объемно-весовой метод, применявшийся в это время, не давал удовлетворительных результатов из-за трудоемкости выделения и взвешивания малых объемов древесины. В целом неудачными оказались и попытки применить для измерения плотности фотографию: хотя особенности микроструктуры древесины на снимках были хорошо различимы, нерешенной оставалась проблема количественной интерпретации значений плотности. По той же причине не получили дальнейшего развития механические методы определения плотности - по напряжению сдвига и по глубине проникновения зонда в ткань [12] .

Наилучшие результаты дали радиационные методы денситометрии - методы β - и x -лучей. Особенно эффективен последний, разработанный в 1960-е годы Полжем [10] . Он заключается в сканировании рентгеновских снимков древесины на специальном приборе - микро-денситометре. Этот метод более производителен, чем все описанные выше, имеет хорошую разрешающую способность, а главное - позволяет получить количественные плотности древесины, которые хорошо согласуются с показателями, определенными объемно-весовым методом [12] . Основные источники ошибок - искажения, вносимые резинами, различной влажностью образцов, неодинаковой толщиной срезов, микроструктурой их поверхности - устранимы при помощи тщательной предварительной подготовки образцов [13] .

Разработка надежной методики и аппаратуры для определения плотности колец заложили основу для дальнейших исследований, однако, по существу, развитие этого направления в дендроиндикации только начинается. До сих пор существуют определенные трудности, как теоретического, так и практического характера. Денситометрические исследования более трудоемки, чем измерения ширины колец, и требуют специального дорогостоящего оборудования.

В Советском Союзе измерения плотности проводятся в основном на микрофотометрическом анализаторе слоистых структур, сканструированном в 1970 г. в институте физики им.

Л.В.Киренского СО АН СССР [3]. Принцип его работы заключается в регистрации отражений луча света от сканируемого образца - в нашем случае - зерна древесины. Результат фиксируется записывающим устройством в виде кривой, у которой по оси абсцисс - радиус ствола, по оси ординат - коэффициент диффузного отражения света. Расстояние между ближайшими минимумом и максимумом кривой по оси абсцисс в некотором масштабе представляет собой ширину годичного кольца. Минимумы отражают поверхностную пористость поздней древесины, максимумы - ранней. Специальными исследованиями [3] показано, что определенная таким путем поверхностная пористость тесно связана с плотностью древесины, определенной, например, рентгенографическим способом. Поэтому на основе фотометрических рефлектограмм можно судить и о плотности колец. В дальнейшем, для простоты, мы будем называть полученный показатель плотностью.

Основные источники ошибок - изменения цвета древесины, не связанные с регулярным циклом формирования ранних и поздних колец, различная влажность образца, "случайные" анатомические элементы древесины, дефекты поверхности среза - могут быть сведены к минимуму путем тщательного отбора исходного материала и выполнения некоторых несложных подготовительных операций. Снижает вероятность ошибок и использование данных, осредненных по нескольким деревьям.

В настоящей статье будут представлены результаты определения плотности древесины фотометрическим способом, описанным выше. Цель работы состоит в поиске связей динамики фотоплотности с климатическими условиями роста деревьев за период инструментальных метеорологических наблюдений. Эту задачу мы рассматриваем как первый необходимый этап для перехода к реконструкции климата прошлого на основе денситометрических исследований.

Отбор образцов проводился летом 1985 года палеогляциологическим отрядом отдела гляциологии Института Географии АН СССР совместно с сотрудниками дендроклимато-хронологической лаборатории Института Ботаники АН Литовской ССР. На северном и южном макросклонах Большого Кавказа, в субальпийском поясе, на верхней границе леса, было заложено две пробные площади. В качестве материала для денситометрического анализа использована сосна / *Pinus silvestris* var. *hamata*, широко распространенная на обоих макросклонах Большого Кавказа в высотном интервале от 200 до 2300 м. Это - типично горное растение, поднимающееся практически до концов современных ледников и заселяющее в высокогорье крутые склоны, осыпи, морены. Здесь сосна чаще всего образует разновозрастные полусомкнутые или разомкнутые древостой на скудных сухих рыхлых почвах.

Первая пробная площадь была заложена в долине р. Черек Безенгийский, где сосна поднимается по дну долины до абсолютных высот порядка 2000 м. Отбор образцов проводился в сосновом лесу, расположенном на правом борту долины на коренном склоне западной экспозиции. Крутизна склона около 20°, высота площадки над урезом реки примерно 20 м. Абсолютная высота местности 1900 м. Деревья в сосняке имели высоту 15-20 м, в толщину достигали 50 см. Возраст сосен не превышал 100 лет. Небольшой возраст деревьев в древостое не был для нас неожиданностью, т.к. в недавнем прош -

дом примерно на этой высоте располагались концы ледников [5].

На южном макросклоне пробная площадь была заложена в долине ледника Хальде, в Сванетии. Образцы отбирались в сосняке, расположенном на правом борту долины, на склоне южной экспозиции. Абсолютная высота пробной площади около 2000 м. Крутизна склона, на котором отбирались образцы, достигает 30° . Деревья образуют полусомкнутый древостой: их максимальная высота - 20-25 м, толщина стволов - до 60 см. Сосновый лес, выбранный нами, является последним, т.е. маркирует верхнюю границу леса в данном районе; выше растут лишь отдельные деревья. Отметим, что эта граница, видимо, не термическая, а антропогенная, т.к. в долине, по склонам, заметны следы рубок.

В обеих долинах отбор образцов проводился при помощи возрастного бурава. Образцы отбирались с южной и западной экспозиции стволов на высоте около 1,3 м. С каждой пробной площади отобрано по 30 образцов с пятнадцати деревьев. Впоследствии у всех образцов обычным способом была измерена ширина раннего и позднего слоя древесины, затем данные по каждой площади осреднили. В целях исключения возрастного тренда полученные значения ширины колец преобразовывались в индексы прироста по методике Битвинскасса Т.Т. [2].

Из тридцати кернов для денситометрического анализа было отобрано 6 образцов от разных деревьев - по 3 с каждой площади. Основным критерием было наличие хорошо выраженных, контрастных в цветовом отношении, достаточно широких годовичных колец, а также отсутствие на кервах механических повреждений и пигментных пятен. По возможности отбирались образцы с наибольшим числом колец.

Методика измерений плотности. Технические подробности работы на микрофотометрическом анализаторе слоистых структур подробно описаны в специальной литературе [3], поэтому мы не будем на них останавливаться. Укажем только, что анализ проводился на воздушно-сухих образцах, поверхность которых предварительно срезалась микротомным ножом. Кроме плотности по денситограмме определяли ширину колец ранней, поздней и годовой древесины /рис. 2/.

Микрофотометрический анализатор не дает количественных значений плотности. Поэтому, чтобы иметь возможность оперировать с полученными кривыми, мы сочли возможным прибегнуть к чисто формальному приему и придать значениям плотности численный вид, измерив расстояние от нижней рамки записывающей ленты до каждого экстремума /рис. 2/. Поскольку максимальное отражение света фиксируется от ранней, светлой, наименее плотной древесины, а наименьшее - от темной, плотной - поздней, график поверхностной пористости, получаемой на фотоанализаторе, имеет по сравнению с кривой плотности перевернутый вид. Для того чтобы перейти от наших данных к собственно ходу плотности у графиков необходимо поменять направление ординаты. Тогда максимальные подъемы кривой будут отражать динамику поздней, максимальной плотности, минимальные - ранней, наименьшей. Пример обработанного таким способом образца приведен на рис. 3.

На этом графике /рис. 3/ заметно, что первые несколько годовичных колец характеризуются резким возрастанием максимальной и минимальной плотности древесины. Эта закономерность прослеживается и на всех других исследованных образцах. Вероятно, от-

меченный эффект обусловлен не изменением собственно поверхностной пористости древесины, а связан с особенностями измерения, т.к. методом х-лучей он не зарегистрирован. Измерения укороченного образца показали, что в этом случае возрастания плотности не происходит. Поскольку удовлетворительного объяснения этому пока не найдено, при гляциоклиматических реконструкциях в дальнейшем первые пять колец, отличающихся такими аномалиями плотности, мы не будем принимать во внимание.

По данным некоторых исследователей [9], плотность, также как и ширина колец меняется с возрастом, но аппроксимируется не негативной экспонентой, как кривая ширины, а полиномом. По другим источникам [13], плотность годовичных колец не имеет возрастного тренда. Кривые плотности колец, полученные нами, также не обнаруживают ясно выраженной возрастной тенденции, что позволяет их использовать без введения соответствующих поправок на возраст.

Вопрос о связи между шириной и плотностью годовичных колец деревьев также пока однозначно не решен. В принципе, наиболее широкие кольца должны быть и самыми плотными, поскольку они формировались в годы, благоприятные для растения в целом. Однако на практике эта закономерность выдерживается лишь в самом общем виде и проявляется преимущественно для максимальной плотности и ширины колец поздней древесины. Такая связь обнаружена, например, при анализе плотности древесины лиственницы и сосны из субальпийской зоны Альп методом х-лучей [13]. Наши данные, полученные с помощью микрофотометрического анализатора, также свидетельствуют о том, что ширина колец поздней древесины сосны прямо связана с их максимальной плотностью, хотя связь эта не очень тесная /рис. 4а/. Каких-либо зависимостей между шириной и плотностью колец ранней древесины не обнаружено /рис. 4б/.

При сравнении между собой кривых хода максимальной и минимальной плотности можно заметить, что эти характеристики меняются в значительной степени синхронно и однонаправленно, т.е. все крупные минимумы и максимумы отражаются на обеих кривых. Однако, разброс значений максимальной плотности для одного образца больше, чем минимальной. В то же время, максимальная плотность менее изменчива от дерева к дереву, чем минимальная и, особенно — чем ширина колец. Так в Альпах получены сходные кривые максимальной плотности для деревьев, удаленных друг от друга на расстояние в сотни километров [13]; вместе с тем кривые максимальной плотности из Средиземноморского сектора уже обнаружили от них существенные отличия. По-видимому, максимальная плотность годовичных колец деревьев отражает климатические условия крупного региона, в то время как более изменчивая ширина несет в основном информацию о локальных особенностях климата [13].

Этот вывод подтверждается и нашими данными по Кавказу, поскольку кривые максимальной плотности древесины, полученные по северному и южному макросклонам, имеют между собой несомненное сходство /рис. 5/, тогда как графики ширины колец /рис. 1/ похожи значительно меньше.

Плотность годовичных колец и климат. К настоящему времени собран уже значительный материал, позволяющий с уверенностью сказать, что плотность годовичных колец деревьев в основном зависит от тех же климатических параметров, что и ширина, причем эта зависи-

мость тем яснее, чем ближе дерево к границам своего распространения. Так, на северной и верхней границах леса максимальная плотность колец ограничена температурами вегетационного периода, или его части /II, I2/; в аридных районах - количеством осадков [12]. Связь плотности колец с климатическими параметрами оказалась более тесной, чем ширина, что дало возможность повысить точность реконструкций и получить расхождения между реальными и восстановленными по плотности температурами вегетационного периода менее 1 К [7].

В нашем случае деревья были отобраны с верхней границы леса, где определяющее влияние на величину прироста древесины и ее структурные особенности оказывают прежде всего термические условия вегетационного периода, поэтому поиск связей плотности с метеорологическими данными велся в этом направлении. Прежде чем перейти к анализу этих связей кратко остановимся на характеристике тех атмосферных процессов, которые характеризуют климат Кавказа в целом и определяют к конечному итоге свойства годовых колец деревьев.

Климат Большого Кавказа определяется его положением на границе умеренной и субтропической зон, так что северный макросклон относится к умеренной континентальной, а южный - к субтропической зоне. Кавказ открыт для вторжений воздушных масс с севера, северо-запада и северо-востока, а также теплых влажных - с запада. Существенное влияние на формирование климата Кавказа, особенно его южного склона, оказывают вторжения воздушных масс с юга и юго-запада. В случае преобладания западного переноса формируется западный тип циркуляции W /по Вангенгейму/, который обуславливает теплую погоду зимой, прохладную - летом, а также большое количество осадков во все сезоны. Меридиональные типы циркуляции E и C усиливают континентальные черты климата Кавказа. Тип E влечет за собой установление антициклональной погоды с жарким сухим летом и холодной зимой. Тип C также обуславливает низкие зимние температуры и значительное количество осадков холодного периода. Сезон вегетации при этом типе циркуляции как правило теплый и продолжительный [8].

Названные типы макроциркуляции обычно охватывают весь Кавказ, формируя сходные погодичные условия на северном и на южном макросклоне. Особенно отчетливо это сходство проявляется в высокогорной зоне. Поэтому для самой общей характеристики изменений климата Кавказа в целом можно пользоваться длинными рядами данных предгорных метеостанций, например, Тбилиси, Орджоникидзе и др. Однако, нельзя игнорировать и влияние на климат местных орографических факторов, которые могут вносить существенные изменения в общую картину. В связи с этим для детализации и уточнения динамики климата в субальпийской зоне мы пользовались короткими рядами высокогорных метеостанций, расположенных по возможности вблизи районов наших исследований - Бечо, Местина, Корульдаш, Крестовый перевал, Мамисонский перевал, Казбеги. На рис. 6 приведена схема их расположения с указанием абсолютных высот.

Анализ динамики летних температур по этим станциям /рис. 7/ показывает, что в целом ход температурных аномалий теплого периода для всех высотных зон Кавказа имеет одинаковую направленность, хотя масштаб их может быть - и как правило бывает -

различным. Сопоставление метеоданных с графиками плотности древесины сосны, полученных нами, свидетельствует о том, что практически все крупные минимумы и максимумы летних температур имеют аналоги на кривых максимальной плотности поздней древесины, причем высоким температурам соответствуют большие значения максимальной плотности, низким — малые. Так, в 1890–93 гг. у сосен, растущих на северном макросклоне Центрального Кавказа, в долине ледника Безенги формировались кольца высокой плотности, которая с 1893 г. начала резко снижаться и в 1894–96 гг. достигла минимума. Летние температуры этого периода хорошо отслеживают ту же закономерность: высокие температуры 1886–92 гг. сменились в середине 1890-х гг. более низкими, и если для метеостанций южного склона /Тбилиси/ это снижение было незначительным, то на кривой летних температур станции Орджоникидзе /северный склон/ образовался заметный минимум.

Отсутствие метеорологических наблюдений на большинстве гмс Центрального Кавказа в период с 1914 по 1925 год не дает возможности с уверенностью проследить второй минимум плотности древесины, относящийся на северном склоне к 1913–1932 гг. По данным метеостанции Тбилиси конец 1910-х–начало 1920-х гг. характеризовалось некоторым снижением фона летних температур, не очень, впрочем, значительным. Низкие значения летних температур в конце 1920-х–начале 1930 гг. наблюдались на станции Орджоникидзе, причем здесь похолодание было более заметным.

На южном макросклоне начиная с 1925 года сосны также формировали годовичные кольца низкой максимальной плотности. Здесь этот процесс продолжался на полтора десятилетия дольше — вплоть до 1945 года. Судя по данным метеостанции Бечо, расположенной недалеко от пробной площади в долине ледника Халде, температуры в указанный период также были невысокими: на кривой /рис. 7/ хорошо заметен минимум в конце 1920-х гг. и постепенное повышение температуры к середине 1940-х.

1932–1955 гг. на северном макросклоне характеризовались в целом высокими температурами теплого периода с некоторым их снижением в 1941–1944 гг. На кривой максимальной плотности древесины сосны с северного склона видно, что деревья формировали в это время кольца повышенной плотности. Снижение температур начала 1940-х гг. здесь почти не отразилось на качестве древесины, зато на кривой плотности по южному склону соответствующий минимум хорошо прослеживается и практически сливается с предшествующим периодом пониженной поздней плотности колец.

Теплый период /1930–1950-х гг. на северном склоне и 1940–1950-х гг. на южном склоне/ закончился к 1960 г. В это же время на обоих макросклонах Центрального Кавказа началось резкое снижение максимальной плотности древесины сосны. Видимо, период неблагоприятный для формирования плотной древесины годовичных колец в субальпийской зоне Кавказа продолжается и в настоящее время.

Плотность колец и оледенение. Интерес гляциологов к информации о климате, получаемой при помощи годовичных колец, все время растет. Он обусловлен тем, что наблюдения за ледниками и условиями их существования начались сравнительно недавно и до сих пор продолжают оставаться эпизодическими из-за трудной доступности объектов исследования. Динамика прироста годовичных колец деревьев является дополнительным, досто-

верным источником сведений о климате высокогорий, который в какой-то мере может восполнить пробелы гляциоклиматических наблюдений. Кроме того, недавние исследования показали [7] , что дендроиндикационные данные, в частности максимальная плотность древесины, могут и непосредственно коррелировать с некоторыми показателями состояния оледенения. Так, удалось связать ход максимальной плотности древесины ели с колебаниями концов ледников в Швейцарских Альпах [7] . Некоторое запаздывание в продвижении концов ледников, которое при этом обнаружилось, объясняется их инерционностью по отношению к флуктуациям климата, и составляет от 1 года до 16 лет, что согласуется с современными представлениями о времени реакции ледника на изменения среды. Хорошая сопоставимость данных по плотности древесины и различных гляциологических показателей, как высота снеговой линии, баланс массы ледника, продвижение языка, на наш взгляд, объясняется прежде всего тем, что у ледников умеренной зоны, таких как альпийские или кавказские, наиболее изменчивой составляющей является величина абляции, или таяния [1] . То есть ведущим фактором, определяющим как величину таяния ледников, так и формирование древесных колец, являются условия теплого периода, в частности летние температуры. Отметим, однако, что полной синхронности между ходом максимальной плотности и, например, балансом массы ледников, ожидать нельзя, поскольку режим ледника зависит не только от летних температур, но и от количества зимних осадков, летних снегопадов, дождей и некоторых других существенных факторов. Годичные кольца максимальной плотности также образуются при сочетании многих условий: кроме высоких температур в конце лета-начале осени на плотность древесины положительно влияют высокие температуры апреля-мая, небольшое количество осадков текущего года с января по сентябрь, низкие температуры и большое количество осадков сезона вегетации предыдущего года, низкие зимние температуры предыдущего года [13] .

Ход максимальной плотности годичных колец сосны из высокогорной зоны Центрального Кавказа также хорошо согласуется с некоторыми показателями динамики ледников. Так, периоды активизации оледенения, относящиеся к 1890-м гг., 1907-1914 гг., 1927-1933 гг. 1960-1970 гг. [1] , на кривой максимальной плотности приходятся на те стрелки времени, когда формировались кольца с низкими значениями плотности древесины.

Интересно сопоставление хода максимальной плотности сосны, образцы которой отобраны в долине Черек Безенгийский, с динамикой ледника Безенги, расположенного в 1,5 км от пробной площади. В 1900-1928 гг., судя по реконструкции Ходос [8] , баланс массы этого ледника был близок к нулю, а возможно и составлял небольшую положительную величину, что на фоне современного отступления ледников является показателем условий, благоприятных для оледенения. Снеговая линия находилась на высоте около 2700 м. Ледник наступал и в 1912 г. сформировал морену. Активизация оледенения в этот период была вызвана, видимо, господством циркуляции типа W, которая обуславливала низкие температуры летом и некоторое увеличение зимних осадков. На кривой плотности древесины период 1912-1928 гг. характеризуется низкими значениями плотности поздней древесины. Высокие значения плотности в 1900-1911 гг. могут быть объяснены несколькими причинами. Во-первых, не исключено влияние локальных климатических факторов на формирование го-

дичных колец, они могли внести шумы, сопоставимые по масштабу с колебаниями плотности, вызванными изменениями метеоусловий более высокого порядка. Однако, вероятнее всего, несогласованность в ходе плотности колец и климатических условий в период 1900-1911 гг. связана с погрешностями измерения на микрофотометрическом анализаторе: дело в том, что начиная с 1911 года кривая плотности представлена всего одним, наиболее старым образцом, поэтому результаты измерений на этом отрезке наименее надежны.

В 1930-1950 гг. ледник Безенги быстро отступал, причем особенно активно потеря массы происходила в 1940-1948 гг., когда снеговая линия поднялась до высоты 2950 м, а баланс массы достиг рекордной за столетие отрицательной величины - $III,0 \text{ г/см}^2$ [8]. Кривая плотности древесины в этот период полностью синхронна изменениям баланса массы, описанным выше: в 1930 гг. начинается резкий подъем кривой плотности, к концу 1930-началу 1940-х гг. она достигает наиболее высокого уровня, а к 1960 г. падает.

1960-е и 1970-е гг. на Центральном Кавказе снова были благоприятными для оледенения: фирновая линия опустилась по сравнению с предыдущим периодом на десятки метров, поверхность ледников в области питания поднялась на 15-18 м, многие ледники начали наступать. В это время сосны из долины р. Черек Безенгийский (а также на южном макросклоне) откладывали кольца низкой плотности, что хорошо видно на рис. 5.

Таким образом, при сопоставлении характеристик режима ледников и хода максимальной плотности древесины сосны из субальпийской зоны северного и южного макросклонов Центрального Кавказа обнаруживается сходство в их динамике, которое носит скорее всего не случайный, а закономерный характер. Единственным существенным расхождением является пик максимальной плотности 1900-1911 гг., не имеющий аналога в характеристиках оледенения. Возможные объяснения этого явления приведены выше.

Заключение. Максимальная плотность древесины сосны, измеренная при помощи микрофотоанализатора слоистых структур и приведенная к условно-количественному виду имеет сходство с рядом летних температур высокогорной зоны Центрального Кавказа, где и были отобраны образцы для исследования. Поскольку графики максимальной плотности, полученные по двум макросклонам Центрального Кавказа похожи между собой, плотность колец, вероятно, отражает скорее черты климата не локального, а регионального уровня. Об этом же свидетельствует хорошая сопоставимость хода плотности с данными предгорных метеостанций, расположенных за сотни километров от опытных площадей.

Ход плотности хорошо согласуется и с некоторыми показателями динамики ледников, причем формирование колец высокой максимальной плотности приходится на годы уменьшения баланса массы ледников, понижения высоты снеговой линии; менее плотная древесина образуется в периоды наступания ледников.

Так как с помощью микрофотоанализатора удалось получить лишь условные значения плотности, их количественное сопоставление с динамикой климатических параметров пока не представляется возможным. Однако, на качественном уровне установленная связь максимальной плотности с летними температурами представляется несомненной, хотя теснота этой связи пока не выяснена. Таким образом, денситометрические исследования уже сейчас могут быть использованы для суждения о динамике летних температур за несколько последних столетий.

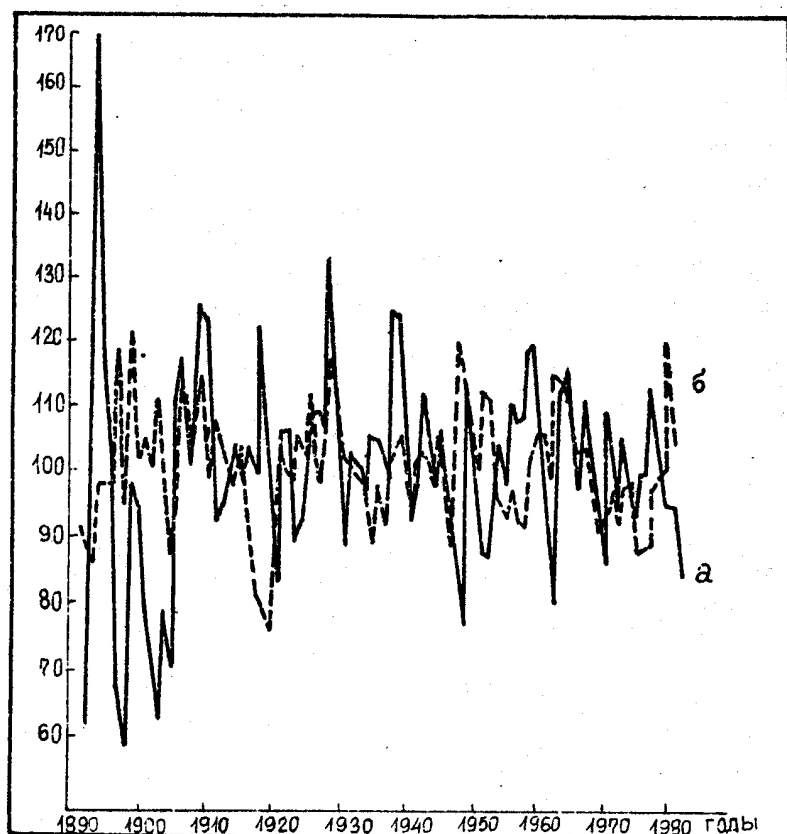


Рис. 1. Индексы прироста древесины по двум пробным площадям: а - в долине р. Черек Безенгийский /северный макросклон/; б - в долине Адиги /южный макросклон/.

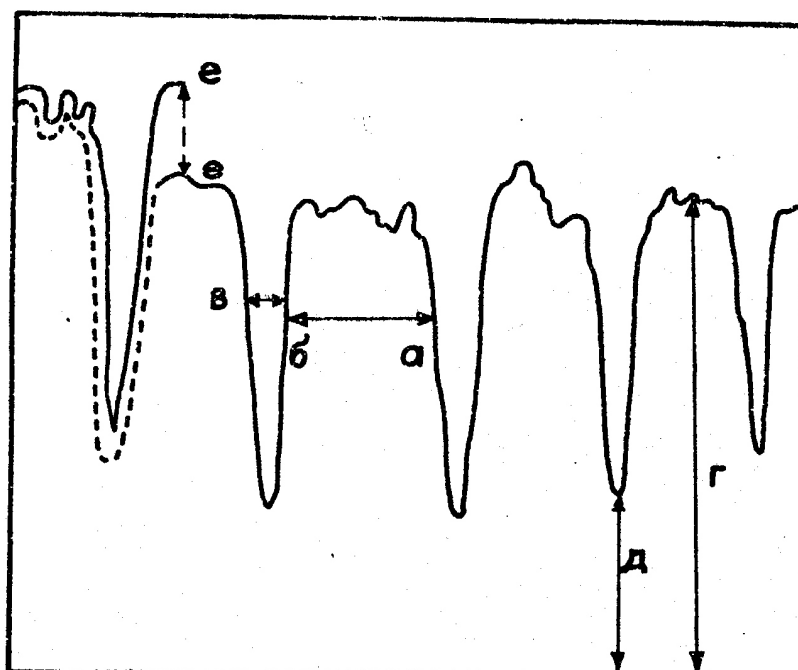


Рис. 2. Фрагмент денситограммы для одного из образцов. Определение по денситограмме ширины кольца ранней древесины /а-б/, поздней древесины /б-в/, годовичного кольца /а-в/. Определение минимальной плотности /г/ и максимальной плотности /д/. Внесение поправки при наведении резкости /е-е/.

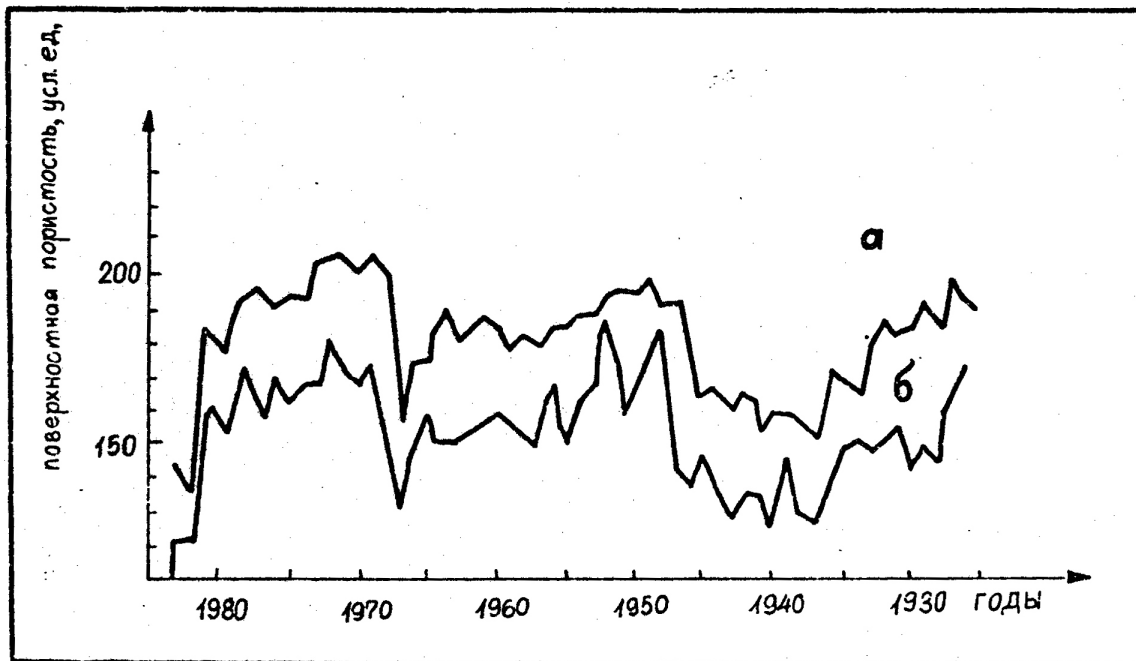


Рис. 3. Ход поверхностной пористости одного из образцов - ранней /а/ и поздней /б/ древесины

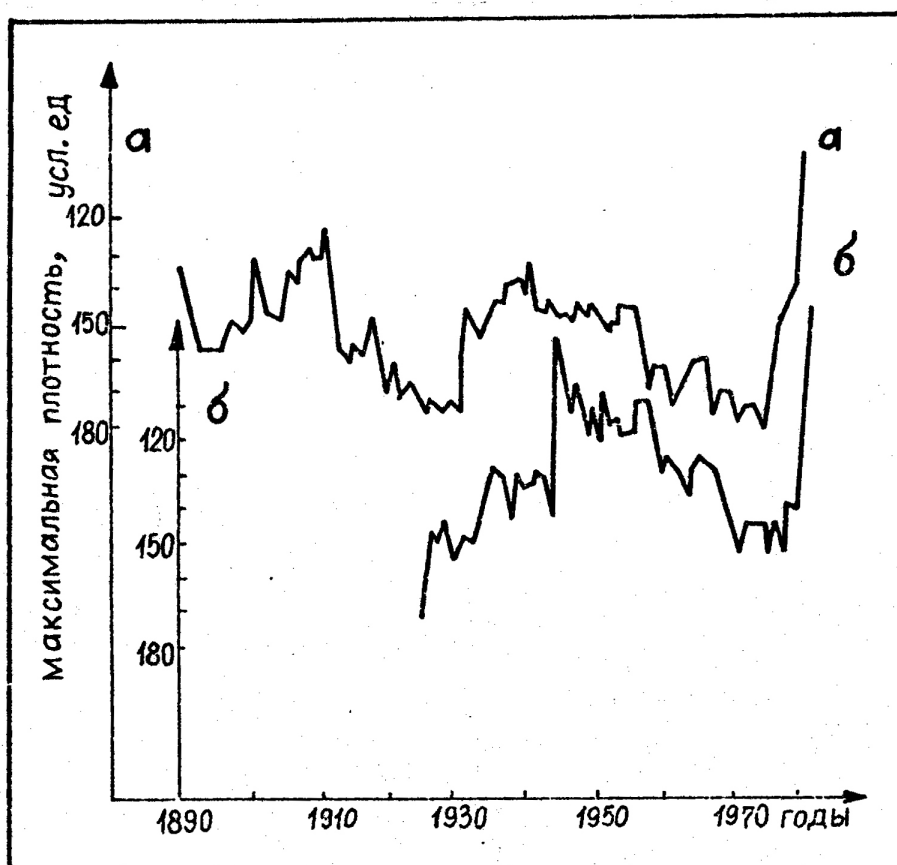


Рис. 5. Обобщенные кривые максимальной плотности по 6 опытным образцам /а/ Северный макросклон Центрального Кавказа; /б/ Южный макросклон.

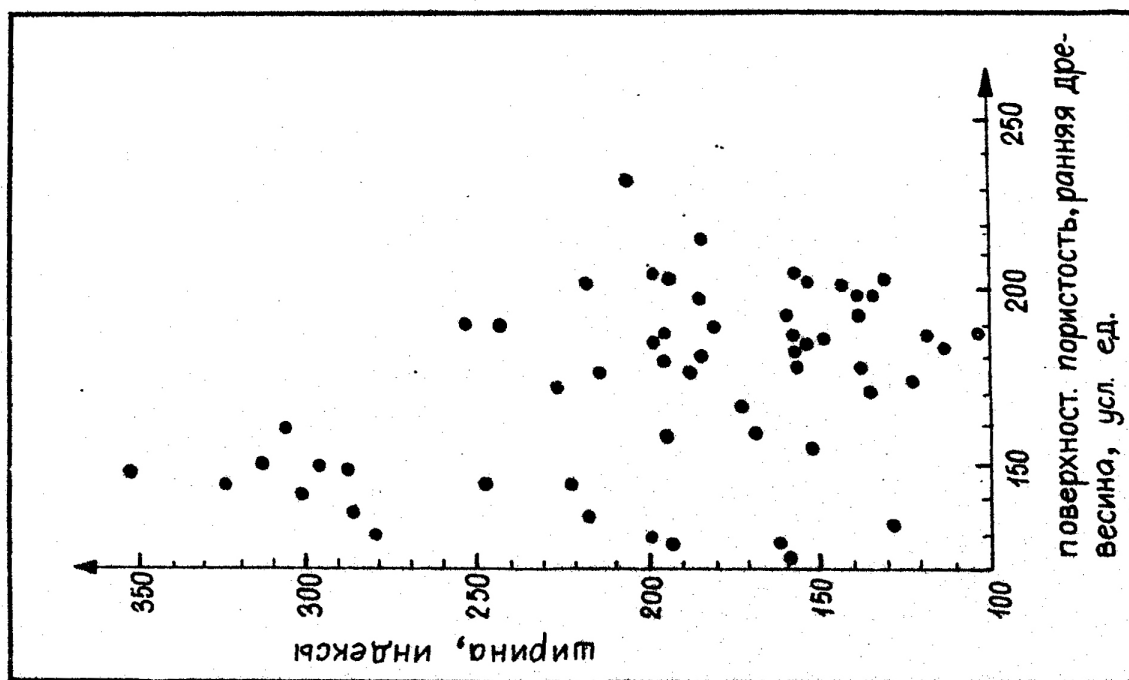
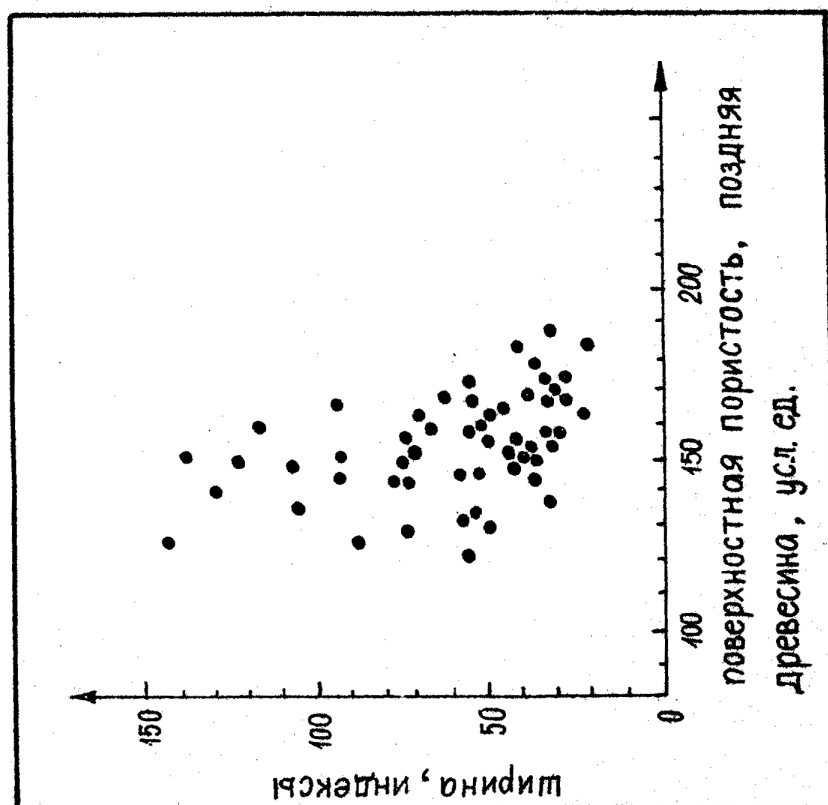


Рис. 4. Графики связи максимальной плотности и ширины колец поздней древесины /4 а/ и минимальной плотности - ширины колец ранней древесины /4 б/.

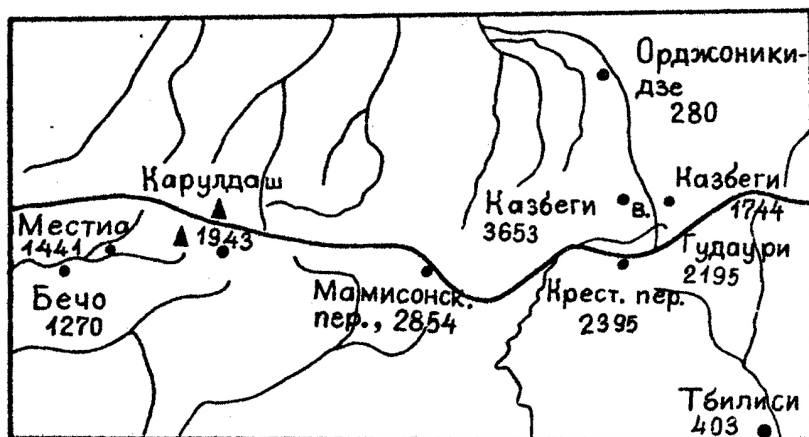


Рис.6. Схема расположения метеостанций, использованных для сопоставления с данными плотности годовых колец, с указанием абсолютных высот. Треугольниками обозначены места отбора образцов.

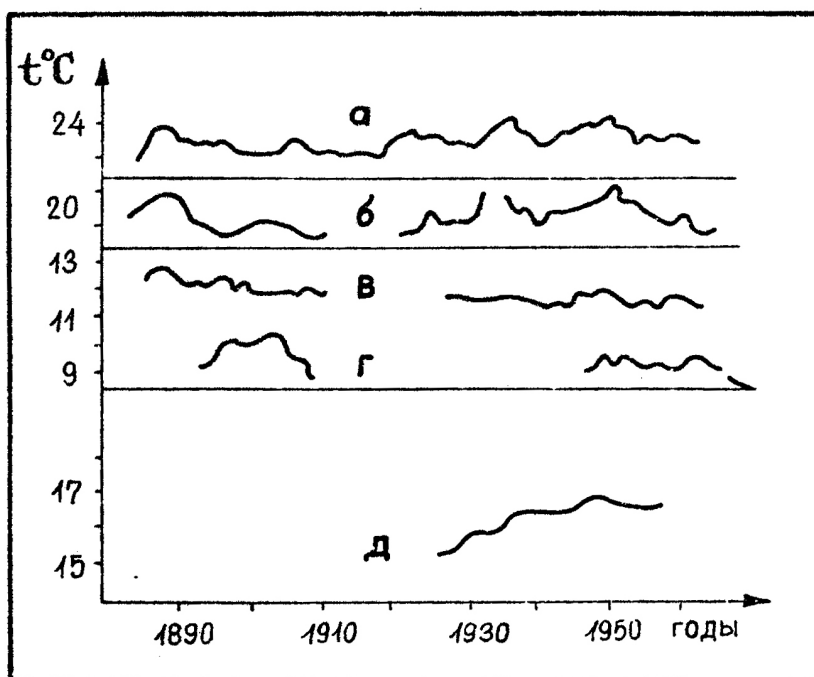


Рис. 7. Ход летних /июль-август/ температур по данным гмс а/Тбилиси, б/Орджоникидзе, в/Гудаури, г/Крестовый перевал, /по б/, д/Бечо. Пятилетние скользящие средние.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Альпы - Кавказ. Современные проблемы конструктивной географии горных стран. М., Наука, 1980, 325 с.
2. Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л., Гидрометеиздат, 1974, 172 с.
3. Ваганов Е.А., Терсков И.А. Анализ роста дерева по структуре годовичных колец. Ново-сибирск, Наука, Сибирское отделение, 1977, 94 с.
4. Вихров В.Е. Строение и физико-механические свойства древесины дуба в связи с условиями произрастания. М., Изд-во АН СССР, 1954, 263 с.
5. Голодковская Н.А. Реконструкция оледенения Центрального Кавказа в XII-XX столетиях /по лихенометрическим данным/ Автореферат на соискание ученой степени канд. геогр. наук. М., 1982, 27 с.
6. Кренке А.Н., Попова В.С. Реконструкция изменений баланса массы ледников Казбека по метеорологическим данным. - В сб. Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. 1974, М., № 24, с. 264-273.
7. Ретлисбергер Ф. Годичные кольца и климат - ретроспективный обзор и новые результаты. Бюлл. ВМО, т. XXIX, № 3, июль 1980, с. 215-224.
8. Ходос Э.Н. Расчет бюджета массы долинных ледников Кавказа. - В сб. Материалы гляциологических исследований. Хроника, обсуждения. М., 1965, № II, с. 159-166.
9. Bräker O.U. Alpine Europe. In: Climate from tree-rings, Cambridge, University Press, 1982, p. 135-137.
10. Polge H. Thèses présentées à la faculté des sciences de l'Université de Nancy. Nancy, 1966, 215 p.
11. Rötlişberger F., Haas P., Hobzhauser E., Keller W., Bircher W., Renner F. Holocene climatic fluctuations-radiocarbon dating of fossil soil (f.H₂) and wood from moraines and glaciers in the Alps. Geographica Helvetica, 1980, vol. 35, No 5, p.21-52.
12. Schweingruber F.H. Measurement of densitometric properties of wood. In: Climate from tree-rings. Cambridge, University Press, 1982, p. 8-12.
13. Schweingruber F.H., Fritts H.C., Bräker O.U., Drew L.G. The x-ray technique as applied to dendroclimatology. Tree-ring bull., 1978, vol. 38, p. 61-91.