

ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ УРО РАН

Уральская  
экологическая школа:  
вехи становления  
и развития



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
**ГОШИКИ**  
2005

УДК 574(09)

«Работа выполнена при поддержке ФЦНТП развития системы  
ведущих научных школ, грант РИ -112/001/249»

Ответственный редактор  
член-корр. РАН **Н. Г. Смирнов**

**Уральская экологическая школа: вехи становления и развития.**  
— Екатеринбург: Изд-во «Гощицкий», 2005. — 264 с.

ISBN 5-98829-004-3

Сборник подготовлен к 60-летию юбилею Института экологии растений и животных УрО РАН. Статьи сборника сгруппированы в три части. Первая рассказывает об уровне биологии в Свердловске накануне создания Института, о хронике событий в первые десятилетия его работы и о дальнейшем развитии исследований и структуры. Вторая часть состоит из статей о достижениях в развитии отдельных научных направлений и о людях, их создававших. Третья часть — мемуарная.

Художественное оформление  
**Елены Скрипченко**

ISBN 5-98829-004-3

© Авторы, 2005  
© Оформление. Издательство  
«Гощицкий», 2005

Часть 2. Из архивов лабораторий

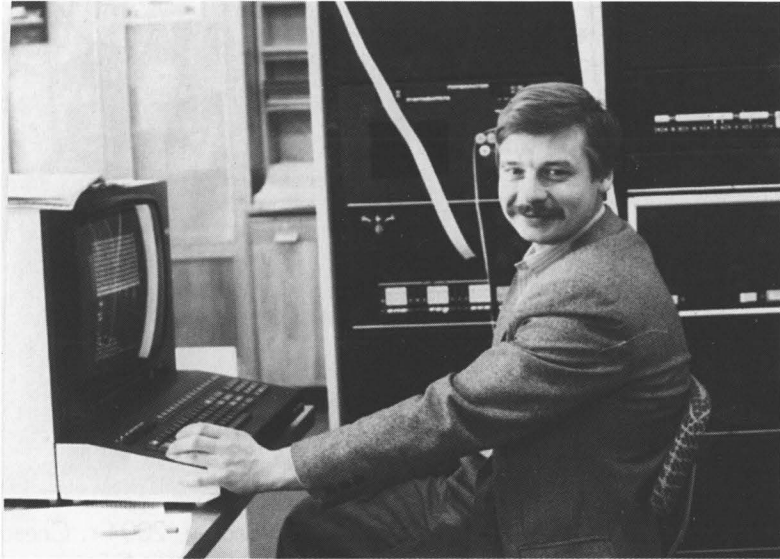
---



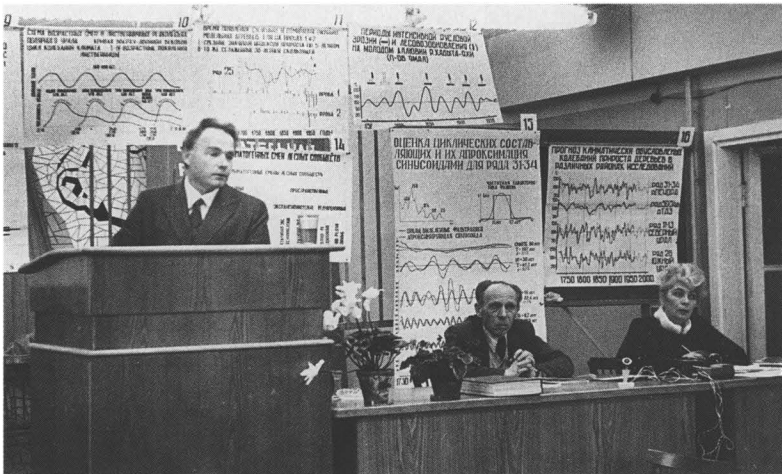
*Дендрохронологи:  
назад и в будущее*



Аспирант первого года обучения С.Г. Шиятов  
на Полярном Урале. 1960 г.



В.С.Мазепа производит обработку дендрохронологических рядов на вычислительной машине СМ-3. 1978 г.



Защита докторской диссертации С.Г. Шиятовым на Ученом совете ИЭРиЖ. 1981 г. (председатель совета Н.Н.Данилов, секретарь М.Г.Нифонтова)



Коллектив сотрудников лаборатории дендрохронологии, 2004 г. Слева направо: В.С.Мазела, Л.А.Горланова, А.Ю.Сурков, С.Г.Шиятов, Л.И.Агафонов, Н.М.Дэви, Р.М.Хантемиров, В.В.Кукарских



Ф.Швайнгрубер, Я.Эспер и А. Сурков берут спил с полуископаемой древесины голоценового возраста на Гыданском полуострове. 2001 г.



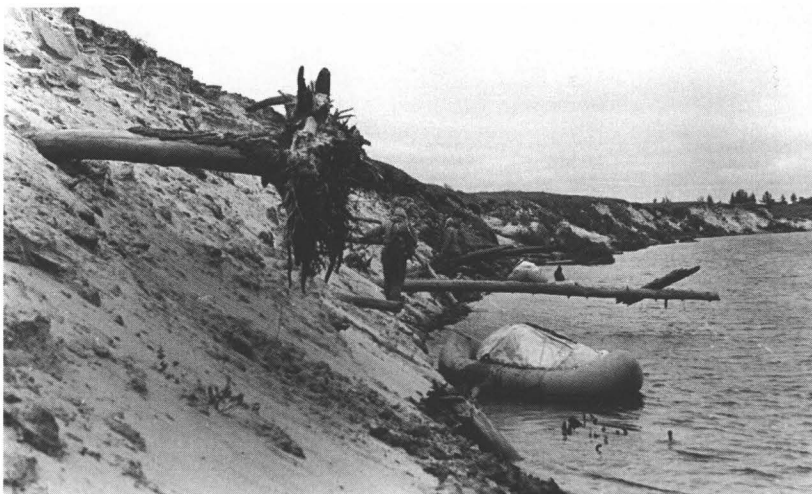
Участники Международного совещания на Байкале: Г. Фриттс, США (слева), В. Колищук (в центре) и С. Шиятов (справа). 1987 г.



Ф.Швайнгрубер, Швейцария (слева) и К.Бриффа, Англия (в центре) с сотрудниками лаборатории С. Шиятовым (справа) П. Моисеевым (второй слева) во время научной экскурсии на хребет Бол. Таганай. 1999 г.



Аспирант Н.М. Дэви производит отбор модельных стланиковых  
лиственниц. 2003 г.



Полуископаемая древесина голоценового возраста в аллювиальных  
отложениях р. Ядаяходьяха. 1991 г.





Окладные венцы строений  
на территории воеводского  
двора в Мангазее. 1969 г.



С.Г. Шиятов в полевых условиях датирует образец ископаемой древесины  
на раскопках древнего города Мангазеи, 1973 г.

## ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

С. Г. Шиятов

### Введение



История дендрохронологических исследований интересна и поучительна. Она свидетельствует о том, насколько перспективно использование нового метода исследований, который к тому же обладает такими достоинствами, как получение количественной информации об экологических факторах за длительные интервалы времени и с высоким временным разрешением (год и сезон). Кроме того, она показывает, насколько важно выбрать наиболее пригодные для этого метода объекты исследований и соблюдать основные принципы дендрохронологии, в частности принцип перекрестного датирования, без чего невозможна абсолютная или относительная датировка годичных колец. Дендрохронологические методы основаны на использовании различных показателей годичного прироста древесных растений, а также анатомических и химических характеристик годичных слоев древесины. Они дают возможность производить оценку продуктивности деревьев и древостоев во времени, реконструировать пространственно-временную динамику лесных экосистем и различных параметров внешней среды, датировать разные катастрофические явления в лесу, а также археологические, исторические и этнографические памятники.

### История лаборатории дендрохронологии

Использование древесно-кольцевого анализа для решения экологических проблем было начато в лаборатории экологии растений и геоботаники, возглавляемой П.А. Горчаковским, когда аспирант С.Г. Шиятов приступил к изучению динамики верхней границы леса на Полярном Урале (фото 1). Для решения поставленных задач ему были необходимы сведения о том, как росли деревья в прошлом и как менялись в это время климатические и почвенно-гидрологические условия. В 1960 г. С.Г. Шиятовым были взяты первые спилы со старых лиственниц для изучения изменчивости ширины годичных колец. Результаты этих исследований были доложены на первой научной конференции молодых специалистов-биологов, которая состоялась 12 апреля 1961 г., в знаменательный день полета Ю.А. Гагарина в космос.

Доклад был одобрен присутствующими и опубликован в специальном сборнике (Шиятов, 1962). Н.В. Тимофеев-Ресовский высоко оценил представленные С.Г. Шиятовым материалы, обратив особое внимание на хорошую выраженность «волн жизни» в приросте полярноуральских лиственниц.

Первые результаты дендрохронологических исследований показали перспективность использования древесно-кольцевого анализа для изучения динамики лесных экосистем и условий внешней среды. Следует отметить, что в нашей стране в то время дендрохронологические методы были мало известны и практически не использовались в научных исследованиях. В этом отношении мы сильно отставали от исследователей зарубежных стран, в частности США. После окончания аспирантуры С.Г. Шиятов продолжил дендрохронологические исследования на Урале и в Западно-Сибирской лесотундре. В 1963 г. он собрал спилы с дуба черешчатого и можжевельника казацкого на Южном Урале, а в 1964 г. произвел обширные сборы древесины в долине р. Хадытаяха (Южный Ямал). К использованию дендрохронологических методов для решения лесоводственных проблем вскоре приступил сотрудник лаборатории лесоведения Г.Е. Комин, который до этого занимался изучением возрастной структуры заболоченных древостоев. С 1964 г. он начал систематические сборы образцов древесины в таежной, лесостепной и степной зонах Западной Сибири.

В конце 1960-х годов интерес к дендрохронологическим исследованиям в нашей стране резко возрос. В 1968 г. в Каунасе (Литва) по инициативе акад. Б.А. Константинова была организована лаборатория под руководством Т.Т. Битвинскаса по использованию древесных слоев древесины для определения содержания в них радиоактивного углерода и реконструкции на этой основе циклов солнечной активности и оценки его содержания в результате испытаний атомных и водородных бомб. Еще раньше, в 1959 г., в Институте археологии АН СССР была организована группа дендрохронологии под руководством Б.А. Колчина, которая занималась датировкой средневековых деревянных сооружений Новгорода и других городов. В печати появлялись статьи В.Е. Рудакова, посвященные методическим вопросам расчета индексов прироста и реконструкции климатических и гидрологических характеристик на основе анализа годичного прироста сосен Бузулукского бора. Г.И. Галазий занимался датировкой высоких исторических горизонтов уровня воды на Байкале на основе анализа радиального прироста прибрежных деревьев. Приступили к использованию древесно-кольцевого анализа для решения экологических и климатологических проблем В.Н. Адаменко, Н. В. Ловелиус и Г.Б. Гортинский в Ленинграде, С.И. Костин — в Воронеже, В.Г. Колицук — во Львове.

В Москве на географическом факультете МГУ начала работать группа под руководством В.И. Турманиной по использованию древесных колец для реконструкции времени и частоты схода таких катастрофических явлений в горах, как снежные лавины и сели. Популяризации дендрохронологических исследований способствовали два Всесоюзных совещания, которые состоялись в Вильнюсе (1968 г.) и Каунасе (1972 г.). В 1977 г. была организована Комиссия по дендрохронологическим исследованиям АН СССР, которую возглавил известный лесовед Л.А. Кайрюкштитс.

Понимая важность усиления таких исследований на Урале, С.Г. Шиятов и Г.Е. Комин неоднократно ставили перед руководством института вопрос о создании дендрохронологической группы или лаборатории. Этого удалось добиться лишь в 1975 г., когда Г.Е. Комин перешел в лабораторию экологии растений и геоботаники и вместе с С.Г. Шиятовым была организована группа дендрохронологии в составе четырех человек. С этого времени началось интенсивное использование дендрохронологических методов для решения лесоводственных и геоботанических проблем. Следует отметить, что построение и анализ дендрохронологических рядов в то время требовали много времени и сил, поскольку запись измерений, построение графиков изменения ширины колец, датировка колец, вычисление индексов прироста, усреднение данных по календарным годам, сглаживание данных при помощи скользящих средних различной длительности и другие процедуры производились вручную. Понимая важность использования статистических и математических методов в дендрохронологии, в мае 1976 г. в группу был принят окончивший физико-математический факультет УрГУ В.С. Мазепа, который занялся анализом функций распределения индексов прироста, оценкой циклических составляющих в древесно-кольцевых хронологиях и составлением программ для обработки временных рядов на приобретенной институтом электронной вычислительной машине «СМ-3» (фото 2).

В 1978 г. Г.Е. Комин защитил докторскую диссертацию на тему «Цикличность в динамике лесов Зауралья» и вскоре перешел на работу в Северокавказский филиал ВНИИЛМ (г. Сочи), а С.Г. Шиятов защищал докторскую диссертацию позднее, в 1981 г., на тему «Климатогенные смены лесной растительности на верхнем и полярном пределах ее произрастания» (фото 3). В 1985 г. в Институте биофизики СО РАН (г. Красноярск) защитил кандидатскую диссертацию В.С. Мазепа на тему «Математико-статистические модели дендрохронологических рядов». В 1985 г. С.Г. Шиятову предложили перейти на заведывание лабораторией лесоведения, которую в то время возглавлял Е.П. Смолоногов, что он и сделал вместе с группой дендрохро-

нологии. С 1985 по 1988 гг. состав этой группы увеличился до 8 человек (перешел в группу сотрудник лаборатории лесоведения В.М. Горячев, были приняты на работу Л.И. Агафонов и А.Ю. Сурков, поступили в аспирантуру С.Е. Кучеров и Р.М. Хантемиров).

В 1988 г. в составе Уральского отделения АН СССР на базе Уральской лесной опытной станции ВНИИЛМ и лаборатории лесоведения ИЭРиЖ был создан Институт леса, который возглавил С.А. Мамаев. Группа дендрохронологии осталась в ИЭРиЖ и была преобразована в лабораторию дендрохронологии в следующем составе: С.Г. Шиятов (зав. лаб.), научные сотрудники Б.А. Миронов, В.С. Мазепа, В.М. Горячев, С.Е. Кучеров и Р.М. Хантемиров, инженеры Л.И. Агафонов и Л.А. Горланова, лаборанты С.А. Гурова и А.Ю. Сурков. В 1988 г. были защищены две кандидатские диссертации: С.Е. Кучеровым на тему «Влияние массовых размножений листогрызущих насекомых и климатических факторов на радиальный прирост древесных растений» и В.М. Горячевым на тему «Влияние экологических факторов на сезонный радиальный прирост деревьев в южнотаежных темнохвойных лесах Среднего Урала». Впоследствии кандидатские диссертации были защищены Р.М. Хантемировым на тему «Содержание химических элементов в годичных слоях древесины сосны обыкновенной и возможности его использования в ретроспективной биоиндикации техногенных загрязнений» (1992 г.), А.П. Ившиным на тему «Влияние атмосферных выбросов Норильского горно-металлургического комбината на состояние елово-лиственничных древостоев» (1993 г.), Л.И. Агафоновым на тему «Влияние гидрологических и климатических факторов на прирост древесной растительности в пойме Нижней Оби» (1996 г.), М.А. Гурской на тему «Морозобойные повреждения ксилемы хвойных деревьев в лесотундре Западной Сибири и Полярного Урала» (2002 г.) и П.А. Моисеевым на тему «Радиальный прирост и возрастная структура высокогорных лиственничников Кузнецкого Алатау» (2002 г.). В 1998 г. защитил докторскую диссертацию В.С. Мазепа на тему «Пространственно-временная изменчивость радиального прироста хвойных видов деревьев в субарктических районах Евразии». Руководителем и консультантом всех этих работ был С.Г. Шиятов. Кроме того, С.М. Оленин защитил кандидатскую диссертацию на тему «Динамика радиального прироста древостоев сосновых фитоценозов среднетаежной подзоны Предуралья», выполненную под руководством Г.Е. Комина.

В настоящее время лаборатория располагает квалифицированными кадрами, способными решать сложные проблемы лесной экологии на основе использования древесно-кольцевой информации. В ее составе работают два доктора и шесть кандидатов наук, один научный сотрудник без степени, два

аспиранта очного обучения и два инженера (фото 4). Лаборатория является ведущим научным подразделением в нашей стране по использованию дендрохронологических методов для решения проблем лесной экологии, климатологии и гидрологии и имеет высокий международный рейтинг. Научные достижения лаборатории ежегодно включаются в отчеты УрО РАН, Секции общей биологии РАН, а в 2001 г. были включены в ежегодный отчет Президента РАН. Результаты исследований опубликованы в нескольких монографиях, многочисленных статьях в ведущих отечественных и зарубежных журналах. В 1990 г. лаборатория провела в Свердловске V Всесоюзное совещание по вопросам дендрохронологии и дендроклиматологии. Как оказалось, это было последнее всесоюзное совещание, которое собрало свыше 70 участников со всех концов нашей страны.

Лаборатория постоянно получала финансовую поддержку в основном со стороны некоммерческих организаций. С 1994 г. по настоящее время лаборатория принимала участие в разработке 18 проектов РФФИ, из них три проекта РФФИ-Урал. Кроме того, сотрудники лаборатории участвовали в выполнении трех проектов ИНТАС, трех проектов Комиссии Европейского Сообщества по изучению условий среды и климата, двух проектов Швейцарского Федерального Научного Фонда, одного проекта Всемирного Фонда Дикой Природы. В 1994-1995 гг. ряд сотрудников получали финансовую поддержку от Фонда Сороса.

### Международное сотрудничество

Сотрудники лаборатории уделяют большое внимание установлению контактов с зарубежными специалистами и научными учреждениями дендрохронологического профиля, что позволяет им быть в курсе новейших научных разработок и компьютерных программ, а также получать финансовую поддержку со стороны различных международных и национальных фондов.

Первые контакты между советскими и зарубежными дендрохронологами были установлены в 1975 г. во время проведения XII Международного ботанического конгресса, который состоялся в г. Ленинграде. В рамках конгресса был организован специальный Симпозиум «Биологические основы дендрохронологии», на котором присутствовали такие видные зарубежные дендрохронологи, как Г. Фриттс (США), И. Баух и Д. Экштайн (ФРГ), Г. Сирен (Швеция), Э. Феликсик и Э. Беднаж (Польша), Е. Захариева (Болгария). Делегация Советского Союза была самой многочисленной (Л.А. Кайрюкшис, Г.И. Галазий, Б.А. Колчин, Т.Т. Битвинкас, В.Г. Ко-

лищук, Р. Пакальнис, Н.В. Ловелиус, М.И. Розанов и др.). От нашего Института в работе симпозиума участвовали С.Г. Шиятов и Г.Е. Комин. Однако в силу существовавших тогда условий о настоящем сотрудничестве с зарубежными дендрохронологами не могло быть и речи.

Началом интенсивных контактов советских дендрохронологов с зарубежными коллегами следует считать 1985-1987 гг., когда началась перестройка, а руководитель Комиссии по дендроклиматологическим исследованиям АН СССР Л.А. Кайрюкштитс был назначен представителем СССР в Международном институте прикладного системного анализа (г. Вена). В 1985 г. он организовал в г. Албене (Болгария) международное рабочее совещание по управлению региональными ресурсами, в котором участвовали и дендрохронологи. Из советских дендрохронологов были приглашены Т.Т. Битвинкас и С.Г. Шиятов. К сожалению, С.Г. Шиятов не смог попасть на эту встречу, так как в последний момент вместо него в состав делегации был включен работник госаппарата. В 1986 г. Л.А. Кайрюкштитс организует ширококомаштабную встречу восточных и западных дендрохронологов в г. Кракове (Польша), посвященную рассмотрению вопросов методологии дендрохронологии. На ней присутствовали ведущие дендрохронологи США, Германии, Англии, Франции, Швейцарии, Швеции, Финляндии, Польши, Болгарии и Советского Союза. На этом совещании С.Г. Шиятов представил методические разработки, которые были сделаны в группе дендрохронологии ИЭРиЖ. Участники совещания поддержали инициативу Л.А. Кайрюкштитса о подготовке коллективной монографии, посвященной методам сбора и подготовке образцов древесины, измерению различных параметров годичного радиального прироста деревьев, датировке колец и анализу содержащейся в кольцах информации и издать ее на английском и русском языках. Эта монография на английском языке под названием «Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences» под редакцией Э. Кука и Л. Кайрюкштитса вышла в 1990 г. в издательстве «Kluwer Academic Publishers». К сожалению, в связи с начавшейся в нашей стране перестройкой издание этой монографии на русском языке так и не было осуществлено. Соавторами этой монографии были С.Г. Шиятов и В.С. Мазепа.

В 1987 г. состоялась командировка С.Г. Шиятова в Лабораторию изучения древесных колец Аризонского университета. Обмен специалистов-экологов в то время производился согласно планам Смешанной советско-американской комиссии по сотрудничеству в области охраны окружающей среды. Во время этой командировки, которая длилась три месяца, С.Г. Шиятову удалось обработать привезенный с собой материал при помо-

щи современных компьютерных программ, в частности с использованием только что созданной Э. Куком программы ARSTAN. Наибольший интерес в Аризонской лаборатории вызвали результаты обработки тысячелетнего ряда по лиственнице, полученного С.Г. Шиятовым для Полярного Урала. Теснота связи индексов прироста с температурой летних месяцев оказалась очень высокой ( $r = +0,78$ ). Такие высокие корреляции между приростом и климатическими параметрами в то время были получены лишь по хвойным видам, произрастающим в полупустынных районах Аризоны. Американские дендрохронологи считали, что в приросте деревьев, произрастающих на полярной границе леса, климатический сигнал слабый, а эти районы малоперспективны для проведения дендроклиматических исследований. Полярноуральский ряд по лиственнице был тщательно проанализирован на предмет выявления в нем климатического сигнала, и эти результаты были опубликованы (Graybill, Shiyatov, 1992). В нашей стране это была первая работа, в которой широко использованы современные статистические методы для оценки климатического сигнала и произведена количественная реконструкция температурных условий последнего тысячелетия.

В течение следующих двух лет С.Г. Шиятовым были организованы две экспедиции по сбору образцов древесины на территории Советского Союза с участием сотрудника Аризонской лаборатории Д. Грейбилла. Поскольку территория Урала в то время была закрыта для посещения иностранцами, то решено было в 1988 г. организовать экспедицию в высокогорья Тянь-Шаня (Киргизский и Алайский хребты, Сары-Челекский заповедник), где на высоте 1400-3500 м над ур.м. произрастают древовидные можжевельники (в основном туркестанский и полушаровидный), которые являлись самыми долгоживущими древесными видами на территории Советского Союза. Большую помощь в организации этой экспедиции оказали заведующий Отделом леса Института биологии Киргизской АН П.А. Ган и сотрудник отдела В.Ф. Бурмистров. Участникам экспедиции удалось найти деревья возрастом до 1300 лет и большое количество деревьев возрастом 500-800 лет, с которых были собраны буровые образцы и получено шесть обобщенных хронологий длительностью от 314 до 1294 лет (Graybill *et al.*, 1992; Esper *et al.*, 2003). В 1989 г. С.Г. Шиятовым и Д.А. Грейбиллом были собраны образцы древесины с лиственницы сибирской, сосны обыкновенной и кедра сибирского на территории Тувы и Красноярского края с участием сотрудников Института леса и древесины СО АН СССР Э.Н. Валендика и Г.А. Ивановой. В результате обработки образцов построено и проанализировано 12 обобщенных хронологий длительностью от 290 до 460 лет (Валендик и др., 1993).



В 1990 г. в Архангельске было проведено крупное международное совещание «Северные леса: состояние, динамика, антропогенное воздействие» с участием дендрохронологов США и Западной Европы. На этом совещании была достигнута предварительная договоренность между С.Г. Шиятовым и Ф. Швайнгрубером из Швейцарского федерального института изучения леса, снега и ландшафта, а впоследствии и с Е.А. Вагановым о проведении в субарктических районах нашей страны крупномасштабных дендроклиматических исследований в пределах Урало-Сибирской Субарктики. До этого времени Ф. Швайнгрубер такие материалы собрал по Северной Америке и Скандинавии. Осенью этого же года во время поездки Е.А. Ваганова в Швейцарию был заключен договор между Швейцарским федеральным институтом изучения леса, снега и ландшафта и Институтом леса и древесины СО АН СССР о проведении совместных дендроклиматических исследований. К выполнению работ была подключена лаборатория дендрохронологии ИЭРиЖ, сотрудники которой (С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа, Р.М. Хантемиров, А.Ю. Сурков, Л.А. Горланова, Л.И. Агафонов и А.П. Ившин) участвовали в сборе, обработке и анализе материала. Сбор образцов древесины, в основном с ныне живущих деревьев, производился в 1991, 1992, и 1995 гг. вдоль двух широтных профилей: один профиль проходил вдоль самых северных островов и массивов редколесий, другой — южнее первого на удалении 200-250 км. Протяженность каждого из них была выше 5000 км. Расстояние между участками, на которых производился сбор образцов, составляло в среднем 200 км. Изучались различные виды лиственниц (сибирская, Гмелина и Каяндера), а также ель сибирская и сосна обыкновенная. Транспортировку участников экспедиции в основном осуществляли при помощи вертолета МИ-8. Благодаря этому за два полевых сезона (1991-1992 гг.) удалось собрать материал с огромной территории (от Полярного Урала до Чукотки). В 1995 г. сборы производились на территории Магаданской области и Ханты-Мансийского АО. Каждая из трех групп (екатеринбургская, красноярская и швейцарская) собирала образцы древесины самостоятельно. В российских лабораториях для построения хронологий использовалась ширина годичных колец, а в швейцарской — в основном максимальная плотность поздней древесины. В итоге построено свыше 90 обобщенных хронологий длительностью от 180 до 670 лет. Интересно, что самые длительные хронологии получены в наиболее континентальных районах — на северо-востоке Якутии, где найти деревья возрастом 500-600 лет не представляло особого труда. К обработке полученного материала был привлечен сотрудник Отдела изучения климата Университета

Восточной Англии К. Бриффа. По результатам проведенных исследований была опубликована монография (Ваганов и др., 1996) и большое количество статей (Ваганов, Шиятов, 1998; Briffa *et al.*, 1995, 1996, 1997, 1998, 2001, 2002; Shiyatov *et al.*, 1996; Saurer *et al.*, 2002). Однако до сих пор часть материалов еще не обработана, особенно те, которые были собраны на территории Магаданской области и Ханты-Мансийского АО.

Дополнительно к исследованиям, проведенным в субарктических районах в содружестве с швейцарскими дендрохронологами, в 1994 г. С.Г. Шиятов принял участие в российско-американской экспедиции в низовье р. Индигирки, участниками которой были красноярские (Е.А. Ваганов, И.В. Егерь), якутские (А.М. Бойченко) и американские (М. Хьюс, Р. Точан, Г. Фанкхаузер) дендрохронологи (фото 7). Ее основной задачей был поиск источников полуископаемой древесины с целью построения длительной древесно-кольцевой хронологии по этому району. Основываясь на опыте поиска и сбора полуископаемой древесины в аллювиальных отложениях Ямала и Таймыра, т.е. в малонаселенных районах, было решено и здесь применить уже опробованную технологию. Она заключалась в том, что участников экспедиции вертолетом забрасывали в верховье реки, а затем на резиновых лодках они двигались вниз по течению, беря спилы с торчащих из береговых обрывов стволов захороненных деревьев. После нескольких дней спуска по р. Берелех стало ясно, что в береговых обрывах древесина отсутствует, так как они сложены не аллювиальными отложениями голоценового возраста, а более старыми морскими отложениями. Размыв берегов рек во время паводка в этом районе очень слабый из-за быстротечности сброса талых вод и небольшого количества выпадающих здесь осадков (200-250 мм в год). Древесина вываленных паводком деревьев изредка встречалась в верхней части поймы, в зарослях кустарников, но поскольку она не покрывалась аллювиальными отложениями, то перегнивала через несколько десятков лет. В тот год уровень воды в реке был очень низким, поэтому на некоторых перекатах и пляжах встречались торчащие из песка и ила стволы деревьев и их остатки. Хотя диаметр стволов не превышал 20-24 см, количество годичных колец было значительным, часто более 300-400 шт. Стало ясно, что в условиях резко континентального климата боковая эрозия берегов рек незначительна и полуископаемая древесина в небольшом количестве откладывается лишь на перекатах и пляжах. Якутские зоологи, работавшие в этом районе, подсказали нам, что в верховье р. Россохи (левый приток р. Алазеи) встречаются большие заломы из древесины. Поездка на один из таких заломов показала, что в истоках небольшого ручья скопилось огромное количество древесины,

которая выносятся и откладывается в русле ручья во время паводка. Верхние слои залама состоят из недавно принесенной древесины, а нижние — из более древней. Но достать последнюю без использования экскаватора или проведения взрывных работ очень трудно. Ниже по течению такие заломы отсутствуют. Впоследствии красноярскими дендрохронологами в низовье Индигирки был выявлен еще один источник древней древесины — в горах, на верхнем пределе произрастания древесной растительности. Опыт поиска полускопаемой древесины в этом районе был очень полезным, так как показал важность учета местных условий.

В 2001 г. была организована широкомасштабная экспедиция с использованием вертолета по субарктическим районам Евразии (от Большеземельской тундры на западе до Анабарского нагорья на востоке) с участием швейцарских дендрохронологов Ф. Швайнгрубера и Я. Эспера. Цель экспедиции — оценка современной экспансии древесной растительности в тундру, поиск новых источников полускопаемой древесины и выбор наиболее подходящих районов для проведения совместных исследований по оценке реакции лесотундровых экосистем на современное потепление климата. Кроме того, производился сбор образцов древесины для проведения дендроклиматических реконструкций. Важнейшим результатом этой экспедиции стало обнаружение на Гыданском полуострове полускопаемой древесины в аллювиальных отложениях небольших рек, которая может быть использована для построения длительной древесно-кольцевой хронологии. Кроме того, в северной части плато Путорана было найдено подходящее место (долина р. Бол. Авам) для проведения комплексных исследований по изучению климатогенной динамики лесотундровых экосистем. После ухода на пенсию Ф. Швайнгрубера в 2001 г. инициативу проведения таких исследований взял на себя его ученик А. Риглинг. В настоящее время усилиями различных научных учреждений Екатеринбурга, Красноярска, Швейцарии и Германии выполняются проекты ИНТАС и ГЛОРИЯ по оценке реакции тундровой и лесотундровой растительности на современные климатические изменения. Сотрудники и аспиранты лаборатории дендрохронологии (С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа, П.А. Моисеев, Н.М. Дэви, М.М. Терентьев), а также сотрудники других лабораторий (Н.И. Андреяшкина, Т.А. Горячева, И.Н. Коркина) активно участвуют в этой работе, занимаясь исследованиями в высокогорьях Полярного, Северного и Южного Урала.

Последние 15 лет можно охарактеризовать как период активного участия сотрудников лаборатории не только в проведении совместных экспедиций и исследований, но и в различного рода международных мероприятиях

(конференциях, семинарах, школах, стажировках). Следует отметить, что из-за большой востребованности дендрохронологической информации для решения проблем глобальной и региональной экологии в связи с изменением климата ежегодно в мире проводится не менее 2-3 международных конференций. Все сотрудники, включая лаборантов и инженеров, в той или иной степени принимают в них участие. К наиболее важным международным конференциям с участием сотрудников лаборатории можно отнести: международное рабочее совещание «Дендрохронологические методы в лесоведении и экологическом прогнозировании» (1987 г., пос. Листвянка Иркутской области — С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа, В.М. Горячев, С.Е. Кучеров, Р.М. Хантемиров; симпозиум «Влияние загрязнителей воздуха на растительность, включая лесные экосистемы» (1988 г., США — С.Г. Шиятов); конференция по вопросам дендрохронологии (1990 г., г. Лунд, Швеция — С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа, Р.М. Хантемиров, В.М. Горячев); совещание по изучению динамики границ леса (1990, г. Иннсбрук, Австрия — С.Г. Шиятов); рабочее совещание по получению и анализу длительных древесно-кольцевых хронологий (1993 г., г. Тусон, США — С.Г. Шиятов); конференция по оценке загрязнителей в Арктике (1993 г., г. Рейкъявик, Исландия — С.Г. Шиятов); международная конференция «Кольца деревьев, условия внешней среды и гуманитарные науки: связи и процессы» (1994 г., г. Тусон, США — С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа, Р.М. Хантемиров); совещание по прошлому, современному и будущему климату (1995 г., г. Хельсинки, Финляндия — С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа, Р.М. Хантемиров); рабочее совещание «Кольца деревьев, стабильные изотопы и изменения климата» (1996 г., г. Кэмбридж, Англия — С.Г. Шиятов); рабочее совещание по пространственно-временным изменениям высокоширотных экосистем (1997 г., г. Красноярск — С.Г. Шиятов и Р.М. Хантемиров); научный съезд PAGES «Глобальные изменения в прошлом и их значение для будущего» (1998 г., г. Лондон — Р.М. Хантемиров, получил премию за лучший постер); конференция «Кольца деревьев и человек» (2001 г., пос. Давос, Швейцария — С.Г. Шиятов, Р.М. Хантемиров, П.А. Моисеев, М.А. Гурская); конференция «Дендрохронология, изменения природной среды и история человека» (2002 г., г. Лаваль, Канада — Л.И. Агафонов); совещание под эгидой международной организации PAGES «Условия среды высоких широт» (2002 г., г. Москва — С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа, Р.М. Хантемиров, Л.И. Агафонов, Л.А. Горланова); совещание «Древесные кольца и климат: концентрация усилий» (2004 г., Тусон, Аризона, США — В.С. Мазепа); XII Международная конференция «Климатически обусловленные изменения в

бореальных лесных экосистемах» (2004 г., Фэрбенкс, Аляска, США — В.С. Мазепа) и др. Сотрудники лаборатории, в частности лаборанты, инженеры и младшие научные сотрудники (В.М. Горячев, Л.А. Горланова, А.И. Толмачев, А.Ю. Сурков, М.А. Гурская) с 1991 по 2002 гг. принимали активное участие в ежегодных полевых неделях по дендроэкологии, которые организовывал Ф. Швайнгрубер в разных странах (Швейцария, Италия, Словакия, Россия).

Лаборатория ежегодно принимает иностранных специалистов из разных стран для проведения совместных исследований по дендроклиматологии и дендрогидрологии.

### Методические вопросы

Сотрудниками лаборатории проведена большая работа по разработке методов дендрохронологического анализа, позволяющих не только качественно, но и количественно оценить долю изменчивости прироста, обусловленную естественными и антропогенными факторами, и их использованию для решения фундаментальных проблем экологии, эмпирической климатологии и гидрологии. Разработаны методики и компьютерные программы, позволяющие получать надежные древесно-кольцевые хронологии и новую информацию о динамике различных компонентов лесных экосистем и ведущих факторов среды, производить математико-статистическую оценку и моделирование динамики годичного радиального прироста древесных растений.

Разработана методика определения точного возраста деревьев, которая основана на подсчете числа годичных колец не на высоте пня, а от точки роста дерева (гипокотыля) (Комин, 1964). Важная методическая работа была выполнена Г.Е. Коминым (1970а) на пробной площади, где образцы древесины были взяты со всех деревьев сосны (212 шт.). На основе измерения годичного прироста по диаметру у этих деревьев был произведен расчет изменения рангов деревьев по толщине за 1870-1963 гг. Оказалось, что наибольшей устойчивостью обладают самые толстые и самые тонкие деревья. Для разных рангов деревьев и всего древостоя были вычислены средние значения прироста по диаметру. Сделан вывод, что в сомкнутых древостоях использование деревьев высших рангов наиболее перспективно для анализа прироста всего древостоя. В другой работе Г.Е. Комин (1970б) дал анализ существующих методов вычисления индексов прироста и отметил, что они обладают существенными недостатками. Он предложил метод расчета динамической нормы прироста, основанный на получении биологической кривой роста для совокупности деревьев разного возраста, произрастающих на од-

ном участке. В настоящее время модернизированный вариант этого метода широко используется для построения региональных древесно-кольцевых хронологий, содержащих низкочастотные колебания (К. Бриффа, Э. Кук, Я. Эспер, М. Наурзбаев и др.).

Для расчета индексов прироста С.Г. Шиятовым (1970а, 1986) разработан «метод коридора», суть которого состоит в том, что для вычисления индексов прироста используется не средняя динамическая норма прироста, а максимально и минимально возможная, т.е. вычисляется процентное значение абсолютной величины годичного прироста, заключенного между максимально и минимально возможным приростом в конкретный календарный год. Использование этого метода позволяет выявлять более длительные (вековые и сверхвековые) климатически обусловленные колебания прироста (Шиятов, 1975). В.С. Мазепой и Р.М. Хантемировым разработаны компьютерные программы для расчета индексов прироста, в том числе на основе «метода коридора» (INDEXA, CRD).

Разработана методика анализа распределения индексов прироста в каждом календарном году для извлечения из обобщенных хронологий более надежного климатического сигнала (Мазепа, 1982), а также методика внесения поправок в усредненные индексы, обеспеченные неодинаковым и недостаточным количеством модельных деревьев (Шиятов, 1980а). В.С. Мазепой (1986) проделана большая работа по оценке содержащихся в дендрохронологических рядах циклов различной длительности при помощи методов спектрального анализа и линейной фильтрации. С использованием дендрохронологических методов были разработаны методики определения времени образования шишек у лиственницы сибирской (Шиятов, 1970б) и точной датировки ветровала и ветролома на примере южнотаежных темнохвойных лесов Среднего Урала (Шиятов, 1990). Л.И. Агафоновым (Агафонов и др., 2002) разработана оригинальная методика реконструкции скорости продвижения границ термокарстовых образований.

### Дендроклиматология

Наибольшее внимание сотрудники лаборатории уделяют дендроклиматическим исследованиям, поскольку востребованность в такой информации велика среди специалистов различных дисциплин. Для различных районов Урала, Сибири и Европейской территории страны построено свыше 400 обобщенных древесно-кольцевых хронологий длительностью от 150 до 830 лет по ныне живущим видам деревьев и кустарников, произрастающим в экстремальных условиях (на верхнем, полярном и южном пределах произра-

стания древесной растительности, в заболоченных и скальных местообитаниях). Для проведения древесно-кольцевого анализа в основном использовались хвойные деревья, которые наиболее долговечны, содержат хорошо различимые годичные слои прироста и четкую реакцию различных параметров прироста (ширины годичных колец, ширины ранней и поздней древесины, плотности древесины) на изменение условий среды. Из хвойных видов для проведения дендрохронологических и дендроклиматических исследований самыми перспективными оказались различные виды лиственниц, сосна обыкновенная, ель сибирская, можжевельник сибирский, а из лиственных — дуб черешчатый. Эти древесные виды достигают возраста 400-600 лет. Наиболее долгоживущим видом на Урале является кустарник — можжевельник сибирский. Например, С.Г. Шиятовым на Полярном Урале были найдены живые кусты можжевельника 850-летнего возраста.

Древесно-кольцевые хронологии, полученные для верхнего и полярного пределов произрастания древесной растительности, содержат в себе сильный климатический сигнал, в основном температуру воздуха летних месяцев (Шиятов, 1986; Graybill, Shiyatov, 1992; Шиятов и др., 1992; Ваганов и др., 1996; Хантемиров и др., 1999). В конце 1960-х — в начале 1970-х годов С.Г. Шиятов выполнял специальный проект, посвященный анализу климатически обусловленных колебаний радиального прироста различных видов деревьев (лиственницы, ели, кедра, сосны), произрастающих на верхней границе леса на Полярном, приполярном, Северном и Южном Урале в различных типах местообитания (от сухих до заболоченных). На основе полученных 60 обобщенных и генерализированных древесно-кольцевых хронологий длительностью до 1010 лет изучено влияние климатических факторов на радиальный прирост деревьев, произведена реконструкция температурных условий летних месяцев и выявлены циклические колебания различной длительности (Шиятов, 1975, 1986; Шиятов, Мазепа, 1986; Шиятов и др., 1992). Некоторые субарктические хронологии, особенно по сосне обыкновенной, хорошо коррелируют с количеством осадков осенне-зимнего, зимне-весеннего и летнего периодов (Мазепа, 1999). На южном пределе произрастания древесной растительности основным лимитирующим фактором являются весенние и летние осадки (Кучеров, 1988; Оленин, Мазепа, 1988).

На основе выявленных корреляционных связей между индексами прироста и климатическими характеристиками произведено большое количество точечных и пространственных реконструкций климатических условий за последние столетия, а по отдельным районам — и за тысячелетия (Graybill,

Shiyatov, 1992; Ваганов и др., 1996; Хантемиров, 1999, 2000; Nantemirov, Shiyatov, 2002). Для огромной территории Урало-Сибирской Субарктики выполнено дендроклиматическое районирование, основанное на анализе синхронности индексов прироста. В пределах Субарктики выделены субарктические дендроклиматические районы: Большеземельский, Западно-Сибирский, Таймырский, Анабарский северный, Анабарский южный, Яно-Кольмский, Анюйский и для каждого из них получены генерализированные хронологии, отражающие региональные и глобальные изменения термического режима за последние 400 лет.

В последние годы значительное внимание уделяется анализу таких патологических структур древесины, как морозобойные повреждения ксилемы (морозобойные кольца) и не успевшие одревеснеть клетки поздней древесины (светлые кольца), которые образуются в результате воздействия экстремальных климатических факторов (заморозки и холодная вторая половина лета). Наиболее часто такие повреждения формируются в субарктических районах и у темнохвойных деревьев и кустарников (Гурская, 2000; Хантемиров и др., 2002). Разработана классификация морозобойных повреждений, основанная на степени повреждения клеток и положении поврежденного слоя в пределах годичного кольца. Как правило, морозобойные кольца образуются лишь в нижней части ствола и у деревьев, диаметр которых не превышает 4-5 см, а толщина коры не более 3 мм. В некоторые годы в годичном кольце формируется два морозобойных повреждения, следовательно, длительность безморозного периода в условиях лесотундры сокращается до двух-трех недель (Гурская, Шиятов, 2002). У кустарникового вида можжевельника сибирского в связи с небольшой высотой и малой толщиной коры морозобойные повреждения формируются в любом возрасте. Светлые кольца формируются по всей длине ствола и на любом удалении от сердцевинного кольца. Реконструкция заморозков и длительных похолоданий в течение вегетационного периода за последние 1200 лет для Полярного Урала и Южного Ямала (Nantemirov *et al.*, 2004) произведена на основе абсолютной датировки времени формирования морозобойных и светлых колец. Частота заморозков значительно возрастает в холодные периоды, которые, например, наблюдались в начале и конце XIX в. Наиболее сильные заморозки проявляются синхронно на больших территориях. Так, заморозки в 1259, 1601 и 1884 гг. наблюдались в пределах всего Северного полушария и, скорее всего, были вызваны наиболее крупными вулканическими извержениями, приводящими к резкому кратковременному похолоданию в результате выброса в атмосферу большого количества вулканической пыли и газов.



В последнее время все более широкое применение получают методы реконструкции климатических условий на основе содержания в годичных слоях древесины стабильных изотопов, в частности углерода и кислорода. Сотрудники лаборатории совместно с зарубежными коллегами выполнили ряд интересных работ с использованием этих методов (Waterhouse *et al.*, 2000; Saurer *et al.*, 2001).

### Цикличность в приросте деревьев

В 1960-1980-х годах большое внимание уделялось изучению цикличности в дендрохронологических рядах и связям прироста деревьев с солнечной активностью (Комин, 1963, 1972, 1974; Шиятов, 1975, 1986; Шиятов, Мазепа, 1986; Мазепа, 1986). Выделено большое количество циклов различной длительности — от 2-3 до 160-180 лет, причем в одном ряду может быть до 14-16 циклов разной длительности. Одни циклы характерны для ограниченной территории (например, цикл Брикнера), а другие прослеживаются на больших территориях (например, 11-летний цикл). Многие циклы (5-6-, 11-, 22- 44- и 80-летних) совпадают по длительности, а иногда и по фазе с циклами солнечной активности. Как оказалось, связь прироста деревьев с некоторыми солнечными циклами изменяется во времени. Это показал Г.Е. Комин (1969) на примере сосняков Северного Казахстана: 11-летний цикл (с 7-го по 10-й по цюрихской нумерации) имел положительную корреляцию с индексами прироста сосны, а циклы с 11-го по 17-й — отрицательную.

В.С. Мазепа (1986) разработал полициклические модели роста древесных растений и изменчивости климатических факторов, основанные на аппроксимации каждого цикла при помощи синусоиды и сложения гармоник различной длительности. Эти модели использовались для долговременного (до 15-20 лет) прогнозирования индексов прироста и определяющих прирост климатических факторов.

### Динамика лесных и лесотундровых экосистем

Дендрохронологические методы особенно перспективны при изучении пространственно-временной динамики лесных и лесотундровых экосистем. Во-первых, ширина годичных колец хорошо отражает изменение годичной продукции стволовой древесины в связи с изменениями естественных и антропогенных факторов, во-вторых, дендрохронологические методы позволяют определять календарное время появления и гибели деревьев и тем самым

получать данные по изменению состава и структуры древостоев, особенно возрастной, за длительные интервалы времени.

Изучением прироста и возрастной структуры лиственничных редколесий на верхнем пределе их произрастания в горах Полярного Урала в связи с изменениями климата занимался С.Г. Шиятов (1962, 1965а). Это позволило установить, что современные древостои состоят из трех возрастных поколений (перестойного, средневозрастного и молодого), которые хорошо отличаются друг от друга морфометрически благодаря значительному разрыву в возрасте (свыше 50-60 лет), причем появление возрастных поколений приурочено к теплым фазам вековых колебаний климата. Результаты этих исследований положили конец жарким спорам о характере взаимоотношений леса и тундры в современную эпоху. Большое внимание С.Г. Шиятов уделил изучению условий, способствующих выживанию молодых деревьев в экстремальных условиях среды. В частности, обнаружено, что массовое отмирание подроста и молодых деревьев происходит в том случае, когда они достигают таких высотных критических уровней, как высота кустарникового яруса и снегового покрова, где резко изменяются микроклиматические условия в летнее и зимнее время. Специальные работы выполнены по оценке мощности снегового покрова на формы роста деревьев, возобновление и формирование древесного яруса (Шиятов, 1969), а также времени вылета семян лиственницы из шишек и роль этого фактора во взаимоотношении лесных и тундровых сообществ (Шиятов, 1966).

Большое внимание использованию дендрохронологических методов для изучения временной динамики лесов уделял Г.Е. Комин. Значительное число работ посвящено выявлению роли циклических колебаний климата на прирост древостоев, а также на возобновление и формирование возрастной структуры древостоев (Комин, 1963, 1969, 1970а). Он первым обратил внимание на перспективность использования данных по радиальному приросту деревьев для реконструкции фитоценологических взаимоотношений в древостое (Комин, 1973). Значительный вклад внесен Г.Е. Коминым (1981) в разработку теории циклической динамики лесов, которая наиболее четко выражена в экстремальных условиях местообитания в связи с непрерывно меняющимися температурными и гидрологическими условиями. После ухода из института Г.Е. Комин продолжил заниматься дендроклиматическими исследованиями для решения лесоведческих проблем на Северном Кавказе. Большой интерес к использованию дендрохронологических методов проявляла сотрудница лаборатории лесоведения Е.М. Фильрозе. Она использовала перегибы в ходе многолетнего прироста деревьев

для выделения стадий развития древостоев (Фильрозе, Шмелькова, 1971).

В 1977 г. С.Г. Шиятов и В.С. Мазепа собрали образцы древесины с остатков ранее живших лиственниц, которые в большом количестве встречаются в районе верхней границы леса на восточном макросклоне Полярного Урала (фото), чтобы продлить древесно-кольцевую хронологию дальше вглубь веков. Вскоре была построена 960-летняя непрерывная хронология и стало ясно, что эти остатки представляют большую ценность для реконструкции пространственно-временной динамики лесотундровых экосистем за последнее тысячелетие. В 1983 г. С.Г. Шиятов с В.С. Мазепой заложили на юго-восточном склоне массива Рай-Из постоянный профиль II длиной 430 м, который начинался от самых верхних остатков деревьев (340 м над ур.м.) до современной верхней границы леса (280 м). На профиле были закартированы остатки всех отмерших деревьев (270 шт.) и с них взяты спилы для определения календарного срока жизни каждого дерева. Большинство остатков было абсолютно датировано и получены точные данные о высотном положении верхней границы леса, а также о возрастной и морфологической структуре древостоев за последние 1350 лет. Впервые для этого района определены временные рамки средневекового потепления климата (VIII-XIII вв.) и малого ледникового периода (XIV-XIX вв.), а также скорость смещения верхней границы леса за различные интервалы времени (Shiyatov, 1993, 2003).

Последний этап изучения пространственно-временной динамики лесотундровых экосистем на Полярном Урале начался в 1996 г. и продолжается до настоящего времени. Суть его заключается в том, что особое внимание стали уделять изучению современной экспансии древесной растительности в связи с происходившим в течение последних 80-90 лет потеплением климата. Рекогносцировочный осмотр территории, на которой С.Г. Шиятовым собирался материал в 1960-1962 гг., показал, что за последние 35-40 лет произошли такие большие изменения в структуре лесотундровых экосистем, особенно в густоте и продуктивности древостоев, что был сделан вывод о необходимости работ по количественной оценке этих изменений, тем более что имелся большой сравнительный материал (морфометрические характеристики деревьев и древостоев на профилях и пробных площадях, большое количество наземных фотоснимков 35-40-летней давности). С.Г. Шиятов в 1996 г. сделал первые 12 повторных фотоснимков и к настоящему времени такие снимки произведены с более чем 1000 точек. Анализ изображений на разновременных снимках дает возможность использовать полученный материал для оценки изменений, происшедших в древостоях.

К систематическому сбору материалов приступили в 1997 г. При этом В.С. Мазепа взялся за работу по повторному картированию, перечету и измерению всех живых деревьев на постоянном профиле I, заложенном С.Г. Шиятовым в 1960 г. у подножия г. Черной. Кроме того, взяты спилы со всего сухостоя и валежа, чтобы реконструировать структуру древостоев за последнее тысячелетие. С 1999 г. С.Г. Шиятов приступил к созданию крупномасштабных карт лесотундровых экосистем на территории полярноуральского мониторингового полигона (от р. Макара-Рузь на юге до р. Бол. Ханмей на севере). Сначала была разработана методика проведения картографических и описательных работ, которая позволяет произвести реконструкцию состава и структуры древостоев на середину и начало XX столетия и тем самым создать три одновременные карты распространения и состояния лесотундровых экосистем. К настоящему времени закартирована территория площадью около 60 км<sup>2</sup>. В результате анализа карт впервые получены количественные данные об изменении густоты и продуктивности древостоев, о степени облесенности территории, о сдвигах верхней границы леса на различных склонах. Большую помощь в работе оказывают аэрофотоснимки 1947, 1952, 1962, 1964, 1982, 1985, 2002 и 2003 гг. и космические снимки 1963 г. На основе этих материалов планируется разработка моделей пространственно-временной динамики лесотундровых экосистем при помощи ГИС-технологий. Изучается также морфологическая структура и продуктивность стланиковых и многоствольных форм роста лиственницы сибирской, которые характерны для сильно ветрообдуваемых и малоснежных местообитаний (фото). В пределах полярноуральского полигона создана система экологического мониторинга, основной задачей которого является слежение и прогнозирование изменений в экотоне верхней границы леса и горно-тундровом поясе в связи с воздействием естественных и антропогенных факторов.

Абсолютная датировка полуископаемой древесины, собранной в аллювиальных и торфяных отложениях Южного Ямала, при помощи радиоуглеродного метода дала возможность реконструировать основные этапы развития древесной растительности и сдвиги полярной границы леса на Ямале за последние 10 500 лет. Наиболее северное положение полярной границы леса наблюдалось в раннем голоцене (10 500-7400 лет назад), а наиболее южное — в позднем голоцене (последние 3700 лет). Обращает на себя внимание резкое отступление к югу полярной границы леса, которое произошло около 1700 г. до н.э. (Хантемиров, Шиятов, 1999). Эта работа была признана лучшей, опубликованной в журнале «Экология» в 2001 г., и

получила премию МАИК. На основе массовых дендрохронологических датировок полуископаемой древесины установлены сравнительно незначительные (до 5 км) смещения этой границы в позднем голоцене, что обусловлено отсутствием длительных и значимых изменений климата в это время (Хантемиров, Сурков, 1996; Hantemirov, Shiyatov, 2002).

### Построение длительных древесно-кольцевых хронологий

Сотрудники лаборатории имеют большие успехи в построении длительных древесно-кольцевых хронологий, используя для этого древесину давно живших деревьев и кустарников, остатки которых сохранились до настоящего времени как на дневной поверхности (сухостой и валеж), так и в новейших голоценовых отложениях (торфяных, аллювиальных и озерных). Первым успешным опытом стало построение 867-летней хронологии по лиственнице сибирской, 725-летней хронологии по ели сибирской и 697-летней хронологии по кедру сибирскому для севера Западной Сибири (нижнее течение р. Таз), которые по длительности превышали возраст живых деревьев. Для продления этих хронологий использовалась древесина, которая рубилась 300-400 лет тому назад для постройки жилых, оборонительных и культовых сооружений города Мангазеи (Шиятов, 1972, 1973, 1975, 1977). Позднее для Полярного Урала были получены 1360-летняя хронология по лиственнице сибирской (Шиятов, 1986; Shiyatov, 1995), основанная на использовании сухостоя и валежа, в большом количестве встречающегося на верхней границе леса и примерно такой же длительности хронология по можжевельнику сибирскому (Шиятов и др., 2002). С 1999 г. В.М. Горячев осуществляет сбор археологической древесины с Надымского городища, расположенного в 25 км выше устья р. Надым, что позволило построить по лиственнице, ели и кедру построены абсолютные хронологии, длительность которых превышает 1000 лет. Л.И. Агафонов и М.А. Гурская ведут работы по построению тысячелетних хронологий для нижнего течения р. Оби. Самая длительная из них — ямальская хронология по лиственнице сибирской.

### Построение ямальской сверхдлительной древесно-кольцевой хронологии

Историю построения ямальской сверхдлительной хронологии можно, пожалуй, отсчитывать с 1963 г. В тот год С.С. Шварц и Л.Н. Добринский совершили экспедиционную поездку по р. Хадьгтаяха (Южный Ямал). Верховья этой реки находятся в зоне тундры, одиночные деревья и редколесья,

а затем и сомкнутые елово-лиственничные леса начинают встречаться ниже по реке, которая течет с севера на юг. Во время поездки в устье одного из притоков Хадьгтаяхи — Ямтиняхи — были обнаружены толстые бревна лиственницы. С.С. Шварца это удивило, поскольку, по его мнению, такие деревья поблизости не росли и их невозможно привезти сюда на оленьих нартах. Он обратился к С.Г. Шиятову с просьбой выяснить, каким путем, зачем и когда бревна были доставлены сюда, предполагая, что найденные им стволы являются остатками древних деревьев. В 1964 г. С.Г. Шиятов и М.П. Стрельцов, сотрудники лаборатории П.Л. Горчаковского, совершили на моторной лодке поездку по р. Хадьгтаяхе. Они поднялись до устья Ямтиняхи и действительно обнаружили там большое количество бревен лиственницы толщиной до 50-60 см и длиной до 5-6 м, которые находилась в воде и иле. На некоторых бревнах имелись пазы и железные скобы, на основе чего был сделан вывод о том, что они были скреплены в плот, но он по каким-то причинам застрял и развалился. Рубка деревьев производилась поперечными пилами и, судя по хорошей сохранности древесины, относительно недавно. Источниками древесины являлись лиственницы, произрастающие здесь одиночно и в виде небольших рощиц среди густых зарослей ольховника и ивняка, что подтверждали обнаруженные пни толстых деревьев лиственницы. С этих бревен было взято около 15 спилов для дендрохронологического анализа. Далее С.Г. Шиятов и М.П. Стрельцов поднялись значительно выше по реке, но до самых северных островков леса пройти не удалось из-за сильного спада уровня воды. Оказалось, что выше по течению в береговых обрывах, а также на перекатах и пляжах встречается большое количество крупных остатков стволов и корней, имеющих различную степень сохранности древесины. По мере продвижения вверх по реке количество такой древесины увеличивалось. С этой древесины было взято около 20 спилов с целью произвести ее датировку при помощи дендрохронологических методов, а также спилов с живых деревьев.

После обработки спилов были построены четыре хронологии по ныне живущим лиственницам и елям длительностью 250-450 лет, которые позволили довольно легко произвести абсолютную датировку времени рубки деревьев, из стволов которых был сооружен плот. Оказалось, что деревья, обнаруженные С.С. Шварцем и Л.Н. Добринским, были срублены 16 лет назад, зимой 1948-49 гг. По свидетельству местных жителей, во время войны и некоторое время после нее в пойме р. Хадьгтаяхи производилась регулярная заготовка древесины для хозяйственных нужд рыболовецких поселков, расположенных в устье р. Оби (Ямбура и др.). С.С. Шварца та-

кой результат разочаровал. Тем не менее, инициированная им поездка дендрохронологов, во-первых, показала перспективность использования древесно-кольцевых методов датирования в этом районе и, во-вторых, позволила обнаружить в аллювиальных отложениях Южного Ямала большое количество полуископаемой (т.е. еще не окаменевшей) древесины, которая могла быть использована для продления древесно-кольцевых хронологий в глубь веков. О древности древесины косвенно свидетельствовал тот факт, что ни один из спилов, взятых с полуископаемых остатков деревьев, не был датирован при помощи полученной 450-летней абсолютной хронологии по живым лиственницам.

В силу разных обстоятельств лишь через 17 лет удалось вернуться к сбору полуископаемой древесины на Южном Ямале. В 1982 г. С.Г. Шиятов и В.С. Мазепа высадились вместе в А.В. Лугаськовым и В.В. Павлиным в верховьях р. Хадьгтаяхи и, спускаясь вниз по течению, произвели первый систематический сбор древесины. Через три года, в 1985 г., В.С. Мазепа в составе зоологического отряда А.В. Бородина продолжил сбор полуископаемой древесины в долине реки. При этом было обнаружено, что в верховье Хадьгтаяхи имеется много древесины не только в аллювиальных, но и в торфяных отложениях, которые расположены по берегам крупных озер. Более того, обнаружили древесину даже на плакорных минеральных грунтах. Эти находки стимулировали организацию экспедиции в 1986 г. Участники экспедиции (С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа и А.Ю. Сурков) высадились на берегу озера, из которого берет начало р. Хадьгтаяха. Радиальные пешие маршруты в истоках реки позволили обнаружить около десятка торфяников с древесиной, где было взято более 100 спилов. Поскольку в долине Хадьгтаяхи к этому времени уже было собрано достаточно много образцов полуископаемой древесины, то встала задача расширить территорию поиска в бассейнах других рек Южного Ямала. В 1988 г. экспедиция в составе В.С. Мазепы, А.Ю. Суркова и И.Е. Бененсона высадились в верховье р. Ядаяходьяхи и, спускаясь вниз на лодках, произвела сбор полуископаемой древесины в аллювиальных отложениях. Оказалось, что в пойме этой реки встречается гораздо больше такой древесины, чем в пойме р. Хадьгтаяхи (фото), однако не оказалось размываемых озерным волнобоем торфяников с древесиной.

К началу 1990-х годов было собрано свыше 600 спилов древесины и необходимо было начать работу по их обработке и построению длительной древесно-кольцевой хронологии. Первые датировки сделаны С.Г. Шиятовым, причем глазомерно сравнивая графики ширины годичных колец. Ему удалось построить непрерывную абсолютную хронологию по лиственнице

длительностью 918 лет (до 1064 г.) и 38 плавающих хронологий длительностью от 110 до 200 с небольшим лет (Шиятов, Сурков, 1990). Радиоуглеродные датировки некоторых полуископаемых остатков древесины, выполненные Н.Г.Ерохиным в лаборатории исторической экологии, показали, что возраст самых старых остатков достигает 9,5 тыс. лет (Шиятов, Ерохин, 1990). Стало ясно, что датировать вручную столь большой материал, который охватывал длительный интервал времени, бесперспективно. Выход из этого положения виделся в использовании специальных компьютерных программ, которые уже имелись и могли обработать большой объем информации. Кроме того, необходимо было найти сотрудника, который возьмется за это дело. В 1991 г. Р.М. Хантемиров закончил подготовку кандидатской диссертации и встал вопрос о том, какими исследованиями он намерен заниматься в будущем. Решив, что заниматься анализом содержания металлов в годичных слоях древесины без наличия современных дорогостоящих приборов и установок является делом малоперспективным, С.Г. Шиятов предложил ему заняться построением и анализом длительных древесно-кольцевых хронологий, используя для этого ямальскую полуископаемую древесину по лиственнице и ели. Примерно в это же время к работе стали проявлять внимание иностранные дендрохронологи, заинтересованные в создании сети сверхдлительных хронологий в высоких широтах Северного полушария. В результате исследования стали время от времени финансироваться различными зарубежными фондами, а созданный немного позднее РФФИ стал постоянным источником финансирования работ. Начался новый этап работы. Была проведена инвентаризация всех собранных образцов, перевод данных по ширине колец в электронный вид, началась систематическая работа по датировке и анализу уже собранного материала и сбору новых образцов древесины, в том числе в долинах других рек Южного Ямала. В 1991, 1995-1997, 2001, 2004 и 2005 гг. были произведены сборы в пойме р. Ядаяходьяхи и ее крупнейшего левого притока — р. Порцаяхи, в 1993 и 2000 гг. — в пойме р. Танловаяхи, в 1994 и 2000 гг. — в пойме р. Хадьгьяхи, в 1999 г. — в верховьях р. Юрибея и его притоках, в 2002 г. — в низовьях рек Пакуты и Еркуты и по берегам ближайших озер. В сборе образцов древесины принимали участие в основном Р.М. Хантемиров и А.Ю. Сурков, периодически к ним присоединялись С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа, А.Т. Толмачев и Е.В. Зиновьев. К настоящему времени в лаборатории дендрохронологии собрана обширная коллекция полуископаемой древесины (около 2700 спилов) с лиственницы сибирской (93% от общего количества образцов) и ели сибирской (7%).



При содействии коллег из Бернского университета выполнено несколько десятков радиоуглеродных определений возраста древесины, что весьма ускорило построение хронологии.

Применение вычислительной техники позволило довольно быстро увеличить длительность хронологии по лиственнице до 2300 лет (Хантемиров, 1995; Shiyatov *et al.*, 1996) и построить несколько «плавающих» хронологий для более древних времен (т.е. таких хронологий, которые привязаны к календарным датам при помощи радиоуглеродной датировки одного из образцов) длительностью от 200 до 1000 лет. Однако затем возникли трудности с заполнением пробела примерно от 500 до 300 г. до н.э., между абсолютной и ближайшей «плавающей» хронологиями, связанные с тем, что численность деревьев на Ямале в тот период была довольно низкой. Этот этап в построении ямальской хронологии наглядно показал, что применение компьютеров не может решить все проблемы. Одной из главных оставалась проблема выпадающих колец. Дело в том, что в субарктических районах в особенно холодные летние сезоны годичный слой древесины иногда образуется только в отдельных частях ствола. На той высоте ствола, где взят спил, его может и не быть. Еще чаще годичный слой на спиле представлен не кольцом, а отдельными фрагментами. Поэтому на том радиусе спила, который выбран для измерений, он может и отсутствовать. Как правило, на измеренных радиусах ямальских образцов не хватает от 2-3 до 20-30 колец и выявляются они только при перекрестной датировке. Компьютерные программы могут указать примерные годы, когда кольцо выпало, однако лишь для тех рядов, где отсутствует не более 2-3 колец. В остальных случаях приходится перепроверять десятки образцов, у которых в отдельные короткие периоды картина прироста совпадает с эталонной хронологией, и выискивать возможные фрагменты колец по всей окружности спила.

После тщательного просмотра образцов на предмет выпадающих колец для периода с 450 по 350 г. до н.э. были найдены четыре спила (среди уже собранных), данные по которым заполнили пробел, и абсолютная хронология была продлена до 1250 г. до н.э. (Хантемиров, Сурков, 1996; Хантемиров, 1999). По-видимому, снижение численности деревьев около 2,5 тыс. лет назад охватывало большую территорию, поскольку финские и шведские дендрохронологи, строившие подобную хронологию для севера Скандинавии, несколько лет не могли преодолеть злополучный рубеж 500 г. до н.э.

Еще более значительные трудности возникли при заполнении пробела между 1250 и 1350 г. до н.э. Если бы этот пробел был заполнен, то абсолютную хронологию за счет уже имевшейся «плавающей» хронологии можно

было продлить сразу до 5000 г. до н.э. Длительные поиски образцов для этого периода очень долго не давали результата. Поэтому встала задача проведения более масштабных сборов полуископаемой древесины, особенно в тех местах, где найдены остатки деревьев, произраставших непосредственно до и после нужного времени, хотя, конечно, и в этом случае нельзя было гарантировать положительный результат. Однако везение не оставило исследователей. Во время полевых работ на р. Ядяходыяха в 1996 г. на одном из обнажений при сборе образцов древесины один из членов отряда споткнулся о какой-то сучок. Вытащить его не удалось, и значит, на поверхности торчит кусок более крупного фрагмента дерева. Решили раскопать это место и добраться до ствола (фото). Как оказалось, интуиция не обманула дендрохронологов. Именно этот образец и послужил надежным мостиком, соединившим абсолютную и плавающую хронологии. Позднее были найдены еще три образца, но они не могли бы соединить хронологии, так как обеспечивали перекрытие лишь в несколько лет.

В последующие годы ямальская хронология была продлена еще на 300 лет. Сейчас ее длительность составляет 7315 лет (с 5315 г. до н.э. по 2000 г. н.э.). Ближайшая «плавающая» хронология имеет длительность около 300 лет. Возможно, она даже немного перекрывается с абсолютной хронологией, но надежно установить это пока нельзя, хотя и сейчас ямальская хронология одна из самых длительных древесно-кольцевых хронологий мира. Работа над ее продлением и повышением надежности продолжается, и вполне вероятно, что в ближайшие годы длительность хронологии по лиственнице достигнет 9,5 тыс. лет. Построить такую же длительную, непрерывную и надежную хронологию по ели, возможно, не удастся, поскольку образцами ели обеспечены не все периоды. Пока длительность непрерывной хронологии по ели составляет около 1300 лет.

Сверхдлительная хронология строилась, конечно же, не из спортивного интереса. Она стала уникальным инструментом при выполнении различного рода исследований. Во-первых, хронология по лиственнице содержит очень сильный климатический сигнал, и с ее помощью можно с точностью до года реконструировать различные показатели температуры воздуха летних сезонов: среднюю температуру лета, даты заморозков и резких падений температуры (Хантемиров, 2000; Hantemirov, Shiyatov, 2002; Hantemirov *et al.*, 2004). Во-вторых, с ее помощью можно проводить массовые и очень точные датировки времени жизни деревьев, остатки которых сохранились в аллювиальных и торфяных отложениях и на поверхности. Такие датировки позволяют провести реконструкцию динамики различных параметров древесной

растительности: положения северной границы редколесий, доли участия древесных видов, облесенности территории, возрастной структуры древостоев (Hantemirov, Shiyatov, 2002). В-третьих, с ее помощью можно датировать археологические памятники Ямала, в которых сохранились остатки древесины с ненарушенной структурой годичных колец (Шиятов, Хантемиров, 2000; Шиятов и др., 2000).

#### **Изучение вспышек массового размножения листогрызущих насекомых**

В июле 1953 г. С.Г. Шиятов наблюдал страшную картину последствий вспышки непарного шелкопряда в широколиственных лесах Южного Урала. Во многих местах листва была полностью съедена. В 1963 г. он участвовал в работе южноуральской ботанической экспедиции под руководством П.Л. Горчаковского, задачей которой было изучение типологической структуры дубовых лесов. Во время закладки пробных площадей были взяты спилы для древесно-кольцевого анализа. Обработка этого материала показала, что годичный прирост дуба черешчатого, произрастающего на восточной границе своего ареала, очень изменчив и является перспективным объектом для проведения дендрохронологических исследований. Во время экспедиции были взяты также спилы с можжевельника казацкого, произрастающего на сухих и скальных местообитаниях. При этом у одного найденного куста возраст превышал 300 лет. В 1976 г., т.е. на следующий год после сильнейшей засухи, экспедиционный отряд в составе С.Г. Шиятова, Г.Е. Комина и В.С. Мазепы произвела обширные сборы буровых образцов древесины в лесостепных борах Зауралья и на Южном Урале. Полученный материал позволил сделать вывод о необходимости проведения здесь более серьезных исследований. Поступивший в аспирантуру С.Е. Кучеров взялся за работу по оценке влияния климатических факторов и вспышек размножения листогрызущих насекомых на прирост дуба черешчатого, лиственницы сибирской и сосны обыкновенной на территории Зилаирского плато. В результате проведения этих работ была проведена реконструкция вспышек непарного шелкопряда за последние 150 лет, причем С.Е. Кучерову (1990) удалось отделить влияние дефолиации от влияния таких важных климатических факторов, как поздние весенние заморозки, сильные зимние морозы, летние засухи. Удалось установить, что в широколиственных и мелколиственных лесах Южного и Среднего Урала вспышки массового размножения листогрызущих насекомых за последние полтора столетия повторялись через каждые 11 лет и приурочены к минимальным значениям или ветвям спада солнечной актив-

ности. При этом интенсивность вспышек возросла в последние 50 лет по сравнению с предыдущим столетием, что связано со снижением устойчивости древостоев в результате хозяйственной деятельности человека. В настоящее время С.Е. Кучеров работает в Ботаническом саду Башкирского филиала РАН и продолжает такие исследования на всей территории Башкортостана.

### Оценка локальных техногенных загрязнений

Изучение влияния атмосферных загрязнителей и климатических условий на ширину годичных колец лиственницы и ели в Норильском промрайоне (Ившин, 1991, 1992; Ivshin, Shiyatov, 1995) показало, что в условиях Крайнего Севера древесно-кольцевой анализ перспективен для ранней диагностики техногенных загрязнений. Относительный вклад климатических и техногенных факторов хорошо оценивается регрессионными моделями, описывающими связи индексов прироста с климатическими факторами: состояние древостоев в условиях атмосферного загрязнения существенно ухудшается в периоды с неблагоприятными климатическими условиями.

В конце 1980-х — начале 1990-х годов на Среднем Урале проводились исследования по определению содержания некоторых химических элементов (K, Ca, Mg, Mn, Zn, Al, Fe, Cu, Ni) и радиоактивных изотопов ( $^{90}\text{Sr}$ ) в годичных слоях древесины у сосны обыкновенной и березы бородавчатой (Нантемиров, 1992; Хантемиров, 1996), которые должны были ответить на вопрос, можно ли использовать химический состав древесины для изучения истории загрязнения окружающей среды токсическими металлами и радионуклидами. Работы проводились в окрестностях Красноуральского медеплавильного завода и на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа. Полученные данные показали, что распределение химических элементов в годичных слоях во многом зависит от физиологических процессов, происходящих в древесине: концентрация одних металлов существенно отличалась в ядровой и заболонной древесине, другие металлы накапливались на границе ядра и заболони, содержание третьих уменьшалось от центра к периферии. В результате были предложены методы стандартизации, которые позволили устранить изменчивость содержания в древесине некоторых элементов, не связанную с внешними воздействиями. На основе полученных индексов произвели реконструкцию поступления токсических веществ в древесные растения в прошлом. Уровень загрязнения влияет на содержание в годичных слоях древесины таких элементов, как Al, Zn, Fe и Cu, в то время как содержание K и Mg определяется физиологическими

процессами, происходящими в дереве. Наиболее подходящим элементом для целей индикации промышленных загрязнений оказалась медь, а  $^{90}\text{Sr}$  хорошо отражает историю радиоактивного загрязнения как на глобальном, так и локальном уровнях.

В.М. Горячев и Ю.В. Карасева занимались изучением процессов роста и развития у сосны обыкновенной и ели сибирской на территориях с высоким уровнем антропогенного воздействия (рекреация, техногенное загрязнение) в лесопарках Екатеринбурга и Висимском заповеднике. Они установили, что у этих видов отмечается снижение продолжительности жизни хвои, увеличивается степень ее повреждения и уменьшается продолжительность (на 15-25%) сезонного прироста древесины (за счет более раннего завершения деятельности камбия). У таких деревьев увеличивается диапазон годичной изменчивости ширины годичных колец (Горячев, 1996; 2003; Горячев, Карасева, 1999).

#### Дендрогидрологические исследования в пойме р.Оби

В течение последних 15 лет в пойме Средней и Нижней Оби и на прилегающих плакорных местообитаниях ведется изучение влияния гидрологического режима на радиальный прирост древесной растительности и использование выявленных зависимостей для реконструкции различных гидрологических параметров за длительные промежутки времени (Агафонов, 1995, 1998, 1999; Агафонов, Мазепа, 2001), что позволило установить связь индексов радиального прироста деревьев с изменениями таких основных элементов гидрологического режима Оби, как водность (сток) периода открытого русла в мае — октябре, дата начала половодья, его продолжительность и максимальный уровень. Рассматривая пространственные и временные аспекты динамики радиального прироста деревьев в связи с меняющимися гидролого-климатическими условиями территории в рамках последних пяти столетий, они выявили как прямое влияние гидрологического режима Оби на радиальный прирост деревьев в результате затопления и подтопления полыми водами, так и опосредованное, которое заключается в формировании специфических климатических условий в пойме и на прилегающих плакорных территориях. Последнее проявляется в утепляющем и охлаждающем влиянии стока Оби на атмосферный воздух. Сильное утепляющее воздействие оказывают полые воды в мае, что обусловлено приносом большого количества тепла с юга, и в сентябре — октябре, что связано с эмиссией тепла из обской воды на фоне общего сезонного снижения температуры воздуха. Охлаждающее влияние наблюдается в июне-июле, в пери-

од максимального затопления поймы, когда происходит поглощение солнечной радиации из-за низкого альбеда водной поверхности и затрат энергии на испарение.

Показано (Агафонов, 1995, 1999), что прирост деревьев чутко реагирует на гидролого-климатические изменения, происходящие в пойме и на сопредельных с ней местообитаниях. Для лиственных видов деревьев, произрастающих в зоне затопления и подтопления, характерна синхронность динамики радиального прироста с динамикой водности Оби: максимальные приросты наблюдаются в годы повышенного стока, а минимальные — в периоды его снижения. Исключения составляют годы с экстремально высокими и продолжительными (до 130 дней) половодьями, когда величина радиального прироста резко снижается или формируются годичные кольца с аномальной клеточной структурой. Такие годичные кольца являются реперами для реконструкции лет с экстремальными половодьями в прошлом.

В динамике радиального прироста хвойных видов на прилегающих к пойме плакорных местообитаниях выявлена обратная связь с динамикой водности Оби: периодам лет с высокой водностью соответствуют периоды лет пониженного радиального прироста, и наоборот, в годы низкой водности наблюдается повышенный прирост у хвойных. Это объясняется изменениями температурного режима атмосферного воздуха, динамически связанного с изменениями стока Оби.

На основе выявленных связей между радиальным приростом древесных растений и гидролого-климатическими параметрами произведена погодичная реконструкция водности (стока) Нижней Оби, дат начала и продолжительности половодий, их максимальных уровней за последние 300-500 лет. Использование особенностей отепляющего эффекта стока в сентябре — октябре на древесную растительность припойменных местообитаний позволило реконструировать температуру октября за последние 200 лет.

### Сезонное развитие и рост деревьев

Знание закономерностей сезонного прироста деревьев в высоту и по диаметру крайне важно для изучения роли эндогенных и экзогенных факторов, а значит, для проведения более качественных реконструкций на основе использования показателей годичного прироста древесных растений. Такие работы были начаты С.Г. Шиятовым в 1961 и 1966 гг. на Полярном Урале и в Западносибирской лесотундре (Шиятов, 1965б, 1970в). Однако, при анализе радиального прироста возникли трудности, связанные с проявлением «раневого эффекта», и эти материалы не были опубликованы.

В 1974 г. по рекомендации Г.Е. Комина на территории Висимского заповедника приступил к изучению сезонного прироста В.М. Горячев, где в то время базировался Среднеуральский горно-лесной биогеоценологический стационар лаборатории лесоведения. Результаты многолетних исследований (1974-1979 и 1985-1997 гг.) позволили ему выявить региональные особенности и закономерности экзогенной и эндогенной регуляции сезонного развития и формирования годичного слоя древесины у основных лесобразующих видов (ели сибирской, пихты сибирской, кедра сибирского, сосны обыкновенной и березы повислой) в южнотаежных лесах (Горячев, 1990, 1991, 1999, 2001). Установлены корреляции между сезонным развитием хвойных деревьев и активностью камбия, что позволяет по фенологическим признакам судить о ходе формирования и относительной величине годичного слоя древесины. Определены средние сроки начала и окончания формирования годичного слоя древесины, начала формирования поздней древесины и период активного прироста, а также оценено изменение относительной скорости прироста в ходе формирования годичного слоя древесины. Выявлено, что у ели и пихты обильное семеношение снижает величину годичного прироста древесины до 40% и изменяет соотношение ранней и поздней древесины в годичном слое (количество трахеид поздней древесины уменьшается на 7-9%).

#### Датировка деревянных памятников старины

Дендрохронологические методы широко использовались для датировки древесины исторических, археологических и этнографических памятников. Первый успешный опыт датировки исторической древесины был осуществлен С.Г. Шиятовым в 1968-1973 гг., когда историко-географическая экспедиция Арктического и Антарктического научно-исследовательского института под руководством М.И. Белова производила раскопки средневекового города Мангазеи (нижнее течение р. Таза). Подготовка этой экспедиции широко освещалась в центральной прессе, и это известие заинтересовало С.Г. Шиятова, так как в случае обнаружения там древней древесины представлялась возможность продлить древесно-кольцевые хронологии в глубь веков. В августе 1968 г. С.Г. Шиятов и Ю.Л. Мартин прибыли на место раскопок. Первое, что бросилось в глаза, это наличие большого количества хорошо сохранившихся строительных бревен (нижние венцы срубов, полы и настилы), которые были вскрыты к тому времени (фото). У многих бревен сохранилось подкорковое кольцо прироста, что давало возможность определить год и даже сезон рубки дерева. М.И. Белов, будучи историком по об-

разованию, имел смутное представление о дендрохронологическом методе датировки. После дискуссий он все же согласился начать такую работу и посмотреть, что из этого получится.

В течение первого сезона раскопок было взято 52 спилов с исторической древесины и несколько десятков буровых кернов и спилов с живых деревьев лиственницы и ели, растущих в окрестностях Мангазен. Образцы исторической древесины были отправлены в Ленинград и вскоре обработаны С.Г. Шиятовым. Большинство спилов принадлежало лиственничной и еловой древесине, изредка попадалась древесина кедра. Индивидуальные хронологии, полученные по исторической древесине, хорошо датировались между собой, в результате чего были построены «плавающие» хронологии по лиственнице и ели длительностью 300-350 лет. В первый год соединить эти хронологии с хронологиями по мангазейским живым деревьям не удалось, так как последние оказались недостаточно длительными (только с 1604 г.). Тогда С.Г. Шиятов обратился к самой длительной на то время для Приобского Севера абсолютной хронологии по лиственнице (с 1535 по 1964 гг.), полученной для р. Хадытаяхи. Несмотря на значительное удаление этого района от Мангазен (560 км), она имела сходную изменчивость ширины годичных колец. Это дало возможность произвести первые абсолютные датировки исторической древесины. Впоследствии, когда перекрытие между мангазейскими хронологиями по историческим бревнам и живым деревьям увеличилось, правильность сделанных по ямальской хронологии абсолютных датировок исторической древесины подтвердилась. Результаты этих исследований показали, что сходный рисунок колец на севере Западной Сибири наблюдается на больших территориях и это связано с синхронными изменениями термических условий от года к году.

Во время обсуждения результатов первых датировок исторической древесины между С.Г. Шиятовым и М.И. Беловым возникло разногласие, касающееся даты сооружения Успенского храма. Дендрохронологический анализ показал, что подкорковое кольцо у спила, взятого с окладного венца храма, сформировалось в 1625 г., т.е. дерево рубилось зимой 1625-26 гг. М.И. Белов категорически не соглашался с этой датой, так как, согласно историческим документам, церковь была заложена между 1603 и 1606 гг. С.Г. Шиятов несколько раз проверил правильность датировки, но результаты оказались прежними. Не известно, чем бы закончился этот спор, если бы С.Г. Шиятов, просматривая книгу В.А. Александрова «Русское население Сибири XVII – начало XVIII в.» (1964), не нашел в примечании сообщение, что сибирский архиепископ Макарий в 1625 г. велел на месте старой



Успенской церкви поставить новую. Точность этой датировки произвела на М.И. Белова столь сильное впечатление, что он впоследствии стал безоговорочно доверять дендрохронологическим датировкам и широко пропагандировал этот метод среди историков и археологов. Каждый год, пока работала экспедиция в Мангазее, С.Г. Шиятов приезжал к концу полевого сезона для взятия спилов. В 1973 г. он привез с собой даже бинокулярный микроскоп и сдатировал на месте 15 спилов (фото). Во время работы экспедиции были вскрыты все основные деревянные сооружения, с которых было взято 236 спилов, причем большая часть образцов была абсолютно сдатирована (Шиятов, 1980б).

В 1972 г. Г.Е. Комин (1980) произвел сборы древесины с сохранившихся строений Казымского (Юильского) острога, расположенного в среднем течении р. Казым. Благодаря тому, что поблизости от острога были найдены живые 400-летние сосны, ему удалось абсолютно сдатировать время жизни городка — с 1704 по 1774 гг.

В последние годы резко возрос интерес к историческим и археологическим памятникам, находящимся на территории севера Западной Сибири, там работает несколько археологических экспедиций под руководством Н.В. Федоровой (Институт истории и археологии УрО РАН), О.В. Кардаша (ООО «Северная Археология», г. Нефтеюганск), Л.Л. Косинской (Уральский государственный университет) и др. В связи с этим в лабораторию часто стали поступать просьбы с целью произвести датировку обнаруженной в раскопках древесины. Наибольший интерес представляет абсолютная датировка таких памятников на территории ЯНАО, как Ярте VI, Усть-Полуйское и Надымское городища, памятник «Зеленый Яр».

Принципиально важное значение имела датировка поселения Ярте VI, расположенного в 40 км выше устья р. Юрибей, с которого поступили не остатки стволов и корней крупных деревьев, а обрубки 46 стволков ивы длиной 5-70 см и диаметром от 2 до 7 см. Сделанные ножом или топором затески на образцах свидетельствовали о том, что эти обрубки использовались для хозяйственных нужд. Годичные кольца на поперечных спилах были хорошо видны, однако их было немного (от 12 до 87 шт.). С.Г. Шиятов и Р.М. Хантемиров даже мысли не допускали, что можно абсолютно сдатировать эти образцы, так как для данного района отсутствовала хронология по иве. Оставалось надеяться на то, что удастся произвести относительную датировку отдельных образцов. Большой неожиданностью оказалось, что практически все полученные хронологии перекрестно сдатировались между собой, следовательно, ветви ивы срезались в течение короткого промежутка

времени. В результате была получена «плавающая» хронология длительностью 95 лет, которая показывала сильную изменчивость прироста от года к году. Р.М. Хантемиров решил «прогнать» эту хронологию по построенной для Ямала многотысячелетней хронологии по лиственнице. Большим сюрпризом стало то, что плавающая хронология очень хорошо перекрестно сдатиrowалась в промежутке времени между 1011 и 1105 г. н.э., а многократная компьютерная и глазомерная проверки датировки подтвердили ее достоверность. Дендрохронологическим методом были абсолютно сдатиrowаны все полученные образцы и определено время существования поселения (с 1071 по 1106 г. н.э.). Поскольку подкорковые кольца у образцов древесины сохранились, то появилась возможность определить сезоны срезания ветвей ивы (зима, начало или середина лета) (Шиятов, Хантемиров, 2000). Такая датировка оказалась возможной потому, что в условиях Крайнего Севера разные виды хвойных и лиственных деревьев и кустарников сходным образом реагируют на изменение термических условий летнего времени, и любые древесно-кольцевые хронологии, полученные для севера Западной Сибири, можно датировать по сверхдлительной (7315 лет) ямальской хронологии по лиственнице.

При помощи ямальской хронологии по лиственнице были сдатиrowаны два лиственничных образца, найденные во время раскопок Усть-Полуйского городища. У одного из них сохранилось подкорковое кольцо, сформированное в 49 г. до н.э. Кроме того, сдатиrowаны два лиственничных образца древесины, взятые с поселения «Зеленая Горка». У них подкорковые кольца не сохранились, поэтому время рубки деревьев нельзя определить с точностью до года. Обе лиственницы были срублены в конце XIII — начале XIV столетий (Шиятов и др., 2000). Р.М. Хантемиров произвел датировку древесины, взятой из погребения № 23 памятника «Зеленый Яр», где был найден мумифицированный труп человека. Из двух образцов древесины плохой сохранности, взятых с ветвей лиственницы, один, содержащий 74 кольца, был сдатиrowан (периферийное кольцо сформировалось в 1282 г. н.э.).

В последние годы большая работа проводится В.М. Горячевым по датировке хорошо сохранившейся древесины, вскрываемой во время археологических раскопок Надымского городища. Точное местонахождение городища было установлено ленинградским археологом Л.П. Хлобыстиным в 1976 г. Здесь он взял два спила с торчащих из обрыва бревен и передал их С.Г. Шиятову для датировки. Хронологии этих спилов хорошо датировались между собой, но абсолютную датировку произвести в то время не удалось. В конце сентября 1977 г. С.Г. Шиятов и В.С. Мазепа планировали посетить это

городище, чтобы собрать образцы древесины, но помешали наступившие холода и прекращение навигации. В 1998 г. археологом О.В. Кардашем во время проведения рекогносцировочных работ было собрано большое количество деревянных изделий, из них более 30 были абсолютно датированы при помощи ямальской хронологии. Целенаправленно В.М. Горячев начал сбор древесины с Надымского городища для проведения дендрохронологического анализа в 1999 г. Сейчас уже имеется свыше 1350 образцов исторической древесины, из них абсолютно датировано около 550 спилов. Более 700 буровых кернов взято с ныне живущих деревьев разных видов. К настоящему времени длительность абсолютных хронологий по лиственнице, ели и кедру превышает 1000 лет. Результаты датировки остатков древесины восьми построек Надымского городища показали, что в верхнем (0,5 м) слое строения датируются серединой XVI — началом XVIII вв., а в слое 0,5 — 1,0 м появляется древесина, срубленная в XIV-XV вв. Более глубокие раскопки обнаружили древесину XII-XIII вв. (Горячев и др., 2002).

В.М. Горячев (1997) занимался датировкой времени сооружения южной и северной башен Николаевского монастыря г. Верхотурья. Оказалось, что древесина для сооружения монастырской стены была заготовлена не ранее 1713-1715 гг., а для нижнего венца сруба, расположенного на каменном фундаменте, в 1700-1705 гг.

С 2003 г. Н.В. Федоровой начаты раскопки на территории Усть-Войкарского городка, где в культурном слое встречается хорошо сохранившаяся древесина. Работу по датировке этой древесины и построению тысячелетних хронологий по различным видам деревьев проводит М.А. Гурская.

В лаборатории дендрохронологии под руководством Р.М. Хантемирова создан Банк данных древесно-кольцевых хронологий России и прилегающих стран, основной задачей которого является их использование для датировки исторической и археологической древесины. В нем систематизирована информация о 522 обобщенных хронологиях длительностью до 7315 лет по 20 видам деревьев и кустарников. В списке хронологий имеются 13 рядов длительностью свыше 1000 лет, 56 рядов — свыше 500 лет. Около половины хронологий, о которых имеется информация, имеют длительность более 300 лет. Банк размещен на сайте ИЭРиЖ по адресу: <http://ipae.uran.ru/dendrochronology/> и имеет свободный доступ. На этом же сайте можно ознакомиться с картой, на которой отмечены точки сбора материала. Возможен выбор масштаба и более подробный обзор интересующих районов. Информация о каждой точке включает в себя географические координаты, высоту над уровнем моря, условия местообитания, вид дерева или кустарника, период,

охватываемый хронологией, количество использованных образцов для построения хронологии, параметр годичного кольца, для которого имеется хронология, метод стандартизации исходных данных, авторов хронологии и, если она опубликована, ссылку на источник. Для большинства точек приведена сама хронология в виде цифр. Предусмотрена возможность поиска и выбора данных по следующим критериям: 1) по региону (очерченному на карте); 2) по виду дерева; 3) по длительности хронологии; 4) по параметру кольца; 5) по периоду времени; 6) по высоте над уровнем моря. Таким образом, при наличии достаточного опыта в перекрестной датировке древесных колец любой желающий может использовать эти хронологии для датировки деревянных изделий и сооружений.

### Литература

- Агафонов Л.И.* Влияние гидрологического и температурного режимов на радиальный прирост лиственных видов деревьев в пойме Нижней Оби // Экология, 1995. № 4. С. 436-443.
- Агафонов Л.И.* Индикация изменений гидрологического режима Нижней Оби методом древесно-кольцевого анализа // Экология, 1998. № 5. С. 354-361.
- Агафонов Л.И.* Радиальный прирост древесной растительности в пойме Нижней Оби // Сиб. экологич. журн., 1999. № 2. С. 135-144.
- Агафонов Л.И., Мазена В.С.* Сток Оби и летняя температура воздуха на севере Западной Сибири // Изв. РАН. Серия географич., 2001. № 1. С. 82-90.
- Агафонов Л.И., Штрунк Х.Б., Нубер Т.О.* Динамика термокарстовой депрессии в Западной Сибири: опыт дендрогейоморфологического исследования // Криосфера Земли, 2002. Т. 6, № 2. С. 43-52.
- Ваганов Е.А., Шиятов С.Г.* Дендрохронологические методы в изучении истории климата Сибири // Проблемы реконструкции климата и природной среды голоцена и плейстоцена Сибири. Новосибирск: Изд-во Института археологии и этнографии, 1998. С. 56-63.
- Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазена В.С.* Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
- Валендик Э.Н., Грейбилл Д.А., Иванова Г.А., Шиятов С.Г.* Реконструкция климатических условий и хронология пожаров в горных лесах юга Средней Сибири // Лесоведение, 1993. № 3. С. 34-40.
- Горячев В.М.* Формирование годичного кольца деревьев разных пород на Среднем Урале // Лесоведение, 1990. № 4. С. 39-48.
- Горячев В.М.* Сезонный рост и развитие древесных растений в первобытных пихтово-еловых лесах // Экологические особенности и восстановительная динамика темнохвойных лесов Среднего Урала. Свердловск, 1991. С. 78-100.

- Горячев В.М.* Датировка образцов древесины из археологических раскопок на территории Николаевского монастыря г. Верхотурья // Охранные археологические исследования на Среднем Урале. Екатеринбург, 1997. С. 166-174.
- Горячев В. М.* Влияние пространственного размещения деревьев в сообществах на формирование годичного слоя древесины хвойных в южнотаежных лесах Урала // Экология, 1999. № 1. С. 9-19.
- Горячев В.М.* Некоторые итоги изучения роста и развития хвойных пород в южнотаежных лесах Среднего Урала // Исследования эталонных природных комплексов Урала. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 2001. С. 265-281.
- Горячев В.М.* Некоторые результаты мониторинга лесов на основе древесно-кольцевого анализа сосны в зеленой зоне городов Среднего Урала // Экологические проблемы промышленных районов. Екатеринбург, 2003. С. 183-184.
- Горячев В.М., Горячева Т.А., Кардаш О.В.* Хронология «Надымского городища с помощью древесно-кольцевого анализа // Хронология и стратиграфия археологических памятников голоцена Западной Сибири и сопредельных территорий. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2002. С. 22-24.
- Горячев В.М., Карасева Ю.В.* Анализ естественного и антропогенного воздействия на радиальный прирост сосны обыкновенной в лесопарковой зоне Екатеринбурга // Актуальные проблемы биологии и экологии. Сыктывкар, 1999. С. 48.
- Гурская М.А.* Распределение патологических структур в древесине ствола лиственницы сибирской и ели сибирской на Полярном Урале и Приобском Севере // Строение, свойства и качество древесины – 2000. Мат-лы 3-го Междунар. симпоз., Петрозаводск, 2000. С. 43-46.
- Гурская М.А., Шиятов С.Г.* Образование двух морозобойных повреждений ксилемы в одном годичном кольце у ели сибирской в условиях Западно-Сибирской лесотундры // Экология, 2002. № 2. С. 83-90.
- Ившин А.П.* Оценка влияния атмосферных выбросов на радиальный прирост лиственницы в условиях лесотундры // Динамика лесных фитоценозов и экология насекомых-вредителей в условиях антропогенного воздействия. Свердловск, 1991. С. 87-92.
- Ившин А.П.* Дендроиндикация промышленных загрязнений в древостоях с преобладанием лиственницы на юге Таймыра // Техногенные воздействия на лесные сообщества и проблемы их восстановления и сохранения. Екатеринбург: Наука, 1992. С. 59-63.
- Комин Г.Е.* Влияние циклических колебаний климата на рост и возрастную структуру девственных насаждений заболоченных лесов // Изв. СО АН СССР. Сер. биолого-медиц. наук, 1963. Т. 12, № 3. С. 16-24.
- Комин Г.Е.* Методика определения возраста деревьев в заболоченных лесах // Зап. Свердл. Отд. ВБО, 1964. Вып. 3. С. 133-140.

- Комин Г.Е.* Динамика прироста сосны в Казахстане в связи с солнечной активностью // Солнечные данные, 1969. № 8. С. 113-117.
- Комин Г.Е.* Изменение рангов деревьев по диаметру в древостое // Труды Ин-та экологии растений и животных УФАН СССР, Свердловск, 1970а. Вып. 67. С. 252-261.
- Комин Г.Е.* К методике дендроклиматологических исследований // Труды Ин-та экологии растений и животных УФАН СССР. Свердловск, 1970б. Вып. 67. С. 234-241.
- Комин Г.Е.* 11-летний цикл в динамике прироста сосны степного Зауралья // Материалы второго всесоюзного совещания по дендрохронологии и дендроклиматологии. Каунас, 1972. С. 89-93.
- Комин Г.Е.* Влияние климатических и фитоценологических факторов на прирост деревьев в древостоях // Экология, 1973. № 1. С. 74-83.
- Комин Г.Е.* Цикл Брикнера в динамике прироста деревьев // Лесоведение, 1974. № 2. С. 21-27.
- Комин Г.Е.* Дендрохронология Казымского городка // Историко-архитектурный музей под открытым небом. Принципы и методика организации. Новосибирск: Наука, 1980. С. 121-126.
- Кучеров С.Е.* Влияние непарного шелкопряда на радиальный прирост дуба черешчатого // Лесоведение, 1990. № 2. С. 20-29.
- Мазена В.С.* Метод расчета индексов годичного прироста обобщенного дендроклиматологического ряда // Экология, 1982. № 3. С. 21-28.
- Мазена В.С.* Использование спектрального представления и линейной фильтрации стационарных последовательностей при анализе цикличности в дендрохронологических рядах // Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск: Наука, 1986. С. 49-68.
- Мазена В. С.* Влияние осадков на динамику радиального прироста хвойных в субарктических районах Евразии // Лесоведение, 1999. № 6. С. 15-22.
- Оленин С.М., Мазена В.С.* Прогноз климатически обусловленного радиального прироста сосны в ленточных борах Прииртышья // Экология, 1988. № 5. С. 78-80.
- Фильрозе Е. М., Шмелькова Т.М.* Динамика роста деревьев и некоторые приемы ее математического описания // Экология, 1971. № 2. С. 15-26.
- Хантемиров Р.М.* Биоиндикация загрязнения среды в прошлом на основе анализа содержания химических элементов в годичных слоях древесины // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1996. Т. 16. С. 153-164.
- Хантемиров Р. М.* Древесно-кольцевая реконструкция летних температур на севере Западной Сибири за последние 3248 лет // Сиб. экологич. журн., 1999. № 2. С. 185-191.

- Хантемиров Р.М.* 4309-летняя хронология для Ямала и ее использование для реконструкции истории климатических изменений на севере Западной Сибири // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. Т. 17. С. 287-301.
- Хантемиров Р.М., Горланова Л.А., Шиятов С.Г.* Патологические структуры в годичных кольцах можжевельника сибирского (*Juniperus sibirica* Burgsd.) и их использование для реконструкции экстремальных климатических событий // Экология, 2000. № 3. С.185-192.
- Хантемиров Р.М., Сурков А.Ю.* 3243-летняя древесно-кольцевая реконструкция климатических условий для севера Западной Сибири // Проблемы общей и прикладной экологии: Мат-лы молодежной конф. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 1996. С. 266-278.
- Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г.* Основные этапы развития древесной растительности на Ямале в голоцене // Экология, 1999. № 3. С. 163-169.
- Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г., Горланова Л.А.* Дендроклиматический потенциал можжевельника сибирского // Лесоведение, 1999. № 6. С. 33-38.
- Шиятов С.Г.* Верхняя граница леса на Полярном Урале и ее динамика в связи с изменениями климата // Докл. первой науч. конф. молодых специалистов-биологов. Свердловск: Институт биологии Урал. фил. АН СССР, 1962. С. 37-48.
- Шиятов С.Г.* Возрастная структура и формирование древостоев лиственничных редколесий на верхней границе леса в бассейне реки Соби (Полярный Урал) // География и динамика растительного покрова. Труды Ин-та биологии УФ АН СССР. 1965а. Вып. 42. С. 81-96.
- Шиятов С.Г.* Рост лиственницы в высоту в течение вегетационного периода на верхней границе леса в горах Полярного Урала // Труды Ин-та биологии УФ АН СССР. 1965б. Вып.43. С. 249-253.
- Шиятов С.Г.* Время рассеивания семян лиственницы сибирской в северо-западной части ареала и роль этого фактора во взаимоотношении леса и тундры // Вопросы физиологии и геоботаники. Зап. Свердловского отд. ВБО, 1966. Вып. 4. С. 109-113.
- Шиятов С.Г.* Снежный покров на верхней границе леса и его влияние на древесную растительность // Труды Ин-та экологии растений и животных УФАИ СССР. Свердловск, 1969. Вып. 69. С. 141-157.
- Шиятов С.Г.* К методике расчета индексов прироста деревьев // Экология, 1970а. № 3. С. 85-87.
- Шиятов С.Г.* Анатомо-морфологический метод определения семеношения лиственницы за прошлые годы // Лесоведение, 1970б. № 1. С. 52-58.
- Шиятов С.Г.* Вегетационный рост лиственницы сибирской в редколесьях Приобской лесотундры // Продуктивность биогеоценозов Субарктики. Свердловск: УФАИ СССР, 1970в. С. 96-97.

- Шиятов С.Г.* Дендрохронологическое изучение ели сибирской в низовье реки Таза // Дендроклиматохронология и радиоуглерод. Каунас, 1972. С. 76-81.
- Шиятов С.Г.* Дендрохронологическая шкала кедра сибирского на северной границе его произрастания в долине р. Таз // Лесоведение, 1973. № 4. С. 40-45.
- Шиятов С.Г.* Сверхвековой цикл в колебаниях индексов прироста лиственницы (*Larix sibirica*) на полярной границе леса // Биоэкологические основы дендрохронологии: Мат-лы к симп. XII Междуна. бот. конгр. Вильнюс-Л., 1975. С. 47-53.
- Шиятов С.Г.* Длительная дендрохронологическая шкала по лиственнице сибирской для низовья р. Таза // Зап. Свердловского отд. ВБО, 1977. Вып. 7. С. 16-21.
- Шиятов С.Г.* Пути устранения неоднородности дендрохронологических рядов // Продуктивность и рациональное использование растительности Урала. Свердловск, 1980а. С. 90-100.
- Шиятов С.Г.* Датировка деревянных сооружений Мангазеи дендрохронологическим методом // Белов М.И., Овсянников О.В., Старков В.Ф. Мангазея. Мангазейский морской ход. Ч. I. Л.: Гидрометеиздат, 1980б. С. 93-107. Приложения XXXI и XXXII.
- Шиятов С.Г.* Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с.
- Шиятов С.Г.* Определение времени вывала деревьев дендрохронологическими методами // Лесоведение, 1990. № 2. С. 72-81.
- Шиятов С.Г., Ерохин Н.Г.* Радиоуглеродные датировки полуископаемой древесины на Ямале и возможности ее использования для построения сверхдлительного дендрохронологического ряда // Возможности методов измерения сверхмалых количеств изотопов. Л.: ФТИ, 1990. С. 155-162.
- Шиятов С.Г., Мазена В.С.* Цикличность радиального прироста деревьев в высокогорьях Урала // Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск: Наука, 1986. С. 134-160.
- Шиятов С.Г., Мазена В.С., Фруттс Г.* Влияние климатических факторов на радиальный прирост деревьев в высокогорьях Урала // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. Т. 14. С. 125-134.
- Шиятов С.Г., Сурков А.Ю.* Возможности и перспективы построения сверхдлительных дендрохронологических рядов для Приобского Севера // Проблемы дендрохронологии и дендроклиматологии: Тез. докл. V Всесоюз. совещ. по вопросам дендрохронологии. Свердловск, 1990. С. 168-169.
- Шиятов С.Г., Хантемиров Р.М.* Дендрохронологическая датировка древесины кустарников из археологического поселения Ярте VI на полуострове Ямал // Древности Ямала. Вып. I. Екатеринбург-Салехард, 2000. С.112-120.



- Шиятов С.Г., Мазепа В.С., Хантемиров Р.М., Горячев В.М.* Итоги и перспективы использования дендрохронологического метода для датировки археологических, исторических и этнографических памятников на территории ЯНАО // Науч. вестн. Вып. 3. Археология и этнология. Салехард, 2000. С. 49-56.
- Шиятов С.Г., Хантемиров Р.М., Горланова Л.А.* Тысячелетняя реконструкция температуры лета на Полярном Урале: данные древесных колец можжевельника сибирского и лиственницы сибирской // Археология, этнография и антропология Евразии. Новосибирск, 2002. № 1(9). С. 2-5.
- Briffa Keith R., Jones Philip D., Schweingruber Fritz H., Shiyatov Stepan G. and Cook Edward R.* Unusual twentieth-century summer warmth in a 1,000-year temperature record from Siberia // Nature, 1995. Vol. 376, 13 July. P. 156-159.
- Briffa K.R., Jones P.D., Schweingruber F.H., Shiyatov S.G., Vaganov E.A.* Development of a North Eurasian Chronology Network: Rationale and Preliminary Results of Comparative Ring-Width and Densitometric Analyses in Northern Russia // Tree Rings, Environment and Humanity. Proceed. of the Internat. Conference. Tucson, Arizona. Eds. by Jeffrey S. Dean, David M. Meko, Thomas W. Swetnam. Radiocarbon, 1996. P. 25-41.
- Briffa K. R., Schweingruber F. H., Jones P. D., Osborn T. J., Shiyatov S. G. and Vaganov E. A.* Reduced sensitivity of recent tree-growth to temperature at high northern latitudes // Nature, 1998. Vol. 391, No. 6668, 12 February. P. 678-682.
- Briffa Keith R., Osborn Timothy J., Schweingruber Fritz H., Harris Ian C., Jones Philip D., Shiyatov Stepan G., and Vaganov Eugene A.* Low-frequency temperature variations from a northern tree ring density network // J. Geophys. Research, 2001. Vol. 106, No. D3. February 16. P. 2929-2941.
- Briffa K.R., Osborn T.J., Schweingruber F.H., Jones P.D., Shiyatov S.G., Vaganov E.A.* Tree-ring width and density data around the Northern Hemisphere: Part 1, local and regional climate signals // The Holocene, 2002a. Vol. 12, №. 6, 1 November. P. 737-757.
- Briffa K.R., Osborn T.J., Schweingruber F.H., Jones P.D., Shiyatov S.G., Vaganov E.A.* Tree-ring width and density data around the Northern Hemisphere: Part 2, spatio-temporal variability and associated climate patterns // The Holocene, 2002b. Vol. 12, №. 6, 1 November. P. 759-789.
- Esper J., Shiyatov S.G., Mazepa V.S., Wilson R.J.S., Graybill D.A., Funkhouser G.* Temperature-sensitive Tien Shan tree ring chronologies show multi-centennial growth trends // Climate Dynamics, 2003. Vol. 21, No. 7-8. P. 699-706.
- Graybill D.A., Shiyatov S.G.* Dendroclimatic evidence from the northern Soviet Union // Climate since A.D. 1500. Eds. Raymond S. Bradley, Philip D. Jones. London-New York: Routledge, 1992. P. 393-414.
- Graybill D.A., Shiyatov S.G., Burmistrov V.F.* Recent dendrochronological investigation in Kirghizia, USSR // LUNDQUA Report, 1992. Vol. 34. P. 123-127.

- Hantemirov R.M.* Possibility to use chemical elements in tree rings of Scots pine for the air pollution reconstruction // LUNDQUA Report, 1992. Vol. 34. P. 142-145.
- Hanterirov R.* A 2,305 year reconstruction of mean June-July temperature deviations in the Yamal Peninsula // Publication of the Academy of Finland, 1995. Vol. 6. P. 124-127.
- Hantemirov R.M., Gorlanova L.A., Shiyatov S.G.* Extreme temperature events in summer in northwest Siberia since 742 AD inferred from tree rings // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 2004. Vol. 209, № 1-4. P. 157-166.
- Hantemirov R.M., Shiyatov S.G.* A continuous multimillennial ring-width chronology in Yamal, northwestern Siberia // The Holocene, 2002. Vol. 12, № 6, 1 November. P. 717-726.
- Ivshin A.P., Shiyatov S.G.* The assessment of subundra forests degradation by dendrochronological methods in the Norilsk industrial area // Dendrochronologia, 1995. Vol. 13. P. 113-126.
- Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences.* Eds. E.R. Cook and L.A. Kairiukstis, Dordrecht, Boston, London: Kluwer Acad. Publishers, 1990. 394 p.
- Saurer M., Schweingruber F.H., Vaganov E.A., Shiyatov S.G., Siegwolf R.* Spatial and temporal oxygen isotope trends at the northern tree-line in Eurasia // Geophys. Research Letters, 2002. Vol.29, № 9: DOI 10.1029/2001GL0113739.
- Shiyatov S.G.* The upper timberline dynamics during the last 1100 years in the Polar Ural Mountains // Oscillations of the alpine and polar tree limits in the Holocene. Ed. By Burkhard Frenzel. Co-ed. by Matti Eronen and Birgit Glaser. Stuttgart, Jena, New York: Gustav Fischer Verlag, 1993. P. 195-203.
- Shiyatov S. G.* Reconstruction of climate and the upper timberline dynamics since AD 745 by tree-ring data in the Polar Ural Mountains // Publication of the Acad. Finland, 1995. Vol. 6. P. 144-147.
- Shiyatov S.G.* Rates of change in the upper treeline ecotone in the Polar Ural Mountains // PAGES News, 2003. Vol. 11, № 1, April. P.8-10.
- Shiyatov, S.G., Hantemirov, R.M., Schweingruber, F.H., Briffa K.R. and Moell M.* Potential long chronology development on the northwest Siberian plain: Early results // Dendrochronologia, 1996. Vol. 14. P. 13-29.
- Waterhouse J.S., Barker A.C., Carter A.H.C., Agafonov L.I., and Loader N.J.* Stable carbon isotopes in Scots pine tree rings preserve a record of flow of the river Ob // Geophys. Research Letters, 2000. Vol. 27. P. 3529-3532.

