

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ЛЕСОВЕДЕНИЕ

ЖУРНАЛ ОСНОВАН В ЯНВАРЕ 1967 г.

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

2

1990

МОСКВА · «НАУКА»

ХРОНИКА

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕТСКО-АМЕРИКАНСКОГО
СОТРУДНИЧЕСТВА В ОБЛАСТИ ДЕНДРОХРОНОЛОГИИ

С 1987 г. осуществляется интенсивное сотрудничество в области дендрохронологии между советскими и американскими учеными благодаря инициативе д-ра биол. наук Ю. Л. Мартина (Таллинский ботанический сад АН ЭССР) и проф. Р. Нобла (Университет Боулинг Грин, штат Огайо) — руководителей проекта 02.03-21 «Влияние загрязнителей воздуха на растительность, включая лесные экосистемы» советско-американского межправительственного соглашения в области охраны окружающей среды. СССР и США, обладая высоким научным потенциалом, огромными территориями с крайне разнообразными природными условиями, наличием во многих районах естественной растительности, долгоживущих видов древесных растений и многочисленных источников исторической, археологической и полускопаемой древесины, располагают наиболее благоприятными возможностями для проведения дендрохронологических работ. Более того, в настоящее время без объединения усилий дендрохронологов разных стран, особенно СССР и США, невозможна успешная разработка таких важнейших глобальных проблем, как выяснение причин и закономерностей естественных и антропогенных изменений биосферы и ее отдельных компонентов.

Дендрохронологические исследования в СССР и США развивались более или менее независимо, в обеих странах накоплен богатый опыт использования древесно-кольцевого анализа для целей датировки, реконструкции и изучения закономерностей изменчивости многих важных процессов и явлений, особенно климатических и катастрофических. Поэтому обмен идеями, методиками, программами для ЭВМ, результатами исследований и информацией об изменчивости показателей радиального годичного прироста деревьев представляют большой интерес для обеих сторон и для развития дендрохронологии в целом.

Хотя сотрудничество продолжается всего лишь 3 года, формы его оказались очень разнообразными, а именно: проведение совместных исследований и экспедиций; обмен методиками проведения полевых и камеральных работ, программами получения, оценки и анализа дендрохронологических рядов на ЭВМ; обмен информацией об основных направлениях исследований; обсуждение результатов работ на симпозиуме и семинарах; публикация обзорных статей; подготовка к публикации совместных статей; обмен данными измерений годичного прироста деревьев и обобщенными дендрохронологическими рядами.

До настоящего времени в этом сотрудничестве от Советского Союза принимали участие сотрудники Института экологии растений и животных (ИЭРиЖ) Уральского отделения АН СССР (Свердловск), Института леса и древесины (ИЛиД) Сибирского отделения АН СССР (Красноярск), Института биологии АН КиргССР (Фрунзе) и Казахского педагогического института им. Абая (Алма-Ата), от Соединенных Штатов — сотрудники Лаборатории изучения древесных колец Аризонского университета (г. Тусон, штат Аризона). Эта лаборатория — старейшее и наиболее известное в мире научное учреждение, занимающееся изучением годичных колец древесных растений. Основными направлениями ее деятельности являются: временная и пространственная реконструкция климатических и гидрологических условий; датировка различных катастрофических явлений, определение времени постройки археологических памятников; влияние атмосферного загрязнения на прирост древесных растений; разработка моделей сезонного и годичного роста деревьев; составление программ для получения, оценки и анализа древесно-кольцевых хронологий.

В 1987—1989 гг. были осуществлены следующие визиты и мероприятия. Для проведения совместных исследований в Лабораторию изучения древесных колец из лаборатории дендрохронологии ИЭРиЖ УрО АН СССР были командированы С. Г. Шиятов (29 сентября — 27 декабря 1987 г.) и В. С. Мазепа (14 октября — 12 декабря 1989 г.), из лаборатории древесноведения ИЛиД СО АН СССР Е. А. Ваганов (15 сентября — 8 декабря 1988 г.). Из США были командированы в отдел леса Института биологии АН КиргССР Д. А. Грейбилл (20 июля — 31 августа 1988 г.) и в ИЛиД СО АН СССР Г. К. Фриттс и Д. А. Грейбилл (10 августа — 20 сентября 1989 г.). За это время было проведено три совместных экспедиции по сбору образцов древесины в высокогорных районах СССР и США. С 11 по 24 сентября 1988 г. в США был проведен Второй советско-американский симпозиум на тему «Влияние загрязнителей воздуха на растительность». В рамках этого симпозиума в г. Корваллисе (штат Орегон) было организовано двухдневное заседание, посвященное исключительно вопросам дендрохронологии.

Во время пребывания С. Г. Шиятова в США были выполнены исследования по сравнению различных методов при стандартизации древесно-кольцевых хронологий (с Г. К. Фриттсом и Р. Г. Лофгреном), выявлению роли климатических факторов в изменчивости прироста деревьев (с Г. К. Фриттсом и Д. А. Грейбиллом), построению дендроклиматологических моделей и реконструкции климатических условий прошлого (с Д. А. Грейбиллом). Обработке подверглись 30 дендрохронологических рядов длительностью 200—1010 лет, полученных С. Г. Шиятовым для верхней границы леса Полярного, Приполярного, Северного и Южного Урала.

В Лаборатории изучения древесных колец для стандартизации древесно-кольцевых хронологий используется подбор средних динамических норм прироста (программы INDEX и ARSTAN), тогда как С. Г. Шиятов рассчитывал индексы прироста методом коридора. Поэтому важно было выявить сопоставимость хронологий, полученных при помощи этих методов, и возможность их использования при проведении сравнительных исследований. Для этих целей были использованы данные измерений ширины годичных колец лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.), произрастающей на Полярном (ряд 1), Приполярном (ряд 8), Северном (ряд 11) и Южном (ряд 29) Урале. (Нумерация рядов соответствует нумерации, приведенной в книге С. Г. Шиятова «Дендрохронология верхней границы леса на Урале». М.: Наука, 1986).

Оценка сходства и различий между обобщенными хронологиями, полученными с использованием упомянутых выше методов, производилась путем сравнения графиков рядов, анализа статистических показателей, спектрального и кросс-спектрального анализов. Анализ рядов, полученных при помощи метода коридора и программ INDEX и ARSTAN, показал, что они являются очень сходными. Можно лишь отметить, что у «коридор»-хронологий несколько выше чувствительность и стандартное отклонение, а также лучше выражены колебания с частотой менее 0,05 цикла в год, а у ARSTAN-хронологий — ниже коэффициент автокорреляции первого порядка. Однако эти различия статистически недостоверны. Поэтому хронологии, полученные этими методами, вполне могут быть использованы при сравнительных исследованиях, причем без дополнительной стандартизации.

Все 30 уральских хронологий подверглись обработке с целью определения роли климатических факторов в изменчивости индексов прироста и возможности использования этих хронологий для количественных климатических реконструкций. Обработку вели по программе RESPONS. Анализ функций ответа и данных корреляционного анализа показал, что в северных провинциях Урала лимитирующим фактором является температура воздуха июня и июля. Многие хронологии, особенно по лиственнице сибирской, содержат сильный климатический сигнал (отношение сигнала к шуму от 20 до 30). В хронологиях Южного Урала климатический сигнал более слабый (отношение сигнал/шум в пределах 6—10).

Поскольку дендрохронологические ряды Полярного, Приполярного и Северного Урала содержат сильный климатический сигнал, их можно использовать для количественных реконструкций температуры летних месяцев. Такая работа была проделана с самым длительным рядом по лиственнице (1009 лет — с 961 по 1969 гг.). В результате впервые для субарктических районов и территории Советского Союза была проведена количественная реконструкция средней температуры июня-июля за столь длительный период времени. Эта работа имеет большое значение для понимания закономерностей изменения климата Северного полушария за последнее тысячелетие, особенно для выявления долговременных колебаний. В частности, было показано, что в районе Карского моря температура воздуха летних месяцев в XII—XIV вв. была значительно выше, чем в XV—XIX вв., и эти долговременные изменения хорошо согласуются с изменениями температуры воздуха в Центральной Англии, которые выявлены при использовании исторических документов. В настоящее время работа по дендроклиматологическим реконструкциям продолжается по другим районам Урала и Советского Союза.

Во время пребывания Е. А. Ваганова в США и Г. К. Фриттса в СССР проводились совместные исследования по моделированию сезонного роста годичных колец, а также по построению более совершенных моделей роста деревьев, включающих все вариации клеточной структуры хвойных, которые встречаются в годичных кольцах в пределах умеренной зоны и в аридных областях. Такие исследования очень важны для дендрохронологии: составляя теоретическую основу дендроклиматологических реконструкций, они позволяют испытывать, оценивать и предсказывать реакцию прироста деревьев на самые разнообразные факторы.

Модели, разработанные группой Е. А. Ваганова для сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающей в таежных и лесостепных районах Сибири, были адаптированы для сосны желтой (*P. ponderosa* Dougl.), произрастающей в полупустынных горных районах Юго-Запада США. Е. А. Ваганов предоставил для апробации три программы по анализу формирования годичных колец. Одна из них использует данные по температуре воздуха, осадкам и дефициту влажности воздуха для расчета водного баланса и сезонных изменений скорости роста клеток древесины. Итогом расчетов является трахеидограмма — кривая изменения размеров клеток внутри годичного кольца. Другая программа по фактическим данным размеров клеток в годичном кольце позволяет рассчитать скорость сезонного роста и определить моменты времени в сезоне, соответствующие формированию каждой трахеиды в радиальном ряде.

Модель сезонного формирования годичного кольца, разработанная Е. А. Вагановым с соавт., была проверена на данных по сезонному росту сосны желтой в совокупности с климатическими измерениями, которые были объектом экспериментального исследования в течение 1964—1967 гг. группы Фриттса и полностью вошли в его мо-

нографию «Древесные кольца и климат» (1976). Ценность этих данных заключается в их полноте (периодические срезы формирующегося годичного кольца и динамика отдельных его зон, измерение температуры, осадков, водного баланса, фотосинтеза и др.). Представилась уникальная возможность сопоставить не только конечные, но и промежуточные расчеты с измеренными величинами (по водному балансу). Например, в блоке расчета водного баланса использовано два варианта приближения и в окончательном виде данные водного баланса почвы оказалось возможным рассчитать только по измерениям температуры и осадков. Самый важный результат идентификации модели для аридной зоны — хорошее соответствие рассчитанной трахеидограммы с экспериментально измеренной на препаратах древесины.

Работа над созданием комплексной модели сезонного формирования годичного кольца была продолжена в совместных исследованиях в августе-сентябре 1989 г. в Красноярске. Объединенный советско-американский коллектив (Г. К. Фриттс, Е. А. Ваганов, И. В. Сви́дерская, А. В. Шашкин), во-первых, разработал двухблочную модель, позволяющую оценивать по климатическим данным 14 предшествующих месяцев прирост количества клеток и ширины годичного кольца текущего года. Для этого использована разработанная Г. К. Фриттсом программа PRECON. Во-вторых, дополнив модель формирования структуры годичного кольца (на основе ежедневных климатических данных) подблочно расчета толщины клеточной стенки, удалось рассчитать остальные наиболее используемые в дендроклиматологии структурные параметры: размеры клеток, толщину клеточной стенки и денситограмму годичного кольца. Расчеты показали хорошее согласие с имеющимися данными по двум видам сосны, поэтому предполагается дальнейшее использование комплексной модели для прогноза структуры годичных колец и их денситограмм на других видах хвойных. Широкие возможности апробации комплексной модели представляют данные швейцарского исследователя Ф. Швайнгрубера, с которым предполагается начать совместные работы. В-третьих, объединенный коллектив плодотворно поработал над программной реализацией оригинальной модели А. В. Шашкина по кинетике клеточной продукции и дифференциации ксилемы. В ней также реализован кинетический подход, развиваемый красноярскими учеными, но она лишена недостатков физиологической модели Г. К. Фриттса и легко может быть идентифицирована на экспериментальных данных. Пробные расчеты показали перспективу дальнейшей работы с этой моделью и возможность ее использования не только в дендрохронологических, но и в экофизиологических исследованиях, особенно в выявлении механизмов влияния антропогенных факторов на кинетику деления и созревания клеток ксилемы.

Во время трех совместных экспедиций производился сбор образцов древесины с наиболее долгоживущих древесных видов, произрастающих в высокогорных районах США и СССР. В штатах Аризона и Юта 21—27 октября 1987 г. были взяты керны и спилы для построения двух древесно-кольцевых хронологий — по сосне желтой возрастом 400—500 лет (г. Орд, вблизи г. Финикса) и по сосне остистой (*P. aristata* Engelm.) возрастом до 1000 лет (г. Уосатч Маунтинз).

На территории СССР образцы древесины брали в двух наименее изученных районах. С 12 июля по 27 августа 1988 г. были взяты керны древесины с древовидных видов арчи (*Juniperus turkestanica* Kom., *J. semiglobosa* Rgl., *J. seravschanica* Kom.) в Западном Тянь-Шане (в пределах Киргизской ССР). Полевые работы проводили в Шамсинском ущелье (Киргизский хребет), Сары-Челекском биосферном заповеднике (Чаткальский хребет), в верховьях рек Киргиз-Ата и Ак-Суу (Алайский хребет). Образцы древесины для построения 10 древесно-кольцевых хронологий брали на верхнем и нижнем пределах произрастания этих видов арчи, в диапазоне высот 800—3600 м над ур. м. К настоящему времени уже получено 7 обобщенных хронологий. Самыми длительными из них оказались хронологии по арче туркестанской (1300 и 970 лет), произрастающей на верхней границе леса в верховьях р. Ак-Суу.

Следующая совместная экспедиция по сбору образцов древесины была проведена с 11 августа по 17 сентября 1989 г. на территории Тувинской АССР и Красноярского края. Образцы древесины брали на хребтах Хорунгуг-Тайга и Восточном Тянь-Ола, в Западном Саяне (Ойском и Куртушибинском хребтах, в долине р. Ус) и севернее г. Енисейска. На основе собранного материала будет построено 12 обобщенных дендрохронологических рядов длительностью 150—400 лет по кедру сибирскому (*Pinus sibirica* (Rupr.) Maugt.), лиственнице сибирской и сосне обыкновенной.

Полученные для районов СССР древесно-кольцевые хронологии в дальнейшем будут использованы для реконструкции климатических условий прошлого, оценки антропогенных воздействий (промышленные загрязнения, выпас скота) на лесные экосистемы, выявления возможного влияния концентрации CO_2 в атмосфере на прирост деревьев, реконструкции пожароопасных сезонов и периодов, выявления закономерностей в повторяемости лесных пожаров и климатически обусловленных колебаний радиального прироста древесных растений различной длительности, разработке долгосрочных прогнозов прироста деревьев и лесорастительных условий.

Одним из важнейших условий успешного проведения совместных исследований в области дендрохронологии является обмен программами получения, оценки и анализа дендрохронологических рядов на ЭВМ, а также унификация программного и компьютерного обеспечения. Программы, разработанные к настоящему времени в США и СССР, непригодны для непосредственного использования из-за отсутствия сопоставимых унифицированных операционных систем и физических носителей. Необходимо затратить много сил и времени, чтобы адаптировать эти программы к национальным компьютерным системам. В связи с тем что операционная мощность персональных компьютеров (ПК) резко возросла и увеличивается с каждым годом, дендрохронологи

различных стран переходят на использование ПК для решения своих задач. Мы считаем, что наиболее быстрым и перспективным способом обмена программами и информацией между дендрохронологами и специалистами других научных дисциплин является использование ПК, совместимых с IBM, а также создание интернациональных компьютерных систем для хранения и получения необходимой информации.

Лаборатория изучения древесных колец передала дендрохронологам Советского Союза следующие программы, разработанные для ЭВМ VAX и написанные на языке Фортран-77: COFESHA (оценка качества датировки), INDEX и ARSTAN (стандартизация древесно-кольцевых хронологий), SUMAC (построение обобщенных хронологий), RESPONS (выявление роли климатических факторов), SPECTRA (вычисление спектральной плотности и определение частотных и фазовых сдвигов между циклами), FILTER (выделение и изучение частотных компонент различной длительности). Кроме того, американскими дендрохронологами были переданы программы, разработанные для ПК: MEASUREMENT (запись и вывод информации о ширине годичных колец), PRECON (расчет-прогноз количества клеток и ширины годичного кольца по климатическим данным за предшествующий период) и INDEX.

Лабораторией дендрохронологии ИЭРиЖ УрО АН СССР были переданы американским дендрохронологам следующие программы, разработанные на языке Фортран-4 для ПК, совместимых с IBM: INDEXA (стандартизация древесно-кольцевых хронологий по способу коридора), SPECTR (оценка спектральной плотности по методу максимума энтропии), SINUS 1 (аппроксимация и экстраполяция циклов синусоидами), GNRL (построение обобщенных рядов с анализом распределения индексов прироста за каждый календарный год), SIMILA (оценка степени сходства между хронологиями), COHER (оценка когерентности между частотными составляющими), CROSDA (перекрестная датировка между хронологиями). Лаборатория древесноевения ИЛиД СО АН СССР предоставила пять программ (программа NOR — нормировка и денормировка трахендограмм, PAR — расчет обобщенных показателей клеточной структуры годичного кольца по трахендограмме, SGR — реконструкция кинетики сезонного роста по трахендограммам годичного кольца, TPACH — расчет параметров клеточной структуры кольца по климатическим данным сезона, SAMB — программа кинетики камбиальной популяции и формирования годичного кольца в сезоне по численности клеток), которые были адаптированы к американской системе и преобразованы на язык Fortran-77.

Между американскими и советскими дендрохронологами начался интенсивный обмен данными измерений показателей годичного радиального прироста деревьев и обобщенными дендрохронологическими рядами. Обмен такой информацией очень важен для решения многих глобальных и региональных проблем экологии и лесоведения (изучение закономерностей изменения климата и повторяемости катастрофических явлений, климатически обусловленной продуктивности естественных и культурных экосистем, оценка влияния увеличения углекислого газа в атмосфере на продуктивность экосистем и изменение климата и др.).

Лаборатория дендрохронологии ИЭРиЖ УрО АН СССР передала в Международный банк данных древесных колец (МБДДК) данные измерений ширины годичных колец отдельных деревьев по 12 рядам, лаборатория древесноевения ИЛиД СО АН СССР — по 2 рядам, Казахский педагогический институт — по 1 ряду. Кроме того, лаборатория дендрохронологии передала Лаборатории изучения древесных колец 41 обобщенную хронологию. В свою очередь последняя передала для пользования советскими дендрохронологами 33 обобщенные хронологии. Членами — вкладчиками МБДДК в настоящее время являются С. Г. Шиятов, Е. А. Ваганов и Н. М. Боршева. Считаю, что назрела необходимость объединения Банка дендрохронологической информации Советского Союза с МБДДК. Бюро отделения общей биологии АН СССР утвердило С. Г. Шиятова в качестве члена Совета МБДДК от Советского Союза.

В Лаборатории изучения древесных колец Аризонского университета С. Г. Шиятов сделал два доклада — о развитии и состоянии дендрохронологических исследований в СССР (впоследствии он был опубликован в Tree-Ring Bull. 1988. V. 48) и о методических разработках, выполненных в ИЭРиЖ УрО АН СССР, а в Лаборатории изучения окружающей среды (г. Корваллис, штат Орегон) — о состоянии дендрохронологических исследований в СССР и о предварительных результатах совместных исследований с Г. К. Фриттсом и Д. А. Грейбиллом. Е. А. Ваганов в Аризоне прочитал лекцию «Кинетика сезонного роста и структура годичных колец хвойных: теория и эксперимент». В. С. Мазепа выступил с докладом в Лаборатории изучения древесных колец о новых методических подходах получения и анализа дендрохронологических рядов и разработанных им программах для ЭВМ. Во время пребывания в Красноярске Г. К. Фриттс прочитал две лекции: «Основы дендрохронологии и ее методы» и «Дендроклиматология и дендрэкология: современное состояние и перспективы», вместе с Е. А. Вагановым выступил с докладом на семинаре в ИЛиД СО АН СССР о комплексной имитационной модели формирования годичных колец на основе климатических данных. Д. А. Грейбилл сделал в отделе леса Института биологии АН КиргССР доклад о дендрохронологическом изучении самых старых в мире деревьев сосны остистой, а на семинаре в ИЛиД СО АН СССР — о первом опыте количественной реконструкции летних температур воздуха на территории Советского Союза (Полярный Урал) и о результатах изучения влияния атмосферных загрязнителей на прирост деревьев в юго-западных штатах США.

В работе Второго советско-американского симпозиума по изучению влияния загрязнителей воздуха на растительность (проект 02.03-21) принимали участие С. Г. Шиятов и Е. А. Ваганов (от СССР) и около 20 американских дендрохронологов, в том числе Г. К. Фриттс, Д. А. Грейбилл, Э. Кук, Л. Брубейкер. Обсуждались вопросы, связан-

ные с методами и результатами реконструкции климатических условий прошлого, оценкой влияния промышленных загрязнителей на прирост древесных растений, использованием дендрохронологических методов для решения различных проблем лесоведения. Была также проведена дискуссия о подходах и принципах моделирования сезонного и годовичного прироста древесных растений. На симпозиуме были доложены результаты совместных исследований по сравнению способов стандартизации древесно-кольцевых хронологий и реконструкции температуры воздуха июня-июля на Полярном Урале за последнее тысячелетие (С. Г. Шиятов, Д. А. Грейбилл, Г. К. Фриттс, Р. Г. Лофгрэн). Е. А. Ваганов сделал доклад о моделировании годовичных колец и их структуры на базе климатических данных. Труды этого симпозиума опубликованы в конце 1989 г. в США.

Таким образом, перспективы советско-американского сотрудничества в области дендрохронологии опираются на реальные заделы, общие интересы и стремление к кооперации исследований в решении общих (как региональных, так и глобальных) проблем. Три проблемы, которые относятся к фундаментальной науке и над которыми уже начали активно работать объединенные советско-американские группы ученых, очевидны; это — глобальные изменения климата и прогноз изменений продуктивности лесных экосистем, закономерности клеточного роста и развития древесных растений в связи с экологическими условиями среды и, наконец, реконструкция длительных изменений среды обитания древесных растений.

Конечно, сделаны только первые шаги, требующие дальнейших усилий и привлечения специалистов в области лесной экологии. СССР и США имеют не только значительные природные лесные территории, прогноз будущих изменений в которых важен для хозяйственного освоения и понимания процессов, происходящих в мезопланетарном масштабе. Действительно, если глобальное потепление климата началось уже в наши дни, то это требуется надежно зафиксировать, а затем и предсказать последствия такого глобального процесса для изменений в структуре и продуктивности лесных экосистем в разных регионах. Если циклы в изменениях термического режима или увлажнения надежно проявляются в изменении прироста деревьев, то есть все основания утверждать, что они будут сохранять свое влияние и в будущем или закономерно изменяться при наличии антропогенного пресса на природу. И это тоже объект дендрохронологии.

Всякому сотрудничеству нужна основа, и не только финансовая. До последнего времени работы координировались проектом 02.03-21 между Госкомгидрометом СССР, Госкомприродой СССР и Агентством по охране окружающей среды США. С 1990 г. планируется включить дендрохронологические исследования в совместную программу сотрудничества Госкомлеса СССР и Лесной службы США. Такое соглашение будет включать не только проведение совместных исследований, но и длительные стажировки специалистов в сотрудничающие лаборатории, проведение школ, совместные экспертизы и другие виды сотрудничества. Расширение советско-американских контактов позволит более активно и плодотворно использовать дендрохронологические методы и разрабатываемые методы моделирования роста древесных растений в совместных программах с сотрудниками и экспертами МИПСА, рядом европейских специализированных дендрохронологических лабораторий и группой дендрохронологии при ИЮФРО. В данной области лесной науки советские ученые имеют признанные приоритеты и достижения и, несомненно, внесут свой вклад в развитие фундаментальной науки о лесе и его динамике.

С. Г. Шиятов, Е. А. Ваганов