

Б.Г. Агеев, В.Д. Несветайло, Ю.Н. Пономарев, В.А. Сапожникова

## Измерение эмиссии CO<sub>2</sub> древесиной годичных колец

*Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск  
Научно-исследовательский институт биологии и биофизики при ТГУ*

Поступила в редакцию 3.07.2002 г.

С целью поиска новых характеристик годичных колец предложен метод измерения CO<sub>2</sub>, выделяемого кольцом древесины. Объектом исследования были годичные кольца сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ldb). Концентрация CO<sub>2</sub> измерялась лазерным оптико-акустическим газоанализатором. Выявлена положительная корреляция выделяемого CO<sub>2</sub> с шириной соответствующего кольца.

Исследование годичных колец деревьев используется в дендрохронологии как для реконструкции прошлых климатов, так и для изучения воздействия современных климатических и эдафических условий на рост деревьев [1]. При этом основываются на измерениях ширины годовых колец, которые характеризуют интегральные условия за вегетационный период и другие изменения окружающей среды, например бюджет атмосферного CO<sub>2</sub>.

Сочетание принципов и методов дендрохронологии с современными методиками анализа специфических регистрирующих структур древесных растений – годичных колец, позволяет говорить о формировании комплексного метода исследования природных и антропогенных процессов и явлений – дендрохроноиндикации, заключающегося в установлении зависимости тех или иных характеристик годичных колец деревьев от факторов внешней среды и получении, на этой основе, ретроспективной информации о процессах и явлениях, определявших динамику этих факторов [2].

По типу задач, решаемых с помощью дендрохроноиндикации, можно выделить следующие направления: 1) датирование сооружений, объектов, явлений, событий; 2) индикация изменений климата (дендроклиматология); 3) индикация природных процессов и явлений, таких как динамика солнечной активности, динамика лесов и лесорастительных зон, лесные пожары, термокарстовые, склоновые процессы и т.д.; 4) индикация антропогенных воздействий, вызывающих изменение среды обитания древесных растений и, соответственно, человека [3].

По типу анализируемых характеристик годичных колец можно выделить три основных раздела дендрохроноиндикации: 1) морфометрическая – на основе анализа морфометрических характеристик годичных колец (ширина, площадь сечения, форма – большинство выполненных в мире работ); 2) структурная – на основе анализа тонкой структуры годичных колец [4]; 3) физико-химическая – на основе анализа физико-химических характеристик древесины годичных колец (плотность, отражательная способность, элементный, биохимический, изотопный состав) [5].

Литературные данные свидетельствуют о том [6], что живые клетки древесины в процессе дыхания образуют двуокись углерода, которая накапливается в сосудах и трахеидах. Поскольку сформированные оболочки клеток древесины относительно непроницаемы для диффузии газов, то в древесине накапливается значительное количество газа. Считают, например, что у сосны большая часть ствола, кроме наружных трех или четырех годичных колец, заполнена газом, причем концентрация CO<sub>2</sub> выше, чем в окружающем воздухе [6].

В данной статье с целью поиска новых характеристик годичных колец, используемых в дендрохроноиндикационных исследованиях, определен газовый состав древесины годичных колец сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ldb).

### Материалы и методика измерений

Материалом для подготовки образцов исследований служила древесина годичных колец двух возрастных групп: сосны 70–80-х и ели 80–90-х гг.

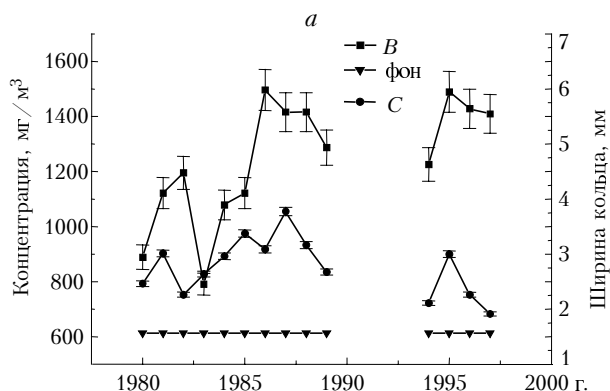
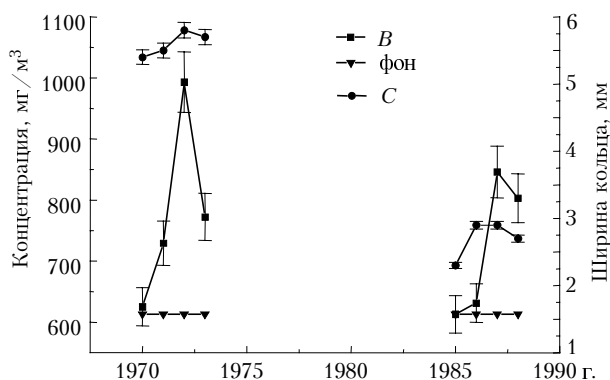
Высушенная древесина послойно тщательно разделялась на годичные кольца. Образцами анализа служили одинаковые навески древесины одного годичного кольца. Как упомянуто выше, накопление газа в древесине происходит в непроницаемых для воздуха тканях, поэтому для получения газовых проб применялось вакуумное экстрагирование. Для этого навески помещались в герметичные экспозиционные камеры и осуществлялась непродолжительная (до 3 мин) откачка камер с образцами до невысокого вакуума (~ 10<sup>-1</sup> мм рт. ст.) с последующей экспозицией в течение 15–20 мин.

Газоанализ экстрагированных газовых проб проведен методом лазерной оптико-акустической (ОА) спектроскопии с использованием дискретно перестраиваемого по частоте CO<sub>2</sub>-лазера, апробированным нами на измерениях темного дыхания растений [7]. После экспозиции пробы из камер запускались в измерительную ячейку ОА-детектора и дополнялись комнат-

ным воздухом до давления ~ 60 торр (область максимальной чувствительности детектора) и эта смесь использовалась для анализа.

## Результаты и обсуждения

В результате проведенных измерений обнаружено, что в выделенной из древесины газовой смеси содержится  $\text{CO}_2$ . На рисунках приведены полученные данные и их сравнение с шириной годичных колец для обоих объектов исследования. Значения по эмиссии  $\text{CO}_2$  показывают превышение его концентрации в пробах над содержанием в воздухе (фоновое значение соответствует концентрации атмосферного  $\text{CO}_2 \sim 613 \text{ мг/м}^3$ ).



Эмиссия  $\text{CO}_2$  (B) и ширина годичных колец (C) сосны (а) и ели (б)

Для образцов сосны выявлена положительная корреляция содержащегося в древесине  $\text{CO}_2$  с шириной соответствующего кольца. Обращает на себя внимание тот факт, что древесина узких колец содержит относительно большее количество газа, чем широких.

Для образцов ели корреляция между определяемыми параметрами менее выражена. Это может быть вызвано следующей причиной. В отличие от сосны

ель росла в пойме ручья, что обусловило наклон дерева и развитие креновой и тяговой древесины. Это, в свою очередь, привело к значительному варьированию ширины одного и того же годичного кольца по разным направлениям. Годичные кольца сосны были значительно ровнее по окружности. В результате для характеристики ели использовалось усредненное значение ширины по четырем радиусам, что могло внести определенную погрешность. Кроме того, трахеиды креновой древесины значительно отличаются по структуре от нормально сформированных частей годичных колец.

Тем не менее полученные данные явно свидетельствуют о том, что в тканях древесины действительно содержится газовая смесь с повышенным по отношению к воздуху содержанием углекислого газа. Его вариация, так же как и изменение ширины годичных колец, обусловлена жизнедеятельностью дерева в тот или иной временной отрезок и отражает интенсивность процессов метаболизма, происходивших в год формирования конкретного годичного кольца.

Для получения количественных статистически обеспеченных результатов планируются дальнейшие исследования. Установление корректной связи между данными дендрохронологии, с учетом газосодержания древесины, и метеоданными позволит получить более полную информацию о жизнедеятельности растения в различные временные интервалы и при различных климатоэкологических условиях. Это, в свою очередь, повысит точностные характеристики дендроклиматологии при изучении палеоклимата.

Работа выполнена при частичной поддержке СО РАН (Междисциплинарный интеграционный проект № 67).

1. *Jacoby G.C., D'Arrigo R.D.* Tree rings, carbon dioxide, and climatic change // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1997. V. 94. P. 8350–8353.
2. *Несветайло В.Д.* Дендрохроноиндикация как метод ретроспективного мониторинга // Всесоюзная научно-практическая конференция «Проблемы исследования и преодоления экологической опасности в промышленном регионе»: Тезисы докл. Кемерово: КГУ, 1990. С. 108–109.
3. *Nesvetajlo V.D.* Consequences of the Tunguska catastrophe: dendrochronoincidence inferres // Planetary and Space Science. 1998. V. 46. N 2/3. P. 155–161.
4. *Ваганов Е.А., Терсков И.А.* Анализ роста дерева по структуре годичных колец. Новосибирск: Наука, 1977. 95 с.
5. *Schweingruber F.H.* Tree Rings and Environment Dendroecology. Berne; Stuttgart; Vienna: Haupt, 1996. 609 p.
6. *Крамер П.Д., Козловский Т.Т.* Физиология древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1983. 464 с.
7. *Агеев Б.Г., Астафурова Т.П., Пономарев Ю.Н., Сапожников В.А.* Кинетика выделения  $\text{CO}_2$  земной растительностью при стрессовых воздействиях // Оптика атмосф. и океана. 1997. Т. 10. № 4–5. С. 437–448.

*B.G. Ageev, V.D. Nesvetailo, Yu.N. Ponomarev, V.A. Sapozhnikova.* Measurement of  $\text{CO}_2$  emission by tree rings.

A method is proposed for measuring  $\text{CO}_2$  emitted by tree rings. The method is aimed at finding new characteristics of tree rings. The rings of a scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Siberian spruce (*Picea obovata* Ldb) were taken as the object of investigation. The  $\text{CO}_2$  concentration was measured with the laser opto-acoustic gas analyzer. Positive correlation of the emitted  $\text{CO}_2$  with the ring width was found.