

Воздействие Тунгусского взрыва на древесину выживших хвойных деревьев.

Лонго Дж., Серра Р. (Деп. Физики, Болонский университет, Италия)

Введение

Результаты анализов деревьев, подвергшихся воздействию Тунгусского взрыва, могут дать информацию о многих характеристиках этого события, как, например, выделенная энергия и высота взрыва, параметры ударной и термической волн и т.д. Воздействие на лес как таковой описано в другой работе^[1]. В данной работе изучается воздействие взрыва на древесину отдельных деревьев, причем особое внимание уделено формированию того, что мы называем «*легкими*» кольцами. Многие авторы предпочитают называть их «*светлыми*» или «*рыхлыми*».

Часто говорят, что нет необходимости продолжать изучение Тунгусского явления, так как то, что не было обнаружено в ушедшем столетии, нельзя обнаружить сейчас, когда многие следы события исчезли. Данное мнение не учитывает, что исчезновение следов может быть компенсировано применением новых технологий и приборов, которые позволяют нам обнаружить ранее упущенные факты. Хорошо известный феномен образования легких колец как раз и является таким случаем.

В процессе сезонного роста нормального кольца у деревьев мы можем различить раннюю, переходную и позднюю древесины. Ранняя древесина имеет светлые крупные трахеиды с тонкими стенками, в то время как трахеиды поздней древесины темнее и мельче с более толстыми стенками. Часто между этими двумя крайними состояниями можно наблюдать изменения, соответствующие переходной древесине. Ранняя древесина, с ее меньшим содержанием вещества клеточной стенки на единицу объема, по сравнению с поздней древесиной в том же кольце, обладает меньшей плотностью. Резкое понижение средней летней температуры или тяжелая засуха может помешать образованию поздней древесины и может привести к образованию кольца *более легкого, более светлого и более рыхлого*, чем остальные. Ввиду климатической природы этого эффекта он проявляется на деревья *обширного региона*.

В 1958 г. Ю.М. Емельянов^[2] обнаружил «легкие» кольца на месте Тунгусской катастрофы как *локальный эффект*, сконцентрированный в радиусе десяти-двадцати километров от эпицентра. Многие исследователи впоследствии изучали этот феномен (см. например^{[3][4][5]}) и заключили, что образование легких колец на месте Тунгусской катастрофы обусловлено частичной или полной дефолиацией деревьев. В течение многих лет легкие кольца изучались главным образом используя традиционные оптические методы^{[2][3][4]}. Более современные методы, как например рентгеновская микроденситометрия, использованная

^[1] V. I. Kharuk et al. (2006), Analysis of the forest cover..., IAC'06, Moscow, Contr. 13.17.

^[2] Yu.M. Emelyanov, V.I. Nekrasov (1960), DAN SSSR, vol. 135, N°5, pp. 1266-1269.

^[3] A.A. Kartashev (1971), NPO Fakel, Novosibirsk, pp. 72-87.

^[4] I.K. Doroshin (2005), Tungusskii Vestnik N°16, Tomsk, pp. 28-52.

^[5] E.A.. Vaganov et al. (2004), Astrobiology, Vol. 4 N° 3 pp. 391-399.

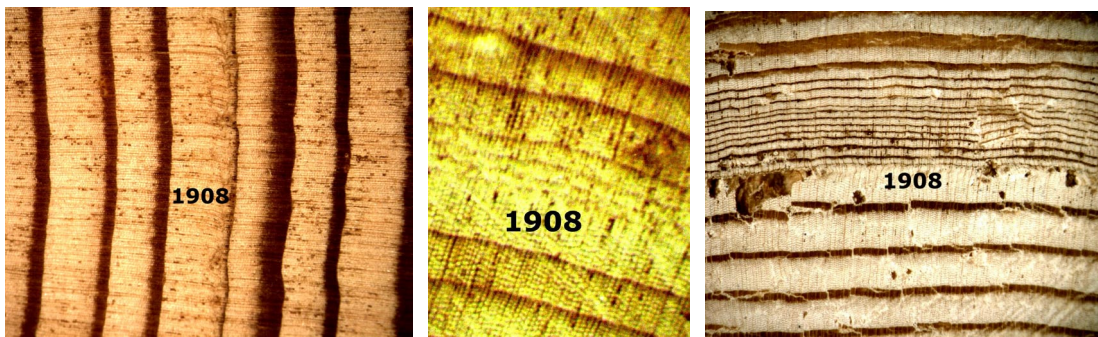


Рис. 1, 2, 3 (слева направо): Легкие кольца ели, сибирской сосны и лиственницы.

Е.А. Вагановым и сотрудниками, позволила расширить и исправить предыдущие результаты^[5].

Метод

Данное исследование проводилось при сочетании оптической микроскопии и Компьютерной Аксиальной Томографии (КАТ). По нашим сведениям, это первый случай использования КАТ метода в Тунгусских исследованиях. Более легкие кольца имеют меньшую плотность и более прозрачны. Следовательно, на прямых КАТ изображениях менее плотная древесина пропускает больше света и выглядит черной (заметьте, что для более непосредственного сравнения с результатами визуальных наблюдений мы даем здесь негативные КАТ изображения, на которых легкие кольца выглядят белыми). Метод КАТ позволил нам просмотреть сотни горизонтальных (Рис. 7, 9, 10) и вертикальных (Рис. 8) сечений стволов за считанные минуты. Огромное преимущество этого метода – это его щадящий характер: образцы деревьев остаются целыми, готовыми для дальнейшего изучения. Были изучены десятки стволов хвойных пород, взятых в различных точках места Тунгусской катастрофы. Часто КАТ изображения выявляют наличие легких колец в деревьях, где их рыхлый характер был бы легко упущен при использовании лишь оптической микроскопии.

Результаты и выводы

1) Мы обнаружили, что каждый вид Тунгусских хвойных пород может иметь легкие кольца. Следовательно, широко распространенное



Рис. 4, 5 и 6: Происхождение ели и её приготовление к КАТ просмотру.

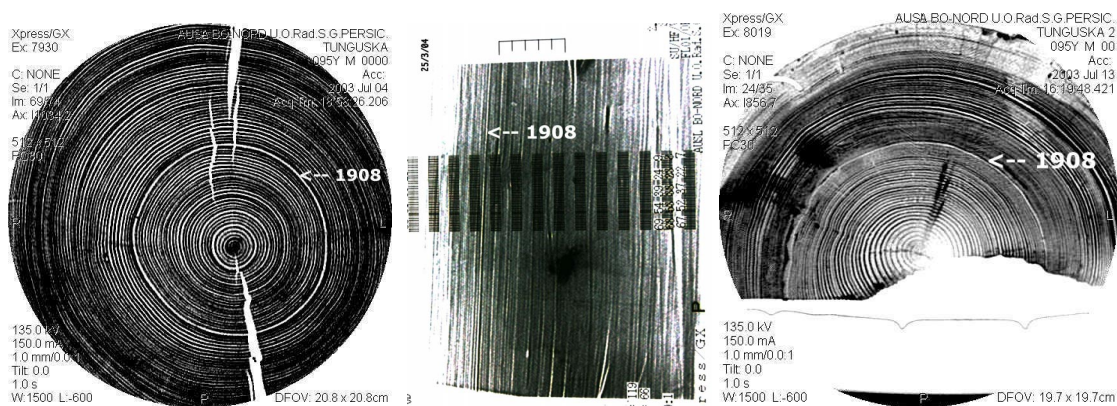


Рис. 7 и 8: КАТ сечения ели.

Рис. 9: КАТ сечение лиственницы-близнеца.

мнение, что это явление присутствует только у лиственниц^{[3][4]}, является неверным. На Рис. 1, 2 и 3 мы демонстрируем легкие кольца 1908 года, обнаруженные соответственно у ели (*Picea obovata*), сибирской сосны (*Pinus sembra*) и лиственницы (*Larix sibirica*).

2) Образование легких колец на территории тунгусского взрыва гораздо более частое явление, чем обычно считается. Легкие кольца могут быть обнаружены достаточно далеко за пределами области, обозначенной на карте Карташева, а также в местах внутри этой области, где Емельянов и Карташев наблюдали их отсутствие. Например, Рис. 1 и 2 показывают части срезов деревьев, взятых возле озера Чеко, где Карташев указывает на отсутствие легких колец.

3) В некоторых сволах деревьев мы наблюдали лишь одно светлое кольцо в 1908 г., в то время как начиная с 1909 г. присутствуют нормальные ранняя и поздняя древесины (Рис. 1). В стволах других деревьев присутствует группа последовательных легких колец: Рис. 2 демонстрирует легкие кольца в 1908-1910 гг. и древесину нормальной плотности начиная с 1911 г.. Этот случай не следует путать с тем, что показано на Рис. 3, где вслед за легким кольцом 1908 г. идут одиннадцать угнетенных колец с нормальными ранней и поздней древесиной.

КАТ анализ легко и быстро приводит к тем же заключениям. На Рис. 1 показан небольшой срез ствола ели, взятый экспедицией Тунгусска99 недалеко от озера Чеко, на берегу впадающей части реки Кимчу (Рис. 4). На Рис. 5 образец (высотой 30 см и диаметром 29,5 см) готов для КАТ анализа. Рис. 6 показывает необычного пациента, спокойно ждущего свою очередь в Радиологическом отделении госпиталя Сан Джованни ин Персичето. Менее чем за одну минуту мы получили 74 изображения горизонтальных сечений ствола ели на расстоянии 0,8 мм одно от другого. На Рис. 7 и 8 показаны горизонтальное и вертикальное сечение ствола. Сразу же четко видно светлое легкое кольцо, а подсчет годовых колец подтверждает его возраст. Рис. 9 демонстрирует горизонтальный срез одного ствола знаменитых лиственниц-близнецов, переживших катастрофу вблизи эпицентра и известных со времен экспедиций Кулика. Одиннадцать угнетенных колец идут вслед за легким кольцом 1908 г., видимом на Рис. 3 и 9. Начиная с 1920 г. наблюдаются обычные кольца с четким сезонным чередованием ранних и поздних трахеид.

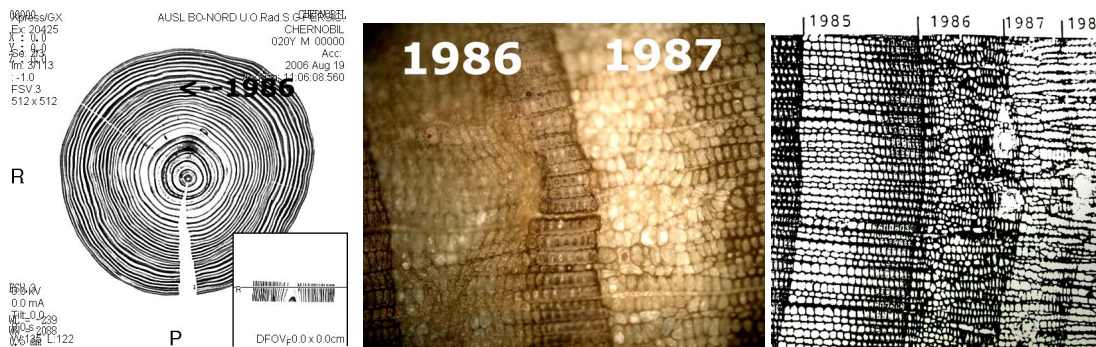


Рис. 10, 11, 12: Чернобыльские образцы, изученные в Болонье и в Трондхейме.

4) Мы также исследовали образцы хвойных деревьев, подвергшихся последствиям Чернобыльского взрыва (26 апреля 1986 г.), и сравнивали их с тунгусскими образцами. Существуют сходство и различия между этими двумя случаями. Оба взрыва вызвали дефолиацию, обусловленную аналогичными механическими и термическими эффектами. Однако, Чернобыльская катастрофа характеризуется высокими дозами ионизирующей радиации отсутствовавшей на Тунгуске.

Воздействие Чернобыльского взрыва на ствол черной сосны, спиленной в 1998 г., показано на Рис. 10 и 11. Эти рисунки демонстрируют, что кольцо 1986 г. имеет раннюю древесину темнее чем соответствующая древесина предшествующих и последующих лет. Аналогичная картина наблюдалась в случае Чернобыльской *Pinus silvestris*, изученной в совместном русско-норвежском исследовании^[6]. В её древесине, подверженной сильному радиоактивному заражению, образовались тяжелые трахеиды с момента аварии, формируя таким образом темное кольцо в 1986 г., как видно на Рис. 12. В 1987 и 1988 гг., стенки клеток поздней древесины этого дерева не имели осеннего утолщения и, следовательно, соответствующие годовые кольца, видимые на Рис. 12, оказались светлыми и легкими. Микроскопическое рассмотрение анатомической структуры нашего образца (Рис. 11) показывает, что ряды трахеид ранней древесины 1986 г. сильно дезорганизованы и часто прерваны как случается при действии ионизирующей радиации.

Благодарности

Мы очень признательны сотрудникам Радиологического отделения госпиталя в Сан Джованни ин Персичето за их помощь и благосклонность. Выражаем нашу глубокую благодарность Г.В. Андрееву и В.Д. Несветайло за помощь в поисках образцов древесины на месте Тунгусской катастрофы. Мы также хотим поблагодарить Н.Н. Ковалюха и В. Скрипкина, которые подарили нам образцы Чернобыльских деревьев. Мы благодарны И.К. Дорошину и Н.И. Гольцовой за щедрое предоставление результатов своих работ и полезные обсуждения. Мы признательны Н.В. Колесниковой за ценную помощь при переводе данной работы.

^[6] L. Skuterud, N.I. Goltsova et al. (1994), Sci. Total Environ., vol. 157, 1-3, pp. 387-397.