

ются при таксации запасов древостоев по средним арифметическим значениям площадей сечения, высот и видовых чисел стволов — (2,2—3,1) %, а также по средним арифметическим значениям площадей сечения и видовых высот стволов — (3,0—4,4) %. С увеличением разновозрастности исследованных ельников систематические ошибки заметно возрастают.

Произвольное, необоснованное использование средних взвешенных значений таксационных признаков в формулах для таксации запаса древостоев также приводит к систематическим ошибкам, как меньшим, так и большим, чем при использовании средних арифметических значений (табл. 3). В частности, к уменьшению ошибок до + (0,1—1,0) % приводит замена средних арифметических высот и видовых чисел ( $H_n$  и  $F_n$ ) на средние взвешенные значения этих таксационных признаков через площади сечения (соответственно  $H_g$  и  $F_g$ ) в следующих расчетных формулах:

$$M = NGH_n F_g; \quad M = NGF_n H_g; \quad M = NG_n H_g F_g.$$

Однако использование средней взвешенной высоты  $H_g$  в формуле  $M = NG_n H_g F_n$  приводит к увеличению положительных до + (1,9—7,6) %, а использование среднего взвешенного видового числа  $F_g$  в формуле  $M = NG_n H_n F_g$  — к увеличению отрицательных до — (4,3—8,1) % систематических ошибок.

Таким образом, результаты опытных вычислений запасов древостоев, выполненных по материалам таксации деревьев на пробных площадях со сплошной рубкой, подтверждают теоретические выводы, полученные нами при математико-статистической интерпретации точных формул для таксации запаса древостоев [5]. Использование для определения запаса древостоев средних арифметических и средних взвешенных величин без необходимого математического обоснования приводит к систематическим ошибкам, недопустимым во всех лесотаксационных работах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Гусев И. И. Вариационная статистика.— Архангельск: АЛТИ, 1970.— 98 с.  
 [2]. Цурик Е. И. Возрастная структура еловых древостоев Украинских Карпат.— Лесоведение, 1974, № 6, с. 19—23. [3]. Цурик Е. И. Ельники Карпат.— Львов: Вища школа, 1981.— 184 с. [4]. Цурик Е. И. О точности методов таксации запаса древостоев.— Львов: ЛЛТИ, 1983.— 36 с.— Рукопись представлена ЛЛТИ. Деп. в ЦБНТИ-лесхоз 3 окт. 1983, № 248лх—Д83. [5]. Цурик Е. И. Математико-статистическая интерпретация таксации запаса древостоев.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 6, с. 10—14.

Поступила 4 февраля 1985 г.

УДК 630\*181.22

### К ПОЗНАНИЮ ПРИРОДЫ МОРОЗОБОЯ

А. К. ДЕНИСОВ, С. А. ДЕНИСОВ

Марийский политехнический институт

Морозобойными трещинами, или морозобоем, поражаются многие древесные породы: осина, ольха, ива, тополь, но особенно часто твердолиственные — дуб, ясень, ильмовые, клен, бук и др.

Морозобой поражает самую лучшую, свободную от сучьев, нижнюю часть ствола деревьев. Резко понижается выход деловой древесины, а нередко, особенно при множественном поражении, ствол переходит в ка-

тегорию дровяных. Вместе с тем повышается возможность проникновения в ствол грибной инфекции.

Размеры повреждений древостоев бывают очень значительны и нарастают к возрасту спелости; тонкомерные деревья не страдают от морозобоя. Повреждаемость увеличивается с юго-запада на северо-восток. Так, древостои дуба VII класса возраста повреждаются по числу стволов в Брянских лесах на 11 % [9], в Тульских засеках — на 17 % [3], в Чувашской АССР — на 32 %, Марийской АССР и Кировской области — до 50 %; по запасу, с учетом сказанного, еще значительнее. Крупномерные и старшие древостои повреждаются больше (табл. 1).

Таблица 1

Степень повреждения древостоя дуба  
IX класса возраста морозобойными трещинами  
(Шумерлинский лесхоз Чувашской АССР)

Степень толщины, см	Количество деревьев, шт./%		
	не повреж- денных	поврежден- ных	всего
52—56	48/30	112/70	160/100
60—64	14/21	53/79	67/100
68—76	9/13	62/87	71/100
Итого	71/24	227/76	298/100

В чем же причина морозобоя и возможны ли меры снижения наносимого им вреда? В нашей стране преимущественно континентального лесоводства эти вопросы, казалось бы, должны в значительной мере быть решены, однако морозобой исследован мало. Может быть, это вызвано представлением о неизбежном влиянии климата, изменять который человек пока не может? Но не следует забывать, что явления в жизни леса всегда двусторонни, выступают как результат взаимодействия среды и организма или (в системе биогеоценоза) — экотопа и биоценоза. Так, при обследовании морозобоя всегда обнаруживаются на одних и тех же пробных площадях деревья и пораженные, и свободные от морозобоя (см. табл. 1). Следовательно, возникновение морозобоя зависит также и от каких-то внутренних состояний дерева, что и должно вселять надежду на возможность уменьшения наносимого им вреда.

Какова же природа морозобоя? Второе столетие пользуется популярностью взгляд на морозобой [21] как на результат термического сжатия периферических частей ствола при наступлении морозов, когда внутренние его части вследствие плохой теплопроводности древесины сохраняют более высокую температуру и, следовательно, прежний объем. Результат этого — трещина, идущая по вертикальной оси ствола в коре и прилегающей древесине. В последующие годы при вновь возникающих напряжениях трещина обновляется по старому следу и образуются застарелые морозобоины с наплывом, уродующие ствол нередко на большую высоту. Однако это представление не разделял автор теории обезвоживания растений Г. Мюллер-Тургау [20], объясняя морозобой внутренним «усыханием», идущим вслед за замерзанием свободной воды в полостях клеток и отсасыванием затем образующимся льдом гигроскопической воды из стенок клеток. Позже аналогичные объяснения давали и другие авторы [2, 11]. Однако экспериментально было доказано [18], что такие трещины оказываются мелкими, а в морозобойных трещинах льда не обнаружено. Объясняли морозобой изменением объема ствола вследствие замедленного поступления воды из замерзшей почвы [17]; ветром, за счет разницы температур с наветрен-

ной и подветренной сторон ствола [14, 15]; влиянием экспозиции ствола [17] и заморозков [1]; колебаниями температуры дня и ночи [10]; анизотропностью древесины [19]. Отмечалась роль почв [18], ростовых напряжений ствола [13, 16, 19] и др.

Морозобой — явление очень сложное. Приведенные суждения заставляют видеть в нем влияние не только физических, но и лесоводственно-биологических причин. Последние исследовались нами длительное время в дубравах Среднего Поволжья и лесного Среднего Заволжья (Чувашская, Татарская и Марийская АССР, юг Кировской области). Объектом исследования был дуб черешчатый. Результаты сообщались ранее. Было подтверждено с полной математической достоверностью увеличение морозобойности с нарастанием толщины стволов деревьев; установлено влияние типов леса через изменение влажности древесины и ее анатомического строения [4, 5], выявлено повышение повреждаемости с увеличением возраста древостоев и снижением их бонитета, снижение морозобойности с повышением полноты древостоев и от опушек в глубь лесных массивов [6, 8], снижение повреждений с нарастанием однородности строения и состояния древесины (уменьшение ее анизотропности) в поперечном сечении ствола [7, 8]. Все эти причинные связи развития морозобоя с лесоводственно-биологическим состоянием древостоев — доказательство возможности борьбы с морозобоем.

Для выявления физических причин морозобоя нами исследована роль ветра, экспозиции ствола, заморозков, колебаний температуры дня и ночи и связь перепадов отрицательных температур воздуха с раскрытием морозобойных трещин. Ниже кратко излагаются полученные результаты.

При проведении исследований мы исходили из следующих предположений. Известно, что температура ствола на северной и южной сторонах различна. Например, средняя температура ствола березы на глубине 4 см была в первой декаде апреля  $-1,2^{\circ}\text{C}$  на южной  $-6,4^{\circ}\text{C}$  на северной стороне [8]. Темнокорые породы имеют еще большее различие. Следовательно, если кратковременные заморозки могут вызвать морозобой, то с большей вероятностью он должен возникнуть под влиянием ранневесенних суточных колебаний температур при смене солнечных дней морозными ночами. Доказательством этого было бы различное количество трещин на южном и северном секторах стволов. Поэтому учет трещин по секторам может ответить на вопрос о роли заморозков, суточных колебаний температуры дня и ночи, экспозиции. Различие в морозобойности разных секторов ствола в сопоставлении с розой зимних ветров может дать представление о роли ветра в образовании морозобоя.

В зимнее время в указанном регионе господствуют южные и юго-западные ветры. Поэтому было признано необходимым вести учет морозобоя по двум секторам ствола — северному и южному — при строгой разметке образующей ствола буссолю в направлении восток — запад. Результаты учета приведены в табл. 2.

Таблица 2

Количество морозобойных трещин на южном и северном секторах деревьев дуба

Район учета	Число деревьев с морозобоем	Число морозобойных трещин	В том числе по секторам			
			южному		северному	
			шт.	%	шт.	%
Чувашская АССР	539	956	492	51,5	464	48,5
Марийская »	139	212	100	47,2	112	52,8
Кировская область	101	150	79	52,7	71	47,3
Всего	779	1318	671	50,9	647	49,1

Приведенные цифры свидетельствуют, что в морозобойности южных и северных секторов стволов нет различий. Значит, отсутствует и влияние упомянутых агентов, хотя их влияние могло усиливать друг друга, будучи равнонаправленным. Причина — в теплоизоляционных свойствах коры и древесины. Так, по измерениям в Якутии [12], суточная амплитуда температуры воздуха 17—18 ноября 1954 г. составила 18,2°, а на глубине 2,5 см в стволе сосны 6,4°, что при пересчете на время дает изменение температуры 0,58 °С за 1 ч. Такой темп изменения, конечно, не в состоянии вызвать каких-либо термических деформаций древесины.

Исследование изменения ширины морозобойных трещин в связи с ходом температуры воздуха представляет большой интерес: морозобойна становится регистратором растяжения — сжатия деревьев под влиянием внешних температур, что проливает свет на причинность образования морозобоя.

Для фиксации измерения ширины трещин в их края попарно вводили иглы-фиксаторы. Операцию проводили в январе. Первый замер сделан в день наиболее мягкой температуры (—5 °С), последующие — при установившихся температурах (—18 и —25 °С). Расстояния между фиксаторами снимали быстро на плотный картон, который тотчас помещали в среду с постоянной температурой при последующем измерении расстояний микроскопом МБС-1 (табл. 3).

Таблица 3

Расширение морозобойных трещин при падении температуры воздуха в интервалах —(5—18)° (1) и —(5—25)° (2) и коэффициенты линейного сжатия растущих деревьев ивы (И), ольхи (О) и дуба (Д)

Порода	Окружность стволов без коры, см	Абсолютное расширение трещин, мм		Расширение на 1 см окружности ствола, мм		Коэффициент линейного сжатия	
		1	2	1	2	1	2
И	144,44	9,40	14,43	0,06508	0,10000	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
И	169,56	12,90	19,13	0,07608	0,11280	$5,8 \cdot 10^{-4}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$
О	59,66	10,87	16,73	0,18220	0,28040	$14 \cdot 10^{-4}$	$14 \cdot 10^{-4}$
О	65,94	13,43	19,70	0,20370	0,29870	$15,7 \cdot 10^{-4}$	$15 \cdot 10^{-4}$
Д	116,18	2,53	5,17	0,02178	0,04450	$1,68 \cdot 10^{-4}$	$2,23 \cdot 10^{-4}$

Как видно из табл. 3, морозобойные трещины чутко реагируют на изменения температуры воздуха, что согласуется с другими исследованиями и подтверждает термическую теорию морозобоя. Раскрытие трещин оказывается значительным и это не какие-либо экстремумы: зимнее сжатие стволов деревьев разных пород, не поврежденных морозобоем, в более мягком климате США достигало 0,32—5,65 значений годичного прироста толщины [22].

### Выводы

1. Заморозки, перепады ранневесенних температур дня и ночи, экспозиция стволов, не оказывают влияния на морозобой. Ветер как термический фактор также не влияет; однако механическое влияние ветра — раскачивание термически напряженных стволов, внедрение холодных воздушных масс в лесные массивы — требует дополнительного исследования.

2. Коэффициент линейного сжатия древесины растущих деревьев разных пород под влиянием снижения отрицательных температур воздуха различен. Из исследованных пород он наибольший у ольхи черной, затем у ивы белой и наименьший — у дуба черешчатого, что связано, по-видимому, с теплофизическими свойствами древесины. При

падении зимней температуры у всех пород морозобойные трещины расширяются, при повышении — сужаются.

3. Представление о морозобое как следствии термического сжатия внешних частей ствола оправдывается. Факты, противоречащие этой теории — различная морозобойность одномерных однопородных деревьев в одинаковых экологических условиях, множественное поражение дерева морозобоем, тогда как одна трещина, раз появившись, должна снять появление новых подобно тепловым швам в различных конструкциях — объясняются различной анизотропностью древесины растущих деревьев.

4. Термическое сжатие стволов — побудительная причина морозобоя. На реализацию ее влияют многие лесоводственно-биологические факторы. Находясь в распоряжении лесовода, они, как отмечено выше, дают реальную возможность снижения наносимого морозобоем вреда.

5. Представление о «внутренней усушке» древесины как причине морозобоя во многом несостоятельно: в этом случае трещины были бы мелкими и их протяженность не измерялась бы метрами, трещины возникали бы преимущественно в начале зимы (время перехода воды в лед) и др.

Морозобой — следствие термического сжатия периферических частей стволов деревьев при резком и глубоком падении зимних отрицательных температур воздуха, трансформируемого различной анизотропностью древесины растущих деревьев.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вакин А. Т. Грибные болезни и другие пороки дубрав.— М.: Гослестехиздат, 1932. [2]. Вакин А. Т. Фитопатологическое состояние дубрав Телермановского леса.— Тр. Ин-т леса АН СССР, 1954, т. 16. [3]. Голосов Н. А. Перестойные древостой Тульских засек.— Тр. по лесн. опыт. делу Тульских засек, 1937, вып. 2. [4]. Денисов А. К. Явление морозобоя дуба в связи с воспитанием дубрав.— Лесн. хоз-во, 1953, № 1. [5]. Денисов А. К. Влияние типов леса на поражаемость древостоев морозобойными трещинами.— Лесоведение, 1968, № 4. [6]. Денисов А. К. Влияние лесоводственных свойств насаждений на образование морозобоя и меры борьбы с ним.— В кн.: Лесоводство, лесные культуры и почвоведение, Л., 1980. (Межвуз. сб. науч. тр.; Вып. 9). [7]. Денисов А. К. О возможности селекции дуба черешчатого на устойчивость против образования морозобоя.— В кн.: Лесная генетика, селекция и семеноводство. Петрозаводск: Карелия, 1970. [8]. Денисов А. К., Пучкова А. А. Борьба с повреждаемостью древостоев морозобоем.— Лесн. хоз-во, 1985, № 2. [9]. Леонтьев А. К. К вопросу о фауности дуба.— Лесн. хоз-во, 1929, № 9. [10]. Норин В. Н. Некоторые данные о произрастании дуба в западном предуралье.— Бот. журн., 1954, т. 39, № 3. [11]. Чудинов Б. С. Новые исследования теплофизических свойств древесины.— В кн.: Свойства древесины, ее защита и древесные материалы. Красноярск, 1968. [12]. Щербаков И. П. Применение полупроводникового электротермометра для измерения температуры в тканях дерева.— Физиол. раст., 1955, т. 2, вып. 4. [13]. Archer R. R., Byrnes F. F. On the distribution of tree growth. P. 1. An anisotropic plane strain theory.— Wood Sci. and Technol., 1974, 8, N 3. [14]. Axman N. Auch die Bäume haben Frost beulen.— Unser Wald, 1958, I, 14. [15]. Busse. Frostring- und Kernrisse.— Forstw. Cbl., 1910, 32. [16]. Chafe S. C. Growth stresses.— Austral. Forest Rec., 1979, 9, N 3. [17]. Knuchel H.— Holzfehler. Zürich, 1947, 58. [18]. Malaisse F. Note sur la galivure du chêne rouge d'Amerigue en Campine.— Bull. Soc. roy. forest. Belgique, 1957, 64, N 10. [19]. Mayer-Wegelein H., Kübler H., Traber H. Über die Ursache der Frostriss.— Forstw. Cbl., 1962, H. 5/6, maj/juni. [20]. Müller-Thurgau H. Über des Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen.— Landwirtsch. Jahrb. 1886, 15. [21]. Pfeil F. Forstbenutzung und Forsttechnologie.— Zit bei Caspary, 1845, 112. [22]. Winget C. H., Koslowski T. T. Winter shrinkage in stems of forest trees.— J. Forestry, 1964, 62, N 5.

Поступила 15 мая 1985 г.