

## УСТАНОВЯВАНЕ ПАДАНЕТО НА ЛАВИНИ ЧРЕЗ АНАЛИЗ НА ГОДИШНИ ПРЪСТЕНИ НА *PINUS PEUCE*

М. Панайотов

## DETERMINATION OF AVALANCHE EVENTS BY ANALYSIS OF TREE RINGS OF *PINUS PEUCE*

M. Panayotov

**Abstract:** This paper contains an analysis of the influence of avalanches on the anatomical structure and variation of width of tree rings. I have taken cores from trees in the transition and accumulation zones of one of the major couloirs on the northwestern slope of the Todorka peak, the Pirin Mountains, Bulgaria. The results show that the most accurate signs for avalanches are sudden decreases of ring width, periods with missing rings, initiation of formation of reaction wood and wounds. Certain features such as traumatic resin ducts and resin accumulation in the tracheids may be used as additional indicators of avalanche influence. On the basis of tree ring analysis I have dated that big avalanches have affected the trees on the borders of the transition and accumulation zones in 1818, 1837, 1887, 1899, 1906, 1916, 1931, 1937, 1944, 1955, 1958, 1963, 1965, 1969, 1973, 1982, 1987, 1996 and 2005.

**Key words:** dendroecology, avalanches, tree ring anatomy, *Pinus peuce*, reaction wood.

### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Снежните лавини са едни от най-разрушителните явления в природата. При падането си могат да унищожат за секунди вековни гори, стопански и жилищни постройки и да вземат човешки жертви (Пеев и Димитров, 1971; McClung and Shaerer, 1992; Weir, 2002). Тенденцията на увеличаване на туристическия поток във високите части на планините и свързаното с това развитие на инфраструктура обуславя необходимостта от по-детайлно изучаване на лавините и техните локални особености. Това е необходимо за избягване на проектантски грешки, поради които стопански обекти могат да бъдат построени в зона с опасност от засягане от лавини и по този начин да се създаде риск от финансови загуби, нараняване на хора или загуба на човешки живот (McClung and Shaerer, 1992; Weir, 2002). В това отношение най-важните въпроси са определянето на потенциално опасните зони, които могат да бъдат засегнати от лавини с различна големина и периодиката, през която може да се очаква това да се случи. Тъй като в нашата страна липсват системни наблюдения, за целта не може да се използват прецизни статистически методи. По тази причина се налага употребата на косвени методи, сред които едни от най-точните и евтини са свързани с анализ на елементи от горска растител-

ност (Butler and Malanson, 1985; Patten and Knight, 1994; Weir, 2002). Те се базират на това, че състоянието на отделните растения е пряко повлияно от големината на лавините, които ги засягат и периодиката, през която това се случва. Свличането на големи снежни маси предизвиква нараняване, деформиране, а в някои случаи и пречупване на дървесните растения. Това се отразява в строежа на годишните пръстени. Всички тези особености са залегнали в основата на т. нар. дендроекологични методи, при които чрез анализ на варирането на широчините на годишните пръстени и анатомичния им строеж може да се получи информация за годините, в които дадено дървесно растение е засегнато от лавина или друго природно нарушение (Carrara, 1979; Butler and Malanson, 1985; Schweingruber, 1996).

В настоящото проучване е анализирано влиянието на лавини върху анатомичния строеж и варирането на широчините на годишните пръстени на наличните дървесни растения по един от улете по северозападния склон на вр.Тодорка в Пирин. Този обект е подбран по няколко причини. От една страна горите по склона са едни от най-запазените и ценни насаждения на балканския ендемит бяла мур (*Pinus peuce* Griseb.). Същевременно в непосредствена близост до него в последните години са изградени модерни ски съоръжения, които улесняват достъпа на хора. По тази причина в

склона ежедневно навлизат много скиори и сноубордисти и се увеличава значително риска от инциденти. При падане на големи лавини е възможно да се засегне моста над река Бъндерица до едноименната хижа и изградените в близост съоръжения за водохващане. Същевременно наличната информация за падане на лавини по склона е оскъдна и ограничена за отделни периоди на XX век (Пеев и Клечаров, 1976; Панайотов, 2000). За успешното стопанисване на горите, опазването на наличната инфраструктура в Бъндеришката долина и намаляване на риска от инциденти с хора е необходимо да се събере прецизна информация за периодиката на падане на лавини с различна големина и зоните, до които те могат да достигнат.

## 2. ОБЕКТ И МЕТОДИ

Обект на настоящото проучване е улей номер 3 при номерация в посока север - юг

по северозападния склон на вр. Тодорка (2748 m н.в. ) в Пирин (фиг.1). Той е с вертикално превишение 730 m, дължина 1400 m, площ на снегосборната област 10.1 ha и среден наклон на снегосборната област 37° (Панайотов, 2000). Тези параметри са предпоставка за падането на големи лавини с развиване на скорости над 25 m/s и съответно преобразуване в най-унищожителния тип лавини - прашните (Voellmeier, 1955 по Sommerhalder, 1965). Стартовата зона (41°45'28"N, 23°26'06"E) на лавините се намира на около 15 m западно от горната станция на ски лифт "Бъндеришка поляна - Тодорка II (Шлема)". Това улеснява значително достъпа на хора до улея и го определя като един от най-опасните. Лавинния конус достига до коритото на река Бъндерица при моста до едноименната хижа (41°45'58"N, 23°25'30"E).



фиг. 1. Местоположение на улей номер 3 по северозападния склон на вр.Тодорка

Според климатичното райониране на България (по Събев и Станев, 1959), обектът на проучване се намира в континентално-средиземноморската климатична област и се характеризира с планински климат със средиземноморско влияние (по Йорданова и Дончев, 1997). По данни от най-близката климатична станция (хижа Вихрен, 1970 m н.в.) средната годишна температура е 3.5°C, максималната е 12.2°C (м. август), а минималната е -4.7°C (м. януари). Годишна-

та сума на валежите е 1378 mm с есенно-зимен максимум. На хижата е отчетена най-голямата височина на снежна покривка за страната - 472 cm. При теренни измервания на проучвания склон са установени локални участъци със значително натрупване на сняг и надхвърляне на височина от 500 cm (Панайотов, 2000). На склонове с голямата дължина, условия за натрупване на дебела снежна покривка и липсата на дървесна растителност се създават пред-

поставки за падане на лавини с изключително големи размери (McClung and Shaerer, 1992).

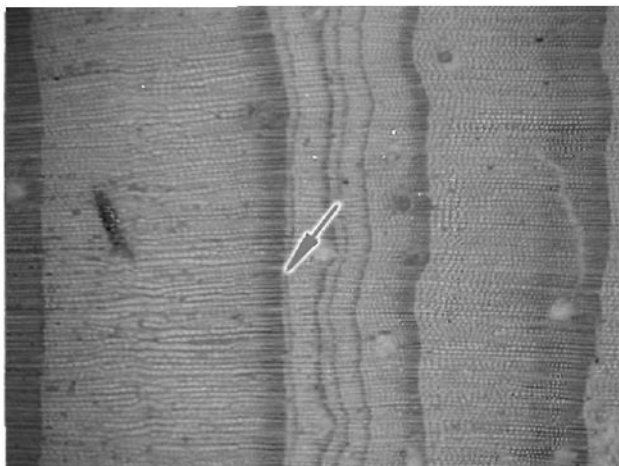
С помощта на преслеров свредел са взети са проби от 38 индивида от бяла мура (*Pinus pease* Griseb.) разположени в транзитната зона и в лавинния конус на улея. Обхванати са две срещуположни направления - от страната на влияние на снежните маси на лавината и от противоположната. Широчината на годишните пръстени е измерена в лабораторията по дендрохронология на Лесотелнически университет с точност до 0.01 mm. Анатомичният строеж е анализиран чрез наблюдение с бинокляр и заснемане с дигитален фотоапарат. За осъществяване на статистически анализ отделните типове анатомичен строеж са кодирани с цифрени означения. Получените редици от широчини на годишните пръстени са сравнени за установяване на календарната година на формиране на даден годишен пръстен (процедура на кросдатирание) с предварително изградена хронология от дървета от бяла мура от района. За целта е използван визуален анализ на ключови години (Schweingruber, 1996) и сравняване на статистико-математически показатели за сходството на редиците чрез специализиран софтуер COFESHA (Holmes, 1983).

### 3. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

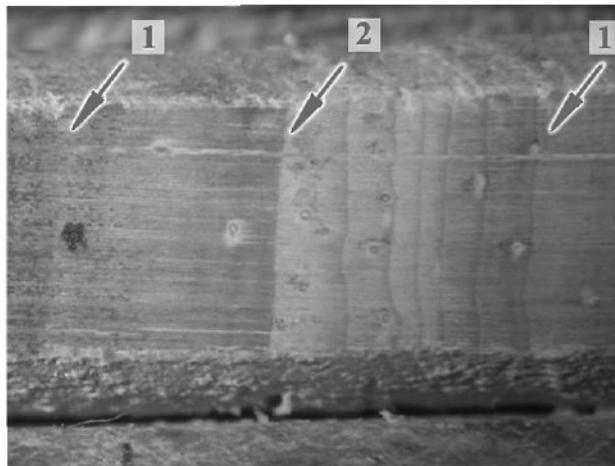
#### 3.1. Отражение на лавините в анатомичния строеж на годишните пръстени

Анализът на анатомичния строеж на годишните пръстени на засегнати от лавини дървета показва, че са характерни няколко типа изменения.

При пречупване на голяма част от стъблото и короната и съответно загуба на възможност за набавяне на необходимото количество градивни вещества поради намаляването на листната маса, се наблюдава рязко спадане на широчините на годишните пръстени. В някои случаи дървесното растение не успява да образува годишни пръстени през период от една до няколко години (т.нар. "липсващи пръстени") (Schweingruber, 1996; Панайотов, 2005, под печат). Във взетите проби при 26% от дърветата липсват годишни пръстени. При други 39% се наблюдават периоди с рязко и значително намаляване на широчината на годишните пръстени (фиг..2). Това е индикация, че падането на лавини често създава изключителни затруднения за радиалния прираст на дървесните растения и те или не формират годишни пръстени, или формират изключително тесни.



фиг.2. Зона на локално липсващи пръстени и рязък спад на широчината на годишните пръстени



фиг.3. Реакционна дървесина (1) и зона с тесни годишни пръстени (2)

При изкривяване на стъблото или силно огъване от преминаване на снежни маси се формира т.нар. "реакционна дървесина". Тя се образува като следствие от механичен стрес или натоварване (Kwon et al., 2001). Счита се,

че формирането на реакционна дървесина е опит да бъде възстановена нормалната вертикална ориентация на стъблото. При иглолистните дървесни видове се образува от страната на наклоняване на дървото, поради

което се нарича и натискова (Блъскова, 2004). Трахеидите, които образуват реакционната дървесина се различават от нормалните основно по по-голяма дебелина на клетъчните стени с по-високо съдържание на лигнин и различна ориентация на микрофибрите във вторичната клетъчна стена. При макроскопско наблюдение е различима чрез по-тъмното оцветяване (фиг.3).

В настоящото проучване са установени два основни типа на разположение на реакционната дървесина. В повечето случаи тя се наблюдава в целия годишен пръстен за период от няколко години. Това е свидетелство за огъване на стъблото и съответно по-продължителен период на възстановяване на вертикалната ориентация.



фиг.4. Реакционна дървесина в началото на годишния пръстен

При много от дърветата се наблюдават годишни пръстени с натрупване на голямо количество смола в трахеидите (фиг.5). Често са в близост до зона на нараняване или в годините, в които в част от стъблото липсват годишни пръстени. Те могат да се използват като спомагателен признак за индикация за падане на лавина. Това е така, тъй като отделянето и натрупването на голямо количество смола може да е реакция към редица външни въздействия върху дървесното растение (напр. пожари, нараняване от падащи камъни, дивеч, насекоми и др., (Schweingruber, 1996). Натрупването на смола е възможно и в пръстените, образувани преди годината на нараняване на дървесното растение (Schweingruber, 1996).

ция. В проучването подобни периоди с над три поредни пръстена с реакционна дървесина са установени при 48% от дърветата.

В отделни случаи (5% от изследваните дървета) реакционната дървесина е наблюдавана като ивица в началото на годишния пръстен (т.е. в ранната дървесина) (фиг.4). Това е признак за механично въздействие през зимния сезон, което е предизвикало силно наклоняване на стъблото, но не е нарушило съществено вертикалната му ориентация. Най-често се открива в дървесината на по-млади дървета. Те са по-жилави и могат да претърпят силно огъване при натиск от снежни маси, без това да доведе до по-дълготрайна деформация.



фиг.5. Годишен пръстен с натрупване на смола в проводящите клетки

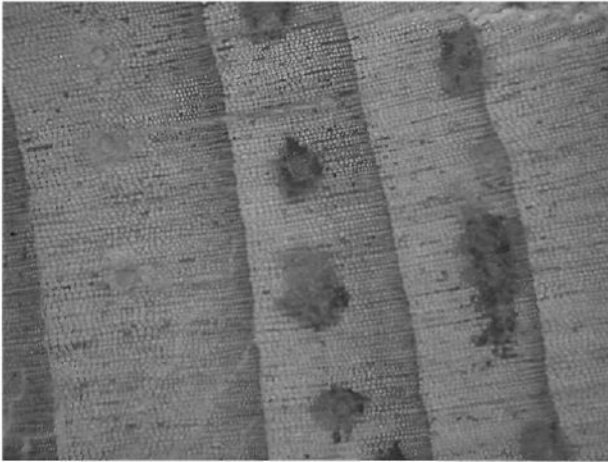
По тази причина този тип годишни пръстени могат да се използват като индикация за лавини, само ако подобна се открива за същия период в други близко разположени дървета.

В проучените проби от лавинен улей номер 3 годишни пръстени с голямо количество смола се откриват при 68% от дърветата. Това е индикация, че този тип анатомичен строеж е типичен за подложени на често въздействие дървесни растения.

В част от пробите се откриват ивици от травматични смолни канали (фиг.6). Те се образуват в годината на нараняване или в следващите вегетационни периоди. Този признак може да се използва като спомагателен за определяне на годината на външно

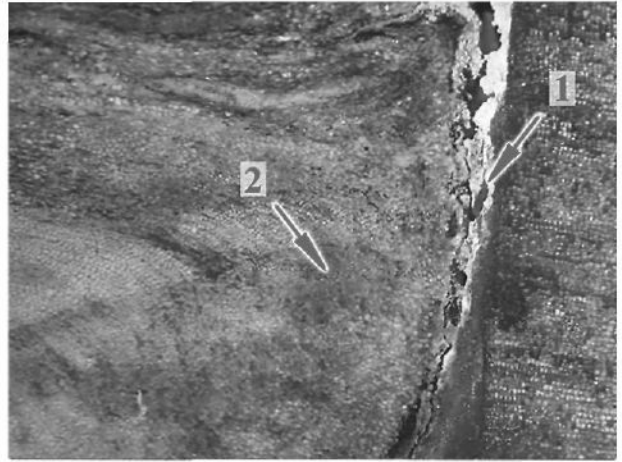
въздействие от лавини по същата причина като годишните пръстени с натрупване на голямо количество смола. В разглежданите проби е установен при 21% от дърветата.

При някои дървета механичното въздействие предизвиква нараняване на го-



фиг.6. Травматични смолни канали

дишните пръстени и съответно откриване на рана при анализа на пробите. Обикновено тя е обградена от паренхимни клетки (т.нар. "раневи паренхим") (фиг.7). В изследваните проби рани са открити в годишните пръстени на 11% от дърветата.



фиг.7. Рана (1) и раневи паренхим (2)

Данните за измененията на анатомичния строеж на дървесината на бялата мура в следствие на падане на лавини по същество са нови. Те са сходни с получените при други изследвания на дървесни видове от род Бор и род Смърч (Carrara, 1979; Rayback, 1998; Schweingruber, 1996). Това позволява да се използват за датирание на подобни събития, като се спазват принципите на дендроекологичните методи.

### 3.2. Датирание на свличания на големи лавини по улей номер 3

Датирането на свличане на големи лавини е извършено чрез комбиниран анализ на описаните изменения в анатомичния строеж и широчината на годишните пръстени. То се базира на това, че обикновено лавините нараняват или огъват силно дървесните растения. За да се избегне възможност за грешно отчитане на лавина по реакция само в едно дърво, данните са сравнявани с тези от други близко разположени индивиди. Те са възприети като показателни за свличания на снежни маси в случаите, когато повечето дървета в дадена зона показват сходна индикация за дадена година.

Рязкото спадане на радиалния прираст или наличието на липсващи пръстени при дървета с признаци на предишни пречупвания е прието като индикация за годината на съответната повреда. Тя е установена след процедура на кросдатирание на пробата и сравнение с базовата хронология от бяла мура от района.

Първата година с реакционна дървесина за период с повече от една такива е приета като индикация за силно изкривяване на стъблото от голяма лавина. Наличието само на една година с реакционна дървесина или на годишен пръстен с този тип анатомичен строеж само в ранната дървесина е прието като индикация за лавина с по-малки размери, която е предизвикала огъване на стъблото, но не и трайна промяна на вертикалната ориентация.

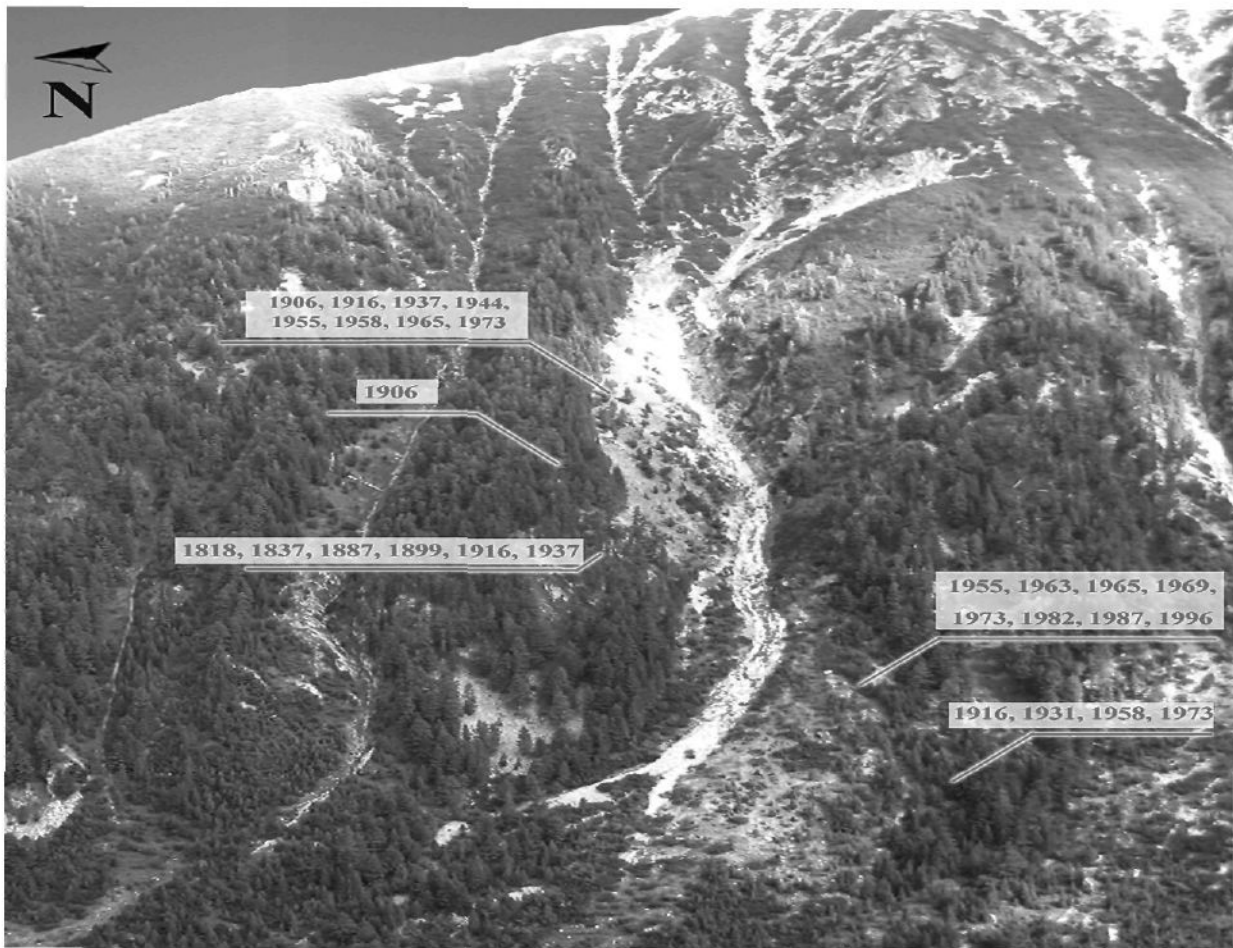
Годишните пръстени с натрупване на смола в проводящите клетки и травматични смолни канали са използвани като спомагателен признак в случаите, когато в пробите на други дървета в непосредствена близост са установени по-сигурни индикации за падане на лавина.

На фиг. 8 са показани годините на засягане на дървесни растения високо по бреговете на лавинния улей и в периферията на лавинния конус. Те са 1818 г., 1837 г., 1887 г., 1899 г.,

1906 г., 1916 г., 1931 г., 1937 г., 1944 г., 1955 г., 1958 г., 1963 г., 1965 г., 1969 г., 1973 г., 1982 г., 1987 г. и 1996 г. Големи лавини са наблюдавани и през зимата на 2005 г. Тези години са от съществено значение, тъй като са показателни за периодиката на падане на лавини с по-големи размери, които съответно биха могли да имат негативни последици върху горски масиви или да застрашат стопански постройки.

Прави впечатление, че в отделните години лавините са засягали различни зони. Това се дължи на специфичния път на дадено движение на снежните маси или на снежно-прашните об-

лаци. Това от своя страна зависи до голяма степен от типа на лавината, количеството на увлечения сняг, неговото състояние и др. (McClung and Shaerer, 1992). В отделни години са засегнати както дървета високо по северния бряг на транзитната зона, така и в южната част на лавинния конус. Примери са 1916 г., 1955 г., 1965 г. и 1973 г. В други случаи големи лавини, които са оказали сериозно отражение върху горите по билото северно от лавинния улей, не са засегнали южната част на лавинния конус. Примери са 1906 г. и 1937 г.



фиг.8. Години на засягане на дървесни растения по бреговете на лавинния улей и в периферията на лавинния конус

С голямо значение за структурата на горските насаждения са били лавините от 1837 г. и 1906 г. Те са унищожили части от гората по билото и са предизвикали последващо активно възобновяване и формиране на участъци с едновъзрастна гора (Панайотов, 2006). От гледна точка на възстановяване на годините на падане на необичайни лавини от интерес е и тази от 1969 г. Тя е предизвикала пречупване на

стъблата на дърветата на височина от 4 m високо по северния бряг на улея. Подобен род повреди са свидетелство за преминаване на въздушно-снежен облак с голям обхват (Пеев и Димитров, 1971; Butler and Malanson, 1985). Такива са характерни за лавини тип "прашни лавини". Те падат рядко, но са изключително опасни поради голямата скорост и разрушителна способност на снежно-въздушните маси (McClung

and Shaerer, 1992; Turnbull and Bartlet, 2002; Weir, 2002).

Данните показват, че лавини с по-големи размери, които засягат сходна зона, имат период на повторемост около 10 години. Сравнително по-рядко падат лавини със значение за обширни участъци от горските насаждения. За последните два века е имало два такива случая през около 100 години.

От практическа гледна точка е от значение и периода на повторемост между лавини, които преминават лавинния конус и достигат в непосредствена близост до моста на река Бъндерица. През втората половина на 20-ти век такива са падали през 1955 г, 1966 г, 1969 г, 1983 г, 1985 г. и 2005 г. Те показат, че мостът се намира в опасна зона и може да бъде засегнат при падания на лавини със сравнително малък период на повторемост.

От интерес е анализирането на климатичните обстановки през годините на падане на големи лавини. Използвани са данни за валежите от метеорологичните станции в гр. Банско (1931 - 2005 г.) и на х. Вихрен (1954 - 1979 г.). Те показват, че падането на големи лавини е свързано с периоди на по-обилни снеговалежи. Сравнени с данни от климатичните станции в района са 1937 г, 1944 г, 1955 г, 1958 г., 1963 г., 1965 г, 1969 г, 1973 г, 1982 г., 1987 г, 1996 г. и 2005 г. За 1963 г. е налична и информация от публикация на Пеев и Клечаров (1976 г.), като те посочват, че необичайно обилни валежи през м. февруари са причинили падането на много големи лавини от сух сняг на 12.02.1963 г. Те са предизвикали прокарването на нови просеки в горите в местността "Икрище" и запълването на коритото на река Бъндерица с дълбоко отложение от сняг и начупени стъбла. Лавините от 1996 г. и 2005 г. са наблюдавани от автора на настоящото проучване. През 1996г. са през м.април (пролетни лавини от мокър сняг), докато през 2005 г. са причинени от много обилни валежи през м.януари (лавини от сух сняг). Данните за това, че най-големите лавини по улея са падали в периоди с обилни снеговалежи, кореспондират с изводите от редица изследвания, според които най-лавиноопасни са обстановките по време на значителни снеговалежи или скоро след тях (Daffern, 1992; McClung and Shaerer,

1992; Turnbull and Bartlet, 2002). Опасни са и моменти на резки затопляния и валежи от дъжд в началото на пролетния сезон. Те могат да предизвикат падането на тежки лавини от мокър сняг (Armstrong, 1976).

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данните от проучването потвърждават, че дендроекологичните методи могат да се използват успешно за датирание на природни нарушения, които оказват отражение върху дървесните растения. Измененията в анатомичния строеж на дървесината на бялата мура са сходни като тип с тези на други дървесни видове. Същевременно наличието на много вековни дървета от този вид в района на вр. Тодорка позволява изучаването на историята на развитието на горските екосистеми и режима на природни бедствия като лавините за дълъг период от време.

Резултатите от проучването показват, че района на връх Тодорка се характеризира с висока лавинна активност. Много от склоновете и улеите ежегодно се засягат от лавини с малки размери. Те не представляват опасност за високостъблените гори или инфраструктура, но предвид значителното увеличаване на посещаемостта на района от туристи, са фактор за повишен риск от нараняване на хора. Периодично падат големи лавини, които увреждат горски масиви и достигат до изградени съоръжения в долините. Това създава опасност от човешки жертви, повреждане на постройки и обекти и причиняване на големи финансови загуби. По тази причина са необходими детайлни проучвания, съобразяване с характеристиките на терена и признаците за лавинна активност и недопускане на изграждане на обекти в лавиноопасни зони.

Изводите, че големите лавини в района падат в периоди с обилни снеговалежи, могат да имат практическо значение за изработване на стратегия на стопанисване на ски курорт Банско с оглед безопасността на посетителите му. Тъй като състоянието на снежната покривка не се наблюдава системно, за определяне на лавинната опасност се налага да се използват косвени признаци и анализ на метеорологичната обстановка. На база на изводите от проучването



може да се препоръча при изработване на стратегия за осигуряване на безопасност за посетителите на района да се предвидят възможности за недопускане на посетители в лавиноопасни зони в периоди с обилни снеговалежи и в първите дни след тях. Също така с цел трайно намаляване на опасността от падане на лавини е

удачно да се постави началото на дългосрочна програма за подпомагане укрепването и опазването на подраста и залесяване на участъци със затруднено възобновяване. Това трябва да се извършва с местни произходи на клек и бяла мура, а на участъци с алкални почви на клек и черна мура.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Блъскова, Г. (2004). Дървесинознание. София, 287 с.
2. Йорданова, М. И Дончев, Д. (1997). География на България, изд. "Проф. Марин Дринов", София, 730 с.
3. Панайотов, М. (2000). Проучване на лавините по северозападния склон на вр.Тодорка, НП "Пирин", дипломна работа, ЛТУ. София
4. Панайотов, М.П. (2005). Установяване влиянието на екстремни климатични явления върху растежа на дървесни индивиди от горната граница на гората чрез дендроекологичен анализ. Лесовъдска мисъл, под печат.
5. Панайотов, М.П. (2006). Проучване влиянието на някои екологични фактори в зоната на горната граница на гората върху видове от сем. Борови (Pinaceae). Автореферат на дисертация за присъждане на образователна и научна степен "Доктор". Лесотехнически Университет, 40с.
6. Пеев, Хр., Димитров, Ст. (1971). Снежни лавини. Земиздат, София, 104 с.
7. Пеев, Хр., Клечаров, Г. (1976). За лавините от "див сняг", образуващи се в долината на р. Бъндерица в Пирин. сп. Горско стопанство, кн.1,36-39
8. Armstrong, R. L (1976). Wet snow avalanches, in Avalanche Release and Snow Characteristics, Occasional Paper no. 19, Institute of Arctic and Alpine Research, University of Colorado, 67-81.
9. Butler R.D., Malanson, G.P. (1985). A reconstruction of snow-avalanche characteristics in Montana, USA using vegetative indicators. Journal of Glaciology, Vol.31. No.108,185-87
10. Carrara, P.E. (1979). The Determination of snow avalanche frequency through tree-ring analysis and historical records at Ophir, Colorado. Geological Society of America Bulletin, Part I, v.90,773-780
11. Daffern, T. (1992). Avalanche safety for skiers and climbers. The Mountaineers, Seattle. 2-d edition, p. 188
12. Holmes, R.L. (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. Tree-Ring Bulletin 43,69-78
13. Kwon, M., Bedger, D., Piastuch, W., Davin, L., Lewis, N. (2001). Induced compression wood formation in Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) in microgravity. Phytochemistry 57(2001), 847-857.
14. McClung, D. and P. Shaerer. (1992). The avalanche handbook. The Mountaineers, Seattle, Washington, p. 271
15. Rayback, S.A. (1998). A Dendrogeomorphological Analysis of Snow Avalanches in the Colorado Front Range. USA. Physical Geography, Vol.19, No.6, 502-515
16. Schweingruber, F. (1996). Tree Rings and Environment. Dendroecology, Vienna, p. 602
17. Sommerhalder, E. (1965). Avalanche Forces and the Protection of Objects. Winterbreicht des Eidg. Institut fuer Schnee und Lawinenforschung, Nr.29,1964/65, p. 100
18. Turnbull, B., Bartlet, P., (2002). A one-dimensional mixed flowing/powder snow avalanche model. Fifth World Congress on Computational Mechanics Proceedings, Vienna, 2002, 10pp
19. Weir, P., (2002). Snow Avalanche and Management in Forested Terrain, Land Management Handbook #55. British Columbia Ministry of Forest, 2002, 190 pp.

10 "Kl. Ohridski" Blvd.  
e-mail: mp2@abv.bg

**Инж. Момчил Панайотов**  
Лесотехнически Университет  
Катедра "Дендрология"  
бул. Кл. Охридски N10  
e-mail: mp2@abv.bg

**Eng. Momchil Panayotov**  
University of Forestry  
Dendrology Department