

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

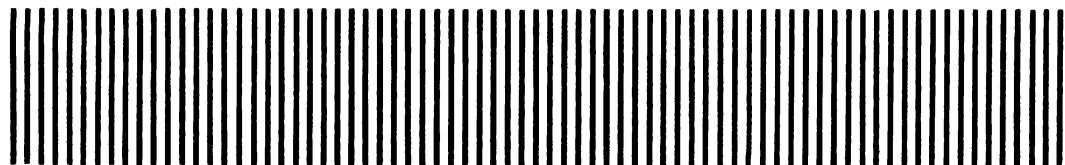
# ЭКОЛОГИЯ

5

*Сентябрь—октябрь*

1978

Издательство «Наука»



УДК 581.52.34

## АНТРОПОГЕННЫЕ СМЕЩЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА И ИХ ФИТОИНДИКАЦИЯ

*П. Л. Горчаковский, С. Г. Шиятов*

Характеризуются степень и последствия снижения верхнего рубежа лесной растительности в горах под влиянием человека, отличия антропогенных границ от естественных, факторы и типы антропогенной деградации верхней границы леса. Излагаются методические основы фитоиндикации отклонения актуальной границы от потенциальной для оценки экологической ситуации в высокогорьях.

Верхние границы леса в горах чрезвычайно разнообразны по составу доминирующих видов древесных растений, по структуре и средообразующему воздействию лесных сообществ, выходящих на верхний предел, а также по степени нарушенности растительных сообществ, образующих верхний рубеж леса под влиянием антропогенных факторов (Горчаковский, 1975; Горчаковский, Шиятов, 1977; Plesnik, 1971; Troll, 1973; Holtmeier, 1967, 1974).

На верхней границе леса прослеживается контакт между лесными (различными категориями мелколесья) и нелесными (кустарничковыми, кустарничковыми, лишайниково-моховыми, травяными) сообществами, зона борьбы между ними. Лесные и нелесные сообщества на их контакте находятся в динамическом, нарушаемом равновесии друг с другом. Они чутко реагируют на малейшие изменения условий среды. Воздействия, вызванные активностью человека (рубки, пожары, выпас скота, сенокосение), особенно отрицательно сказываются на лесной растительности, поэтому можно утверждать, что человек сознательно или бессознательно работает против лесных сообществ, но в пользу конкурирующих с ними нелесных сообществ.

В последнее время изучение верхней границы леса вдохновляет не только ботаников и лесоведов, но и географов, зоологов, климатологов, гляциологов и почвоведов. Это объясняется значением верхней границы леса как важного ботанико-географического и биогеографического рубежа, а также возможностью ее использования для индикации условий среды и природных процессов в высокогорьях.

Лесные сообщества на их верхнем пределе чрезвычайно лабильны, позиция их непрочна, поэтому граница леса легко уязвима. Современное положение верхнего рубежа лесной растительности (актуальная верхняя граница леса) может значительно отличаться от того уровня, на котором этот рубеж находился бы, если бы антропогенные воздействия были исключены (потенциальная верхняя граница леса).

В некоторых горных странах (Альпы, Карпаты) высотный интервал между актуальной и потенциальной границами леса местами достиг 400—500 м и более (Holtmeier, 1974; Plesnik, 1971; Midriak, 1976; Schiechtl, 1967). С увеличением такого разрыва возрастает интенсивность селей, лавин и водной эрозии почвы, снижаются площадь и продуктивность высокогорных пастбищ, что отрицательно сказывается на скотоводстве, охотничьем хозяйстве и рекреационном использовании высокогорных территорий. Есть места, где горные дороги, мосты, линии электропередач, поселения и туристские базы подвергаются опасности уничтожения. Усиление водной эрозии почвы в результате истребления

лесов на их верхнем пределе создает угрозу существованию остатков высокогорных лесов. Так, в Западных (Чехословацких) Карпатах леса на 13% протяженности современной, значительно сниженной, верхней границы находятся под угрозой гибели (Midgiak, 1976). В связи с этим уже возникла необходимость, в целях борьбы со стихийными бедствиями, поднятия верхней границы леса до ее потенциального уровня, восстановления высокогорных лесов. Исследования и опытные работы в этом направлении ведутся во многих странах (Австрия, ФРГ, Чехословакия, СССР и др.).

Позиция актуальной верхней границы леса по отношению к потенциальной, состояние лесов на их верхнем пределе отражают общую экологическую ситуацию в высокогорьях, вызванную вмешательством человека в ход природных процессов. Фитоиндикационное изучение верхней границы леса дает материал для оценки степени нарушения экосистем и биотопов в высокогорьях под давлением антропогенных факторов, а также для обоснования мер по восстановлению высокогорных лесов до их потенциально возможного уровня в целях борьбы с водной эрозией почв, селями и снежными лавинами.

### АНТРОПОГЕННЫЕ ВЕРХНИЕ ГРАНИЦЫ ЛЕСА И ИХ ОТЛИЧИЯ ОТ ЕСТЕСТВЕННЫХ

В пределах Северной Евразии воздействие человека на верхний рубеж лесной растительности наиболее длительно и интенсивно, по-видимому, в густонаселенных районах Альп. По данным Хольтмайера (Holtmeier, 1974), в долинах Центральных Альп антропогенные влияния на верхнюю границу леса начались еще в бронзовом веке и постепенно нарастали по мере развития скотоводства и земледелия, достигнув максимума в средние века. Климатические условия и резко расчлененный рельеф ограничивали в густонаселенных долинах Альп жизненное пространство для людей. Поэтому земледелие и скотоводство концентрировались преимущественно на высотных уровнях, соответствующих первично лесистой территории. Под влиянием человека в ряде мест Центральных Альп произошло полное обезлесение наиболее благоприятных для сельского хозяйства южных склонов и частичное обезлесение наиболее доступных мест (умеренно покатые склоны, плечи долин, террасы и т. п.) на склонах другой ориентации. В некоторых высокогорных районах лес был истреблен в связи с горными разработками, добычей каменной соли и углежжением. Леса на их верхнем пределе уступили место альпийским пастбищам. Значительное снижение верхней границы леса произошло также в Приморских и Лигурийских Альпах; на месте уничтоженных высокогорных лесов сформировались ксерофильные травянистые сообщества, где не может поселиться ни один вид деревьев (Barbero, 1966).

На фьордовом побережье и островах Фенноскандии антропогенные воздействия на верхнюю границу леса начались в I веке нашей эры, когда этой территорией завладели норвежские поселенцы, а в Финской Лапландии — лишь 400—500 лет назад, с переходом лопарей от охоты и рыболовства к кочевому оленеводству. Как в северной Норвегии, так и в Финской Лапландии воздействие человека на верхний предел лесов проявилось в значительно меньшей степени, чем в Альпах, однако и здесь верхняя граница леса несет на себе следы пожаров, выпаса овец и оленей, рубки леса (Holtmeier, 1974).

В Западных Карпатах истребление лесов на их верхнем пределе происходило интенсивно начиная с XIII в., сначала в связи с выпасом крупного рогатого скота и овец, выжиганием и расчисткой стлаников *Pinus*

*тиго*, а затем в связи с добычей смолы и эфирных масел. Деградация верхней границы леса проявилась особенно ярко на пологих склонах, сложенных основными горными породами, где условия для выпаса скота наиболее благоприятны (Plesnik, 1971, 1976; Zatkalik, 1973). В Восточных Карпатах этот процесс начался в XIV в. (Колищук, 1966). Преимущественно под влиянием выпаса овец и в связи с расширением площади горных пастбищ в Высоких Татрах в течение нескольких последних столетий граница леса снизилась в среднем на 180—220 м, в Беланских Татрах — на 280 м, в Низких Татрах — на 50—160 м, в Западных Татрах — на 100—150 м, в Больших Татрах — на 150—200 м и в Малых Татрах — на 260 м. Максимальное снижение границы в отдельных местах достигает 400 м (Midriak, 1976).

На Кавказе отгонное животноводство практикуется в течение многих столетий и даже нескольких тысячелетий (Гулисашвили и др., 1975; Хапаев, 1976). Особенно интенсивно пастбищная деградация лесных сообществ в высокогорьях происходила в течение последних ста лет (Гаджиев, 1962; Кулиев, 1974; Хапаев, 1974), что местами вызвало существенное понижение верхнего уровня лесов.

Таблица 1

## Альтернативные признаки естественных и антропогенных верхних границ леса

Естественные	Антропогенные
Достигают возможного для данного района климатически или эдафически обусловленного максимального уровня	Проходят ниже возможного для данного района уровня
Переход от лесных сообществ к нелесным постепенный (по мере подъема в горы постепенно снижаются высота, толщина и прирост деревьев, возрастает разреженность древостоев)	Переход от лесных сообществ к нелесным резкий (деревья на верхнем пределе относительно высокие и толстые, прирост интенсивный, древостои сомкнутые)
Безлесные сообщества выше границ леса сходны по составу и структуре с нижними ярусами мелколесий (выражены инкумбационные серии ассоциаций)	Сходства между безлесными сообществами выше границ леса и нижними ярусами мелколесий не наблюдается (инкумбационные серии ассоциаций отсутствуют)
Полоса мелколесья развита хорошо	Полоса мелколесья представлена фрагментарно (в основном на труднодоступных участках склонов) или отсутствует
Выше границ леса встречаются лишь единичные деревца, преимущественно кустовидной или стланиковой формы роста	Выше границ леса встречаются островки леса из прямостоящих, довольно крупных деревьев
При подъеме в горы лесовозобновление выше границ леса резко затухает	В местах, где антропогенное воздействие ослаблено, выше границ леса наблюдается интенсивное лесовозобновление
Выше границ леса распространены заросли кустарников, мезофильные луга или тундры	Выше границ леса распространены малопродуктивные луга и пустоши, в составе которых много лесных и сорных растений

В то время как в одних горных странах (Альпы, Карпаты, Кавказ) леса на их верхнем пределе подвергаются воздействию человека уже в течение нескольких столетий и даже тысячелетий, в других (Урал, Саяны) они остаются нетронутыми или почти нетронутыми до настоящего времени. В связи с этим верхние границы леса следует подразделить на две большие группы — естественные и антропогенные. Их разграничительные признаки указаны в табл. 1.

## ФАКТОРЫ И ТИПЫ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА

В горах на верхнюю границу леса действуют разнообразные антропогенные факторы: пастьба скота, сенокошение, вырубка леса, пожары, отходы промышленных предприятий, рекреационная активность. Иногда некоторые из этих факторов действуют совместно, в различных комбинациях. Тем не менее обычно удается выделить главный фактор, оказывающий решающее влияние на характер и положение этого ботанико-географического рубежа. В зависимости от главного фактора мы различаем следующие типы антропогенной деградации верхней границы леса: пастбищный, сенокосный, лесосечный, пирогенный, техногенный и рекреационный (см. табл. 2).

**Пастбищный тип** формируется в результате деградации лесной растительности на ее верхнем пределе под влиянием летнего выпаса домашних (овцы, козы, крупный рогатый скот, олени) и охраняемых человеком (зубры, туры, серны) животных. Это один из самых распространенных типов верхней границы леса во многих горных районах. Сезон выпаса в высокогорьях обычно длится не более 3—3,5 месяца. Животные повреждают всходы и подрост древесных растений, деформируют кроны деревьев, уплотняют почву и обогащают ее азотом. Особенно интенсивно уничтожается подрост лиственных древесных растений (Колищук, 1966). Прекращение возобновления под пологом редколесий и криivolесий приводит в конце концов к выпадению древесного яруса и снижению границы леса.

На месте сведенных лесов формируются малопродуктивные вторичные луга и пустоши — белоусники, черничники, щучники, щавельники, сорные группировки (Шифферс, 1953; Гаджиев, 1962, 1974; Комендар, 1966; Малиновский, 1966; Абачев, 1971; Черкесов, Тебердиев, 1974; Schiechl, 1967; Plesnik, 1976). Вдоль скотопроегонных дорог и на стойбищах растительность уничтожается почти полностью, что приводит на крутых склонах к смыву почвы. Травостой послелесных пастбищ слабо сомкнутые, гетерогенной структуры. Подземная масса значительно превышает надземную (Прилипка и др., 1974). Значительно изменяется видовой состав травостоя: исчезают или становятся малочисленными хорошо поедаемые и нестойкие к вытапливанию виды (в основном — представители высокотравья). В горах Полярного и Приполярного Урала, Средней и Восточной Сибири, где производится выпас северного оленя, в первую очередь уничтожается лишайниковый покров (Игошина, 1937, а также наблюдения авторов). На пастбищах увеличивается роль плохо поедаемых (колючих, ядовитых) и стойких к вытаптыванию растений, а также растений открытых и степных местообитаний (Гаджиев, 1962). В большом количестве появляются сорняки полей и лесов, растения-космополиты, особенно на местах стойбищ скота, где формируются своеобразные сорные группировки (Шифферс, 1953; Гаджиев, 1962, 1974; Вагабов, 1974). Места стойбищ обычно меняются год от года, поэтому сорные группировки занимают значительные площади. Например, в высокогорьях Кавказа на 100 га пастбищ имеется 5—6 (8) стойбищ, каждое из которых занимает площадь порядка 800—1000 м<sup>2</sup> (Гаджиев, 1974).

Восстановление лесных сообществ на месте вторичных лугов и пустошей после прекращения выпаса происходит сравнительно быстро. Полонины на Карпатах сначала зарастают кустарниками, а затем уже появляются всходы ели (Колищук, 1966). Если почва сохранилась, а травостой не очень высокий и густой, то обычно через 10—15 лет появляется много жизнеспособного подроста (Комендар, 1966; Адыгезалов, 1971;

Таблица 2

Типы антропогенной деградации верхней границы леса и их характерные признаки

Тип	Факторы деградации	Основные признаки
Пастбищный	Повреждение молодых деревьев и подроста (в результате вытаптывания и объедания домашними или охраняемыми человеком животными)	Молодые деревья с объеденной листвой и деформированной кроной; отсутствие живых ветвей у высоких деревьев до уровня 2,0—2,5 м; преобладание малопродуктивных послелесных лугов и пустошей; пониженная сомкнутость травостоя, слабое развитие ветоши; малочисленность хорошо поедаемых скотом растений; обилие синантропных растений, в том числе нитрофилов; высокая численность стойких к вытаптыванию, малопоедаемых и непоедаемых ядовитых и колючих растений; повышенная гетерогенность растительного покрова в результате разрушения дерна и формирования стойбищных группировок; значительное преобладание подземной фитомассы над надземной; малочисленность и поврежденность подроста, его куртинное расположение вне троп
Сенокосный	Уничтожение всходов и подроста при сенокосении	Отсутствие или малочисленность подроста; усохшие или вегетативно возобновляющиеся базальные части молодых древесных растений, срезанных при сенокосении; преобладание лугов с лесными растениями в их составе; обилие в травостое стойких к выкашиванию растений, в частности злаков; присутствие сорных растений, особенно в местах закладки стогов и ометов сена; куртины кустарников со следами подрезки их по периферии
Лесосечный	Рубка деревьев для заготовки топлива и строительных материалов, расчистка лесопокрываемых площадей под сельскохозяйственные угодья, дороги, постройки и промышленные сооружения	Пни и бревна со следами топора или пилы; луговые поляны и пустоши правильной геометрической формы (лесосеки); отдельно стоящие крупные деревья или куртины; фрагменты группировок, характерных для гарей, в местах сжигания порубочных остатков; вторичные послелесные группировки светлюбивого высочотравья или среднетравья; присутствие сорных растений, особенно около построек и складов
Пирогенный	Гибель или повреждение деревьев огнем	Остатки сгоревших деревьев; следы повреждений огнем на стволах живых деревьев (пожарные подсушины и т. п.); древесный уголь на поверхности почвы и в ее верхних горизонтах; массовое развитие видов растений, характерных для гарей и требующих повышенной зольности субстрата; вторичные послелесные группировки трав и кустарников, характерных для лесных гарей
Техногенный	Гибель или повреждение деревьев в результате промышленных загрязнений воздуха и почвы	Сухостой и отмирающие деревья с сухими вершинами и следами повреждения листвы аэрозолями промышленных предприятий; снижение годичного прироста деревьев в высоту и по диаметру; отсутствие или слабое развитие эпифитных лишайников на коре деревьев.
Рекреационный	Уничтожение деревьев и подроста, уплотнение почвы в местах отдыха	Резкий контраст между синантропной растительностью вдоль троп, лыжных трасс, по периферии кемпингов и т. п. и растительностью, близкой к естественной, вне интенсивно посещаемых мест; обилие стойких к вытаптыванию растений на тропках, спортивных площадках и кемпингах; групповое расположение подроста вне сети троп, трасс и т. п.; замедленный прирост деревьев в высоту и по диаметру, отмирание вершин

Халилов, Шекилеев, 1971; Гулисашвили и др., 1975). В случае смыва почвы восстановление прежней растительности задерживается на дли-

тельное время. Часто восстановление исходной растительности происходит через смену видов деревьев-лесообразователей. Так, в Карпатах буковые леса восстанавливаются через стадию ели (Колищук, 1966). На Малом Кавказе сильно эродированные склоны сначала заселяются березой, ивой, рябиной, можжевельником. Затем поселяется сосна, а впоследствии, по мере формирования почвенного слоя, сосняки заменяются низкорослыми и кривоствольными грабово-буковыми сообществами (Халилов, 1974).

**Сенокосный тип** выражен преимущественно в южных горах (Кавказ, Тянь-Шань, Средний Урал), где площадь сенокосных угодий расширилась за счет уничтожения высокогорных лесов. На Кавказе субальпийские послелесные луга служат основным источником заготовки сена (Гаджиев, 1974). Однако в чистом виде этот тип встречается нечасто, так как на сенокосных угодьях весной и осенью иногда выпасают скот. Во время сенокосения уничтожаются всходы и подрост древесных растений. Хотя само сенокосение и не приводит к гибели взрослых деревьев, отсутствие возобновления в конце концов влечет за собой смену редкостойных лесов лугами, в результате чего происходит снижение верхней границы леса.

Многokrатно повторяющееся скашивание травостоя оказывает существенное влияние на возобновление травянистых растений. Для одних видов (бобовые, крестоцветные) это влияние отрицательное, для других (злаковые) — положительное. Ежегодное скашивание вызывает также обеднение почвы, ухудшение условий разложения мертвого растительного материала (Гаджиев, 1974). В результате сенокосения формируются довольно продуктивные разнотравно-злаковые луга (Шифферс, 1953; Гаджиев, 1974). На сенокосах появляется много сорных растений, особенно в местах закладки стогов и ометов сена.

После прекращения сенокосения восстановление леса на сенокосных угодьях происходит сравнительно быстро, причем всходы появляются прежде всего около лесных опушек.

**Лесосечный тип** широко представлен в горных районах, где на верхнем пределе лесной растительности производилась или производится вырубка и корчевка как отдельных деревьев, так и целых массивов и островков леса. По свидетельству В. И. Комендара (1966), в Украинских Карпатах высокогорные леса вырубались для строительства жилищ пастухов (колыб), на топливо, для заготовки дранки. Часто древесина использовалась нерационально. Обычно перед вырубкой деревья окольцовывались. Площади, занятые окольцованными деревьями, достигают нескольких гектаров. В Карпатах от рубок сильнее пострадали буковые леса, чем еловые (Ярошенко, 1951). В XIX столетии в Восточных и Западных Карпатах были вырублены на большой площади леса горной сосны (*Pinus mugo*) и кедровой сосны (*Pinus cembra*) для получения эфирных масел (Plesnik, 1976). Это, несомненно, также привело к снижению верхней границы леса. Интенсивно вырубались субальпийские леса и на Кавказе (Гаджиев, 1962; Махатадзе, Урушадзе, 1972; Гулишвили и др., 1975).

После уничтожения высокогорных лесов обычно формируются луга и пустоши. Иногда здесь образуются и заросли кустарников. На Кавказе в местах недавней вырубки леса преобладают *Calamagrostis arundinacea*, *Brachypodium silvaticum*, *Agrostis capillaris* (Гаджиев, 1962). В случае, если почва сохраняется, а также если участки в дальнейшем не используются как сенокосы и пастбища, постепенно восстанавливается лесная растительность. Восстановление исходного типа растительности часто происходит через смену видов-лесообразователей.

Например, в Карпатах в местах сплошных вырубок бучины восстанавливаются через стадию ели (Колишук, 1966).

**Пирогенный тип** характерен для районов, где леса на их верхнем пределе подверглись влиянию огня. Пожары чаще возникают в лесном поясе, затем, двигаясь вверх по склону, достигают верхней границы леса. В большинстве случаев пожары возникают по вине человека (неосторожное обращение с огнем, выжигание леса и кустарниковых зарослей для расширения пастбищ и медосборных угодий), значительно реже — естественным путем (удары молнии).

Огонь полностью уничтожает или сильно повреждает растительность, вызывая снижение верхней границы леса. Следы огня (остатки сгоревших деревьев, угли, пожарные подсушины) сохраняются длительное время. Так, Биллингс (Billings, 1969) в 1967 г. обнаружил деревья, которые погибли от пожара в 1809 г., т. е. они простояли около 160 лет. Степень разрушения растительного покрова под влиянием огня зависит от многих факторов (вида пожара, метеорологических условий, состояния растительности, массивности и высоты гор). В густых хвойных криволиесьях низовой пожар обычно переходит в верховой (Billings, 1969; Моложников, 1975). Горимость субальпийских и подгольцовых мелколесий особенно сильно зависит от степени океаничности или континентальности климата. В районах с влажным океаническим и умеренно континентальным климатом (Карпаты, Урал, гумидная часть Кавказа) пожары на верхней границе леса возникают сравнительно редко, лишь в особо засушливые годы и в определенных формациях, на Кавказе, например, в сосняках (Лесков, 1932). В районах с резко континентальным климатом (Средняя и Восточная Сибирь, Алтай, Саяны) пожары на верхней границе леса весьма обычны (Сапожников, 1901; Куминова, 1960; Тюлина, 1962). Особенно часто горят подгольцовые лиственничные редколесья, под пологом которых развит кустарниковый ярус из *Pinus pumila* (Тюлина, 1959, 1962; Манько, 1961; Моложников, 1975). Здесь пожары — основной фактор снижения верхней границы леса. Часты пожары и в горах, расположенных в пустынных и полупустынных районах (Billings, 1969).

Под влиянием огня на верхней границе леса сильно изменяются условия среды: физические и химические свойства почвы, ее тепловой и водный режимы, резко возрастает интенсивность эрозии, изменяется микроклимат приземного слоя воздуха, ветровой и снеговой режимы. Огонь может очень сильно снизить уровень верхней границы леса, вплоть до подножия склона.

Восстановление исходного типа растительности на горях происходит очень медленно, в течение десятилетий и даже столетий. Особенно долго не восстанавливается лесная растительность на крутых каменистых склонах. После пожара здесь усиливается эрозия и образуются совершенно голые каменные россыпи (курумы), на которых лес восстанавливается только через 80—100 лет и более (Моложников, 1975). В горах Медисин-Боу (штат Вайоминг, США) послелесные сухие луга сменяются молодым елово-пихтовым лесом только после 100—200 лет (Billings, 1969).

Пирогенные сукцессии в различных горных районах проходят по-разному. В районах с гольцовым типом ландшафта на горях сначала поселяются мхи (из родов *Polytrichum* и *Bryum*), а затем лишайники и кустарнички (Тихомиров, 1933; Моложников, 1975), а в районах с альпийским типом ландшафта — мезофитное разнотравье и кустарники (Куминова, 1960; Крылов, 1963; Billings, 1969; Douglas, Ballard, 1971). На Кавказе пихтовые леса после пожара сменяются сосняками с обилием



субальпийских трав (Лесков, 1932). На ранних стадиях восстановления для растительности характерны микрокомплексность и мозаичность.

**Техногенный тип** возникает под влиянием загрязнения воздуха и почвы промышленными отходами (преимущественно предприятий горнодобывающей промышленности, расположенных вблизи или выше рубежа леса). В некоторых местах в результате выемки и дробления горных пород образуются сели, которые также могут повлечь за собой снижение границы леса.

В зависимости от интенсивности и вида загрязнения гибель деревьев может происходить очень быстро или в течение длительного времени. На месте лесных сообществ формируются травянистые фитоценозы, состоящие из видов, стойких к загрязнению. Появляется много сорных растений. Деревья в зоне действия загрязнения имеют пониженные показатели жизнеспособности (ослабленный рост, плохое плодоношение и т. п.), усохшие вершины, следы повреждения листвы. Очень характерно отсутствие или слабое развитие эпифитных лишайников на коре деревьев. Границы леса такого типа обычно встречаются в непосредственной близости от источника загрязнения.

**Рекреационный тип** связан с местами массового отдыха, туризма и спорта. Деградация лесной растительности на ее верхнем пределе под влиянием рекреации началась лишь в XX в. Особенно сильно снижается верхняя граница леса там, где практикуется лыжный спорт (Plesnik, 1976). В местах прохождения лыжных трасс и туристских троп уничтожаются молодые деревца и подрост. Отмирает древесная растительность и около туристских баз и кемпингов; в первую очередь погибают подрост и подлесок. Близ троп формируются сообщества травянистых растений, стойких к вытаптыванию. Почва обогащается нитратами, среди синантропных растений обильны нитрофилы, в том числе *Urtica dioica* (Lippert, 1972).

### ФИТОИНДИКАЦИЯ ОТКЛОНЕНИЯ АКТУАЛЬНОЙ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА ОТ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ

Для оценки экологической ситуации в том или ином горном районе, сложившейся под влиянием антропогенных факторов, необходимо определить, насколько актуальная верхняя граница леса снижена по сравнению с потенциальной. Разрыв между этими двумя границами можно установить на основе ряда биометрических и фитохорологических признаков, с учетом исторических свидетельств и топонимики.

**Корреляция между высотой деревьев и абсолютной высотой местности.** По данным И. Л. Крыловой и Н. Д. Лескова (1959), связь между средней высотой деревьев и абсолютной высотой местности обратная, близкая к линейной. Плесник (Plesnik, 1956, 1971) предлагает определять высоту лишь у самых высоких деревьев, не имеющих следов повреждений. В этом случае в какой-то мере исключается влияние возраста деревьев.

Нет нужды измерять высоту у всех встречающихся видов древесных растений. Лучше выбрать 1—2 вида, произрастающих повсеместно и выходящих на верхнюю границу леса. Для вычисления корреляционных зависимостей следует произвести обмеры у большого количества моделей. Чтобы выяснить зависимость между высотой деревьев и абсолютной высотой местности, необходимо заложить несколько профилей на тех участках склонов, где граница леса обусловлена естественными факторами, в частности, термическими. Полученные придержки предельных значений признаков служат основой для реконструкции потенциально

возможной границы леса. Исследования показали, что на естественном климатическом пределе леса в Татрах высота деревьев достигает 10—12 м (Plesnik, 1971). Там, где граница снижена под влиянием деятельности человека, деревья на верхнем пределе леса имеют большую высоту. Потенциальный уровень верхней границы леса может быть установлен графическим путем на основе выявленных корреляционных зависимостей (рис. 1).

**Величина годичного прироста деревьев в высоту.** Как и высота деревьев, величина годичного прироста их верхушечных (апикальных) побегов в высоту уменьшается с возрастанием высоты над уровнем моря. В горах Крыма при подъеме на 100 м абсолютной высоты величина годичного прироста сосны крымской (*Pinus pallasiana*) уменьшается приблизительно на 20%, причем это уменьшение статистически достоверно. На климатически обусловленном пределе леса наблюдается особенно резкое снижение величины годичного прироста (Крылова, 1960, 1971).

При использовании этого показателя следует обращать особое внимание на получение однородного и сопоставимого материала. Измерения должны быть проведены у деревьев одной возрастной категории, на побегах, относящихся к одному порядку ветвления. Очень важно выдерживать однородность почвенно-грунтовых условий.

На пробных площадках, закладываемых на разных высотных уровнях, необходимо измерить величину прироста последних нескольких лет на осях главных порядков у 25—30 моделей. Затем аналитическим или графическим методом находят зависимость между высотой над уровнем моря и величиной годичного прироста. Можно определять показатель прироста верхушечных побегов не за весь сезон роста, а за более короткий промежуток времени — декаду, месяц (Крылова, 1964). Эту зависимость и используют для определения потенциальной верхней границы леса (рис. 2).

**Густота охвоения побегов.** По наблюдениям И. Л. Крыловой (1964), в горах Крыма на уровне потенциальной границы леса резко возрастает густота охвоения побегов сосны крымской (от  $9,9 \pm 26$  до  $10,6 \pm 21$ ). Этот признак также можно использовать для индикации антропогенных смещений верхнего рубежа леса.

**Характер распределения и жизненность самосева древесных растений.** Между актуальной и потенциальной границами леса возобновление древесных растений лимитируется не климатическими условиями, а деятельностью человека. Если антропогенные воздействия будут исключены, то в этой полосе начнется интенсивное лесовозобновление. По данным Пирса (Pears, 1968), в горах Шотландии наблюдается резкое

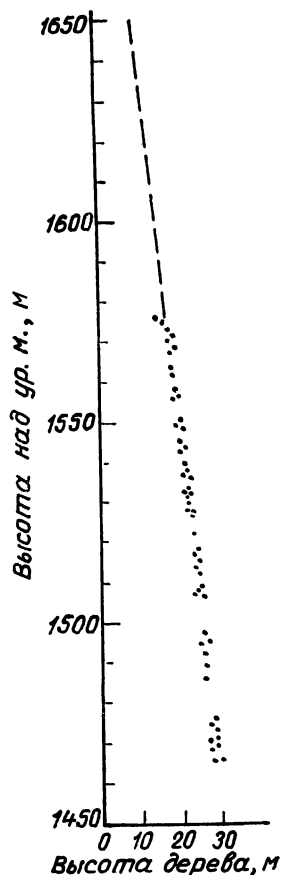


Рис. 1. Изменение высоты деревьев по мере возрастания абсолютной высоты местности в Татрах. Точками обозначены результаты конкретных изменений, пунктиром — вероятный ход изменения того же показателя выше актуальной границы леса. Исходя из того, что деревья на верхнем пределе могут достигать высоты 10—12 м, определен уровень потенциальной верхней границы леса — 1650 м (по Plesnik, 1971).

уменьшение количества самосева сосны на высоте 700 м над ур. м. (рис. 3). Это указывает на то, что именно здесь проходит потенциальная граница леса. Кроме того, для индикации антропогенных смещений рубежа леса можно привлечь показатель жизнеспособности молодых растений: на уровне потенциальной границы леса резко увеличивается количество поврежденных, ползузасохших и усохших сеянцев.

**Встречаемость живых деревьев и остатков отмерших деревьев выше актуальной границы леса.** Отдельные деревья и их куртины, а также

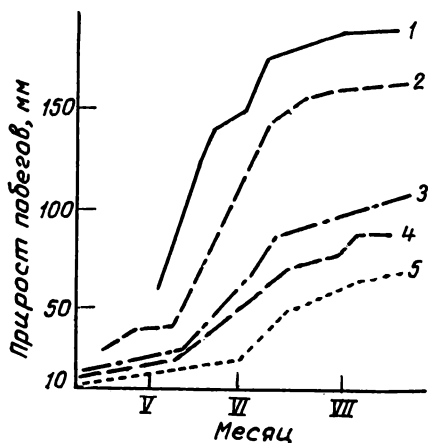


Рис. 2. Сезонный прирост верхушечных побегов сосны крымской, произрастающей на различных высотах: 1 — 1150 м; 2 — 1300 м; 3 — 1380 м; 4 — 1480 м; 5 — 1520 м над ур. м. (по Крыловой, 1964).

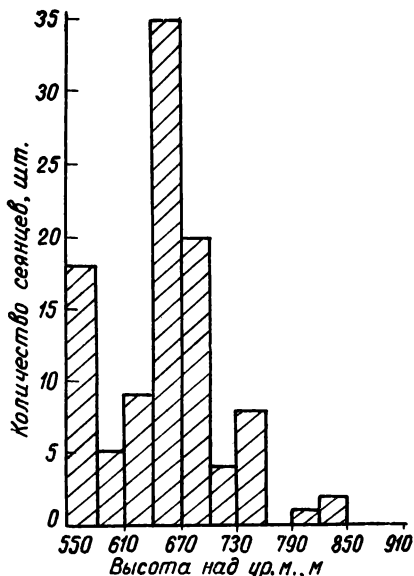


Рис. 3. Определение положения потенциальной верхней границы леса на основе распределения самосева сосны обыкновенной на разных высотных уровнях в горах Шотландии. Актуальная антропогенная граница леса находится на высоте 550 м, а потенциальная, судя по резкому уменьшению численности самосева, на высоте 700 м над ур. м.

остатки отмерших или вырубленных деревьев (пни, стволы) указывают на прежний уровень верхней границы леса в данном горном районе.

**Степень сужения актуальной полосы высокогорных мелколесий по сравнению с потенциальной.** В ненарушенных деятельностью человека районах той или иной горной страны высотный диапазон полосы высокогорных (подгольцовых, субальпийских) мелколесий приблизительно одинаков. Зная этот высотный диапазон, можно определить в нарушенных антропогенными воздействиями районах положение потенциальной границы леса по остаткам полосы мелколесий.

**Нижний предел сообществ кустарников, окаймляющих сверху потенциальную верхнюю границу леса.** Во многих горных странах выше верхней границы леса располагается полоса кустарниковых сообществ. После вырубki лесов полоса кустарников часто сохраняется и служит индикатором положения потенциальной верхней границы леса. Этот признак был использован Пирсом (Pears, 1968) в Шотландии.

**Микрогруппировки лесных трав и кустарничков выше актуальной границы леса.** Некоторые лесные растения, прежде произраставшие под

пологом леса, продолжают местами существовать в виде изолированных микрогруппировок и после вырубki древесного яруса. Линия, соединяющая самые верхние местонахождения таких растений, указывает на положение потенциальной границы леса.

**Соотношение между показателями термического режима сезона роста и положением верхней границы леса.** Установлено, что в пределах зон умеренного и холодного климата высотное положение верхней границы леса определяется термическими условиями вегетационного периода. Найдена корреляция между абсолютной высотой границы леса и такими показателями, как средняя температура самого теплого месяца ( $10^{\circ}\text{C}$ ), средняя температура воздуха за июнь—август ( $6\text{—}8^{\circ}\text{C}$ ), сумма эффективных (выше  $10^{\circ}\text{C}$ ) температур ( $200\text{—}300^{\circ}$ ), продолжительность вегетационного периода. При подъеме в горы термические условия постепенно ухудшаются. Вертикальный градиент температуры более или менее постоянен в разных горных странах; он почти не изменяется по сезонам года и в среднем составляет  $0,5^{\circ}\text{C}$  на  $100\text{ м}$  высоты (Рубинштейн, 1926; Гольцберг, 1936). Однако необходима привязка к имеющимся метеорологическим станциям, которые могут находиться как выше, так и ниже верхней границы леса. Зная термический предел произрастания леса и вертикальный градиент температуры, можно определить уровень потенциальной термической границы леса.

Такие расчеты были произведены Пирсом (Pears, 1968) в горах Шотландии. Вертикальный градиент температуры в этом районе составляет примерно  $0,6^{\circ}\text{C}$  на каждые  $76\text{ м}$  подъема в высоту (или  $0,8^{\circ}\text{C}$  на  $100\text{ м}$  подъема). Было установлено, что мелкокосяга могут существовать на высоте  $760\text{ м}$  над ур. м., где с июня по август в течение вегетационного периода средняя температура воздуха поднимается выше  $10^{\circ}\text{C}$ .

В районах, где отсутствуют метеорологические станции, величину вертикального градиента можно определить путем проведения специальных метеорологических наблюдений на разных высотах.

**Исторические свидетельства и топонимика.** В отдельных случаях ценные сведения о бывлом положении верхнего рубежа лесной растительности можно почерпнуть из старинных карт земельных угодий и литературных источников (отчеты путешественников, труды ботаников и географов). Кроме того, интересный материал в этих же целях можно получить на основе изучения названий поселений и урочищ, как это было убедительно показано Пирсом (Pears, 1968) в горах Шотландии.

## ВЫВОДЫ

1. Верхняя граница леса — важный ботанико-географический рубеж, чутко реагирующий на изменение условий среды в высокогорьях. Во многих горных странах под влиянием деятельности человека происходит снижение этого рубежа, причем естественные границы леса трансформируются в антропогенные.

2. В зависимости от факторов, оказывающих решающее влияние на положение верхнего предела лесной растительности, следует различать несколько типов антропогенной деградации верхней границы леса: пастбищный, сенокосный, лесосечный, пирогенный, техногенный и рекреационный.

3. Позиция актуальной верхней границы леса по отношению к потенциальной служит показателем степени нарушенности экосистем и биотопов в высокогорьях под давлением антропогенных факторов.

4. Выявление потенциальной верхней границы леса в ее отношении к актуальной необходимо как для оценки общей экологической ситуации в высокогорьях, так и для обоснования мер по восстановлению вы-

сокогорных лесов до их возможного уровня в целях борьбы с водной эрозией почв, селями и снежными лавинами.

5. Фитоиндикация потенциальной границы леса возможна на основе ряда биометрических и фитохорологических признаков (корреляция между высотой деревьев и абсолютной высотой местности, величина годового прироста деревьев в высоту, густота охвоения побегов, характер распределения и жизненности самосева древесных растений, встречаемость живых и отмерших деревьев, а также микрогруппировок лесных трав и кустарничков выше актуальной границы леса и т. п.).

Институт экологии растений и животных  
УНЦ АН СССР

Поступила в редакцию  
15 мая 1978 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Абачев К. Ю. О распространении черничников в Южном Дагестане. Тезисы докл. V Всесоюз. совещания по вопросам изучения и освоения флоры и растительности высокогорий, Баку, «Элм», 1971.
- Адыгезалов Г. О. Высокогорные дубравы южного макросклона Большого Кавказа (в пределах Азербайджанской ССР). Тезисы докл. V Всесоюз. совещания по вопросам изучения и освоения флоры и растительности высокогорий, Баку, «Элм», 1971.
- Вагабов З. В. Фитомассы некоторых сорных эдификаторов летних пастбищ Большого Кавказа. В сб. Растительный мир высокогорий и его освоение, Проблемы ботаники, вып. 12, Л., «Наука», 1974.
- Гаджиев В. Д. Субальпийская растительность Большого Кавказа (в пределах Азербайджанской ССР), Баку, Изд-во АН Азерб. ССР, 1962.
- Гаджиев В. Д. Динамика и производительность растительных формаций высокогорий, Баку, «Элм», 1974.
- Горчаковский П. Л. Растительный мир высокогорного Урала, М., «Наука», 1975.
- Горчаковский П. Л., Шиятов С. Г. Верхняя граница леса в горах бореальной зоны СССР и ее динамика. Бот. журнал, 1977, 62, № 11.
- Гольцберг И. А. К вопросу о построении карт температур, не приведенных к уровню моря. Труды по сельскохозяйственной метеорологии, вып. 24, 1936.
- Гулисавили В. З., Махатадзе Л. Б., Прилипко Л. И. Растительность Кавказа, М., «Наука», 1975.
- Игошина К. Н. Пастбищные корма и кормовые сезоны в оленеводстве Приуралья. Советское оленеводство, 1937, вып. 10.
- Колищук В. Г. Динамические тенденции растительных сообществ Карпат у верхнего предела лесов. В сб. Растительность высокогорий и вопросы ее хозяйственного использования, Вопросы ботаники, т. 8, М.—Л., «Наука», 1966.
- Комендар В. И. Форпосты горных лесов, Ужгород, «Карпаты», 1966.
- Крылов А. Г. Типы кедровых лесов Северо-Восточного Алтая. В сб. Типы лесов Сибири, М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Крылова И. Л. Рост сосен в горах Крыма как показатель условий существования. Бюлл. МОИП, отд. биол., 1960, 65, № 1.
- Крылова И. Л. Использование ботанических показателей при определении некоторых климатических границ. Труды МОИП, Отд. геол.-геогр., т. 8, 1964.
- Крылова И. Л. Годичный прирост как показатель условий местообитания. В сб. Теоретические вопросы фитоиндикации, Л., «Наука», 1971.
- Крылова И. Л., Лесков Н. Д. Связь между ростом ели и высотой над уровнем моря на Северном Урале. Сборник трудов по лесному хозяйству, вып. 5, Свердловское кн. изд-во, 1959.
- Кулиев В. Ш. Состояние и охрана растительности пастбищ Азербайджана. Тезисы докл. VI Всесоюз. совещ. по вопросам изучения и освоения флоры и растительности высокогорий, Ставрополь, 1974.
- Куминова А. В. Растительный покров Алтая, Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1960.
- Лесков А. И. Верхний предел лесов в горах Западного Кавказа. Бот. журнал, 1932, 17, № 2.
- Малиновский К. А. Смены растительного покрова Карпатского высокогорья под влиянием антропогенных факторов. В сб. Растительность высокогорий и вопросы ее хозяйственного использования. Проблемы ботаники, т. 8, М.—Л., «Наука», 1966.
- Манько Ю. И. Краткий очерк лесной растительности верхней половины бассейна реки Урми. Комаровские чтения, вып. 9, Владивосток, Дальневосточный филиал АН СССР, 1961.

- Махатадзе Л. Б., Урушадзе Т. Ф. О субальпийских лесах Абхазии. В сб. Леса Абхазии, Сухуми, 1972.
- Моложников В. Н. Кедровый стланик горных ландшафтов Северного Прибайкалья, М., «Наука», 1975.
- Прилипка Л. И., Майлов А. И., Меликов Р. К. Дигрессивно-демутационные сукцессии горной послелесной растительности и ее продуктивность. Тезисы докл. VI Всесоюз. совещ. по вопросам изучения и освоения флоры и растительности высокогорий, Ставрополь, 1974.
- Рубинштейн Е. Средние месячные температуры воздуха в европейской части СССР. В кн. Климат СССР, ч. 1, вып. 1, Л., 1926.
- Сапожников В. В. Катунь и ее истоки, Томск, 1901.
- Тихомиров Б. А. Пожары зарослей кедрового стланика (*Pinus pumila* Rgl.) в Пенжинском крае. Бот. журнал, 1933, 18, № 6.
- Тюлина Л. Н. Лесная растительность среднего и нижнего течения р. Юдомы и низовьев р. Май, М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Тюлина Л. Н. Лесная растительность средней и нижней части бассейна Учюра. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1962.
- Халилов М. Ю. О современной верхней границе и антропогенной смене лесной растительности на Малом Кавказе. Тезисы докл. VI Всесоюз. совещ. по вопросам изучения и освоения флоры и растительности высокогорий, Ставрополь, 1974.
- Халилов М. Ю., Шекилеев Р. Б. О возможности восстановления верхней границы леса в северо-западной части Азербайджана. Тезисы докл. V Всесоюз. совещ. по вопросам изучения и освоения флоры и растительности высокогорий, Баку, «Элм», 1971.
- Хапаев С. А. Растения высокогорья — индикаторы вековой динамики лавинных природных комплексов. Тезисы докл. VI Всесоюз. совещ. по вопросам изучения и освоения флоры и растительности высокогорий, Ставрополь, 1974.
- Хапаев С. А. Колебания верхней границы леса на территории Тебердинского заповедника. В сб. Высокогорная геоэкология, М., 1976.
- Черкесов А. М., Тебердиев Д. М. Улучшение и рациональное использование высокогорных пастбищ Кабардино-Балкарии. В сб. Растительный мир высокогорий и его освоение, Проблемы ботаники. вып. 12, Л., «Наука», 1974.
- Шифферс Е. В. Растительность Северного Кавказа и его природные кормовые угодья, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1953.
- Ярошенко П. Д. О природной динамике верхней границы леса в Карпатах ДАН СССР, 1951, 78, № 1.
- Barbero M. L'originalité biogeographique des Alpes maritimes et ligures. Thèse doct. Univ. Provence, s. a., 1966.
- Billings W. D. Vegetational pattern near alpine timberline as affected by fire-snowdrift interations. Vegetatio, 1969, 19.
- Douglas G. W., Ballard T. M. Effects of fire on alpine plant communities in the North Cascades, Washington. Ecology, 1971, 52, № 6.
- Holtmeier F.-K. Die Waldgrenze im Oberengabin in ihrer physiognomischen und ökologischer Differenzierung, Bonn, 1967.
- Holtmeier F.-K. Geoökologische Beobachtungen und Studien an der subarktischen und alpinen Waldgrenze in vergleichender Sicht (Nordliches Fennoskandien/Zentralalpen), Wiesbaden, Franz Steiner Verl., 1974.
- Lippert W. Veränderungen der Pflanzenwelt durch Bergsteigen und Fremdenverkehr im Hochgebirge. Kopfstationen der Bergbahnen, Hüttenbereiche, Hochwege usw Ber. Bayer. bot. Ges., 1973, 43.
- Midriak R. Zur Notwendigkeit einer Hebung der oberen Waldgrenze im Bereich der tschechoslowakischen Karpaten. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Wien, 1976, 115.
- Pears N. V. The natural altitudinal limit of forest in the Scottish Grampians. Oikos, 1968, 19, № 1.
- Plesnik P. Horná hranica lesa v Krivanskej Malej Fatre. Lesnický časopis, 1956, 2, № 2.
- Plesnik P. Horná hranica lesa vo Vysokých a v Belanských Tatrách. Slov. Acad. Vied, Bratislava, 1971.
- Plesnik P. Man's influence upon the timberline in the West Carpathian Mountains. Extended abstract for Pre-Congress Symposium on High Altitude Geocology, North Caucasus, 1976.
- Schiechtel H. M. Die Physiognomie der potentiellen natürlichen Waldgrenze und Folgerungen für die Praxis der Aufforstung in der subalpinen Stufe. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst., № 75, Wien, 1967.
- Troll C. The upper timberlines in different climatic zones. Arctic and Alpine Research, 1973, 5, № 3.
- Zatkalik F. Horná hranica lesa v skupine Prašivej v Nizkych Tatrách. Geogr. čas., 1973, 25, № 2.