

УДК 630*450

АЛЕКСЕЕВ В. А.

ДИАГНОСТИКА ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЬЕВ
И ДРЕВОСТОЕВ

Приведены основные диагностические признаки жизненного состояния деревьев и даны способы расчета состояния древостоев, которые могут быть использованы при мониторинге лесов, лесоустроительных, лесопатологических и геоботанических работах. Предложенные методы оценки состояния деревьев базируются на хорошо апробированных различными исследователями и автором статьи неспецифических реакциях деревьев (изменение облиственности кроны, усыхание ветвей, хлорозы, некрозы и т. д.), возникающих при конкурентных отношениях растений и воздействии тех или иных абиотических и биотических стрессов. Диагностика может быть использована как в поврежденных, так и в неповрежденных лесах. Расчет состояния древостоев предлагается осуществлять с учетом роли слагающих их деревьев.

При разработке стратегии ведения хозяйства в тех или иных лесах, выполнении экспертных экологических оценок, осуществлении мониторинга и ряде других случаев возникает необходимость определить жизненное состояние¹ основного компонента лесных экосистем — древостоя. Работа по определению состояния древостоев распадается на две части: полевое выявление жизненного состояния деревьев, слагающих подлежащий изучению древостой, и оценка состояния древостоя в целом.

Характеристика жизненного состояния деревьев

В зависимости от целей исследовательских и производственных работ описание состояния деревьев производится на постоянных или временных пробных площадях различного размера и формы. При выяснении структуры распределения деревьев в древостое по их жизненному состоянию (особенно при многолетних, в частности мониторинговых, работах) целесообразно иметь высокое представительство особей на каждой пробной площади; в связи с этим мы отдаем предпочтение крупным постоянным пробным площадям, насчитывающим не менее 100—150 деревьев основного элемента леса.

Для оценки жизненного состояния деревьев в СССР широко применяется разработанная энтомологами Шкала категорий состояния деревьев [7]. Имеющиеся в ней диагностические признаки использовали вначале для характеристики ослабленности деревьев и древостоев в очагах размножения вредителей и болезней; позже их стали применять также для оценки состояния древостоев, находящихся под воздействием локального атмосферного загрязнения. В последнем случае шкала требовала ряда уточнений, нуждались в совершенствовании и методы расчета индексов жизненного состояния древостоев [1].

Сколько-нибудь массовое определение состояния обычных, фоновых древостоев, находящихся в типичных для лесных регионов условиях роста, ранее не проводили. Выполнение этой процедуры, совершенно необходимой для осуществления мониторинга лесов, также требует определенной корректировки шкалы. В данном случае она должна отражать не только признаки ослабления деревьев, поврежденных какими-то новейшими стрессовыми явлениями, но и любые кумулятивные проявления со-

¹ Термин «жизненное состояние» (дерева, древостоя, сообщества) более точно отражает цель и смысл осуществляемых оценок, чем термин «санитарное состояние».

стояния разных особей, конкурирующих за жизненное пространство и многие факторы среды (свет, влагу, питательные вещества почвы).

Предлагаемая ниже модификация шкалы категорий жизненного состояния деревьев по характеристикам кроны учитывает перечисленные требования и может быть использована в поврежденных и неповрежденных лесах. Как и в шкале Санитарных правил [7], здесь используются лишь наиболее общие и значимые признаки. Информация шкалы не предназначена для индикации причин того или иного состояния дерева — для этого необходимо привлечение многих дополнительных специфических признаков, используемых лесопатологами в каждом конкретном случае.

Шкала категорий жизненного состояния деревьев по характеристике кроны

1. *Здоровое дерево*. Деревья не имеют внешних признаков поврежденной кроны и ствола. Густота кроны обычная для господствующих деревьев (I—II классов роста в случае применения классификации Крафта). Мертвые и отмирающие ветви сосредоточены в нижней части кроны, в верхней ее половине крупных отмерших и отмирающих ветвей нет или они единичны и по периферии кроны не видны. Закончившие рост листья и хвоя зеленого или темно-зеленого цвета. Продолжительность жизни хвой типична для региона. Любые повреждения листьев и хвои незначительны (<10%) и не сказываются на состоянии дерева.

2. *Поврежденное (ослабленное) дерево*². Обязателен хотя бы один из следующих признаков: а) снижение густоты кроны на 30% за счет преждевременного опадения или недоразвития листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны; б) наличие 30% мертвых и (или) усыхающих ветвей в верхней половине кроны; в) повреждение (объедание, скручивание, ожог, хлорозы, некрозы и т. д.) и выключение из ассимиляционной деятельности 30% всей площади листьев (хвои) насекомыми, патогенами, пожаром, атмосферным загрязнением или по неизвестным причинам.

К категории поврежденных (ослабленных) относятся также деревья с одновременным наличием признаков «а» — «в» и иными повреждениями (включая ствол и корневые лапы), проявляющимися в меньших размерах, но приводящих к суммарному ослаблению жизненного состояния дерева на 30%.

3. *Сильно поврежденное (сильно ослабленное) дерево*. Обязателен хотя бы один из следующих признаков: а) снижение густоты облиствения кроны на 60% за счет преждевременного опадения листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны; б) наличие 60% мертвых и (или) усыхающих ветвей в верхней половине кроны; в) повреждение (объедание, скручивание, ожог, хлорозы, некрозы и т. д.) и выключение из ассимиляционной деятельности 60% всей площади листьев (хвои) насекомыми, патогенами, пожаром, атмосферным загрязнением или по неизвестным причинам; г) отмирание верхушки кроны.

К этой категории относятся также деревья с одновременным наличием признаков «а» — «г» и иными повреждениями (включая ствол и корневые лапы), проявляющимися в меньших размерах, но приводящих к суммарному ослаблению жизненного состояния дерева на 60%.

4. *Отмирающее дерево*. Основные признаки отмирания деревьев: крона разрушена, ее густота менее 15—20% по сравнению со здоровой; более 70% ветвей кроны, в том числе ее верхней половины, сухие или усыхающие. Оставшиеся на деревьях хвоя и листья хлоротичны: они бледно-зеленого, желтоватого, желтого или оранжево-красного цвета. Некрозы имеют белесый, коричневый или черный цвет. При загрязнении атмосферы большая часть полностью некротированных (отмерших)

² Учитывая, что ухудшение жизненного состояния дерева часто связано с повреждением ассимиляционного аппарата или других органов дерева, здесь и далее термин «поврежденное» дерево используется как синоним термина «ослабленное» дерево.

листь
можно
Ба.
назад.
листья
засел
56
но ут
В
гори
при:
Нав
Отг
сос
рез
и
им
ки
ни

3
E
4

листьев и хвои быстро облетает. В комлевой и средней части ствола возможны признаки заселения стволовыми вредителями.

5а. *Свежий сухостой*. К нему относятся остатки дерева, погибшие менее года назад. Возможно наличие остатков сухой хвои или неопавших сухих листьев. Кора и многие мелкие ветви часто бывают целы. Как правило, заселены насекомыми-ксилофагами.

5б. *Старый сухостой*. Деревья, погибшие в прошлые годы. Постепенно утрачиваются ветви и кора.

Внешний вид дерева, на основе которого выносятся суждения о категории жизненности, определяется совокупностью нескольких основных признаков, каждый из которых может быть достаточен для заключения. Наиболее просто и точно определяется продолжительность жизни хвои. Отличие этого признака от нормы позволяет узнать одну из важнейших составляющих снижения густоты кроны. Ориентировочно оценивают изменение скелетной части кроны, долю отмерших, отмирающих ветвей и процент повреждения хвои и листьев. Последний показатель обычно имеет существенную временную динамику (наилучшее время его оценки — начало второй половины лета); к тому же полностью некротированные листья и хвоя преждевременно опадают.

Прогнозная ценность различных диагностических признаков неоднородна. Так, степень поврежденности ассимиляционного аппарата листьев и листопадных хвойных видов деревьев характеризует главным образом современное состояние особей, но далеко не всегда отражается на состоянии дерева даже на следующий год. Повреждение хвои вечнозеленых хвойных пород более длительно сказывается на жизнедеятельности дерева, поскольку наращивание нормального количества (и качества) фотосинтезирующих органов требует нескольких (3—5 и более) лет.

Наиболее информативно для прогнозных оценок состояние ветвей верхней половины кроны дерева. Значительное разрушение кроны вследствие усыхания ветвей требует, даже после полного прекращения воздействия вызвавших это явление факторов, длительной, иногда десятилетиями, восстановительной деятельности дерева, причем у особей большинства видов возвращение к первоначальному состоянию невозможно.

Использование при диагностике нескольких признаков, взаимно дополняющих друг друга, усиливает надежность оценки состояния здоровья деревьев. Определение здоровых, усыхающих и сухостойных деревьев, как правило, не вызывает затруднений и ошибок. Достаточно отличает поврежденных особей, состояние которых близко к «середине» принятых градаций. Возникающие при натурных работах сомнения обычно вызваны существованием деревьев некоторых промежуточных состояний. Например, в неповрежденных лесах и при слабом атмосферном загрязнении нередко встречаются особи, для которых характерно «начало ослабления» (повреждения). При их таксации возможен двоякий путь: либо отнести их к какой-либо ближайшей категории, либо внести в перечную ведомость в качестве деревьев промежуточной градации.

Оценка жизненного состояния древостоев

На основании данных, полученных в результате таксации деревьев и оценки их состояния на пробных площадях, рассчитывают показатели жизненного состояния древостоев. С этой целью деревьям той или иной категории жизненности присваивается определенный коэффициент, который в дальнейшем используется в расчетах.

В настоящее время в СССР и других странах распространены балльные оценки состояния деревьев (и древостоев), которые представляют собой набор чисел: 0—4, 1—4, 1—5, 1—6 и т. д. [3, 7, 9—11]. Например, согласно Санитарным правилам [7], здоровые деревья оценивают баллом 1, ослабленные — 2, сильно ослабленные — 3, отмирающие — 4, свежий сухостой — 5, старый сухостой — 6. Здоровые древостои имеют индекс

1,0—1,5, ослабленные — 1,6—2,5, сильно ослабленные — 2,6—3,5, усыхающие — 3,6—4,5, сухой — 4,6 и выше [4 и др.].

Искусственность, произвольность ступеней оценочных шкал неоднократно была предметом критики [1, 12, 13]; замечания по этому поводу верны, если иметь в виду жизненное состояние особей и их совокупностей; если же характеризуется их «санитарное состояние», то градаций этого понятия едва ли, на наш взгляд, могут претендовать на обязательность биологически адекватного смыслового значения.

Мы предлагаем деревьям различных категорий жизненности присваивать коэффициенты, соответствующие их состоянию, т. е. перейти от условных «номерных» индексов к показателям смыслового значения. Состояние здоровых деревьев приравнивается к 100%, мертвых (старый или свежий сухой) — к нулю. Для деревьев промежуточных градаций указываются коэффициенты, соответствующие их жизненному состоянию к моменту перечета.

В принципе оценку жизненного состояния можно записывать для каждого дерева пробной площади с любой индивидуальной дробностью, не забывая, однако, о природной вариативности внешнего вида деревьев и весьма ограниченной точности диагностики, едва ли превышающей 10% от всей шкалы.

Для большинства производственных и исследовательских целей вполне достаточно оценить в относительных единицах жизненное состояние деревьев, категории которых перечислены в вышеприведенной шкале. В этом случае целесообразно принять, что поврежденные (ослабленные) особи утратили примерно третью часть жизненных потенций. Сильно поврежденные (сильно ослабленные) деревья на $\frac{2}{3}$ понизили жизнеспособность и их состояние оценивается в 40% от нормального. Жизненные возможности усыхающего дерева редко превышают 5% возможного.

Расчет жизненного состояния древостоя производится по формуле:

$$L_v = \frac{100v_1 + 70v_2 + 40v_3 + 5v_4}{V}, \quad (1)$$

где L_v — относительное жизненное состояние древостоя, рассчитанное с учетом крупности деревьев; v_1 — объем древесины здоровых деревьев лесообразователя (или лесообразователей) на пробной площади или на 1 га, м³; v_2, v_3, v_4 — то же для поврежденных (ослабленных), сильно поврежденных и отмирающих деревьев соответственно; 100, 70, 40 и 5 — коэффициенты, выражающие жизненное состояние здоровых, поврежденных, сильно поврежденных и отмирающих деревьев, %; V — общий запас древесины в древостое на пробной площади или 1 га (включая объем сухостоя), м³.

При показателе L_v 100—80% жизненное состояние древостоя оценивается как «здоровое», при 79—50 древостой считается поврежденным (ослабленным), при 49—20 — сильно поврежденным (сильно ослабленным), при 19% и ниже — полностью разрушенным.

Широко распространен расчет индексов состояния древостоев по числу деревьев. В этом упрощенном случае

$$L_n = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4}{N}, \quad (2)$$

где L_n — относительное жизненное состояние древостоя, рассчитанное по числу деревьев; n_1 — число здоровых, n_2 — ослабленных, n_3 — сильно ослабленных, n_4 — отмирающих деревьев лесообразователя или лесообразователей на пробной площади (или 1 га); N — общее число деревьев (включая сухой) на пробной площади или 1 га.

Расчеты жизненности древостоев по числу деревьев более просты и быстры, чем по объему, но гораздо менее точны, поскольку предполагают одинаковое значение деревьев разной крупности, разного ранга. В действительности оно резко различно. Фотосинтетическая деятельность больших и малых деревьев, их продукция, контролируемый ими объем пространства в экосистеме различаются в десятки и сотни раз.

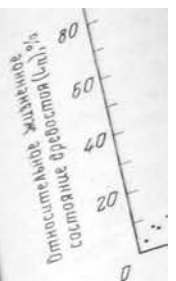


Рис. 1. Г
L_v по
больше

Рис. 2.

Веро:
но у
ния,
дост
ные
прс
ки:
да
на
л
е
Г

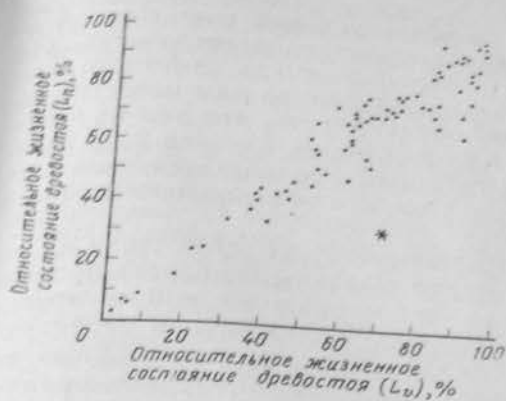


Рис. 1

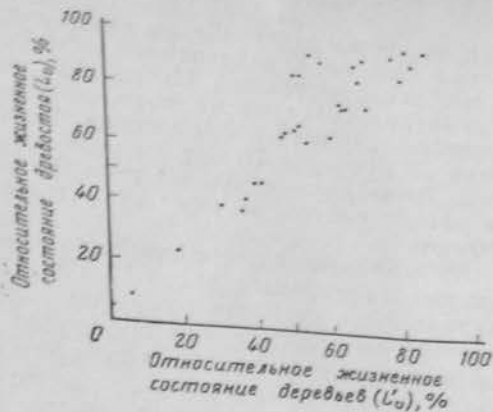


Рис. 2

Рис. 1. Показатели жизненного состояния древостоев при разных способах расчета: L_v — по объему стволов деревьев; L_u — по числу деревьев. Звездочкой обозначено наибольшее искажение для нормального фонового сосняка 40 лет I класса бонитета

Рис. 2. Показатели жизненного состояния древостоев при учете всего сухостоя (L_v') и деревьев, отмерших в течение последних 10 лет (L_v)

Вероятно, при оценке жизненности древостоя было бы наиболее правильно учитывать величины фитомассы особей различных категорий состояния, однако в настоящее время последнее не всегда возможно из-за недостатка данных. В связи с этим было предложено использовать объемные показатели стволов деревьев [1], определение которых — обычная процедура при обработке данных пробных площадей и не вызывает никаких-либо сложностей. Результаты расчетов по формулам (1) и (2) совпадают, так и разный (рис. 1). В не подвергавшихся уходу молодых древостоев использование формулы (2) занижает жизненность древостоев, иногда весьма существенно (рис. 1). Происходит это из-за того, что в росте угнетенных деревьев, не играющих значительной роли в жизни и здоровье древостоя, но сильно влияющих на значение индекса. В начинающихся распадаться разновозрастных перестойных древостоев оценка жизненности «по числу деревьев», напротив, может дать завышенные значения. Аналогичная ситуация наблюдается и при воздействии на взрослые древостои атмосферных загрязнителей, вызывающем преимущественное повреждение господствующих особей; в этом случае использование упрощенных методов расчета может привести к недооценке воздействия промышленных выбросов. Однако при решении отдельных задач, например выяснении состояния аллейных посадок, целесообразен расчет именно «по числу деревьев».

Один из важных методических вопросов — отношение к включению сухостоя в оценку жизненного состояния древостоев. В лесах, не подвергавшихся уходу и санитарным рубкам, в процессе роста и дифференциации деревьев переходит в угнетенную, ослабленную часть, а затем в отпад огромное число особей, составляющее значительную долю древостоя [6]; данные об этом можно получить из многочисленных таблиц хода роста [5, 8 и др.]. Таким образом, наличие в лесу сухостоя — естественное и закономерное явление, присущее нормальным, здоровым древостоем. Учет отмерших деревьев при определении санитарного состояния леса вполне правомерен, поскольку они имеют значение для оценки пожарной и санитарной опасности. Целесообразно ли учитывать сухостой при определении жизненного состояния лесов? Обладая нулевой жизненностью, деревья в первые годы после гибели оказывают определенное влияние на живую часть эдифицирующей синузны леса через численность и динамику энтомофитов и патогенов, появление или трансформа-

цию экологических ниш (например, изменение условий светового питания или непосредственное освобождение надземного пространства для соседних деревьев). Продолжительность сколько-нибудь заметного воздействия сухостоя на древостой специально, насколько нам известно, не изучали; общие соображения позволяют предполагать, что она не выходит за пределы 10 лет, ограничиваясь в большинстве случаев 2—5 годами. До появления более определенных сведений предлагается включать в расчет состояния леса сухостой с давностью его образования не более 10 лет.

В молодняках, средневозрастных и приспевающих древостоях (а во многих лиственных лесах СССР и при более высоком возрасте) продолжительность стояния отмерших деревьев «на корню» обычно не превышает 10 лет; далее они переходят в категорию валежника и перестают учитываться в оценках. В северных лесах стволы отмерших хвойных деревьев часто стоят несколько десятилетий, иногда по 50—70 лет, практически не влияя на жизненность древостоев. Их учет и включение в оценку, практикуемое в настоящее время, существенно занижает показатели жизненного состояния лесов (рис. 2) и тем самым ставит разновозрастные таежные леса в неравное оценочное положение по сравнению с лесами иных ботанико-географических районов. Таким образом, предлагаемая мера унифицирует систему оценок.

Ограничение времени образования учитываемого сухостоя не следует рассматривать как пренебрежение им: в некоторых специальных работах по изучению структуры и функционированию лесов целесообразно изучать даже возрастную структуру сухостоя, поскольку она представляет интерес для понимания истории древостая, скорости дифференциации и отпада деревьев, частоты и интенсивности природных и антропогенных стрессов.

В ряде случаев целесообразно знать не столько жизненное состояние древостая, сколько меру его поврежденности. Для такой оценки деревьям разных категорий состояния придаются иные коэффициенты: здоровому неповрежденному дереву — 0, поврежденному (ослабленному) — 30%, сильно поврежденному — 60, усыхающему — 95, сухостой — 100%. Соответственно изменится и формула расчета:

$$D_v = \frac{30v_2 + 60v_3 + 95v_4 + 100v_5}{V}, \quad (3)$$

где D_v — поврежденность древостая, %; v_2, v_3, v_4, v_5 — объем древесины стволов поврежденных (ослабленных), сильно поврежденных, усыхающих деревьев и сухостоя на пробной площади или 1 га, м³; соответственно 30, 60, 95 и 100 — коэффициенты, выражающие поврежденность разных категорий деревьев, %; V — общий запас древесины деревьев древостая на пробной площади или 1 га (включая объем здоровых деревьев), м³.

При показателе D_v менее 20% древостой можно считать здоровым (поврежденность 11—19% свидетельствует о некотором начальном ослаблении древостоя), при 20—49 — поврежденным, при 50—79 — сильно поврежденным, при 80% и более — разрушенным.

Заключение. При отработке приведенных методических положений было заложено и изучено в лесах различных районов страны более 100 крупных пробных площадей. На каждой из них определяли, в частности, жизненное состояние всех деревьев (на некоторых с проведением ревизий на протяжении 5—8 лет). Расчет жизненного состояния древостоев проводили по 8—12 вариантам: во-первых, с балльными категориями Санитарных правил в лесах СССР [7], несколько модифицированных нами [1], и с расчетами индексов «по числу деревьев» и «по объему» (причем в каждом из способов рассматривали три варианта: без учета сухостоя, с учетом сухостоя до 10 лет и с учетом всего сухостоя) и, во-вторых, со значениями коэффициентов по способам, приведенным в данной статье. Анализ различных вариантов расчета обнаружил, что наиболее сомни-

тельные результаты дает широко распространенный ныне метод «по числу деревьев», приводящий в 30% случаев к отнесению здоровых деревьев в разряд поврежденных.

Литература

1. Алексеев В. А. Особенности описания древостоев в условиях атмосферного загрязнения//Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. I. Таллинн, 1982. С. 97—115.
2. Барткявичус Э. Моделирование продуктивности сосновых древостоев различной степени поврежденности промышленными выбросами//Биомониторинг лесных экосистем. Каунас: ЛитСХА, 1987. С. 106—108.
3. Влияние загрязнений воздуха на растительность/Под ред. Десслера Х.-Г. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 181 с.
4. Карпенко А. Д. Динамика поражения хвои ели сибирской в районе хронического загрязнения двуокисью серы//Экология и защита леса. Л.: ЛТА, 1981. С. 39—42.
5. Козловский В. Б., Павлов В. М. Ход роста основных лесообразующих пород СССР (Справочник). М.: Лесн. пром-сть, 1967. 327 с.
6. Морозов Г. Ф. Учение о лесе. Л.: ГИЗ, 1926. 368 с.
7. Санитарные правила в лесах СССР. М.: Гослесхоз СССР, 1970. 16 с.
8. Третьяков Н. П., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора. М.: Гослесбумиздат, 1952. 854 с.
9. Шяпяте Я. А. Планирование и проведение контроля в лесах при локальном загрязнении природной среды//Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. М.: Наука, 1987. С. 127—131.
10. Grodzinska K. Acidification of forest environment (Neipolomice Forest) caused by SO₂ emissions from steel mills. Cracow, 1980. 143 p.
11. Miller P. R., Millecan A. A. Extent of oxidant air pollution damage to some pines and other conifers in California//Plant Disease Repr. 1971. V. 55. P. 555—559.
12. Muir P., McCune B. Index construction for foliar symptoms of air pollution injury//Plant Disease. 1987. V. 71. № 6. P. 558—565.
13. Reuther M. Wie krank ist unser wald?//GSF: Mensch+Umwelt, 1987. Sept. S. 11—18.

Институт леса и древесины
им. В. Н. Сукачева
СО АН СССР

Поступила в редакцию
6.1.1989

ALEKSEEV V. A.

DIAGNOSTICS OF TREE VITALITY AND STAND CONDITION

General diagnostic indicators of tree vitality, methods of estimating the state condition, used in forest monitoring, silvicultural, forest-pathologic and geobotanic investigation, are represented. The methods subjected are based on tested nonspecific responses of trees to abiotic and biotic stresses: chlorosis, necrosis, twig drying, changes in leafiness and oth. They can be used in disturbed and natural forests. Healthy condition and damage degree of stands are suggested to be estimated with regard for the stand composition, role of trees — constituents of stands.