

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени С. М. Кирова»

Кафедра общей экологии, анатомии и физиологии растений

В.А. Соловьев, доктор биологических наук, профессор
А.С. Алексеев, доктор географических наук, профессор
Е.А. Капица, кандидат биологических наук
Е.В. Шорохова, кандидат биологических наук
И.А. Казарцев, кандидат биологических наук

О Ц Е Н К А СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Учебное пособие
для студентов института Леса и природопользования

Санкт-Петербург
2017

Рассмотрено и рекомендовано к изданию
Научно-методическим советом
Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета
1 января 2017 г.

Рецензенты:

лаборатория экологии растительных сообществ БИН РАН
(зав. лабораторией экологии растительных сообществ БИН РАН
В.Т. Ярмишко),
кандидат биологических наук, зав. лабораторией Микологии и
Фитопатологии имени А.А. Ячевского **Ф.Б. Ганнибал** (ФГБНУ ВИЗР)

УДК 630.161:581.5

**Соловьев, В.А., Алексеев, А.С., Капица, Е.А., Шорохова, Е.В.,
Казарцев, И.А.**

Оценка состояния лесных экосистем в зоне антропогенной нагрузки:
учебное пособие / В. А. Соловьев и др. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – ____ с.

ISBN 978-5-9239-0142-9

*Представлено кафедрой общей экологии, анатомии и физиологии
растений.*

В учебное пособие описан порядок прохождения летней учебной
практики по экологии студентами Института леса и природопользования.
Приведены расчетные формулы и образцы ведомостей, которые студенты
заполняют при сборе полевого материала.

Пособие предназначено для студентов вторых курсов лесных вузов и
может быть полезно профессорско-преподавательскому и учебно-
вспомогательному персоналу, а также руководителям и специалистам
предприятий лесного хозяйства, лесопромышленного комплекса и смежных
отраслей промышленности.

Библиогр. 21 назв. Табл. 6. Ил. 7.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ	10
1.1. Полевые работы	10
1.1.1. Диагностические признаки повреждения деревьев	10
1.1.2. Методика оценки состояния деревьев и древостоев	11
1.2. Камеральная обработка результатов полевых исследований	18
1.2.1. Расчет коэффициента корреляции зависимости индекса состояния древостоя от расстояния до источника загрязнения	19
1.2.2. График зависимости индекса состояния древостоя от расстояния до источника промвыбросов	20
1.2.3. Расчет критерия Стьюдента	21
1.2.4. Вычисление коэффициентов линейного уравнения	22
1.2.5. Зонирование территории по степени повреждения	23
2. ОЦЕНКА ЗАПАСОВ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ ПО ПОРОДАМ, КЛАССАМ РАЗЛОЖЕНИЯ И КАТЕГОРИЯМ СОСТОЯНИЯ	25
2.1. Роль крупных древесных остатков (КДО) в лесном биогеоценозе	25
2.2. Классы разложения КДО	26
2.3. Методика учета КДО в полевых условиях	28
2.4. Камеральная обработка	30
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	33

Введение

В последние годы в лесном хозяйстве все чаще используют словосочетание «устойчивое управление лесами». Целью устойчивого лесопользования является использование, воспроизводство, охрана и защита всех видов ресурсов, полезностей и функций лесных экосистем для достижения максимального экономического, экологического и социального результата. При этом должно достигаться удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без лишения такой возможности будущих поколений.

Устойчивое управление лесами России - это целенаправленное, долговременное, экономически выгодное взаимоотношение человека и лесных экосистем. Эти взаимоотношения могут сопровождаться периодическим изъятием лесной продукции с помощью различных технологий, с применением машин и механизмов. Использование рыночных и нерыночных полезностей леса не должно вести к деградации или исчезновению не только лесов, но и отдельных видов.

Неизменная основа устойчивого управления лесами - поддержание в приемлемом для лесных экосистем и посылном для общества состоянии, как биологического разнообразия, так и продуктивности лесов. Устойчивое управление предполагает бесконечно долгое сохранение лесов как части ландшафтов России.

Управление лесами России осуществляется на основе научных знаний, опыта, разносторонней оценки возможных воздействий на лесные экосистемы, закрепленных в соответствующих законодательных и нормативных правовых актах, руководствах, рекомендациях, справочниках.

Устойчивое управление лесами осуществляется с учетом экологических и социально - экономических критериев. Критерии представляют собой совокупность основных положений по ведению лесного хозяйства, следование которым обеспечивает сохранение и устойчивое развитие лесов. Соответствующие критерии и индикаторы позволяют оценивать степень продвижения страны в направлении устойчивого развития в области лесного хозяйства.

Устойчивое управление лесами предполагает многоцелевое, непрерывное и неистощительное использование лесных ресурсов, функций и свойств лесов, как имеющих рыночную стоимость (древесина, продукты побочного пользования и т.п.), так и не имеющих таковой (например, воздействие на духовное здоровье народа или сохранение исторических традиций).

Для оценки эффективности ведения лесного хозяйства с точки зрения устойчивого управления лесами используются специально разработанные критерии и индикаторы (утверждены Приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 5 февраля 1998 г. N 21):

Критерий 1. Поддержание и сохранение продуктивной способности лесов.

Индикаторы

1.1. Изменение доли площади эксплуатационных лесов относительно общей площади лесных земель (каждые 5 лет).

1.2. Изменение доли площади лесов, возможных для эксплуатации, относительно площади покрытых лесом земель (каждые 5 лет).

1.3. Изменение площади доступных для освоения эксплуатационных лесов относительно общей площади лесов, возможных для эксплуатации (каждые 5 лет).

1.4. Отношение допустимого (расчетного) и фактически вырубаемого объема древесины, в том числе по хвойному хозяйству в эксплуатационных лесах (в среднем каждые 5 лет).

1.5. Отношение рекомендуемого и фактически вырубаемого объема древесины по промежуточному пользованию и прочим рубкам в эксплуатационных лесах (в среднем каждые 5 лет).

1.6. Изменение доли площади покрытых лесом лесных земель (каждые 5 лет).

1.7. Баланс среднего прироста и общего объема вырубленной древесины (за последние 10 или 5 лет).

1.8. Запасы и объемы использования недревесной продукции леса, включая дикорастущие лекарственные растения, плодовую продукцию, грибы, мед, техническое сырье и дичь (ежегодно).

1.9. Доля лесной площади, охваченной лесоустройством и планированием ведения лесного хозяйства (каждые 5 лет).

Критерий 2. Поддержание приемлемого санитарного состояния и жизнеспособности лесов.

Индикаторы

2.1. Общая площадь лесов, усыхающих или погибших под воздействием неблагоприятных факторов (ежегодно), в том числе:

- а) от пожаров;
- б) от насекомых и болезней;
- в) от промышленных выбросов;
- г) от прочих факторов.

2.2. Площадь лесов, загрязненных радионуклидами (ежегодно).

2.3. Общее количество оцениваемых воздушных загрязнителей (загрязнителей) или их количество, приходящееся на единицу площади лесных земель (каждые 5 лет).

2.4. Площадь лесов, характеризующихся серьезной дефолиацией, оцениваемой по методике ЕЭК ООН (в пределах 500-километровой зоны вдоль западных границ).

Критерий 3. Сохранение и поддержание защитных функций лесов.

Индикаторы

3.1. Доля лесной площади, используемой для защиты почв, в том числе участки леса на крутых склонах, государственные защитные лесные полосы, ленточные боры, леса на пустынных, полупустынных, степных, лесостепных и малолесных горных территориях, защитные полосы лесов вдоль железнодорожных магистралей, автомобильных дорог федерального, республиканского и областного значения, противоэрозионные леса (каждые 5 лет).

3.2. Доля лесной площади, используемой для водоохранных целей, в том числе запретные полосы лесов по берегам рек, озер, водохранилищ и других водных объектов, запретные полосы лесов, защищающие нерестилища ценных промысловых рыб, леса зон санитарной охраны источников водоснабжения (каждые 5 лет).

3.3. Доля лесной площади, используемой для других защитных функций: притундровые, субальпийские леса (каждые 5 лет).

3.4. Доля лесной площади, используемой преимущественно в санитарно - гигиенических и оздоровительных целях: леса зон округов санитарной (горно - санитарной) охраны курортов (каждые 5 лет).

Критерий 4. Сохранение и поддержание биологического разнообразия лесов и их вклада в глобальный углеродный цикл.

Индикаторы

4.1. Доля площади покрытых лесом земель, занимаемая лесами хвойных, твердолиственных и мягколиственных пород (каждые 5 лет).

4.2. Площадь лесов по основным лесообразующим породам и классам возраста (каждые 5 лет).

4.3. Доля площади покрытых лесом земель, под спелыми и перестойными лесами (каждые 5 лет).

4.4. Площадь лесов особо охраняемых природных территорий (каждые 5 лет):

- а) государственных природных заповедников;
- б) национальных парков; природных парков;

в) заповедных лесных участков; лесов, имеющих научное или историческое значение; памятников природы.

4.5. Количество видов растений и животных, в своем распространении связанных с лесом и находящихся под угрозой исчезновения (по Красной книге Российской Федерации, каждые 5 лет).

4.6. Площадь лесных территорий, предназначенная для сохранения или поддержания генетического разнообразия лесов (каждые 5 лет).

4.7. Общее накопление углерода в лесных насаждениях и, если необходимо, по основным лесообразующим породам (каждые 5 лет).

Критерий 5. Поддержание социально - экономических функций лесов.

Индикаторы

5.1. Доля лесного сектора экономики в валовом национальном продукте (каждые 5 лет).

5.2. Объем вывозки деловой древесины (ежегодно).

5.3. Отношение объемов переработки деловой древесины в пределах региона заготовки к объему ее вывозки за пределы региона лесозаготовок.

5.4. Размер инвестиций, вкладываемых в лесное хозяйство, включая выращивание лесов, их охрану и защиту, обработку древесины, рекреацию и туризм (ежегодно).

5.5. Доля площади лесного фонда, на которой осуществляются какие-либо виды лесопользования, предусмотренные лесным законодательством (в том числе на основе договора аренды участка лесного фонда, договора безвозмездного пользования участком лесного фонда, договора концессии участка лесного фонда), от общей площади лесного фонда (каждые 5 лет).

5.6. Занятость в лесном секторе, включая занятость в сельской местности и в местах компактного проживания малых народностей (ежегодно).

5.7. Доля затрат (расходов) на научно - исследовательские и опытно - конструкторские работы, проектные разработки и подготовку специалистов лесного хозяйства от общего объема финансирования лесного хозяйства (ежегодно).

Критерий 6. Инструменты лесной политики для сохранения устойчивого управления лесами.

Индикаторы

6.1. Правовые механизмы, включая законы и подзаконные акты, нормативы, предписания и другие документы, содействующие сохранению и устойчивому управлению лесами.

6.2. Организационные механизмы, включая разработку и пересмотр лесной политики и обеспечение общества доступной информацией по лесным вопросам.

6.3. Координационные механизмы деятельности различных организаций, предприятий и научных обществ, связанных с лесами.

6.4. Международные механизмы сотрудничества и кооперации по различным вопросам устойчивого управления лесами.

6.5. Экономические и финансовые механизмы устойчивого управления лесным хозяйством, включая политику в области инвестиций и налогообложения, направленную на обеспечение долговременного пользования всеми лесными ресурсами, в том числе не имеющими рыночной стоимости.

Переход к устойчивому управлению лесами невозможен без оценки состояния (жизнеспособности) отдельного дерева или древостоя в целом, осознания роли каждого компонента лесной экосистемы в поддержании неистощимого лесопользования и, как следствие, выработки стратегии лесопользования. Для решения первой задачи (оценки состояния древостоя) используют простой и достаточно информативный метод оценки по категориям состояния. Вторая задача более комплексна и сложна в своем решении: исследованиями роли биоразнообразия, крупных древесных остатков (КДО), минерального режима и т.д., а главное, их необходимого количества для устойчивого функционирования экосистемы занимаются не одно десятилетие ведущие лесные лаборатории. Окончательные рекомендации пока не выработаны, однако, установлено, что КДО являются одним из основных элементов в поддержании биологического разнообразия, а, значит, и устойчивости экосистемы в целом.

Прохождение летней учебной практики осуществляется, согласно многолетней традиции, на территории Охтинского учебно-опытного лесхоза, где студенты производят оценку: 1) степени поврежденности древостоев по мере удаления от источников антропогенного воздействия, например, промвыбросов, загрязняющих атмосферу, рекреации и др.; 2) запасов КДО на временных пробных площадях.

1. Оценка состояния лесных экосистем в зоне антропогенной нагрузки

1.1. Полевые работы

1.1.1. Диагностические признаки повреждения деревьев

При оценке состояния принимается во внимание следующие диагностические признаки.

- 1) Дефолиация – опадение листвы или хвои. У хвойных древесных пород проявляется также в снижении возраста хвои. В результате дефолиации увеличивается сквозистость кроны.
- 2) Дехромация - изменение окраски ассимиляционных органов (хвои или листьев).

Различают следующие изменения:

- хлороз- преждевременное слабое пожелтение между жилками;
 - пожелтение краев или других участков листа или хвои;
 - побурение (у листьев часто перетекает в нектоз; у хвойных обычное повреждение азами);
 - покраснение вследствие накопления антоциана в виде пятен на листьях (часто связано с действием сернистого газа).
- 3) Некрозы – отмирание тканей. Развитие некрозов предшествует и сопровождает дехромация, поэтому некрозы и дехромация учитывают одновременно. Различают некрозы:
 - точечные или пятнистые на листьях;
 - межжилковые на листьях (между жилками первого порядка);
 - краевые (характерны для листьев липы при избыточном засолении почвы);
 - «рыбий скелет» (сочетание краевого и межжилкового некроза);
 - верхушечные (некрозы верхушечной части хвои темно-бурово цвета, резко ограниченные от нижней части хвои темной зоной).
 - 4) Изменение размеров органов.
 - 5) Наличие сухих ветвей в верхней части кроны.
 - 6) Повреждение ствола.
 - 7) Наличие ходов насекомых, плодовых тел грибов, болезней деревьев и пороков древесины.
 - 8) Потеря прироста.
 - 9) Снижение возраста хвои.

10) Сквозистость кроны.

1.1.2. Методика оценки состояния деревьев и древостоев

Для отдельных деревьев, согласно методике «Правила санитарной безопасности в лесах» (утв. Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 24 декабря 2013 г., № 613), выделяют следующие категории состояния по степени повреждения:

Категория состояния дерева	Признаки состояния деревьев по породам	
	хвойные	лиственные
1	2	3
I –здоровое дерево, без признаков ослабления	крона густая (для данной породы, возраста и условий местопроизрастания); хвоя (листва) зеленая; прирост текущего года нормального размера.	
II - ослабленное	крона разреженная; хвоя светло-зеленая; прирост уменьшен, но не более чем наполовину; отдельные ветви засохли	крона разреженная; листва светло-зеленая; прирост уменьшен, но не более чем наполовину; отдельные ветви засохли; единичные водяные побеги
III - сильно ослабленное	крона ажурная; хвоя светло-зеленая, матовая; прирост слабый, менее половины обычного; усыхание ветвей до 2/3 кроны; многолетние плодовые тела трутовых грибов	крона ажурная; листва мелкая, светло-зеленая; прирост слабый, менее половины обычного; усыхание ветвей до 2/3 кроны; обильные водяные побеги; многолетние плодовые тела трутовых грибов
IV - усыхающее	крона сильно ажурная; хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая; прирост очень слабый или отсутствует; усыхание более 2/3 ветвей	крона сильно ажурная; листва мелкая, редкая, светло-зеленая или желтоватая; прирост очень слабый или отсутствует; усыхание более 2/3 ветвей
V - свежий сухостой (текущего года)	хвоя серая, желтая или красно-бурая; кора частично опала	листва увяла или отсутствует; кора частично опала

VI - старый сухостой (прошлых лет)	живая хвоя (листва) отсутствует; кора и мелкие веточки осыпались частично или полностью; стволовые вредители вылетели; на стволе мицелий дереворазрушающих грибов	
VII - свежий ветровал	хвоя зеленая, серая, желтая или красно-бурая; ствол повален или наклонён с обрывом более трети корней	листва зеленая или увяла; ствол повален или наклонён с обрывом более трети корней
VIII - свежий бурелом	хвоя зеленая, серая, желтая или красно-бурая; ствол сломлен ниже одной трети протяженности кроны	листва зеленая или увяла; ствол сломлен ниже одной трети протяженности кроны
IX - старый ветровал	живая хвоя (листва) отсутствует; кора и мелкие веточки осыпались частично или полностью; ствол повален или наклонён с обрывом более трети корней	
X - старый бурелом	живая хвоя (листва) отсутствует; кора и мелкие веточки осыпались частично или полностью; ствол сломлен ниже одной трети протяженности кроны	
XI - аварийные деревья	деревья со структурными изъянами (наличие дупел, гнилей, обрыв корней, опасный наклон), способными привести к падению всего дерева или его части и причинению ущерба населению или государственному имуществу и имуществу граждан	

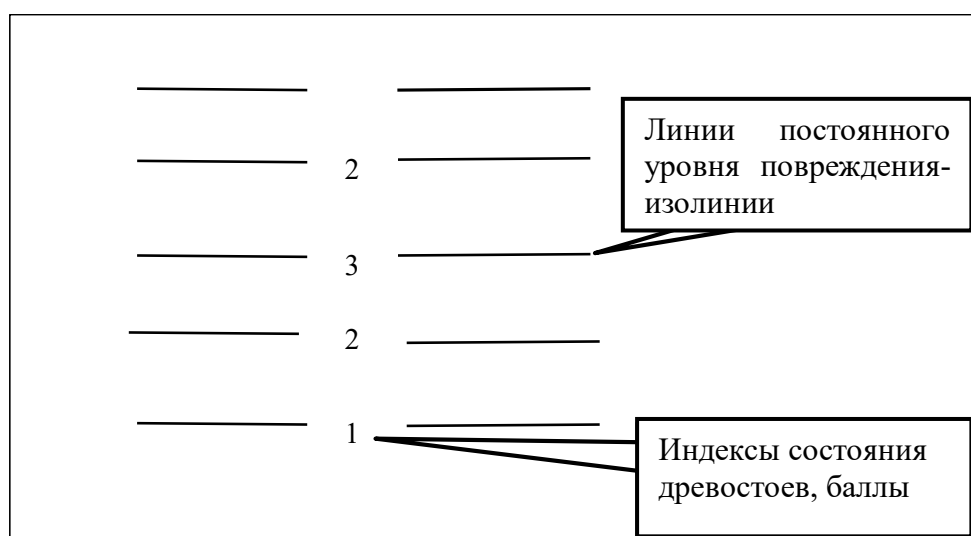
При пересчете категории состояния с VI по XI учитывают как детрит. Стволы отмерших деревьев могут стоять многие десятилетия в северных лесах. В насаждениях рекреационного назначения детрит убирают при рубках ухода. Поэтому старый сухостой не учитывают при расчете индекса состояния древостоя.

При пересчете обязательно указывают заселенность деревьев стволовыми вредителями и пораженность болезнями, если признаки поражения четко выражены. В очагах хвое- и листогрызущих вредителей пересчет деревьев производится после периода восстановления хвои и листвы, до этого в случае необходимости учитывается лишь степень объедания хвои (листвы) в процентах (1 - без повреждения, 2 - слабое повреждение - менее 25%, среднее - 25 - 50%, сильное - 50 - 75%, полное - более 75%).

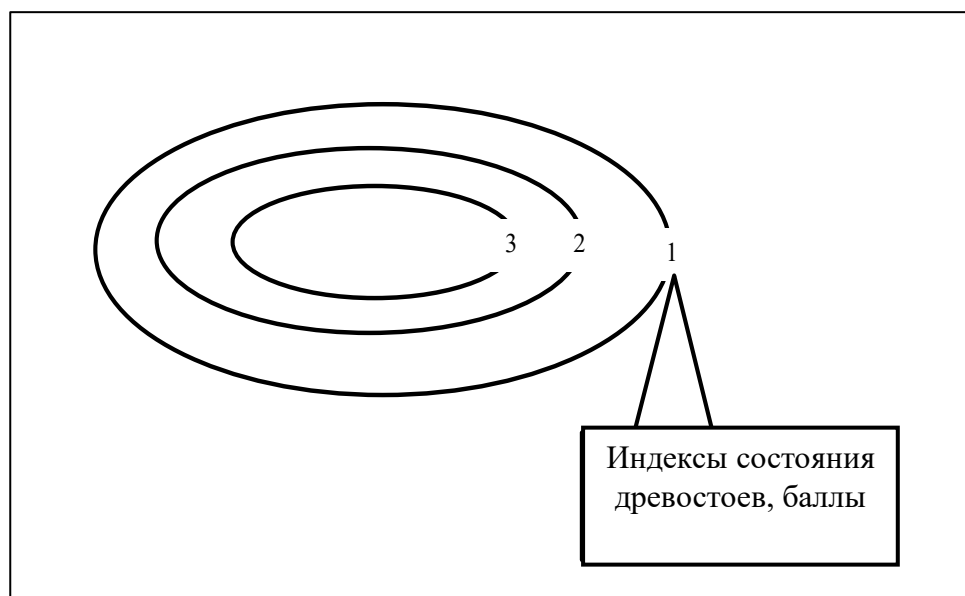
Оценка категории состояния каждого дерева производится минимум с двух позиций, осмотр кроны следует производить не против солнца. Следует также учесть, что на каждой пробной площади, где производится оценка состояния древостоев, для оценки отбирают не все находящиеся там деревья.

Пространственное распределение повреждений растительности по территории представляет собой важный диагностический признак. Для диагностики повреждений растительности большое значение имеют следующие 3 вида их пространственного размещения:

1. Полосный – линейный источник воздействия (например, дорога).



2. Концентрический – соответствует точечному источнику антропогенного воздействия.



3. Мозаичный– соответствует группе взаимодействующих источников антропогенного воздействия.



Для оценки состояния древостоев пробные площади следует закладывать в направлении перпендикулярном линиям постоянного уровня повреждения.

Правила отбора деревьев для оценки категории состояния

При работе на пробной площади используют метод ленточного перечета. При этом, двигаясь по пробной площади, оценивают состояние встречающихся на пути деревьев, если они относятся к нужному классу Крафта. Перечет проводят до тех пор, пока не наберут необходимого для статистической обработки материалов количества деревьев.

Существует 5 классов Крафта (рис. 1):

1. Крупные, наиболее высокие и толстые деревья с хорошо развитой кроной. Их высоты в 1,2–1,3 раза больше средней высоты яруса. Отличаются наилучшим плодоношением.
2. Сюда также относятся хорошо развитые деревья, но ниже и тоньше. Их высоты в 1,10–1,15 раза больше средних высот яруса. Также отличаются хорошим плодоношением.
3. Средние деревья с высотами 0,9–1,05 от средней высоты яруса. Плодоношение их составляет 0,33–0,35 от плодоношения деревьев I класса Крафта.
4. Сюда относят угнетенные деревья, крона которых все же входит в нижнюю часть полога. Эти деревья не плодоносят. Этот класс подразделяется на два подкласса:
 - 4а - деревья с узкой, но равносторонней кроной;
 - 4б - деревья с однобокой кроной.

5. Сильно отставшие в росте, отмирающие и отмершие деревья:
5а - отмирающие, но еще живые деревья;
5б - отмершие усохшие, но стоящие на корню.

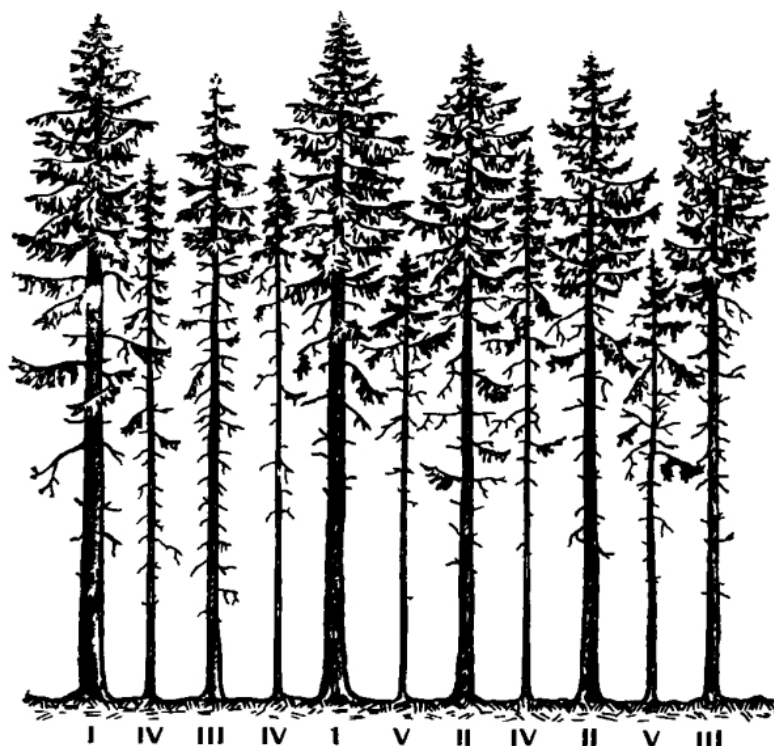


Рис.1. Классификация по Крафту (по классам роста) деревьев одновозрастного насаждения

Для мониторинга отбираются деревья 1–3 класса Крафта, т.к. они подвержены влиянию загрязнения, но их не затеняют соседние деревья. Таким образом, если эти деревья ослаблены, то следует предположить, что вызвано это исключительно антропогенными факторами, а не подавляющим влиянием соседних деревьев-конкурентов. Исследуют деревья спелые и перестойные (для таежной зоны: ельники старше 80 лет, сосняки старше 100 лет, березняки старше 60 лет). Для достоверности полученных данных необходимо оценить не менее 200 деревьев на каждой пробной площади.

На основе полученных данных о состоянии отдельных деревьев в таблице 1 заполняют все столбцы, кроме последнего – «Индекс состояния древостоя, баллы». Эта часть таблицы заполняется при проведении камеральной обработки данных.

Таблица 1

Перечетная ведомость распределения деревьев по категориям состояния

№ п/п	Расстояние от источника загрязнения, м	Категория состояния					Итого	Индекс состояния древостоя, баллы
		1	2	3	4	5		
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Также на каждую пробную площадь следует составить ведомость описания пробных площадей по приведенному ниже образцу (Табл. 2). Средняя высота (Н) и диаметр (D) древостоев вычисляют как среднее арифметическое результатов замеров высоты и диаметра, проведенных для пяти наиболее типичных для каждой пробной площади экземпляров деревьев. Класс бонитета определяют по лесотаксационному справочнику на основе данных по средней высоте и возрасте преобладающей породы древостоя.

Таблица 2

Описание пробных площадей

№	Расстояние от источника загр., м	Среднее Н/D, м/м	Бонитет	Класс возраста	Состав насаждения	Тип леса	Описание подроста подлеска	Описание живого напочвенного покрова
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Для определения класса возраста необходимо по внешним признакам дерева (в древостоях с интенсивным хозяйством— по свежим пням, по количеству мутовок (у хвойных пород), по структуре и цвету коры, углу ветвей по отношению к оси ствола) или при помощи возрастного бурава определить средний возраст преобладающей породы древостоя и отнести его к тому или иному классу возраста. Для этого следует использовать 20-летние классы возраста для хвойных пород, при которых к первому классу относятся древостои со средним возрастом преобладающей породы от 1 до

20 лет, ко второму - от 21 до 40 лет, и т.д. Для лиственных пород класс возраста равен 10 годам, т.е при среднем возрасте преобладающей породы от 0 до 10 лет- 1 класс возраста, 11-20 лет - 2 класс и т.д. Состав насаждения следует записать формулой состава, например, 5Е2С3Б+Ос, что в данном примере означает наличие в древостое 50% ели от общего запаса на 1 га, 20% сосны, 30% березы с примесью осины. Тип леса определяется по преобладающей в древостое породе и составу живого напочвенного покрова, например, ельник черничный, что означает преобладание в древостое ели, а в живом напочвенном покрове - черники. Названия основных типов леса Ленинградской области представлены в таблице 3.

Таблица 3

Основные типы леса Ленинградской области

Группа типов леса	Тип леса
Лишайниковые	Лишайниковый
	Мшисто-лишайниковый
	Вересковый
Зеленомошные	Брусничник
	Зеленомошник
	Черничник св.
	Черничник вл.
	Кисличный
Долгомошные	Травяно-черничный
	Долгомошник
Травяно-болотные	Приручейный
	Таволговый
	Травяно-сфагновый
Сфагновые	Чернично-сфагновый
	Осоко-сфагновый
	Вахто-сфагновый
	Кустарничково-сфагновый
	Хвоцево-сфагновый
Сложные	Сложный

При описании подроста и подлеска следует учесть, что к подросту относят все деревья, которые в будущем смогут образовать первый ярус древостоя (береза, осина, ель, сосна, дуб, липа), а к подлеску – все те, которые не смогут образовать первый ярус (рябина, лещина, черемуха и т.д.).

1.2. Камеральная обработка результатов полевых исследований

1.2.1 Расчет индекса состояния древостоя

На основе данных о состоянии отдельных деревьев вычисляют индекс состояния древостоя (I) по следующей формуле:

$$I = \frac{\sum(i * n_i)}{\sum n_i}, \quad (1)$$

где i – категория состояния дерева; n_i - число деревьев i -й категории.

В зависимости от величины индекса состояния древостоя различают следующие категории древостоев по степени поврежденности:

<u>Индекс состояния</u>	<u>Древостой</u>
$I \leq 1,5$	Здоровый
$1,51 < I \leq 2,5$	Ослабленный
$2,51 < I \leq 3,5$	Сильно ослабленный
$3,51 < I \leq 4,5$	Усыхающий
$4,51 < I$	Погибший

Подсчет индексов состояния производят после заполнения перечетной ведомости (Табл. 1). В отчете следует в развернутом виде описать процесс вычисления индексов состояния древостоев на пробных площадях.

Результаты полевых исследований могут быть обработаны при помощи программных средств, предназначенных для электронной обработки данных, например, Excel. Ввод данных и их обработка осуществляют на основе перечетной ведомости (Табл.1). Данные таблицы 1 переносят на страницу Excel, фактически создавая электронную копию этой таблицы (см. рис. 2). Итоги по строкам определяют путем вставки в клетки колонки «Итого» функции «Сумма».

Индекс состояния древостоя определяют путем вставки в клетки колонки «Индекс состояния древостоя, баллы» функции $=\text{СУММПРОИЗВ}(\text{\$C\$2:\$G\$2;C3:G3})/\text{H3}$, с помощью которой, вычисляют средний, взвешенный по числу деревьев, балл состояния древостоев на разном удалении от источника антропогенной нагрузки (см. рис. 2).

№ п/п	Расстояние от источника загрязнения, м	Категория состояния					Итого	Индекс состояния древостоя, баллы
		1	2	3	4	5		
1	50	10	30	40	10	10	100	= (СУММПРОИЗВ(\$C\$2:\$G\$2;C3:G3)/H3)
2	100	20	20	40	15	5	100	2.65
3	150	30	20	30	17	3	100	2.43
4	200	40	10	30	15	5	100	2.35
5	300	50	20	20	7	3	100	1.93
6	500	60	25	10	5	0	100	1.6

Рис.2. Расчет индекса состояния древостоев (среднего балла) в зависимости от расстояния до источника антропогенного воздействия.

1.2.1. Расчет коэффициента корреляции зависимости индекса состояния древостоя от расстояния до источника загрязнения

Коэффициент корреляции (R) служит для установления характера взаимосвязи между двумя рядами данных. Он может колебаться от 1 до -1. Если он оказывается равным 0, то это свидетельствует о полном отсутствии зависимости между исследуемыми параметрами. Если он положителен, то это свидетельствует о прямой зависимости, а если отрицателен, то об обратной зависимости между рассматриваемыми рядами данных. Рассчитывают коэффициент корреляции зависимости индекса состояния древостоя от расстояния до источника загрязнения по приведенной ниже формуле:

$$R = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (X_i J_i) - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n J_i}{\sqrt{([n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2] \cdot [n \cdot \sum_{i=1}^n J_i^2 - (\sum_{i=1}^n J_i)^2])}} \quad (2)$$

где n - число пробных площадей, $n=6$; X_i - расстояние от источника промвыбросов до рассматриваемой пробной площади i , м; J_i - индекс состояния древостоя на пробной площади i .

Для снижения вероятности ошибок в расчете коэффициента корреляции рекомендуется заполнить вспомогательную ведомость, образец которой приведен ниже (Табл. 4).

Таблица 4

Вспомогательная ведомость

№ п/п	I_i	X_i	X_i^2	I_i^2	$X_i \cdot I_i$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
Σ					

1.2.2. График зависимости индекса состояния древостоя от расстояния до источника промвыбросов

После того, как будут рассчитаны индексы состояния древостоев на каждой пробной площади, полученные значения следует нанести на показанный ниже график зависимости индекса состояния древостоев от расстояния до источника промвыбросов, как показано ниже (рис. 3).

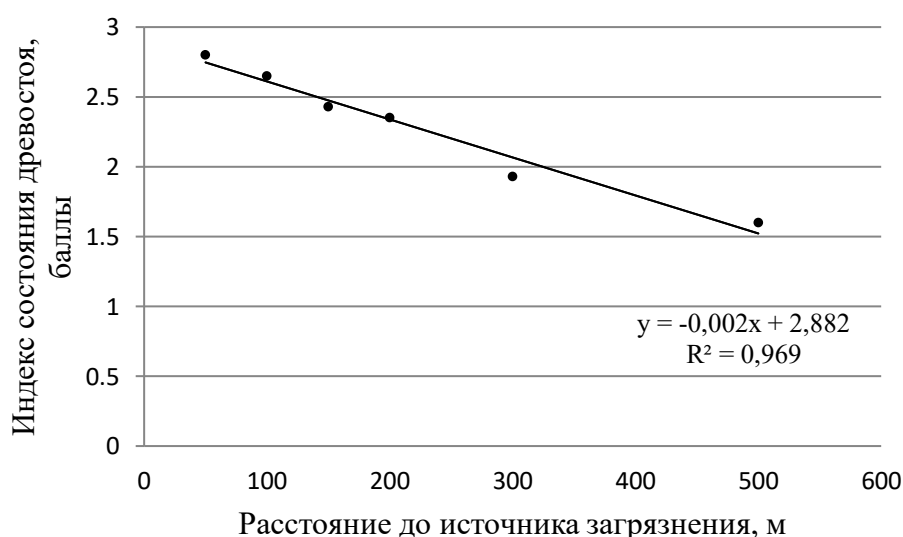


Рис.3. Зависимость индекса состояния древостоев от расстояния до источника загрязнения

Построение графика зависимости индекса состояния от расстояния до

источника антропогенного воздействия может быть осуществлен путем вставки на страницу Excel точечного графика с исходными данными из 2-ой и последней колонок таблицы исходных данных (см. рис. 4).

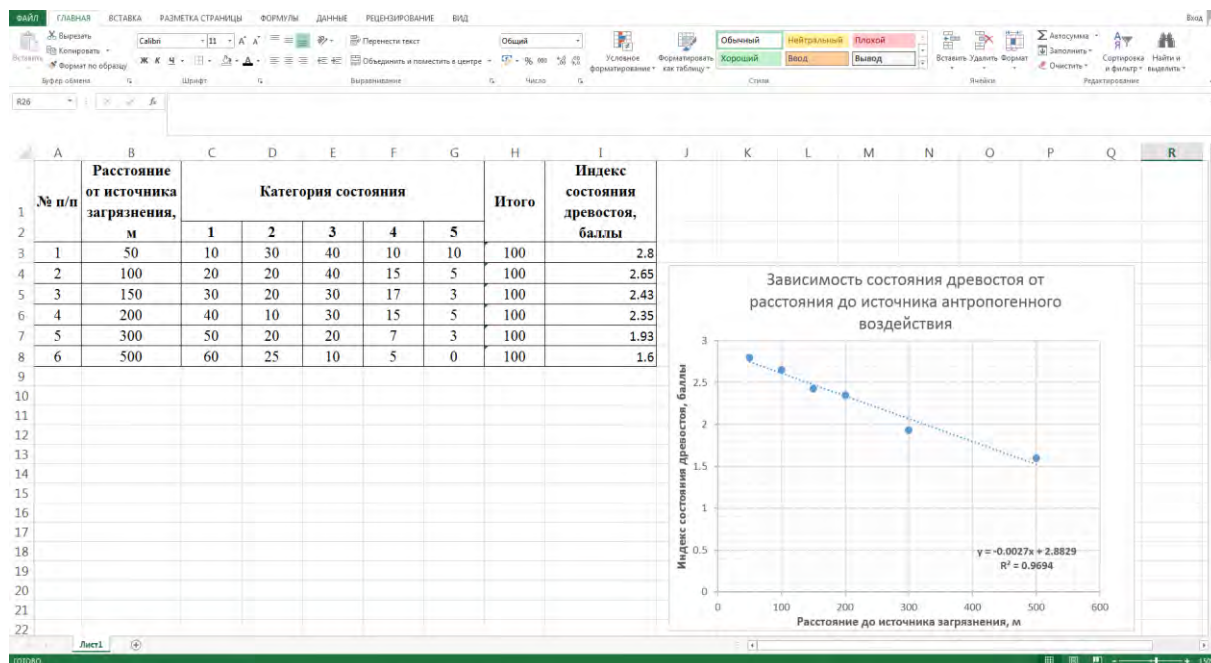


Рис.4. Построение зависимости индекса состояния древостоев от расстояния до источника антропогенного воздействия

Статистические параметры искомой линейной зависимости индекса состояния древостоев от расстояния до источника антропогенного воздействия могут быть определены автоматически после вставки в точечный график тренда линейной функции.

1.2.3. Расчет критерия Стьюдента

Для того, чтобы оценить, существует ли достоверная, статистически значимая связь между индексом состояния древостоя и расстоянием до источника промвыбросов следует рассчитать критерий Стьюдента ($t_{расч}$) по приведенной ниже формуле и сравнить полученное расчетное значение с табличным.

$$t_{расч} = \frac{R(n-2)^{1/2}}{(1-R^2)^{1/2}}; \quad (3)$$

где n - число пробных площадей; R - коэффициент корреляции между индексом состояния древостоев и расстоянием до источника промвыбросов; $t_{таб.}=2,78$

Если $t_{таб} < t_{расч}$, то можно сделать вывод о существовании статистически значимой достоверной связи между J и X . Вывод следует привести в отчете.

1.2.4. Вычисление коэффициентов линейного уравнения

Предположим, что взаимосвязь индекса состояния древостоя от расстояния до источника промвыбросов носит линейный характер. В таком случае, она должна подчиняться следующему уравнению:

$$I_i = -a * X_i + b \quad (4)$$

Для того, чтобы вычислить коэффициенты этой прямой, следует воспользоваться методом наименьших квадратов, суть которого заключается в отыскании таких коэффициентов a и b , при которых сумма квадратов отклонений в каждой точке теоретических (рассчитанных по уравнению прямой) значений от значений, полученных при полевых наблюдениях (экспериментальных) стремилась бы к минимуму. Иными словами, чтобы теоретически полученная прямая проходила как можно ближе к экспериментальным точкам.

Введем функцию:

$$\begin{aligned} L &= \sum (J_i + aX_i - b)^2 \rightarrow \min \\ \frac{dL}{da} &= 2 \sum_{i=1}^n (J_i + aX_i - b) \cdot X_i = 0 \\ \frac{dL}{db} &= 2 \sum_{i=1}^n (J_i + aX_i - b) \cdot (-1) = 0 \\ \left\{ \begin{aligned} \sum_{i=1}^n X_i J_i + a \sum_{i=1}^n (X_i^2) - b \sum_{i=1}^n X_i &= 0 \\ - \sum_{i=1}^n J_i - a \sum_{i=1}^n X_i - nb &= 0 \end{aligned} \right. \quad 5) \end{aligned}$$

Решая приведенную систему методом подстановки или по формуле Крамера, получаем значения линейных коэффициентов a и b в формуле (4). Затем на график зависимости индекса состояния древостоев от расстояния до источника промвыбросов наносится прямая линия согласно уравнению (4). Для этого кроме коэффициентов a и b в уравнение следует подставить какие-нибудь два значения расстояния от источника промвыбросов, нанести полученные значения I_i на график (рис. 3) и соединить эти две точки прямой линией. Подставляемые в формулу (4) значения расстояний должны лежать в пределах расстояний, использовавшихся при полевых наблюдениях.

Тот факт, что зависимость индекса состояния древостоев от расстояния до источника промвыбросов носит линейный характер, является пока лишь нашим предположением, которое надо обосновать. Для этого необходимо рассчитать коэффициент корреляции между рядом экспериментально полученных индексов состояния древостоев (табл. 1) и индексов, рассчитанных для этих же расстояний по уравнению (4). Для расчета индексов состояния необходимо последовательно подставлять в уравнение (4) значения расстояний, на которых находились от источника промвыбросов пробные площади. Расчет коэффициента корреляции производится по формуле (2).

1.2.5. Зонирование территории по степени повреждения

Теперь необходимо определить, на каком расстоянии наблюдается негативное воздействие на растительность изучаемого источника промвыбросов. Для этого определяют границы зон сильного, среднего и слабого (общего) повреждения растительности.

1. Зона сильного повреждения соответствует древостоям, индекс состояния которых равен 3,6 и более.
2. Зона повреждений средней тяжести соответствует древостоям с индексом состояния 2,6 - 3,5.
3. Зона слабого повреждения соответствует древостоям с индексом состояния 1,6 - 2,5.

Внешняя граница зоны слабого повреждения будет соответствовать расстоянию, до которого в данном направлении распространяется негативное воздействие рассматриваемого источника промвыбросов.

Расстояние от источника промвыбросов до границ зон определяется по следующим формулам, получаемым из формулы (4).

$$x_{\text{сильн.}} = \frac{(b - 3.6)}{a}; x_{\text{средн.}} = \frac{(b - 2.6)}{a}; x_{\text{слаб.}} = \frac{(b - 1.6)}{a}, \quad (6)$$

где a и b - коэффициенты уравнения, рассчитанные в п. 6.

Полученные результаты, наносят на рисунок, согласно приведенному ниже примеру (рис. 5)

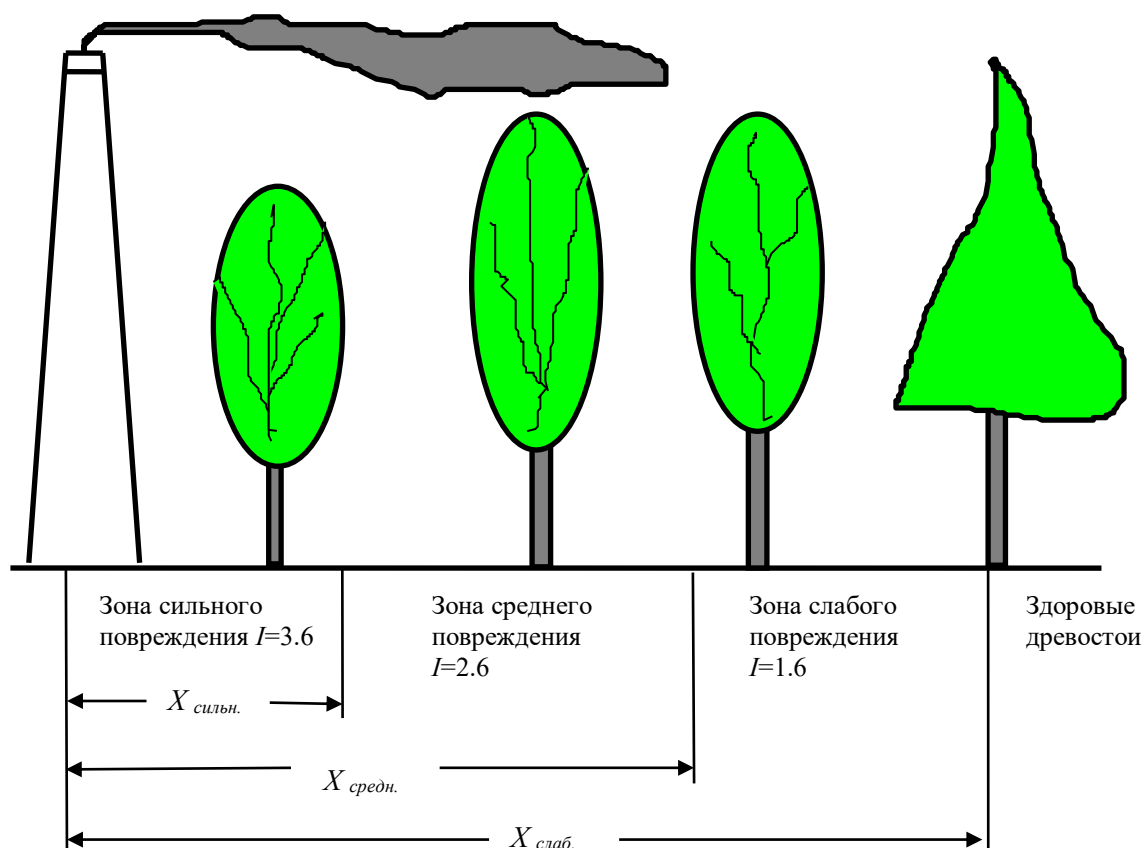


Рис.5. Принцип распределения вокруг источника промвыбросов зон повреждения растительности различной степени тяжести

2. Оценка запасов крупных древесных остатков по породам, классам разложения и категориям состояния

2.1. Роль крупных древесных остатков (КДО) в лесном биогеоценозе

Крупные древесные остатки (КДО) - это сухостой, валеж, зависшие стволы, пни, а также их обломки, крупные сучьи и корни со средним диаметром более 2,5 см. Исследованиями КДО, их роли, скорости разложения активно занимаются последние 3 десятилетия ведущие лаборатории мира. Связано это, главным образом, со слабой изученности данного компонента экосистемы и его огромной роли в поддержании биоразнообразия, круговороте углерода и минеральных элементов внутри биогеоценоза, почвообразовании и возобновлении древесных пород.

Изучение связи наличия КДО в лесу и биоразнообразия связано с угрозой потери видов вследствие фрагментации лесов и уменьшения количества мертвой древесины в освоенных лесах. Мы нуждаемся в понимании роли мертвой древесины для того, чтобы управлять и поддерживать биологическое разнообразие при эффективном использовании лесных ресурсов.

Установлено, что для поддержания устойчивости экосистемы важную роль играет, не только объем КДО, но и вид отпада. Наличие в лесном биогеоценозе таких категорий отпада КДО как: сухостой, лежащие на земле стволы (валеж), пни, зависшие деревья увеличивает число экологических ниш, а, значит, и повышает видовое разнообразие экосистемы.

Другим положительным аспектом присутствия различных видов отпада является их различная скорость биологического разложения (биогенного ксилолиза¹). По мере ксилолиза КДО происходит высвобождение минеральных элементов, что в свою очередь является естественной подкормкой растущего древостоя.

Запасы КДО отличаются очень высокой изменчивостью – от 0,5 до 600 м³ (на ветровальных площадях). Основными факторами, влияющими на запасы КДО, является подзона, преобладающая в древостое порода, группа возраста. В ельниках чаще наблюдаются большие запасы КДО, чем в лиственных древостоях.

¹ Биологическое разложение древесины, или биогенный ксилолиз,- ферментативное разложение древесного вещества клеточных стенок, окисление его в метаболизме мицелия до CO₂ и H₂O с освобождением энергии (Соловьев, 1983, 1992). В процессе ксилолиза, в основном, под воздействием грибов- микогенного ксилолиза, древесина постепенно теряет свою абсолютно сухую массу и механическую прочность, проходя определенные стадии (Вакин и др., 1980).

2.2. Классы разложения КДО

Выделяют 5 классов разложения КДО (Тетюхин и др., с. 158), определение которых в полевых условиях проводят при помощи ножа или топора:

1. Характерна интактная древесина или древесина первой стадии ксилолиза, соответствующая фазе деревоокрашивающих грибов. Встречаются участки с гнилью второй стадии ксилолиза, занимающие менее 10 % объема образца. Чаще всего это заболонная коррозия или деструкция². Плодовых тел дереворазрушающих грибов нет. Могут встречаться только эпифитные лишайники. Нож при обследовании ствола, практически не погружается в древесину (1-2 мм).
2. Древесина на 10- 100% поражена гнилью второй стадии ксилолиза; могут встречаться участки третьей стадии,

²По характеру разрушения древесины гнили можно разделить на четыре основных типа: пеструю (коррозионную, или губчато-волокнистую), белую (коррозионную, или трухляво-волокнистую), бурую (деструктивную, или трухлявую) и умеренную (мягкую, или плесневую).



При пестрой гнили в древесине появляются пятна или пустоты, светлые или белые на фоне темнины, так что гниль в целом приобретает пестрый рисунок. В пестрой гнили древесина разрушается неравномерно, с образованием мелких пустот и становится ситовой (ямчатой или ямчато-волокнистой, губчато-волокнистой). Волокна мягкие, но не крошатся.



В белой гнили древесина светлеет, становится белой, светло-желтой, желтой или полосатой от желтых или белых прожилок; в ней часто появляются так называемые «черные линии», отчего она приобретает мраморный рисунок. В белой гнили древесина расслаивается по годовым слоям (пластинчатая гниль), а в более поздних стадиях расщепляется на волокна (слоисто-волокнистая гниль), легко ломающиеся пальцами (эти волокна часто более хрупкие, чем в пестрой гнили). Древесина становится трухляво-волокнистой.



В бурой гнили древесина равномерно темнеет и становится темно-бурой, бурой или красновато-бурой. В бурой гнили древесина разрушается равномерно. Она растрескивается поперек и вдоль волокон и становится трухлявой (трещиноватой, распадающейся на призмы или легко растирающейся в порошок).

В умеренной гнили древесина также темнеет и становится в свежем состоянии однородного шоколадного цвета, в высохшем — бурого.

В развитых стадиях гнилей всех типов, механические свойства древесины настолько изменены, что она становится непригодной во всех случаях, где требуется прочность. В начальных пестрых или белых гнилях древесина мало теряет в прочности. В бурой гнили даже в начальной стадии прочность древесины значительно снижена.

- занимающие 5-10% объема ствола. На стволах появляются плодовые тела дереворазрушающих грибов, мхи и лишайники. Лезвие ножа при обследовании ствола, погружается на 2-3 см.
3. Древесина третьей стадии ксилолиза занимает от 10 до 100 % объема, остальная древесина- второй стадии. В древесине могут наблюдаться включения грибного мицелия, небольшие ямки и трещинки. Встречаются плодовые тела дереворазрушающих грибов. Проективное покрытие мхов, лишайников и высших растений может достигать 100%. Появляются всходы древесных растений. Лезвие ножа при обследовании валежа погружается на 5-6 см (1/2 длины ножа).
 4. Древесина третьей стадии ксилолиза. При ксилолизе по типу деструкции начинаются процессы гумификации. При пестрой гнили в ямочках образуются микропустоты, древесина становится «ситовой». При белой гнили древесина расщепляется на отдельные волокна. Другие признаки как для третьего класса разложения. Нож при обследовании ствола погружается на 2/3 свой длины-7-8 см.
 5. Продолжается процесс гумификации. Пятый класс разложения соответствует, примерно, третьей фазе гумификации древесины. Форма стволов сильно изменена. Плодовые тела дереворазрушающих грибов отсутствуют или очень старые. Растительность на стволах аналогична напочвенной растительности, с большим количеством всходов и подроста древесных растений. Пятый класс разложения соответствует легкому «протыканию» ножом остатков стволовой древесины. Нож погружается в практически полностью разложившуюся древесину без усилий.

Распределение крупных древесных остатков (КДО) по классам разложения характеризует:

- сукцессионное развитие экосистем (зная объем КДО по породам и классам разложения и среднее время разложения, можно рассчитать динамику отпада за период до 100 лет),
- биоразнообразие лесных экосистем (многие виды живых организмов связаны с древесиной разных классов разложения),
- пул углерода КДО(рассчитывается на основании данных об объеме КДО по породам, по классам разложения и базисной плотности детрита).

Длительность стадий разложений определяется подзоной, типом

леса, породой и видом отпада. Приблизительная продолжительность каждой стадии ксилолиза для валежа ели в подзоне южной тайги равна: 1-я стадия– до 3...5 лет; 2-я стадия– до 15...20 лет; 3-я стадия– до 25...30 лет; 4-я стадия– до 35...40 лет; 5-я стадия– 45...50 лет. Можно выделить и 6-ю стадию, когда процесс разложения древесины уже прекратился, но форма стволов еще угадывается по микроповышениям.

2.3. Методика учета КДО в полевых условиях

Для каждого выдела- однородного типа лесорастительных условий, необходимо заложить 2 трансекты длиной 50 м во взаимно перпендикулярных направлениях (крестом, направление С-Ю, З-В, место пересечения - центр выдела). Учет производился на линии и на полосе шириной 4 м (по 2 м в каждую сторону) (рис. 6).

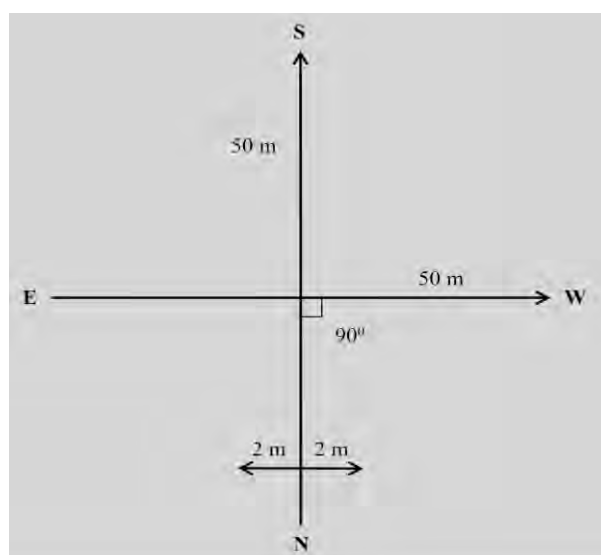


Рис. 6. Схема закладки трансект для определения объема КДО

Валеж, зависшие деревья (бурелома или ветровала) и крупные ветви, учитываем **только** при пересечении ходовой линии. Для валежа и зависших деревьев учитываем породу, класс разложения, диаметр в месте пересечения ходовой линии и диаметр на высоте 1,3 м.

Пни диаметром более 8 см и сухостой диаметром более 4 см учитываем на всей **4-х метровой полосе**. Для пней регистрируем породу, класс разложения, диаметры основания и вершины и высоту от шейки корня. Для сухостоя регистрируем породу, класс разложения и диаметр на высоте 1.3 м.

Данные заносим в таблицу 5.

Таблица 5

Ведомость для учета КДО на трансектах

Для зависших стволов и валежа								Для сухостоя и пней								
Вы- дел п/п	№ тран- секты	Порода	Катего- рия	d, м	d _{1.3} , м	Класс разло- жения	V,м ³	№ тран- секты	Порода	Кате- гория	d _{осн.} , м	d _{верш.} , м	d _{1.3} , м	h, м	Класс разлож ения	V,м ³

Примечание: левая часть таблицы заполняется для зависших стволов и валежа, правая - для сухостоя и пней

Категории: валеж, зависшее, пень, сухостой;

d- диаметр в месте пересечения с ходовой линией;

d_{1.3}- диаметр на высоте 1,3 м;

d_{осн.} - диаметр основания пня;

d_{верш.} - диаметр верхней части пня;

h- высота пня или сухостоя;

V- объем КДО (рассчитывается при камеральной обработке данных).

2.4. Камеральная обработка

Объем валежа, зависших деревьев и крупных ветвей по породам и классам разложения рассчитываем по формуле:

$$v_{\text{вал}} = \left(\frac{\pi^2}{8} * \sum d_i^2 S \right) \sum L_j, \quad (7)$$

где $v_{\text{вал}}$ – объем крупных древесных остатков данного класса разложения, м^3 , d_i – диаметр i -го объекта в месте пересечения ходовой линии, м , L_j – длина линии j -ой трансекты, м , S – площадь, в данном случае равная 10000 м^2 .

Объем сухостойных деревьев рассчитывали умножением площади сечения (G) на высоте 1,3 м, умноженной на видовую высоту (Hf , см. табл. 6) и площадь (S)=1 га:

$$v_{\text{сух}} = G * Hf * S, \quad (8)$$

$$G = \pi r^2, \quad (9)$$

где: r – радиус сухостойного дерева на высоте 1,3 м, м ; $\pi \approx 3,14$.

Высоту сухостойных деревьев определяли по средней высоте соответствующего элемента леса (методом глазомерной таксации или с использованием высотомера).

Таблица 6

Видовые высоты (H_f) древостоев при относительной полноте 1.0
(ЦНИИЛХ, Н.В. Третьяков)

Высота сухостойного дерева (h), м	Сосна, лиственница, кедр	Ель, пихта сибирская	Береза	Осина, ольха
10	5,20	5,41	5,16	5,13
11	5,61	5,84	5,50	5,54
12	5,97	6,24	5,89	5,95
13	6,35	6,68	6,28	6,33
14	6,73	7,08	6,70	6,75
15	7,08	7,52	7,05	7,10
16	7,45	7,92	7,41	7,48
17	7,89	8,33	7,77	7,89
18	8,26	8,77	8,16	8,32
19	8,70	9,19	8,51	8,73
20	9,10	9,61	8,87	9,14
21	9,51	10,03	9,32	9,55
22	9,91	10,43	9,71	10,03
23	10,28	10,86	10,11	10,39
24	10,67	11,28	10,45	10,72
25	11,04	11,69	10,83	11,15

Объем пней ($v_{\text{пня}}, \text{м}^3$) рассчитываем по формулам усеченного конуса или цилиндра:

$$v_{\text{пня}} = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + R * r + r^2) S, \quad (10)$$

где: R - радиус нижнего основания, м; r - радиус верхнего основания, м; S – площадь, в данном случае равная 1 га; h - высота пня, м; $\pi \approx 3,14$.

Объемы крупных древесных остатков суммируем по породам, категориям и классам разложения. Строим гистограммы распределения КДО (рис. 7): 1) по породам; 2) по категориям; 3) по классам разложения. Примеры приведены ниже.

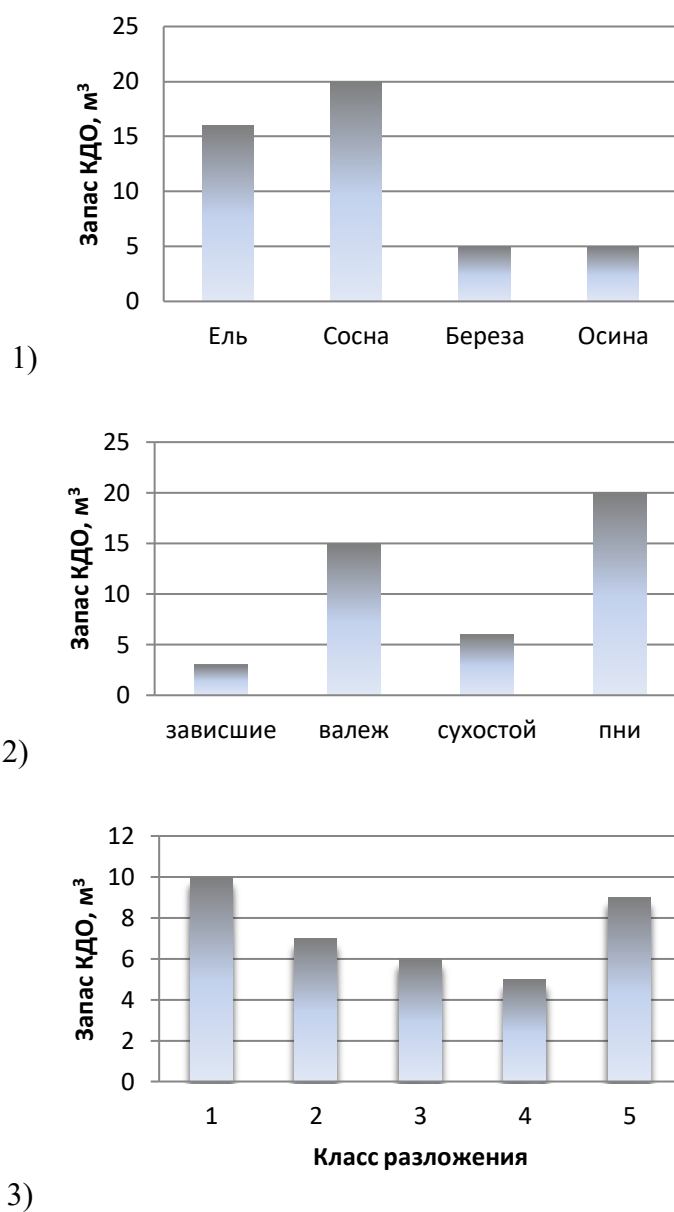


Рис.7. Распределение КДО: 1) по породам; 2) по категориям; 3) по классам разложения.

Библиографический список

1. Алексеев А.С. Моделирование уровней загрязнения атмосферы лесной экосистемы с использованием ЭВМ: Методические указания, Л., 1990.
2. Алексеев А.С. Мониторинг лесных экосистем. Учебное пособие для студентов лесных вузов. СПб.: ЛТА, 1997. 116с.
3. Биоиндикация в городах и пригородных зонах. / Под ред. Кривошукского Д.А. М.: Наука, 1993, 122с.
4. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. /Под ред. Р.Шуберта. М.: Мир, 1988. 348с.
5. Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова. /Под ред. Б.Н. Норина, В.Т. Ярмишко). Л., 1990. 196с.
6. Глаголев В.А., Кулаков Г.М. Организация и ведение лесного мониторинга: обзорн. инфор./ ВНИИЦ - лесресурс. М., 1996. 55с.
7. Капица Е.А., Шорохова Е.В., Кузнецов А.А. Пул углерода крупных древесных остатков в коренных лесах северо-запада Русской равнины. // Лесоведение, 2012, №5, с. 36-43.
8. Карпенко А.Д. Оценка состояния древостоев, находящихся под воздействием промышленных эмиссий // Экология и защита леса, 1981. Вып. 6- Л.: с. 39-43.
9. Кузнецов А.А., Капица Е.А. Методика определения запасов и потоков углерода, связанных с крупными древесными остатками в лесах таежной зоны // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии: Вып. 188. СПб.: СПбЛТА, 2009, с. 23-29.
10. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. /Под ред. В.А. Алексеева. Л.: Наука, 1990. 200с.
11. Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forests (методика ЕЭК ООН). Москва, 1995. 42 с.
12. Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса.- М.: Лесн. пром-ть, 1984.- 152 с.
13. Соловьев В.А., Алексеев А.С., Леплинский Ю.И., Лайранд Н.И. Влияние загрязнения атмосферы на лесные экосистемы. Л.: ЛТА, 1989. 48с.
14. Стороженко В.Г., Коткова В.М.. Состояние коренных ельников и дереворазрушающие грибы (BASIDIOMYCOTA) заповедника «Кологривский лес» (Костромская область). ИВУЗ. «Лесной журнал». 2013. №3.
15. Тетюхин С.В., Минаев В.Н., Богомолоа Л.П. Лесная таксация и лесоустройство: Нормативно-справочные материалы по Северо-Западу Российской Федерации. СПб.: СПбЛТА, 2004. 360 с.
16. Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. М. Лесн. пром-ть, 1965. 460с.
17. Цветков В.Ф., Лесинский Е.А., Армолайтис К.Э., Пархимович Т.Л. Мониторинг состояния лесов Европейского Севера: Методические рекомендации. Архангельск, 1995. 35с.
18. Экодинамика и экологический мониторинг Санкт-Петербургского региона в контексте глобальных изменений. /Под ред. Кондратьева К.Я., Фролова А.К. СПб.: Наука, 1996. 442с.

19. Ярмишко В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере. СПб, 1997. 210с.
20. Harmon M. E., et al. Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. // Adv. Ecol. Res. -1986. -V. 15. -Pp. 133-202.
21. Ståhl G., Ringvall A. & Fridman J. Assessment of coarse woody debris – a methodological overview // Ecological Bulletins. -2001. -N.49. -P. 57-71.

В.А. Соловьев, доктор биологических наук, профессор
А.С. Алексеев, доктор географических наук, профессор
Е.А. Капица, кандидат биологических наук
Е.В. Шорохова, кандидат биологических наук
И.А. Казарцев, кандидат биологических наук

О Ц Е Н К А СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Учебное пособие
для студентов института Леса и природопользования

Редактор *Т. С. Хирувимова*
Редактор *Л. В. Лукьянчук*
Компьютерная верстка – *Н. А. Ушакова*

Подписано в печать с оригинал-макета 10.11.12.

Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать трафаретная.

Уч.-изд. л. _____. Печ. л. _____. Тираж _____ экз. Заказ № _____. С _____.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
Издательско-полиграфический отдел СПбГЛТУ
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 3