



**Данчева Анастасия Васильевна**

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесного хозяйства, деревообработки и прикладной механики ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья». Автор более 200 научных работ по вопросам рекреационного лесопользования, использования дендрохронологических исследований в лесном хозяйстве и т. д., в том числе 2 монографий, 5 учебных и учебно-методических пособий.



**Залесов Сергей Вениаминович**

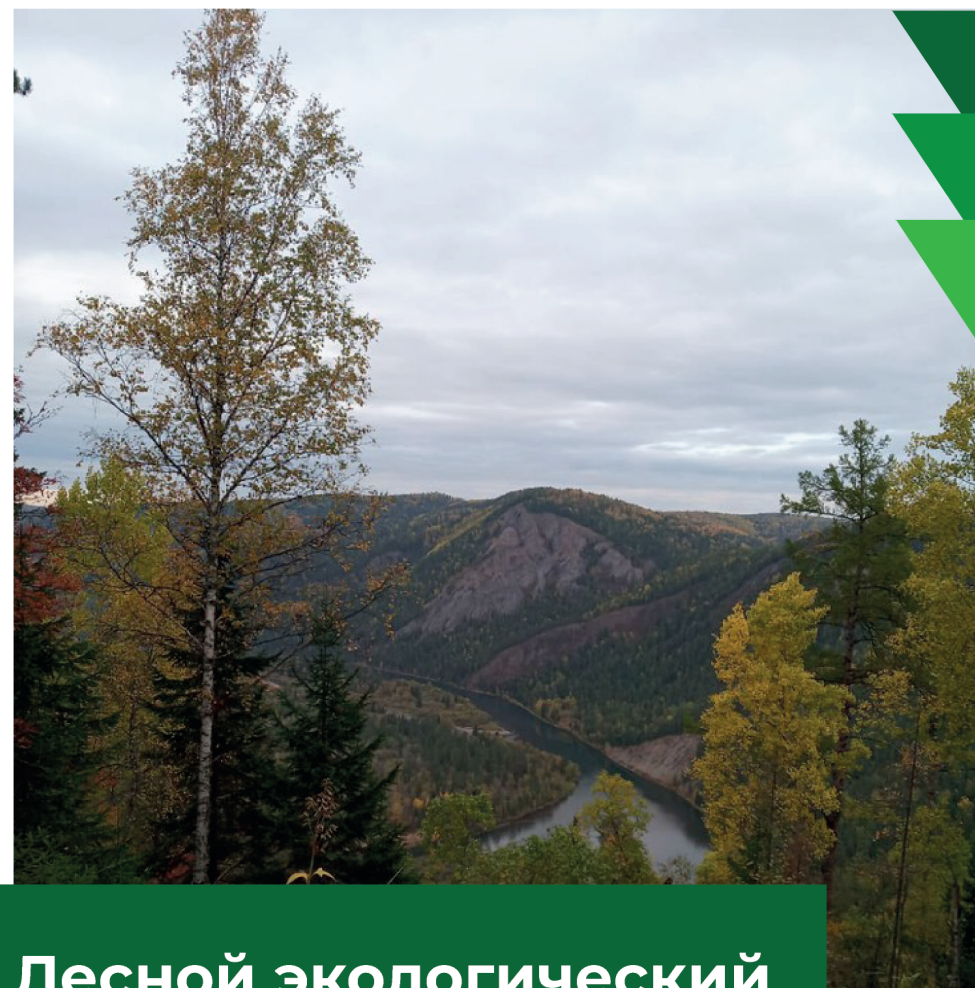
Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Заслуженный лесовод России, почетный работник высшего профессионального образования. Заведующий кафедрой лесоводства института леса и природопользования ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». Основатель научно-педагогической школы «Оптимизация лесопользования», автор более 700 научных работ, в том числе 43 монографий, 4 учебников, 38 учебных пособий, 48 объектов интеллектуальной собственности.



**Попов Артем Сергеевич**

Кандидат сельскохозяйственных наук, директор института заочного обучения ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». Автор и соавтор более 50 научных и методических работ в области лесоводства и экологии древесных растений.

А. В. Данчева  
С. В. Залесов  
А. С. Попов



**Лесной экологический  
мониторинг**



9 785949 848562

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный лесотехнический университет»  
(УГЛТУ)

А. В. Данчева  
С. В. Залесов  
А. С. Попов

# ЛЕСНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Учебное пособие

Екатеринбург  
2023

УДК 630.182.59(075.8)

ББК 20.173я73

Д19

Рецензенты:

кафедра лесного хозяйства ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет»; зав. кафедрой, д-р с.-х. наук, доцент *А. А. Маленко*;

директор ФГБУ «Ботанический сад УрО РАН», д-р биол. наук *И. В. Петрова*

**Данчева, Анастасия Васильевна.**

Д19 Лесной экологический мониторинг : учебное пособие / А. В. Данчева, С. В. Залесов, А. С. Попов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. – 146 с.

ISBN 978-5-94984-856-2

В представленной работе на основе литературных и ведомственных материалов, а также материалов собственных исследований авторов представлены разноплановые методики проведения лесного экологического мониторинга, учитывающие динамику основных компонентов насаждений под влиянием природных и антропогенных факторов.

Использование данного учебного пособия облегчит обучающимся выбор методических подходов к проведению исследований по дисциплинам лесного профиля, обеспечит высокий уровень лесного экологического мониторинга и при необходимости позволит в будущем принять адекватные меры хозяйственного воздействия по недопущению снижения устойчивости насаждений.

Работа рассчитана на специалистов лесного хозяйства, экологов, научных работников, докторантов, аспирантов и обучающихся по направлениям подготовки 35.03.01 «Лесное дело», 20.03.02 «Природообустройство и водопользование».

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 630.182.59(075.8)

ББК 20.173я73

ISBN 978-5-94984-856-2

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2023

© Данчева А. В., Залесов С. В.,  
Попов А. С., 2023

## Оглавление

Введение .....	5
1. Понятие о лесном экологическом мониторинге .....	7
2. Метод пробных площадей .....	14
2.1. Закладка пробных площадей .....	14
2.2. Методика определения основных таксационных показателей древостоя .....	19
3. Оценка состояния древостоя .....	29
3.1. Оценка древостоя по категориям санитарного состояния .....	29
3.2. Оценка жизненного состояния древостоя .....	34
3.3. Оценка жизненного состояния деревьев и древостоев, подверженных воздействию промышленных поллютантов .....	38
3.4. Оценка состояния древостоя с использованием коэффициента напряженности роста .....	44
3.5. Оценка стабильности развития деревьев и древостоев с использованием метода флуктуирующей асимметрии ....	45
4. Изучение перспективности древесных интродуцентов .....	50
4.1. Методика определения перспективности интродукции древесных растений Главного ботанического сада .....	50
4.2. Методика определения биоэкологической характеристики древесно-кустарниковых видов при оценке перспективности их интродукции .....	56
4.3. Методика определения перспективности древесных интродуцентов по показателю санитарного состояния .....	57
5. Методика изучения естественного лесовозобновления .....	59
6. Методика определения показателей живого напочвенного покрова .....	66
6.1. Основные положения по изучению живого напочвенного покрова .....	66
6.2. Количественная оценка сходства и различия живого напочвенного покрова .....	77
7. Методики определения количественных и качественных показателей лесных подстилок .....	81
8. Методика определения степени покрытия стволов деревьев эпифитными лишайниками .....	83
9. Оценка рекреационного потенциала насаждений .....	88

10. Определение рекреационных нагрузок .....	97
10.1. Методы определения рекреационных нагрузок .....	97
10.2. Определение стадий рекреационной дигрессии лесных насаждений .....	111
10.3. Определение величины допустимых рекреационных нагрузок .....	116
Заключение .....	121
Библиографический список .....	122
Приложения .....	131

## ВВЕДЕНИЕ

Усиливающееся антропогенное воздействие на лесные экосистемы в связи с меняющимся климатом создает реальную угрозу снижения устойчивости насаждений и в конечном счете их деградации. Задача лесоводов состоит в своевременном установлении дигрессии насаждений и планировании адекватных лесоводственных мероприятий, направленных на сохранение устойчивости насаждений. Осуществление данной задачи возможно только при ведении лесного экологического мониторинга, под которым понимается система регулярных комплексных наблюдений, оценки и прогнозов изменений состояния лесных экосистем под влиянием антропогенных воздействий (Луганский и др., 2015, с. 43). Неслучайно слово *мониторинг* происходит от латинского *monitor*, то есть напоминающий, надзирающий.

Сложность лесного экологического мониторинга (ЛЭМ) состоит в том, что насаждение – это многокомпонентное образование (Луганский и др., 2010), и воздействие природных и антропогенных факторов на каждый из компонентов специфично. Кроме того, необходимо учитывать специфику воздействия негативных факторов на лесные экосистемы. Так, промышленные поллютанты оказывают негативное воздействие на ассимиляционный аппарат деревьев древостоя, подроста, подлеска и живого напочвенного покрова (ЖНП), а рекреация – на ЖНП, лесную подстилку и почву.

Каждый из компонентов насаждения, в свою очередь, обладает индивидуальной толерантностью к тому или иному виду негативного воздействия, а следовательно, лесной экологический мониторинг должен осуществляться с учетом всех компонентов насаждения. Другими словами, охватывать все компоненты последнего. Установление компонентов, наиболее оперативно реагирующих на изменение условий среды или антропогенное воздействие, позволит обнаружить данное негативное воздействие на ранних стадиях, что существенно облегчит проведение необходимых хозяйственных мероприятий, направленных на сохранение насаждениями устойчивости.

Осуществление лесного экологического мониторинга требует проведения комплексных исследований и использования разноплановых апробированных методик. Однако указанные методики опубликованы в различных работах и нередко труднодоступны для обучающихся. Имеющиеся публикации, описывающие методики экологического мониторинга (Основы..., 2007, 2011, 2020; Данчева, Залесов, 2015),

уже не в полной мере соответствуют нормативно-правовым документам, регламентирующим осуществление лесоводственных мероприятий, и нуждаются в уточнении.

Указанная проблема обусловила издание настоящей работы, которая преследует цель дать обучающимся знания по современным методикам проведения лесного экологического мониторинга, включающие основные способы сбора данных, методы их обработки и анализа.

## 1. ПОНЯТИЕ О ЛЕСНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Основным средообразующим фактором на нашей планете являются леса. Им принадлежит 90 % всей фитомассы (Лесная энциклопедия, 1985). Именно леса регулируют необходимое содержание основных компонентов атмосферы, регенерируя кислород и утилизируя углекислый газ. Леса влияют на тепловой и ветровой режимы Земли и ее отдельных регионов, оказывают положительное влияние на их обводненность, очищают воздух от пыли, улучшают радиационную обстановку территории (Хайретдинов, Залесов, 2011). До 80 % объема пресной воды на нашей планете очищается посредством лесных экосистем.

Можно констатировать, что выживаемость человечества и в определенной мере комфортность его проживания напрямую зависят от наличия и качества лесов на Земле, даже если в отдельных регионах их мало или вовсе нет. Вышеуказанное свидетельствует о важнейшей задаче – сохранение и улучшение лесов, усиление их средообразующих функций.

К сожалению, несмотря на важную роль лесов для человека как вида, вектор его влияния на леса остается отрицательным. Продолжается обезлесивание Земли на площади 10–20 млн га ежегодно, в основном в тропических широтах, падает продуктивность лесов, снижается их устойчивость к неблагоприятным факторам, ухудшается генотипическая структура и т. п. (Деградация..., 2002).

Ведущую роль в биосферных процессах Земли выполняют леса Российской Федерации, поскольку они занимают более 20 % общей площади лесов планеты и представляют собой цельный лесной массив. Однако для них, как и для лесов Земли в целом, характерен в той или иной мере процесс деградации. Он проявляется в уменьшении лесистости в отдельных регионах – снижении продуктивности, смене коренных ценных лесных формаций на менее ценные производные, упрощении компонентной и синузальной структуры лесных насаждений, разбалансированности возрастного соотношения лесов, депрессии под влиянием промышленной инфраструктуры и рекреации в лесных экосистемах, заболачиваемости отдельных территорий в таежных регионах. Огромный вред продолжают наносить лесам Российской Федерации пожары, инвазии энтомовредителей, штормовые ветры. Отмечается, что за счет лесоводственных мероприятий, направленных на повышение лесистости, продуктивности и возрастной структуры



лесов, можно усилить их биосферную роль по регулированию кислорода и углекислого газа в 1,5–2,0 раза (Синицын, 1993).

Проводимые в лесах Российской Федерации хозяйственные мероприятия не имеют комплексного характера и не всегда дифференцированы по лесорастительным таксонам и группам типов леса. Если в настоящее время бесспорно признается, что лесное хозяйство должно вестись на основе зонально (подзонально)-типологической дифференциации лесов, то пока не полностью осознаются и тем более реализуются принципы дифференциации систем хозяйства, а также комплексов мероприятий и их параметров в зависимости от уровня хозяйственной освоенности отдельных территорий, видов и масштабов производственной деятельности на них.

Таким образом, настало время направить техническую политику и проведение мероприятий в лесах Российской Федерации на повсеместное их сохранение, повышение продуктивности и средообразующих функций с учетом задач будущего, исходя из зонально-подзональной и лесотипологической дифференциации, а также специфических условий среды, формируемых антропогенными воздействиями. Этого можно добиться, имея полную картину деградационно-демутационной динамики лесов в регионах с теми или иными видами антропогенного, а в особенности техногенного, воздействия в течение длительного времени. Научную основу для оценки направления скорости и глубины трансформации лесов может дать специально организованный и проводимый мониторинг.

**Мониторинг** (от лат. *monitor* – напоминающий, надзирающий) – система регулярных комплексных наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния экосистем под влиянием природных и антропогенных воздействий. Главная задача мониторинга – научное обеспечение поддержания стабильности биосферы Земли. Мониторинг экосистем, находящихся под воздействием антропогенных факторов, представляет собой экологический мониторинг (ЭМ). ЭМ включает абиотический (вода, почва, воздух и другие факторы) и биотический (биоты экосистем) мониторинги. Мониторинг, осуществляемый в лесных экосистемах разных видов и уровней (объемов), подверженных воздействию антропогенных факторов, является **лесным экологическим мониторингом (ЛЭМ)**. Он охватывает все лесные земли, то есть как сформировавшиеся лесные насаждения, так и другие категории земель – несомкнувшиеся лесные культуры, гари, ветровальники, вырубki различной давности и т. п. Другими словами, ЛЭМ охватывает участки, находящиеся на разных этапах деградационно-демутационной и возрастной динамики.

ЛЭМ предназначен для оценки состояния лесов и прогноза их развития под воздействием антропогенных, в том числе техногенных, факторов.

По охвату территорий мониторинг подразделяется на локальный, региональный и глобальный (Соколов, Пузаченко, 1982). Локальный мониторинг применяется в конкретных условиях промышленно-хозяйственных объектов. Региональный мониторинг организуется в крупных регионах с определенным типом производственно-территориального комплекса. Он призван оценивать интегральные эффекты, возникающие в результате функционирования всего хозяйственного комплекса региона. Глобальный мониторинг рассчитан на охват больших территорий Земного шара и включает все составляющие абиотического и биотического мониторингов.

ЛЭМ не может быть сведен только к слежению за объектами, в частности, за лесными экосистемами и прогнозами их развития. Он должен включать несколько задач. *Первая* заключается в изучении по соответствующим программам состояния экосистем ежегодно или через определенные периоды в течение необозримого времени. Это и есть, собственно, мониторинг (слежение). Сравнительный анализ получаемых данных дает возможность оценить направление, глубину, скорость и особенности деградиционно-демутационных процессов лесных экосистем. В этом и заключается суть *второй* задачи ЛЭМ. Получаемые систематически материалы позволяют разрабатывать разной длительности прогнозы динамики лесных экосистем, что составляет *третью* задачу ЛЭМ. По прекращении действия тех или иных антропогенных факторов, вызывающих дигрессию или деградацию лесных экосистем, в них наблюдаются естественные демутационные процессы, а также проводятся целенаправленные хозяйственные мероприятия лесохозяйственного и рекультивационного характера (посев и посадка леса, рубки ухода, содействие естественному лесовозобновлению, некоторые инженерные работы и др.), направленные на ускорение демутационных процессов. Изучение и оценка эффективности этих процессов представляют собой *четвертую* задачу ЛЭМ. Исходя из оценки деградации и демутации лесных экосистем, предполагается разработка системы мероприятий, как по снижению вредных влияний антропогенных факторов, так и по активизации и повышению эффективности демутационных процессов, что является задачей *пятой*. *Шестая* задача состоит в разработке общих рекомендаций по формированию будущих лесов в регионе. Организация реализации этих рекомендаций – *седьмая* задача ЛЭМ, а осуществление авторского надзора есть задача *восьмая*. Однако ЛЭМ в полном объеме обеспечит

необходимый эффект только в тех условиях, когда будут совершенствоваться технология тех или иных работ, соблюдаться все технологические и технические требования к ним, исключены из практики различного рода субъективные причины, усугубляющие нагрузку на окружающую природную среду. Проведение мероприятий по снижению отрицательного воздействия антропогенных факторов на окружающую природную среду следует рассматривать как *девятую* задачу ЛЭМ.

Безусловно, в первую очередь ЛЭМ необходимо охватить регионы с высокой антропогенной нагрузкой. К таким регионам, в частности, может быть отнесен Уральский федеральный округ с его развитой добывающей и перерабатывающей промышленностью, а также длительным периодом проведения рубок спелых и перестойных насаждений.

Особо следует отметить, что никакие аналитические материалы, полученные в других регионах страны для условий Уральского федерального округа неприемлемы, поскольку это совершенно специфический природный район.

ЛЭМ может осуществляться космическим, авиационным и наземным способами. Космический способ обеспечивает общую оценку в сдвигах соотношения различных типов земель и растительности и их состояния по укрупненным критериям (Седых, 1991). По возможности космические материалы могут использоваться в качестве базовой основы. Авиационный способ ЛЭМ в виде материалов аэрофотосъемки дает более подробную информацию о состоянии окружающей природной среды, в частности, о санитарном состоянии лесов (Ковалев, 1993). Сравнение повторяющихся материалов аэрофотосъемки позволяет оценить динамику окружающей природной среды.

Регулярно проводимые лесоустроительные работы (как правило, через 10-летние периоды) в лесах Российской Федерации, есть не что иное, как лесной мониторинг. Но данные работы позволяют оценить лишь макросдвиги в лесах и лесных экосистемах. Точная и надежная информация формируется по лесистости территорий, динамике земель по их категориям, по формационной структуре лесопокрытой площади, сдвигам в показателях производительности и возрастной структуре лесов, полнотам древостоев и др. Безусловно, все эти материалы должны быть привлечены для ЛЭМ. Однако даже их использование не позволяет «заглянуть внутрь» лесных экосистем для периодической оценки санитарного состояния древостоев, почвенной биоты и отслеживания изменений в нижних ярусах растительности. Для ЛЭМ наиболее ценной является именно эта информация.

Таким образом, ЛЭМ может осуществляться различными способами в зависимости от масштабов территорий и целевых задач. Наиболее важным является наземный способ – организация постоянных стационаров с охватом широкого круга изучаемых признаков и свойств лесных экосистем.

Согласно международной методике ЛЭМ, стационары размещаются по так называемым биоиндикаторным сетям (Ковалев, 1993). Наблюдаемая территория разбивается на сеть квадратов 4×4, 8×8 км и других размеров. В Финляндии, например, сторона квадрата составляет 16 км. Стационары (это могут быть и ППП) размещаются по углам кварталов. Однако принцип биоиндикаторной сети для Уральского федерального округа мало приемлем. Это объясняется многообразием видов антропогенного воздействия, высокой стоимостью создания биоиндикаторной сети и труднодоступностью ряда стационаров при создании указанной сети. Гораздо эффективнее осуществление ЛЭМ на подобранных «ключевых» объектах, отражающих конкретный вид негативного антропогенного воздействия на лесные экосистемы.

В целом можно отметить, что ЛЭМ любого ранга (масштаба) предполагает реализацию трех основных задач:

1) выявление динамики лесных экосистем путем систематических наблюдений, в частности, методом постоянных пробных площадей на ключевых участках;

2) разработка текущих рекомендаций по ослаблению и возможному предотвращению дигрессии лесных экосистем под воздействием антропогенных факторов, а также по повышению эффективности демулационных процессов;

3) прогнозирование развития лесных экосистем и разработка стратегии ведения лесного хозяйства с целью формирования устойчивых и высокопродуктивных лесов будущего.

Первая задача ЛЭМ решается путем закладки ППП (см. с. 14) на ключевых участках в различных категориях лесных земель по видам и глубине антропогенного воздействия. Эти ППП оформляются паспортами и закрепляются в картографических материалах лесничеств для долговременного их использования. Выполнение второй задачи, главным образом, основано на использовании временных пробных площадей, охватывающих те или иные категории лесных земель, находящихся на различных стадиях дигрессионно-демулационных процессов. Третья задача будет решаться при накоплении необходимых экспериментальных материалов в последующие периоды выполнения работ по ЛЭМ.

Успех решения проблемы количественной оценки его стояния и прогнозирования ожидаемой динамики реакции компонентов насаждения на антропогенное воздействие обусловлен методологией исследования.

Условием эффективности мониторинга является единая методология, включающая в себя (Мониторинг..., 2004):

- отработанные методы получения объективной и разнообразной информации о состоянии окружающей среды и состоянии (норме и отклонении от нормы) основных компонентов экосистем на основе необходимого и достаточного количества выборочных данных;

- автоматизированные и высокотехнологичные методы обработки и анализа информации, позволяющие получить адекватную оценку наблюдаемой ситуации;

- возможность прогноза ситуации, основанного на использовании апробированных и постоянно улучшающихся экологических моделях, описывающих реакцию и поведение основных компонентов лесных экосистем под воздействием наблюдаемых и изменяющихся обстоятельств;

- возможность принятия обоснованных решений разных типов, масштабов и категорий зависимости (от законодательных и управленческих до экономических и технологических) на основе использования эколого-экономических критериев и апробированных для разных ситуаций и уровней алгоритмов;

- разработку механизма обязательного выполнения принятых решений, анализ их результативности и возможность быстрой реакции и обоснованных поправок к решениям с целью их адаптации к изменяющимся ситуациям.

Только при соблюдении указанных условий мониторинг состояния лесных насаждений может рассматриваться как система контроля, обеспечивающая устойчивое развитие и сохранение природных, антропогенно-природных и антропогенно-преобразованных территорий.

Весь цикл биогеоэкологических исследований в лесах условно можно разделить на четыре этапа: предварительный, начальный, основной и дополнительный (Программа и методика..., 1974).

**Предварительный этап** включает выбор объектов. Этот цикл работ предусматривает ознакомление с картографическими и лесоустроительными материалами и маршрутное обследование намеченных ключевых участков, из числа которых и выбираются объекты исследований. При предварительном этапе исследований собираются

сведения о характеристике природных условий района исследований, режимах хозяйства в настоящем и прошлом.

**Начальный этап** состоит в проведении комплекса лесотаксационных работ, включающих закладку постоянных и временных пробных площадей.

**Основной этап** включает комплекс работ, связанных с получением количественных оценок отдельных сторон биогеоценотического процесса и взаимодействий компонентов биогеоценоза (всевозможные виды учета, связанные с выражением оценок на площадь древостоя, подлеска, подроста, живого напочвенного покрова и т. д.).

**Дополнительный этап** включает экологические работы, касающиеся изучения потребностей пород-эдификаторов в отношении к ведущим факторам среды (например, анализ структуры производительности древостоев по классам роста деревьев и по ступеням толщины, чтобы обосновать интенсивность рубок ухода; изучение с помощью дендроклиматологии разногодичной динамики прироста стволовой древесины в зависимости от цикличности погодных условий; опыты стимулирования минерализации лесной подстилки посредством внесения химических веществ и т. д.).

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. В чем состоит роль лесов Российской Федерации в формировании экологической обстановки на планете и поддержании состава атмосферы?
2. В чем заключается влияние антропогенных факторов на лесные экосистемы?
3. Что такое мониторинг?
4. Дайте определение лесного экологического мониторинга.
5. Назовите различия локального, регионального и глобального мониторингов.
6. Какие выделяют задачи ЛЭМ?
7. Назовите условия научно-обоснованной реализации ЛЭМ.

## 2. МЕТОД ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

### 2.1. Закладка пробных площадей

Основным методом экологического мониторинга лесных экосистем является метод пробных площадей. Различают временные и постоянные пробные площади.

**Временные пробные площади (ВПП)** предназначены для единовременной таксации тех или иных участков леса (Семенюта и др., 1970; Поляков, Набатов, 1983). Данные измерений на ВПП используют для характеристики целого участка, или они служат образцами, с которыми сравнивают показатели других насаждений.

Базовыми литературными источниками для описания закладки пробных площадей послужили метод по ОСТ 56-69-83, а также методики, приводимые в работах Н. П. Анучина (1977), В. К. Захарова (1967), Ф. И. Семенюта, А. Ф. Елизарова, М. Н. Соснина (1970), А. В. Вагина, Е. С. Мурахтанова, А. И. Ушакова, О. А. Харина (1978), А. Н. Полякова, Н. М. Набатова (1983), И. Н. Зарудного, В. С. Моисеева, И. В. Логвинова (1970), С. В. Залесова, Е. А. Зотеевой, А. Г. Магасумовой, Н. П. Швалева (2007), Н. П. Буньковой, С. В. Залесова, Е. А. Зотеевой, А. Г. Магасумовой (2011, 2020).

**Постоянной пробной площадью (ППП)** называют часть лесного участка, подвергающуюся периодически перечислительной таксации и используемую в качестве эталона (Анучин, 1977).

Постоянные пробные площади (ППП) закладывают для проведения научных исследований, рассчитанных на длительные стационарные наблюдения (Семенюта и др., 1970; Поляков, Набатов, 1983), для экологического мониторинга, в частности. Деревья на таких ППП измеряют каждые 3–5 лет в течение десятков и даже сотен лет (Поляков, Набатов, 1983). По данным ППП можно получить наиболее достоверные результаты о происходящих в лесу процессах.

ППП при должном за ними уходе являются наглядными пособиями для лесных работников, эталонами сравнения таксационных и других показателей с данными других насаждений, своеобразными лесными лабораториями по изучению многообразных явлений жизни леса.

На ППП, подвергающихся многократным обмерам, все деревья на высоте 1,3 м нумеруются масляной краской. Номер пишут над чертой, обозначающей 1,3 м. Пробные площади должны закладываться в местах, типичных для насаждения в целом, и иметь одинаковые с ним

состав, возраст, полноту, среднюю высоту (Семенюта и др., 1970; Вагин и др., 1978). Повысить точность оценки можно путем закладки нескольких пробных площадей, разместив их равномерно по исследуемой площади.

Пробная площадь лучше будет отражать все особенности участка, если он представлен однородным насаждением: простым, чистым, одновозрастным (Семенюта и др., 1970).

Участок леса, в котором планируется заложить ППП, тщательно осматривают и выбирают место для нее так, чтобы на всей площади произрастало насаждение, однородное по условиям местопроизрастания, полноте, составу и возрасту (Семенюта и др., 1970), а также отвечало требованиям и соответствовало целям проводимых исследований. Пробная площадь не закладывается в местах, непосредственно прилегающих к опушкам леса, полянам, просекам, дорогам, если изучение специфики влияния этих открытых пространств не является предметом исследований (Залесов и др., 2007; Бунькова и др., 2011). Пробную площадь закладывают, отступив от просек, стен леса не менее чем 30 м (Семенюта и др., 1970).

По форме и целям проводимых работ различают ленточные, круговые, квадратные и прямоугольные пробные площади (ПП) (Анучин, 1977; Вагин и др., 1978; Поляков, Набатов, 1983).

**Ленточные пробные площади** имеют форму узкой ленты (вытянутого прямоугольника) с шириной 5–10 м по всей длине исследуемого участка.

**Круговые пробные площади** чаще всего используются при выборочном методе таксации леса (Анучин, 1977). Размер их разный и зависит от среднего диаметра основного элемента древостоя (Захаров, 1967). Радиус круга может колебаться от 2,0 до 11,28 м. По данным В. К. Захарова (1967), оптимальный радиус круговых площадок составляет 5–7 м, поскольку при радиусе свыше 7 м затрудняется их отграничение на местности. Для характеристики крупного участка леса перечета на одной такой пробной площади недостаточно, поэтому в переделах однородного участка закладываются маршрутные ходы, вдоль которых закладываются несколько круговых пробных площадей. Маршрутов должно быть не менее трех. Расстояние между круговыми ППП определяют глазомерно. По полученным данным выводят среднеарифметические значения для всего исследуемого участка.

Наиболее удобной является правильная (**прямоугольная или квадратная**) форма пробной площади с шириной одной из сторон не менее 50 м (Семенюта и др., 1970). Такая форма обеспечивает



лучшую просматриваемость пробной площади, что гарантирует выбор более однородного насаждения.

Пробные площади в горных лесах закладывают в виде *узких лент* (не менее 20 м) вдоль склона перпендикулярно горизонталям (Семенюта и др., 1970). Такие ППП разделяют секции длиной не менее 100 м на склонах до 25° и не менее 50 м на склонах свыше 25°. Перечет деревьев и измерение высоты производят отдельно по каждой секции (Семенюта и др., 1970). Обмеры диаметров модельных и учетных деревьев, а также измерение приростов по диаметру проводят вдоль и поперек склона.

Размеры пробных площадей зависят от целей исследования, древесной породы, возраста, условий местопроизрастания древостоя, при прочих равных условиях – от количества деревьев на единице площади и точности, с которой требуется установить распределение деревьев по ступеням толщины в таксируемом древостое (Захаров, 1967; Анучин, 1977). Наибольшая величина пробной площади – в низкополнотных, спелых и перестойных насаждениях, а минимальная – в высокополнотных молодняках.

Количество деревьев, выбираемых для обмера, зависит от заданной точности нахождения среднего диаметра и коэффициента вариации диаметров в насаждении (Анучин, 1977). В спелых сосновых древостоях изменчивость толщины деревьев характеризуется коэффициентом вариации, близким к 25 %, поэтому для нахождения величины среднего диаметра с точностью до 2 % надо измерить диаметры на высоте 1,3 м у 165 деревьев, с точностью до 3 % – у 79, с точностью до 5 % – у 26, с точностью до 10 % – у 7 деревьев.

Для получения надежных таксационных данных, исходя из коэффициента варьирования диаметра (25–30 %) и точности определения среднего диаметра  $\pm 1-3$  % (Семенюта и др., 1970), на пробной площади должно быть не менее 200–300 деревьев основного элемента леса; по данным В. К. Захарова (1967), количество деревьев на пробной площади должно составлять в среднем 200–225 шт.

А. В. Вагин, Е. С. Мурахтанов, А. И. Ушаков, О. А. Харин (1978) предлагают размер пробной площади устанавливать так, чтобы на ней было не менее 200 деревьев основного элемента леса. При таком количестве достаточно точно (ошибка не более  $\pm 5$  %) учитывается число деревьев в отдельных ступенях толщины и в конечном счете довольно точно определяются средний диаметр (ошибка не более  $\pm 3$  %) основного элемента леса и сумма площадей сечения, рассчитанная для него (ошибка не более  $\pm 1$  %).

По данным А. Н. Полякова, Н. М. Набатова (1983), для определения среднего диаметра с точностью до  $\pm 2-3\%$  пробная площадь в молодняках должна включать 400–500 деревьев, в средневозрастных и приспевающих насаждениях – 300 деревьев, а в спелых и перестойных – 200–250 деревьев преобладающей породы.

Необходимое количество деревьев на ППП в таежных древостоях в зависимости от среднего диаметра предложено С. В. Залесовым и др. (2007) и представлено в табл. 1.

Таблица 1

Необходимое минимальное количество деревьев основного элемента леса на ППП при различном среднем диаметре древостоя

Средний диаметр древостоя, см	Коэффициент изменчивости диаметра, %	Количество деревьев на ППП, шт.
4	55	550
6	52	500
8–10	45–48	400
12–14	38–42	300
16–20	31–35	300
22 и более	27–30	150

Таким образом, из приведенных выше данных можно сделать вывод о том, что для получения надежных таксационных показателей, опираясь на коэффициент варьирования диаметра (25–30 %) и точность определения среднего диаметра  $\pm 1-3\%$ , на пробной площади должно быть не менее 150–200 деревьев.

При отводе пробной площади в натуре для обеспечения необходимого количества деревьев ее отграничивают визирами с трех сторон, а четвертую сторону не закрывают до окончания перечета, то есть пока в перечете не окажется нужного количества деревьев (Бунькова и др., 2020).

В некоторых случаях ППП обносят изгородью (Анучин, 1977). Чтобы избежать влияния бокового освещения на прирост пограничных деревьев, вокруг пробных площадей оставляют нетронутыми опушки леса. Для лучшей сохранности границ ППП по их наружной стороне можно прокопать канавки.

После выбора формы и примерного размера пробной площади ее отграничивают от остальной части участка визирами, задаваемыми по нужному направлению с помощью буссоли или ганиометра

(Вагин и др., 1978; ОСТ 56-69-83). Визеры шириной 0,3–0,5 м прорубают, устанавливая на них вешки с нанесением на граничных деревьях пометок масляной краской или затесок на деревьях, расположенных с внешней стороны пробной площади. Длину визиров измеряют мерной лентой или рулеткой.

Деревья, стоящие на визирах, относят к находящимся на пробной площади при условии, что более половины их диаметра расположено на территории пробы. Если визир проходит через середину дерева, одно из них считают находящимся в пробной площади, а другое – вне ее (Семенюта, 1961).

На углах пробных площадей (в местах пересечения визиров) ставят столбы толщиной 12–16 см с вершиной в виде усеченного конуса (Семенюта, 1961) или пирамиды (ОСТ 56-69-83) с верхним основанием  $2 \times 2$  см и длиной 1,25 м (рис. 1). Высота надземной части столба 0,7–0,75 м. На столбе вырубают гладкую площадку («окно») высотой 16 см, где масляной краской надписывают номер ППП, год закладки и ее площадь. Столбы маркируют черной масляной краской по трафарету надписями следующего образца (ОСТ 56-69-83):

*ППП – 3–45 – пробная площадь, № пробной площади, № квартала;*

*76–85 – год закладки, год последующего измерения;*

*2–0,25 – № секции, площадь (в гектарах).*

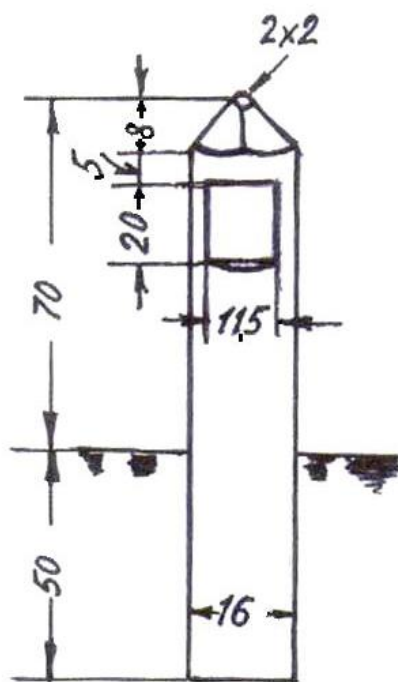


Рис. 1. Характеристика столбов, ограничивающих пробную площадь

Чертеж заложенной ППП составляют в определенном масштабе с указанием «привязки» пробы к квартальной сети или другому четкому ориентиру. Столбы ставят так, чтобы их «щеки» располагались «лицом» в сторону пробной площади (Семенюта, 1961; Поляков, Набатов, 1983). Все пробные площади должны быть нанесены на планшеты и отмечены условным знаком с указанием номера пробной площади и года закладки. Нумерация пробных площадей, закладываемых в течение года, должна быть единой в пределах лесничеств. На всех пробных площадях, заложенных ранее, нумерация должна быть сохранена прежняя. Вновь заложенные пробные площади нумеруют по порядку, начиная с первого номера (ОСТ 56-69-83).

## **2.2. Методика определения основных таксационных показателей древостоя**

Древесная растительность как главный компонент лесных насаждений, эдификатор экосистемы и биоиндикатор состояния окружающей среды является первостепенным объектом изучения при экологическом мониторинге. В процессе исследований устанавливаются значения основных таксационных показателей каждого элемента леса, слагающего древостой.

### **Диаметр деревьев**

После отграничения пробной площади проводят перечет деревьев, определяя диаметр каждого дерева. Перечет проводят по породам, ступеням толщины, качественным категориям, ярусам (если древостой сложный по форме) и возрастным поколениям (если насаждение состоит из древостоев нескольких возрастных поколений) (Семенюта и др., 1970; Анучин, 1977; ОСТ 56-69-83; Поляков, Набатов, 1983).

Выделение ярусов проводят при наличии достаточно выраженных пологов, отличающихся по средней высоте не менее чем на 20 % от высоты более высокого яруса. При высоте нижнего полога от 4 до 8 м его таксируют как ярус, если он составляет не менее половины высоты первого яруса. В остальных случаях, а также при высоте полога менее 4 м его таксируют как подрост (ОСТ 56-69-83).

Возрастные поколения выделяют при разнице в возрасте не менее, чем два класса возраста и запаса выделяемого поколения не менее 20 % от общего запаса насаждения (ОСТ 56-69-83). Величина ступени толщины при перечете должна приниматься в зависимости от среднего диаметра на высоте 1,3 м преобладающего элемента древостоя

(ОСТ 56-69-83) (табл. 2). Количество ступеней толщины должно быть в среднем 8–10 (Поляков, Набатов, 1983).

Таблица 2

Ступени толщины в зависимости от среднего диаметра преобладающего элемента древостоя

Средний диаметр преобладающего элемента леса, см	Величина ступени толщины, см
До 4	0,5
4,1–8	1,0
8,1–16	2,0
Свыше 16	4,0

В равнинных условиях диаметры деревьев измеряют в одном произвольном направлении (Зарудный и др., 1970; Семенюта, 1970; ОСТ 56-69-83). Среднеарифметический диаметр ствола на высоте 1,3 м определяется при его детальном измерении в двух взаимно перпендикулярных направлениях (север-юг и запад-восток), а в горных условиях – вдоль и поперек склона.

Диаметры деревьев на ППП обмеряют мерными вилками на высоте 1,3 м от шейки корня по ступеням толщины (Анучин, 1977) или с точностью до 0,1 см (Семенюта, 1970; ОСТ 56-69-83) в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Одновременно определяют место расположения дерева в насаждении и наносят его на план пробной площади. В некоторых случаях на планы наносят проекции крон деревьев, что позволяет судить о степени их сомкнутости на данной пробной площади.

Минимальный диаметр деревьев, включаемых в перечень, должен быть 8 см для насаждений со средним диаметром от 16 см и более, для насаждений со средним диаметром до 16 см – должен составлять 0,4 среднего диаметра (ОСТ 56-69-83). Если диаметр дерева на высоте 1,3 м превышает длину линейки мерной вилки, то измеряют длину окружности на указанной высоте дерева и делят ее на число  $\pi$  (3,14) (Зарудный и др., 1970).

### Высота деревьев

После перечета деревьев необходимо установить их высоты, используя эклиметры, высотомеры, оптические дальнометры и т. п. (Зарудный и др., 1970; Вагин и др., 1978). Для каждой ступени толщины

измеряется высота двух-трех деревьев, которые по визуальному определению будут средними для данной ступени.

При исследовательских работах и на пробных площадях *среднюю высоту* ( $H_{cp}$ ) определяют с предельно большой точностью, которая может быть получена при значительном числе измерений высот у отдельных деревьев (Вагин и др., 1978). Обычно измеряют высоты у 12–15 деревьев каждого элемента леса с одновременным измерением их толщины на высоте 1,3 м.

Данные перечислительной таксации на пробных площадях заносят в ведомость (приложение 1) или полевую тетрадь, предварительно разграфованную по примеру приложения 1. Графы 7 и 8 взаимозаменяемые. Используется один из показателей: «Категория санитарного состояния» или «Показатель жизненного состояния». Методика их определения приведена в следующих разделах.

На пробных площадях, заложенных в молодняках и средневозрастных насаждениях, единичные деревья, не образующие ярус или поколение, также включают в перечень, но при вычислении средних диаметров и высот соответствующих элементов леса, а также полноты яруса их не учитывают. Запас единичных деревьев учитывают отдельно (ОСТ 56-69-83).

В зависимости от цели проводимых исследований в графы 9–13 можно добавлять другие показатели, например, «высота до живой ветки и сухого сучка», «диаметр кроны в двух направлениях» (при измерении биометрических показателей кроны) и т. д. В графе «Примечание» отмечают различные виды и характер повреждений (механические повреждения, смолотечение, плодовые тела, дупла и т. д.).

### Обработка полевого материала

После проведения перечислительной таксации в камеральных условиях проводят обработку полевого материала.

**Средний диаметр** древостоя определяется двумя способами:

а) средний диаметр, соответствующий площади сечения среднего дерева в древостое;

б) средний арифметический диаметр, получаемый как частное от деления суммы диаметров всех деревьев, образующих древостой, на их количество.

При первом способе вначале определяется сумма площадей сечений на высоте 1,3 м путем перемножения площади сечения одного дерева в каждой ступени на количество деревьев в этой ступени и суммирования показателей всех ступеней (Зарудный и др., 1970).

Площадь поперечного сечения ( $g$ , см<sup>2</sup>) для соответствующего диаметра определяют по таблицам (приложение 2) или по формуле (Анучин, 1977)

$$g = p / 4D^2, \quad (1)$$

где  $\pi$  – число «пи», равное 3,14;

$D$  – диаметр дерева, см.

Среднюю площадь сечения древостоя (среднего дерева) вычисляют путем деления суммы площадей сечения всего древостоя на общее количество деревьев:

$$g_m = G / N, \quad (2)$$

где  $g_m$  – средняя площадь сечения древостоя (среднего дерева), см<sup>2</sup>;

$G$  – сумма площадей сечения всего древостоя, см<sup>2</sup>;

$N$  – общее количество деревьев, шт.

Можно вычислить  $g_m$  и по формуле (Вагин и др., 1978)

$$g_m = (g_1 n_1 + g_2 n_2 + \dots + g_n n_n) / (n_1 + n_2 + \dots + n_n), \quad (3)$$

где  $g_1, g_2, \dots, g_n$  – площади сечения одного дерева в учетных ступенях толщины, см<sup>2</sup>;

$n_1, n_2, \dots, n_n$  – количество деревьев в соответствующих ступенях толщины, установленное при перечете, шт.

Средний диаметр древостоя (или элемента леса) определяют по средней площади сечения по формуле

$$D_m = 2\sqrt{\frac{g_m}{p}}, \quad (4)$$

где  $D_m$  – средний диаметр древостоя (или элемента леса), см;

$g_m$  – средняя площадь сечения древостоя (среднего дерева), см<sup>2</sup>;

$\pi$  – число «пи», равное 3,14.

При втором способе определения среднего диаметра суммируются диаметры всех деревьев, зафиксированных при перечете, а полученная сумма делится на общее количество деревьев.

При определении площади сечения каждого дерева на ПП можно воспользоваться данными приложения 2, в котором указаны значения рассматриваемого показателя для диаметров от 0,1 до 100 см. Полученные данные заносят в таблицу (ведомость) (приложение 3).

**Среднюю высоту** элемента леса определяют по графику высот для дерева среднего диаметра. Для построения графика высот преобладающего элемента леса измеряют высоты у 20–25 деревьев, которые распределяют по ступеням толщины пропорционально суммам площадей сечений (ОСТ 56-69-83) или количеству деревьев в них.

У элементов леса, составляющих 0,1–0,4 в формуле состава, высоты измеряют у 3–5 деревьев, близких по высоте к средней. Средняя высота в этих случаях определяется как среднее арифметическое указанных измерений. Средние высоты элементов леса, доля участия которых менее 0,1 состава, определяют глазомерно (ОСТ 56-69-83).

Полученные данные обмеров диаметров и высот модельных деревьев наносят на график, который строится в прямоугольных координатах (рис. 2). Затем проводят плавную обобщающую кривую без скачков и изломов так, чтобы была учтена разбросанность точек, и их количество вниз и вверх от кривой было примерно одинаковым.

На графике высот на оси абсцисс отмечают значение среднего диаметра древостоя  $D_m$ . Затем из точки  $D_m$  восстанавливают перпендикуляр до пересечения с кривой и на оси ординат снимают значение высоты, которая и будет средней высотой ( $H_m$ ). Пользуясь кривой высот, можно найти высоту деревьев любого диаметра (Анучин, 1977).

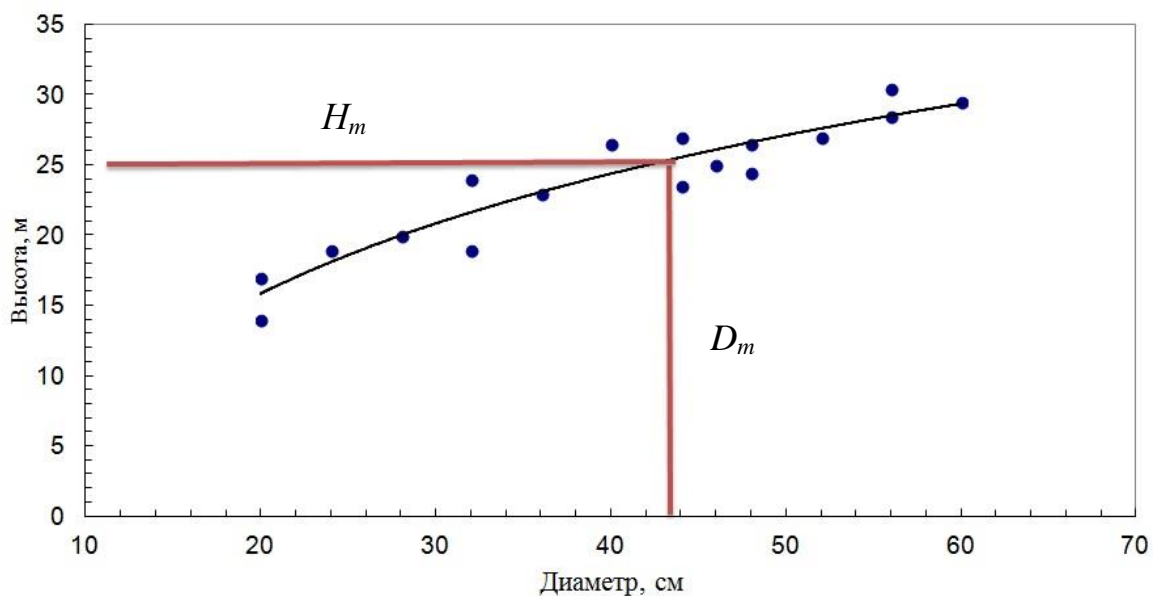


Рис. 2. Построение кривой зависимости высот от диаметров по измеренным в натуре данным

**Полноту древостоя** определяют с учетом того, что она бывает абсолютной и относительной.

**Абсолютная полнота** элемента леса (древостоя, яруса) выражается общей суммой площадей сечения ( $G$ ) всех деревьев, слагающих



древостой (ярус), на единице площади. Абсолютная полнота определяется по материалам перечета деревьев (Семенюта и др., 1970) или с помощью специальных приборов (полнотомер Биттерлиха, призма Анучина и т. д.).

*Относительная полнота*, или просто полнота элемента леса (яруса, древостоя), находится путем деления абсолютной полноты (суммы площадей сечений деревьев на высоте 1,3 м) элемента леса (древостоя, яруса) на сумму площадей сечений нормального древостоя, взятую из таблиц хода роста или из стандартной таблицы сумм площадей сечений и запасов соответствующей древесной породы (Семенюта, 1961; Семенюта и др., 1970; Анучин, 1977).

Полноту древостоя (яруса, элемента леса) определяют при обычных лесотаксационных работах до 0,1, а при научно-исследовательских – до 0,01 (Семенюта, 1961). В отдельных случаях относительная полнота может быть больше единицы, что свидетельствует о несоответствии стандартных таблиц региональным условиям. Определение относительной полноты элемента леса (яруса, древостоя) по стандартной таблице проводится следующим образом.

1. Определяется средняя высота элемента леса (яруса, древостоя).
2. По преобладающей породе и средней высоте элемента леса (яруса, древостоя) находится по таблице сумма площадей сечений.
3. Сумма площадей сечений (абсолютная полнота) таксируемого элемента леса (яруса, древостоя) делится на сумму площадей сечений, взятую из таблицы.

Относительную полноту насаждения определяют по следующей формуле (Анучин, 1971):

$$P = \frac{\Sigma G_{\phi}}{\Sigma G_n}, \quad (5)$$

где  $\Sigma G_{\phi}$  – сумма площадей поперечных сечений деревьев конкретного древостоя, м<sup>2</sup>/га;

$\Sigma G_n$  – сумма площадей поперечных сечений нормального полного древостоя, м<sup>2</sup>/га (по таблицам).

При проведении научных исследований помимо полноты древостоев определяется *степень сомкнутости полога* (Семенюта, 1961; Захаров, 1967). С этой целью на ПП по четырем радиусам замеряются проекции крон, и на основе этих замеров определяются площади

проекций. Сумма проекций крон всех деревьев сопоставляется с площадью пробы.

Выделяются *абсолютная сомкнутость полога* – общая площадь горизонтальных проекций полога древостоя в м<sup>2</sup> (без просветов между кронами) на единице занимаемой им площади и *относительная сомкнутость полога* – отношение площади горизонтальной проекции полога без просветов (абсолютная сомкнутость) к площади, занимаемой этим древостоем (Зарудный и др., 1970).

Таким образом, относительная сомкнутость  $S_{кр}$  определяется по формуле

$$S_{кр} = \frac{\text{Сумма проекции крон, м}^2}{\text{Площадь пробы, м}^2}. \quad (6)$$

**Запас древостоя** определяется с использованием таблиц объемов стволов в коре древесных пород в зависимости от диаметра и высоты, а также сортиментных таблиц, разработанных для каждого региона отдельно. В них приведены объемы деревьев по ступеням толщины для соответствующих диаметра и высоты. Запас по ступеням толщины получается путем умножения объема дерева в этой ступени на количество деревьев в ней. Сумма запасов по ступеням толщины в конечном итоге дает общий запас по каждой породе. Также запас древостоя можно определить по формуле (Захаров, 1967; Вагин и др., 1978)

$$M = \Sigma GH_f, \quad (7)$$

где  $\Sigma G$  – сумма площадей сечений, м<sup>2</sup>;

$H_f$  – видовая высота (произведение видового числа на высоту).

Среднее видовое число в насаждении зависит от средней высоты и древесной породы таксируемого насаждения. 1-я группа древесных пород: сосна, лиственница, береза, осина, ольха; 2-я группа древесных пород: ель, пихта, кедр, бук, дуб, ильм, ясень.

Зависимость среднего видового числа от средней высоты у древесных пород 1-й группы:

$$F = 0,40 + 1,20 / H, \quad (8)$$

у деревьев 2-й группы:

$$F = 0,42 + 1,26 / H. \quad (9)$$

Запас насаждений для древесных пород соответствующих групп можно определить по формулам

$$M_1 = 10 \Sigma G + 0,4 \Sigma G (H_m - 22), \quad (10)$$

$$M_2 = 10 \Sigma G + 0,4 \Sigma G (H_m - 21), \quad (11)$$

где  $H_m$  – средняя высота древостоя, м;

$\Sigma G$  – сумма площадей сечений деревьев, м<sup>2</sup>.

**Возраст** основного элемента леса определяется, как правило, с точностью до класса возраста визуальным способом. Продолжительность класса возраста зависит от биологических особенностей древесной породы (табл. 3).

Определение среднего возраста элемента леса проводится путем подсчета годовых колец (слоев) на кернях, взятых с помощью возрастного бурава у шейки корня, или на пнях срубленных 3–5 модельных деревьев, близких к средним (ОСТ 56-69-83).

Таблица 3

Продолжительность классов возраста  
для различных древостоев

Классы возраста	Возраст в годах	
	древостоев хвойных и твердолиственных пород семенного происхождения	древостоев мягко- и твердолиственных пород порослевого происхождения
I	1–20	1–10
II	21–40	11–20
III	41–60	21–30
IV	61–80	31–40
V	81–100	41–50
VI	101–120	51–60 и т. д.

Деревья крайних ступеней толщины в расчет не включают, так как это старые деревья (Семенюта, 1961). Вычисленный средний возраст округляют до 5 лет. Средний возраст элемента леса определяют как среднее арифметическое возрастов модельных деревьев.

При таксации сложных разновозрастных насаждений возрасты указывают для каждого элемента леса, а для всего древостоя указывают возраст того элемента леса, на долю которого приходится больший запас, и это будет возраст основного элемента леса (Семенюта, 1961).

В молодых и средневозрастных сосновых древостоях возраст древостоев определяется визуально по количеству ежегодно образуемых деревьями мутовок (Анучин, 1977). Средний возраст насаждений вычисляется по формуле (Захаров, 1967)

$$A_{cp} = \left( \frac{A_1 M_1 + A_2 M_2 + \dots + A_n M_n}{M_1 + M_2 + \dots + M_n} \right) = \frac{\Sigma AM}{\Sigma M}, \quad (12)$$

где  $A_1, A_2, \dots, A_n$  – возрасты отдельных групп насаждений, лет;  
 $M_1, M_2, \dots, M_n$  – запасы отдельных групп насаждений, м<sup>3</sup>/га;  
 $M$  – общий запас насаждений, м<sup>3</sup>/га.

Средний возраст чаще всего находят по формуле (Поляков, Набатов, 1983)

$$A_{cp} = \frac{(A_1 G_1 + A_2 G_2 + \dots + A_n G_n)}{\Sigma G}, \quad (13)$$

где  $A_1, A_2, \dots, A_n$  – возраст отдельных групп деревьев (ступеней толщины или классов) древостоя данной породы, лет;  
 $G_1, G_2, \dots, G_n$  – суммы площадей сечений отдельных групп деревьев, м<sup>2</sup>.

**Густота древостоя** – это количество деревьев на единице лесной площади. Густота деревьев на 1 га определяется по формуле

$$N = \frac{10000n}{S}, \quad (14)$$

где  $N$  – густота (число деревьев), шт./га;  
 $n$  – общее число деревьев на пробной площади, шт.;;  
 $S$  – площадь ПП, м<sup>2</sup>.

Показателем густоты древостоя может служить среднее расстояние между деревьями, выраженное в метрах, в одном из наиболее характерных произвольных направлений (Зарудный и др., 1970).

**Класс бонитета** определяют по среднему возрасту и средней высоте древостоя (Семенюта и др., 1970). Установлено, что чем выше средняя высота в данном возрасте, тем выше и его общая производительность, а следовательно, и класс бонитета.

В настоящее время пользуются двумя вариантами общепонитировочной шкалы, составленной и предложенной в 1911 г. М. М. Орловым:

для насаждений семенного и порослевого происхождения, так как интенсивность их роста в различные периоды развития неодинакова (приложение 4).

В смешанных и разновозрастных насаждениях класс бонитета устанавливается по среднему возрасту и средней высоте основного элемента леса (Семенюта и др., 1970).

### *Контрольные вопросы и задания*

1. В чем принципиальное отличие постоянных и временных пробных площадей?
2. Какие требования предъявляются к участку насаждения при закладке пробных площадей?
3. От чего зависит размер пробной площади?
4. Как определить средний диаметр элемента леса?
5. Как определить среднюю высоту древостоя?
6. Сколько модельных деревьев необходимо для построения кривой высот?
7. Что такое абсолютная и относительная полнота древостоя?
8. Как определить абсолютную полноту древостоя?
9. Как определить относительную полноту древостоя?
10. Что такое формула состава древостоя и по какому (каким) показателям она составляется?
11. Как определить запас древостоя на пробной площади по элементам леса?
12. Что такое класс бонитета и как он определяется?
13. Изложите способ определения среднего возраста древостоя.

### 3. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВОСТОЯ

#### 3.1. Оценка древостоя по категориям санитарного состояния

Для оценки состояния древостоя в целом и каждого дерева в отдельности можно использовать категории санитарного состояния (Об утверждении..., 2020) (табл. 4).

Таблица 4

#### Шкала категорий санитарного состояния древостоев

Категория санитарного состояния деревьев	Диагностические признаки по категориям санитарного состояния деревьев	
	хвойных	лиственных
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1 – здоровые (без признаков ослабления)	Деревья нормального развития, крона густая, нормальной формы (для этой породы, возраста, условий местопроизрастания и сезонного периода); окраска и величина хвои (листвы) нормальные; прирост текущего года нормального размера; повреждения вредителями и поражение болезнями отсутствуют, без механических повреждений ствола, скелетных ветвей, ран и дупел	
2 – ослабленные	Деревья с начальными признаками ослабления; крона разреженная; хвоя светло-зеленая; прирост уменьшен, но не более чем наполовину; отдельные ветви засохли, в кроне менее 25 % сухих ветвей; возможны признаки местного повреждения ствола и корневых лап, ветвей, допустимо наличие механических повреждений и небольших дупел, не угрожающих их жизни	Деревья с начальными признаками ослабления, недостаточно облиственные; крона разреженная; листва светло-зеленая; прирост уменьшен, но не более чем наполовину; отдельные ветви засохли, в кроне менее 25 % сухих ветвей; единичные водяные побеги; возможны признаки местного повреждения ствола и корневых лап, ветвей, допустимо наличие механических повреждений и небольших дупел, не угрожающих их жизни
3 – сильно ослабленные	Деревья в активной стадии повреждения неблагоприятными факторами с явно выраженными признаками ухудшения состояния, крона ажурная, слабо развита, хвоя светло-зеленая, матовая, прирост слабый, менее половины обычного, наличие усыхающих или усохших ветвей,	Деревья в активной стадии повреждения неблагоприятными факторами с явно выраженными признаками ухудшения состояния; крона ажурная, слабо развита; листва мелкая, светло-зеленая, светлее или желтее обычной; прирост слабый, менее половины обычного; наличие

Продолжение табл. 4

1	2	3
	усыхание ветвей до 2/3 кроны, сухих ветвей от 25 до 50 %, плодовые тела трутовых грибов или характерные для них дупла, возможны значительные механические повреждения ствола, суховершинность; часто имеются признаки повреждения болезнями и вредителями ствола, корневых лап, ветвей, хвои, в том числе попытки или местные поселения стволовых вредителей	усыхающих или усохших ветвей, усыхание ветвей до 2/3 кроны, сухих ветвей от 25 до 50 %, обильные водяные побеги на стволе и ветвях; плодовые тела трутовых грибов или характерные для них дупла, возможны значительные механические повреждения ствола, суховершинность; часто имеются признаки повреждения болезнями и вредителями ствола, корневых лап, ветвей, листвы, в том числе попытки или местные поселения стволовых вредителей
4 – усыхающие	Деревья, поврежденные в сильной степени с максимальной вероятностью их усыхания в текущем вегетационном периоде; крона сильно ажурная, изреженная, хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая; прирост очень слабый или отсутствует; хвоя на побеге текущего года не развитая, усыхание более 2/3 ветвей, сухих ветвей более 50 %; на стволе и ветвях выражены явные признаки заселения стволовыми вредителями (входные отверстия, насечки, смолотечение, смоляные воронки, буровая мука и опилки, насекомые на коре, под корой и в древесине)	Деревья, поврежденные в сильной степени с высокой вероятностью их усыхания в текущем или следующем вегетационном периоде; крона сильно ажурная; листва мелкая, редкая, светло-зеленая или желтоватая; прирост очень слабый или отсутствует; усыхание более 2/3 ветвей, сухих ветвей более 50 %; на стволе и ветвях возможны признаки заселения стволовыми вредителями (входные отверстия, насечки, сокоотечение, буровая мука и опилки, насекомые на коре, под корой и в древесине); обильные водяные побеги, частично усохшие или усыхающие
5 – погибшие	Деревья, полностью утратившие жизнеспособность	
5(а) – свежий сухостой	Деревья, усохшие в течение текущего вегетационного периода; хвоя серая, желтая или красно-бурая; кора частично опала; на стволе, ветвях и корневых лапах часто признаки заселения стволовыми вредителями или их вылетные отверстия	Деревья, усохшие в течение текущего вегетационного периода; листва увяла или отсутствует; ветви низших порядков сохранились; кора частично опала; на стволе, ветвях и корневых лапах часто признаки заселения стволовыми вредителями или их вылетные отверстия

Окончание табл. 4

1	2	3
5(б) – свежий ветровал	Деревья, вываленные ветром в текущем году с полностью или частично оборванными корнями; хвоя зеленая, серая, желтая или красно-бурая; кора обычно живая; ствол повален или наклонен с обрывом более 1/3 корней	Деревья, вываленные ветром в текущем году с полностью или частично оборванными корнями; листва зеленая, увяла либо не сформировалась; кора обычно живая; ствол повален или наклонен с обрывом более 1/3 корней
5(в) – свежий бурелом	Деревья со сломанными ветром стволами в текущем году; хвоя зеленая, серая, желтая или красно-бурая; кора ниже слома обычно живая; ствол сломлен ниже 1/3 протяженности кроны	Деревья со сломанными ветром стволами в текущем году; листва зеленая, увяла, либо не сформировалась; кора ниже слома обычно живая; ствол сломлен ниже 1/3 протяженности кроны
5(г) – старый сухостой	Деревья, погибшие в предшествующие годы; живая хвоя (листва) отсутствует или сохранилась частично; мелкие веточки и часть ветвей опали; кора разрушена или осыпалась частично или полностью; на стволе и ветвях имеются вылетные отверстия насекомых, стволовые вредители вылетели; в стволе возможно наличие мицелия дереворазрушающих грибов, снаружи – плодовых тел трутовиков	
5(д) – старый ветровал	Деревья, вываленные ветром в предшествующие годы, с полностью оборванными корнями; живая хвоя (листва) отсутствует; кора и мелкие веточки осыпались частично или полностью, ствол повален или наклонен с обрывом более 1/3 корней; стволовые вредители вылетели	
5(е) – старый бурелом	Деревья со сломанными ветром стволами в предшествующие годы; живая хвоя (листва) отсутствует; кора и мелкие веточки осыпались частично или полностью; ствол сломлен ниже 1/3 протяженности кроны; стволовые вредители выше места слома вылетели, ниже места слома могут присутствовать: живая кора, водяные побеги, вторичная крона, свежие поселения стволовых вредителей	

Оценка санитарного состояния деревьев, сбрасывающих на зиму хвою (листву), производится только в вегетационный период, когда они находятся в охвоенном (облиственном) состоянии.

При перечете обязательно указывают заселенность деревьев разных категорий стволовыми вредителями и пораженность болезнями, если признаки поражения четко выражены. В очагах хвое- и листогрызущих вредителей перечет деревьев проводится после периода восстановления хвои и листвы, до этого в случае необходимости учитывается лишь степень объедания хвои (листвы) в процентах (без повреждения,



слабое повреждение – менее 25 %, среднее – 25–50 %, сильное – 50–75 %, полное – более 75 %.

Санитарное состояние древостоев определяется исходя из распределения количества деревьев или запаса по категориям санитарного состояния в пределах пробной площади.

Категория санитарного состояния деревьев ( $K_{cp}$ ) каждой древесной породы рассчитывается с учетом ее доли в запасе насаждения по формуле

$$K_{cp} = \frac{\sum (P_i K_i)}{100}, \quad (15)$$

где  $P_i$  – доля каждой категории санитарного состояния в процентах от запаса древесины деревьев этой древесной породы;

$K_i$  – категория санитарного состояния дерева ( $K_i = 1$  – без признаков усыхания,  $K_i = 5$  – погибшее).

Средневзвешенная категория санитарного состояния древостоя ( $K_{cp. нас.}$ ) рассчитывается по формуле

$$K_{cp. нас.} = \frac{\sum (P_i K_{срi})}{10}, \quad (16)$$

где  $P_i$  – доля участия древесной породы в составе лесных насаждений, в долях единицы;

$K_{срi}$  – средневзвешенные категории санитарного состояния деревьев каждой древесной породы.

Категория ослабленности (санитарного состояния) древостоя определяется по значению средней категории санитарного состояния. Древостой характеризуется как здоровый при  $K_c = 1,0–1,5$ , как ослабленный при  $K_c = 1,51–2,5$ , сильно ослабленный при  $K_c = 2,51–3,5$ , отмирающий при  $K_c = 3,51–4,5$  и погибший при  $K_c = 4,51$  и более.

Данные о среднем значении категории санитарного состояния позволяют не только сделать вывод о санитарном состоянии древостоя на конкретный момент времени, но и осуществлять мониторинг санитарного состояния.

При определении средней категории санитарного состояния древостоя по запасу формула может иметь вид:

$$K_c = \frac{(M_1 \times 1 + M_2 \times 2 + M_3 \times 3 + M_4 \times 4 + M_5 \times 5)}{\sum M}, \quad (17)$$

где  $K_c$  – среднее значение показателя категории санитарного состояния по запасу;

$M_1, M_2, \dots, M_5$  – запас деревьев первой ... пятой категорий санитарного состояния, м<sup>3</sup>/га;

1, 2, ..., 5 – номер категории санитарного состояния;

$\Sigma M$  – общий запас деревьев, м<sup>3</sup>/га.

Можно рассчитать среднюю категорию санитарного состояния древостоя по количеству деревьев по формуле

$$K_c = \frac{(N_1 \times 1 + N_2 \times 2 + N_3 \times 3 + N_4 \times 4 + N_5 \times 5)}{\Sigma N}, \quad (18)$$

где  $K_c$  – среднее значение показателя категории санитарного состояния по густоте;

$N_1, N_2, \dots, N_5$  – количество деревьев первой, второй .... пятой категорий санитарного состояния, шт.;

1, 2, ..., 5 – номер категории санитарного состояния;

$\Sigma N$  – общее количество деревьев, шт.

На основании данных о санитарном состоянии назначаются лесоводственные мероприятия, в частности, санитарные рубки. Назначение последних производится в том случае, если запас деревьев текущего отпада превышает значение естественного отпада в древостоях аналогичного состава и возраста.

Размер естественного отпада берется из таблиц хода роста или специальных таблиц, составленных для древостоев конкретного региона, состава и группы возраста. В частности, текущий отпад считается естественным, если он не превышает на территории Свердловской области в молодняках 4 %, в средневозрастных – 3 %, а в приспевающих, спелых и перестойных насаждениях – 2 % от запаса их древостоев (Основные положения ..., 1995).

К текущему отпаду относится запас деревьев 4, 5(а), 5(б), 5(в) категорий санитарного состояния, то есть усыхающих деревьев и деревьев сухостоя, бурелома и ветровала текущего года (свежий сухостой, бурелом, ветровал). Запас деревьев 5(г), 5(д) и 5(е) категорий санитарного состояния (сухостой, ветровал и бурелом прошлых лет) к текущему отпаду не относится. Кроме того, деревья 5(г), 5(д) и 5(е) категорий санитарного состояния «отработаны» вредителями и опасности для здоровых деревьев не представляют.

Если при расчете окажется, что уборка деревьев 4, 5(а), 5(б), 5(в), 5(г), 5(д) и 5(е) категорий санитарного состояния приведет к снижению относительной полноты оставляемой для выращивания части древостоя ниже показателя устойчивости (для темнохвойных пород – 0,5, для светлохвойных и лиственных пород – 0,4), назначаются сплошные санитарные рубки.

### 3.2. Оценка жизненного состояния древостоя

В последнее время для исследований состояния древостоев широко используется методика оценки жизненного состояния древостоев, предложенная В. А. Алексеевым (1989, 1990).

В отличие от показателей санитарного состояния в предлагаемой методике деревьям различных категорий жизненности присваивают коэффициенты, соответствующие состоянию их здоровья, которые в дальнейшем используют в расчетах показателей жизненного состояния. По определению автора, это позволяет перейти от обычно используемых номерных индексов к показателям качественного, смыслового значения.

Наличие тех или иных диагностических симптомов повреждения листьев растений позволяет, хотя и не всегда, осуществить опознавание фактора или факторов, вызвавших данное повреждение. Очень часто степень ослабления или повреждения дерева определяется неспецифичными признаками, а именно: изреживанием густоты кроны вследствие недоразвития или преждевременного опадения листьев и хвои, резким сокращением прироста, скоротечным усыханием ветвей в верхней половине кроны и др.

Классификация жизненного состояния деревьев (шкала категорий) по характеристике кроны (Алексеев, 1990) может быть использована как в поврежденных, так и в неповрежденных насаждениях. В соответствии с данной классификацией выделяют четыре категории деревьев.

**Здоровое дерево.** Дерево, не имеющее внешних признаков повреждений кроны и ствола. Густота кроны обычная для господствующих деревьев (I и II классов Крафта в случае применимости этой классификации). 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 хвои типична для региона. Любые повреждения листьев и хвои незначительны (менее 10 %) и не сказываются на состоянии дерева.

**Ослабленное (поврежденное) дерево.** Обязателен хотя бы один из следующих признаков:

а) снижение густоты кроны на 30 (25–40) % за счет преждевременного опадения или недоразвития листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны;

б) наличие 30 (25–40) % мертвых и (или) усыхающих ветвей в верхней половине кроны;

в) повреждение (объедание, скручивание, ожоги, хлорозы, некрозы и т. д.) и выключение из ассимиляционной деятельности 30 % всей площади листьев (хвои) насекомыми, патогенами, пожарами, атмосферным загрязнением или по неизвестным причинам.

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

**Сильно ослабленное (сильно поврежденное) дерево.** В верхней половине кроны 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) повреждение (объедание, скручивание, ожоги, хлорозы, некрозы и т. д.) и выключение из ассимиляционной деятельности 60 (50–70) % всей площади листьев (хвои) в связи с повреждениями насекомыми, патогенами, пожарами, атмосферным загрязнением или по неизвестным причинам.

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

**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. В комлевой и средней частях ствола возможны признаки заселения стволовыми вредителями.

Приведенная классификация основана на диагностических признаках, каждый из которых достаточен для отнесения дерева к той или иной категории жизненного состояния. Вместе с тем она оставляет возможность использования любых дополнительных частных признаков, которые могут влиять на здоровье дерева.

Наиболее информативно для прогнозных оценок состояние ветвей верхней половины кроны. Оптимальное время обследования древостоев – начало второй половины вегетационного периода, когда у большинства видов деревьев закончен рост листьев и побегов.

На основании данных, полученных в результате таксации деревьев и оценки их состояния на пробных площадях, рассчитывают показатели жизненного состояния древостоев. Деревьям различных категорий жизненности присваиваются коэффициенты, соответствующие состоянию их здоровья. Состояние здоровых деревьев приравнивается к 100 %, мертвых (старый или свежий сухостой) – к нулю. Для деревьев промежуточных градаций указываются коэффициенты, соответствующие их жизненному состоянию к моменту перечета.

Для большинства производственных и исследовательских целей вполне достаточно оценить жизненное состояние деревьев, категории которых перечислены в вышеприведенной шкале. В этом случае целесообразно принять, что ослабленные особи утратили примерно третью часть жизненных потенций, а сильно ослабленные – две трети, и их «здоровье» оценивается соответственно в 70 и 40 % от нормального. Жизненный потенциал отмирающего дерева редко превышает 5 % от возможного.

Расчет жизненного состояния производится по формуле

$$L_M = \frac{(100M_1 + 70M_2 + 40M_3 + 50M_4)}{\Sigma M}, \quad (19)$$

где  $L_M$  – относительное жизненное состояние древостоя, рассчитанное с учетом крупности деревьев;

$M_1$  – запас древесины здоровых деревьев на пробной площади или на 1 га, м<sup>3</sup>;

$M_2, M_3, M_4$  – запас поврежденных (ослабленных), сильно поврежденных и отмирающих деревьев на ПП или 1 га соответственно, м<sup>3</sup>;

100, 70, 40 и 50 – коэффициенты, выражающие жизненное состояние здоровых, поврежденных, сильно поврежденных и отмирающих деревьев, %;

$\Sigma M$  – общий запас древесины в древостое на пробной площади или на 1 га (включая объем сухостоя), м<sup>3</sup>.

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

Широко распространен расчет индексов состояния древостоев по количеству деревьев:

$$L_N = \frac{(100N_1 + 70N_2 + 40N_3 + 50N_4)}{\Sigma N}, \quad (20)$$

где  $L_N$  – относительное жизненное состояние древостоя, рассчитанное по количеству деревьев;

$N_1$  – количество здоровых деревьев на ПП или 1 га, шт.;

$N_2$  – количество ослабленных деревьев на ПП или 1 га, шт.;

$N_3$  – количество сильно ослабленных деревьев на ПП или 1 га, шт.;

$N_4$  – количество отмирающих деревьев лесовосстановителя (или лесовосстановителей) на пробной площади (или на 1 га), шт.;

$\Sigma N$  – общее количество деревьев (включая сухостой) на пробной площади или на 1 га, шт.

В ряде случаев целесообразно знать не столько жизненное состояние древостоя, сколько степень его поврежденности. Для проведения такой оценки деревьям разных категорий состояния придают иные коэффициенты. Так, здоровому неповрежденному дереву присваивают коэффициент 0, ослабленному (поврежденному) – 30 %, сильно поврежденному – 60, усыхающему – 95, сухостоем – 100 %. Формула расчета:

$$D_M = \frac{30M_2 + 60M_3 + 95M_4 + 100M_5}{\Sigma M}, \quad (21)$$

где  $D_M$  – поврежденность древостоя, %;

$M_2, M_3, M_4, M_5$  – запас древесины поврежденных (ослабленных), сильно поврежденных, усыхающих деревьев и сухостоя на пробной площади или на 1 га, м<sup>3</sup>;

30, 60, 95 и 100 – коэффициенты, выражающие в % поврежденность разных категорий деревьев;

$\Sigma M$  – общий запас древесины деревьев древостоя на пробной площади или на 1 га (включая объем здоровых деревьев), м<sup>3</sup>.

При показателе  $D_M$  менее 20 % древостой можно считать здоровым (поврежденность от 11 до 19 % свидетельствует о начальном ослаблении древостоя), при 20–49 % – поврежденным, при 50–79 % – сильно поврежденным, при 80 % и более – разрушенным.

### **3.3. Оценка жизненного состояния деревьев и древостоев, подверженных воздействию промышленных поллютантов**

Общеизвестно, что аэропромвыбросы являются одним из главных антропогенных факторов, влияющих как на отдельные деревья, так и на насаждения в целом. К сожалению, широко известная шкала санитарного состояния деревьев, приведенная в Правилах санитарной безопасности в лесах (2020), учитывает в большей степени влияние на деревья лесных пожаров, насекомых вредителей и болезней, а специфику воздействия промышленных поллютантов отражает слабо, во всяком случае, на начальных этапах указанного воздействия.

Сложность установления негативного воздействия промышленных поллютантов объясняется целым рядом факторов. *Атмосферное загрязнение* – это сложное биохимическое явление, затрагивающее в первую очередь метаболические и физиологические процессы и разрушающие ультраструктуру клеток ассимиляционного аппарата. Степень воздействия промышленных поллютантов на растение зависит не только от их концентрации и продолжительности действия, но и от химического состава, видовой принадлежности и устойчивости конкретного вида растений к данному виду загрязнения, от стадии онтогенеза, времени года, лесорастительных условий и других факторов.

В качестве основных диагностических показателей установления степени влияния аэропромвыбросов на состояние деревьев используются:

- 1) хлорозы и некрозы ассимиляционных органов;
- 2) снижение продолжительности жизни хвои;
- 3) снижение охвоенности крон с нарушением распределения фитомассы ассимиляционного аппарата по высоте кроны;
- 4) ускоренное отмирание ветвей основной кроны;
- 5) снижение линейного прироста оси ствола и ветвей;
- 6) ослабление побегообразования вследствие отмирания ветвей основной кроны с одновременным усилением образования короткоживущих побегов из спящих почек;
- 7) снижение радиального прироста древесины ствола и скелетных ветвей;

8) изменение габитуса молодых деревьев, превращение их в ку-стообразную или псевдостланниковую форму;

9) гибель деревьев с полной деградацией древостоя.

Проблема определения степени негативного воздействия аэро-промвыбросов или промышленных поллютантов усугубляется тем, что чаще всего они представляют собой сложные смеси различных по химическому составу газов и твердых частиц. Их совместное воздействие на растения бывает синергическим (взаимно усиливающим), просто суммарным или антагонистическим, поэтому симптомы повреждения ассимиляционного аппарата отличаются от таковых при воздействии какого-либо одного химического элемента.

В то же время, несмотря на имеющиеся отличия, промышленные поллютанты большинства предприятий вызывают сходные симптомы поражения деревьев и прежде всего их ассимиляционного аппарата. Так, в частности, распространение хлорозов и некрозов у хвойных пород всегда происходит однотипно: от кончика хвоинки к ее основанию. Указанный факт позволил разработать шкалу количественной оценки степени повреждения хвои в условиях загрязнения промышленными поллютантами (табл. 5).

Таблица 5

Классификация хвои сосны обыкновенной по степени поражения промышленными поллютантами

Площадь повреждения хвои, %	Класс повреждения хвои	Жизненное состояние хвои	Краткое описание признаков повреждения хвои (изменение цвета)
1	2	3	4
0–5	0	Здоровая	Зеленая, без видимых признаков изменения цвета или повреждения хвои
6–10	1	Здоровая	Основной цвет хвои зеленый. Однако на хвоинках могут встречаться светло-зеленые и коричневые точки микроскопических размеров. Приурочены они, как правило, к верхним частям и кончикам хвои
11–25	2	Слабо поврежденная	На хвоинках встречаются некрозы кончиков хвои и хлорозы в виде пятен. Хвоинки могут частично приобретать светло-зеленый цвет с рассеянными по ним точечными некрозами («веснушками»). Кончики хвои длиной 1,5–2 мм имеют некрозы, а хлорозы занимают до 1/2 поверхности хвои



Окончание табл. 5

1	2	3	4
26–50	3	Умеренно поврежденная	Цвет кончиков хвои (8–10 мм) с зеленого постепенно меняется на красно-коричневый или бурый. Распространены верхушечные, краевые, пятнистые, в виде поясков, и точечные некрозы. Некрозы занимают > 25 % поверхности хвои
51–75	4	Сильно поврежденная	Начинает приобретать коричневый, красно-коричневый и серый цвет. Встречаются все типа некрозов. Площадь повреждения поверхности хвои превышает 50 %
> 75	5	Отмирающая или сухая	Зеленого цвета практически нет, хвоинки деформированы, засыхают на побегах

Для установления состояния деревьев, произрастающих в условиях влияния промышленных поллютантов, разработана шкала категорий жизненного состояния на принципах шкалы Правил санитарной безопасности в лесах (2020).

Шкала категорий жизненного состояния деревьев, произрастающих в условиях воздействия промышленных поллютантов предусматривает выделение следующих категорий деревьев.

1 категория – *здоровые деревья*. Указанные деревья не имеют внешних признаков повреждения кроны и ствола. Лишайниковый покров на стволах деревьев хорошо развит, не имеет следов повреждения. Густота кроны обычная для деревьев I–II классов Крафта. Мертвые и отмирающие ветви сосредоточены в нижней части кроны; в верхней ее половине крупных отмерших ветвей нет или они малочисленны и по периферии кроны не видны. Закончившие рост листья зеленого или темно-зеленого цвета. Продолжительность жизни хвои типична для данного вида и региона. Любые повреждения хвои (листвы) незначительны (до 5 % от общей площади) и не сказываются на состоянии дерева.

2 категория – *поврежденные деревья*. При оценке степени поврежденности деревьев учитывается, что ухудшение их жизненного состояния при атмосферном загрязнении вызывается, прежде всего, повреждением ассимиляционного аппарата. При этом для условий воздействия промышленных поллютантов под термином «поврежденные» нами понимаются ослабленные в той или иной степени деревья.

В фоновых условиях (при отсутствии загрязнения) для отнесения к ослабленным (поврежденным) деревьям необходимо наличие у них разреженной кроны, снижение прироста, но не более чем наполовину и наличие отдельных засохших ветвей и (или) водяных побегов (Об утверждении..., 2020). В условиях загрязнения промышленными поллютантами к числу обязательных диагностических признаков добавляется наличие хлорозов и некрозов, занимающих не менее 6–10 % площади ассимиляционного аппарата (табл. 6). Характерно также снижение продолжительности жизни хвои. Этот показатель сравнительно просто определяется, особенно в подзоне северной тайги, где хвоя на деревьях сосны сохраняется до 10–12 лет, а у ели – до 21–23 лет. В научных публикациях легко можно найти данные о продолжительности жизни хвои в конкретном регионе.

Таблица 6

Классификация хвои сосны обыкновенной  
по степени изменения цвета

Доля площади хвоинки, занятая хлорозами или некрозами, %	Класс изменения цвета хвои	Стадия изменения цвета хвои
0–5	0	Нет
6–10	1	Начальная
11–25	2	Слабая
26–50	3	Умеренная
51–75	4	Сильная
> 75	5	Сплошная

3 категория – *сильно поврежденные деревья*. При отсутствии загрязнения промышленными поллютантами (фоновые условия) деревья, отнесенные к данной категории, характеризуются следующими признаками: ажурная крона; светло-зеленая матовая хвоя; приросты менее 1/2 от обычных; усыхание ветвей до 2/3 кроны; плодовые тела трутовых грибов или характерные для них дупла. У лиственных пород дополнительно фиксируются обильные водяные побеги и мелкие листья. При загрязнении промышленными поллютантами к числу обязательных диагностических признаков добавляется наличие хлорозов и некрозов, занимающих более 10 % площади ассимиляционного аппарата (хвои, листы). Характерно также существенное снижение продолжительности жизни хвои и резкое снижение прироста деревьев в высоту.

4 категория – *усыхающие (отмирающие) деревья*. В фоновых условиях при отсутствии загрязнения промышленными поллютантами к таковым относятся деревья с сильно ажурной кроной; серой, желтоватой или желто-зеленой хвоей; отсутствием или слабым приростом и наличием более 2/3 усохших ветвей в кроне. У лиственных пород помимо указанных признаков отмечается мелкая редкая листва светло-зеленого или желтоватого цвета. В районах воздействия промышленных поллютантов некрозы на листьях и хвое имеют беловатый, коричневый или черный цвет (табл. 7).

Таблица 7

Классификация хвои сосны обыкновенной  
по степени жизнеспособности

Доля хвоинок, изменивших цвет, %	Класс изменения цвета хвои	Состояние хвои
0–10	0	Здоровая
11–25	1	Слабо поврежденная
26–50	2	Умеренно поврежденная
> 51	3 и 4	Сильно поврежденная

Особо следует отметить, что массовое распространение некрозов при загрязнении промышленными поллютантами наблюдается не всегда, поскольку большая часть полностью некротированных хвоинок (листьев) быстро облетает.

5 категория – *погибшие деревья*.

5(а) категория – *свежий сухостой*. К данной категории относятся деревья, погибшие в течение последнего года. На указанных деревьях возможно наличие сухой хвои или неопавших сухих листьев.

5(б) категория – *свежий ветровал*. При диагностике деревьев в условиях загрязнения промышленными поллютантами данные деревья учитываются только в фоновых условиях для определения санитарного состояния. Причиной гибели указанных деревьев, так же как и 5(в) (свежий бурелом), являются не последствия загрязнения воздуха, а сильный ветер.

5(г) категория – *старый сухостой*. К таковому относятся деревья, погибшие в прошлые годы. Их характеризуют утраченные ветви и кора.

5(д) категория – *старый ветровал*. Представлен вываленными ветром в предшествующие годы деревьями со стволами, поваленными или наклоненными, на которых хвоя (листья), кора и мелкие ветви осыпались.

5(е) категория – *старый бурелом*. Деревья, в предшествующие годы сломанные ветром.

Категории деревьев 5(б), 5(в), 5(д) и 5(е), выделяемые в Правилах санитарной безопасности в лесах (2020), при диагностике влияния промышленных поллютантов на состояние древостоев не учитываются, поскольку причиной отнесения деревьев к данной категории являются не промышленные поллютанты.

Обследование хвойных насаждений, произрастающих в районах воздействия промышленных поллютантов, лучше всего проводить со второй половины июля до первой половины августа, когда закончен рост побегов, а вновь образовавшаяся хвоя (хвоя текущего года) восприимчива к большинству промышленных поллютантов. В лиственных насаждениях исследования лучше всего проводить во второй половине лета, примерно за 2–3 недели до появления первых признаков осеннего изменения цвета листвы.

Оценка жизненного состояния древостоев, подверженных воздействию промышленных поллютантов, осуществляется на основании данных, полученных на пробных площадях (ПП). По полученным данным рассчитываются индексы жизненного состояния древостоев. С этой целью деревьям той или иной категории жизненного состояния, установленной при пересчете, присваивается определенный балл: здоровые деревья – 1,0; поврежденные – 0,7; сильно поврежденные – 0,4; усыхающие (отмирающие) – 0,1; погибшие – 0.

Расчет индекса состояния древостоя производится по формуле (Алексеев, 1990)

$$I_M = \frac{M_1 + 0,7M_2 + 0,4M_3 + 0,1M_4}{\Sigma M}, \quad (22)$$

где  $I_M$  – индекс жизненного состояния древостоя по запасу деревьев;

$M_1$  – запас здоровых деревьев, м<sup>3</sup>/га;

$M_2, M_3, M_4$  – запас поврежденных, сильно поврежденных и отмирающих деревьев, соответственно, м<sup>3</sup>/га;

0,7, 0,4 и 0,1 – баллы поврежденных, сильно поврежденных и отмирающих деревьев;

$\Sigma M$  – общий запас здоровых, поврежденных, сильно поврежденных и отмирающих деревьев, м<sup>3</sup>/га.

При индексе состояния от 1,7 до 0,8 древостой оценивается как здоровый, при индексе от 0,79 до 0,5 – как поврежденный; от 0,49 до 0,2 – сильно поврежденный, а при значении индекса состояния 0,19 и ниже как разрушенный или полностью деградированный.

При необходимости получения оперативной информации о состоянии древостоев индекс жизненного состояния может быть рассчитан на основании данных о площади поперечных сечений деревьев разных категорий состояния или их густоте. В последнем случае расчет может быть выполнен сразу после проведения перечета деревьев. Однако в этом случае полученные данные будут менее точны, чем при определении индекса жизненного состояния древостоя на основании данных о площади поперечных сечений на высоте 1,3 м или запаса деревьев различных категорий состояния. Особенно существенной будет ошибка для загущенных молодняков, где не проводились рубки ухода, в них наблюдается интенсивная дифференциация деревьев по высоте.

### 3.4. Оценка состояния древостоя с использованием коэффициента напряженности роста

Комплексный оценочный показатель (КОП), или коэффициент напряженности роста, является одним из важнейших показателей, характеризующих состояние древостоев (Искаков и др., 2013). Он определяется как отношение высоты среднего дерева к площади его поперечного сечения на высоте 1,3 м. Этот показатель имеет помимо таксационной и гидрофизическую составляющую, так как показывает величину объема ствола, обслуживаемую влагой через единицу площади его поперечного сечения (см/см<sup>2</sup>).

КОП конкретного древостоя рассчитывается по формуле

$$\text{КОП} = \frac{H \times 100}{G_{1,3}} = \frac{H \times 100}{\pi D_m^2 / 4}, \quad (23)$$

где КОП – комплексный оценочный показатель (коэффициент напряженности роста), см/см<sup>2</sup>;

$H$  – средняя высота древостоя, м;

$D_m$  – средний диаметр древостоя на высоте 1,3 м, см;

$G_{1,3}$  – площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте 1,3 м, см<sup>2</sup>;

$\pi$  – число пи, равное 3,14.

Комплексный оценочный показатель зависит от густоты и возраста древостоя, а также условий произрастания. Чем выше количественное значение этого показателя, тем ниже устойчивость насаждения. Абсолютная величина КОП среднего дерева любого древостоя

дает объективный диагноз и прогноз состояния главной породы и является своеобразным алгоритмом планирования лесоводственных мероприятий.

Всероссийским научно-исследовательским институтом агролесомелиорации для сосновых насаждений юго-востока Европейской части России установлены следующие оптимальные значения КОП: в древостоях до 20 лет – 15–25; 20–30 лет – 10–18; 40–70 лет – 5–8 и свыше 100 лет – 2–3 см/см<sup>2</sup> (Шульга, 2002; Терехина, 2009).

Объективность определения КОП возрастает при условии установления напряженности роста древостоя не по показателю среднего дерева, а по показателю, установленному с учетом распределения деревьев по классам (группам) роста и развития (наиболее развитые, средние, угнетенные). При этом КОП вначале определяется для среднего дерева каждой из указанных групп деревьев, а затем устанавливается среднее значение пропорционально количеству деревьев в каждой группе:

$$\text{КОП}_{\text{ор.}} = \frac{\text{КОП}_{\text{луч.}} \cdot N_{\text{луч.}} + \text{КОП}_{\text{ср.}} \cdot N_{\text{ср.}} + \text{КОП}_{\text{угн.}} \cdot N_{\text{угн.}}}{\Sigma N}, \quad (24)$$

где  $\text{КОП}_{\text{др.}}$ ,  $\text{КОП}_{\text{луч.}}$ ,  $\text{КОП}_{\text{ср.}}$ ,  $\text{КОП}_{\text{угн.}}$  – показатели коэффициента напряженности роста для древостоя в целом, лучших, средних и угнетенных деревьев, соответственно;

$N_{\text{луч.}}$ ,  $N_{\text{ср.}}$ ,  $N_{\text{угн.}}$ ,  $\Sigma N$  – количество лучших, средних, угнетенных и общее количество деревьев в древостое, соответственно.

### 3.5. Оценка стабильности развития деревьев и древостоев с использованием метода флуктуирующей асимметрии

Метод флуктуирующей асимметрии основан на небольшом ненаправленном (случайном) отклонении от двухсторонней симметрии у организма или его части. Флуктуирующая асимметрия позволяет оценить нестабильность развития организма. Другими словами, флуктуирующей асимметрией называют небольшие ненаправленные различия между правой и левой ( $R$ ,  $L$ ) сторонами различных морфологических структур, в норме обладающих билатеральной симметрией. Таким образом, флуктуирующая асимметрия – один из морфологических методов оценки состояния и динамики биосистем, а сам показатель флуктуирующей асимметрии – индикатор стабильности развития организма.

Использование показателей флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в настоящее время рекомендовано в нормативных документах экологических служб (Методические..., 2003).

Для оценки степени нарушения стабильности развития растения пятибалльная шкала для березы повислой (*B. pendula* Roth.) (табл. 8).

Таблица 8

Шкала оценки отклонений состояния организма от условий нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для березы повислой

Балл	Величина показателя стабильности развития	Значение стабильности развития
I	< 0,040 (условная форма)	Стабильное
II	0,040–0,044	Незначительное отклонение
III	0,045–0,049	Средний уровень отклонения
IV	0,050–0,054	Значительное отклонение
V	> 0,054 (сильное, экстремальное)	Критическое состояние

Оценку состояния можно проводить как у подростка, так и у взрослых деревьев. Как правило, для анализа отбирают экземпляры одной возрастной категории. Для оценки состояния достаточно собрать по 10 листьев с 10 деревьев. Размер листьев должен быть близким по размеру, средним для растения. Поврежденные листья могут быть использованы для анализа, если на них не затронуты участки, с которых будут сниматься измерения. С растения, как правило, собирают больше листьев, чем требуется, на тот случай, если часть листьев из-за повреждений не сможет быть использована для анализа. Стараясь при отборе образцов использовать побеги одного типа, например только укороченные. Все листья для одной выборки складываются в отдельный пакет вместе с этикеткой. На этикетке указывается номер выборки, место и дата сбора.

Собранные листья для непродолжительного хранения укладываются в пакетах на нижней полке холодильника. Для длительного хранения надо зафиксировать материал в 60 % растворе этилового спирта или гербаризировать. Последний способ более прост и не требует затрат.

Для измерения лист березы нужно положить перед собой внутренней стороной вверх. У каждого листа измеряют по 6 признаков справа

и слева. Пример обмера листьев березы повислой приведен на рисунке 3.

Величина асимметрии (индекс флуктуирующей асимметрии) рассчитывается как отношение разницы замеров слева и справа к их сумме:

$$\text{ИФА} = \frac{L-R}{L+R}, \quad (25)$$

где  $L$  – замер с левой стороны от центральной жилки;

$R$  – замер с правой стороны от центральной жилки.

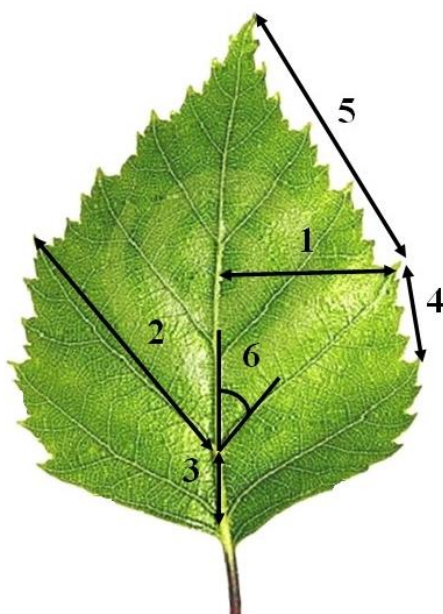


Рис. 3. Схема замеров листовой пластинки березы повислой для определения показателя флуктуирующей асимметрии:

- 1 – ширина левой и правой половинок листа;
- 2 – длина жилки второго порядка, второй от основания листа;
- 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;
- 4 – расстояние между концами этих же жилок;
- 5 – расстояние между концом второй жилки второго порядка и вершиной листа;
- 6 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка

Для получения интегрального показателя стабильности развития сначала рассчитывают среднюю относительную величину асимметрии по всем признакам для каждого листа, сложив относительные величины асимметрии по каждому признаку и поделив полученную сумму на количество признаков. Затем рассчитывается среднее арифметическое по этому показателю для всех листьев с каждой пробной площади или опытного участка.



Полученные величины заносятся в соответствующие графы таблицы 9.

Таблица 9

Пример таблицы для расчета интегрального показателя флуктуирующей асимметрии

№ п/п	Номер признака						Величина асимметрии листа
	1	2	3	4	5	6	
1	0,020	0,035	0,120	0,085	0,076	0,066	0,067
2	0,048	0,038	0,098	0,070	0,082	0,060	0,066
3	0,020	0,030	0,090	0,085	0,080	0,037	0,057
4	0,025	0,032	0,098	0,085	0,065	0,049	0,059
5	0,017	0,028	0,122	0,080	0,090	0,065	0,067
6	0,030	0,040	0,124	0,095	0,068	0,069	0,071
7	0,025	0,032	0,095	0,080	0,030	0,050	0,052
8	0,035	0,030	0,085	0,078	0,020	0,052	0,050
9	0,030	0,024	0,095	0,088	0,062	0,061	0,060
10	0,025	0,028	0,140	0,065	0,072	0,030	0,060

Среднее арифметическое значение величины асимметрии листьев с ПП или участка сбора материала сопоставляется с табличными значениями, на основании чего устанавливается балл стабильности развития.

Метод флуктуирующей асимметрии может быть использован и на основе данных обмера листовых пластинок других лиственных пород. Кроме того, Л. Н. Скрипальщикова и В. В. Стасова (2014) предложили использовать показатель флуктуирующей асимметрии при оценке стабильности развития сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Для этого собираются парные хвоинки последних лет из расчета 10 пар с 10 деревьев. После замера длины правой и левой хвоинок устанавливается индекс флуктуирующей асимметрии (ИФА) по следующей формуле:

$$\text{ИФА} = \frac{2(L - R)}{L + R}. \quad (26)$$

Стабильность развития сосны обыкновенной устанавливается на основании специальной шкалы (табл. 10).

Таблица 10

**Шкала оценки стабильности развития сосны обыкновенной  
по показателю флуктуирующей асимметрии**

Величина показателя стабильности развития	Оценка влияния антропогенного фактора	Балл
0,00–0,003	Нормальное	1
0,0031–0,004	Слабое	2
0,0041–0,005	Умеренное	3
0,0051–0,006	Высокое	4
0,0061–0,009	Очень высокое	5
> 0,009	Критическое	6

***Контрольные вопросы и задания***

1. Опишите диагностические признаки деревьев различных категорий санитарного состояния.
2. На основании какого нормативно-правового документа определяется санитарное состояние древостоев?
3. Опишите, как рассчитывается средневзвешенная категория санитарного состояния.
4. В каком случае назначаются выборочные и сплошные санитарные рубки?
5. Изложите принцип оценки жизненного состояния деревьев по методике В. А. Алексеева.
6. В чем специфика оценки жизненного состояния деревьев и древостоев, подверженных воздействию промышленных поллютантов?
7. Изложите классификацию хвои сосны обыкновенной по степени поражения промышленными поллютантами.
8. В чем сходство и различие оценки санитарного состояния древостоев, подверженных и не подверженных воздействию промышленных поллютантов?
9. Изложите принципы оценки состояния деревьев по показателю напряженности роста.
10. Как Вы понимаете метод флуктуирующей асимметрии?

## 4. ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ

При осуществлении лесного экологического мониторинга довольно часто приходится сталкиваться с обследованием древесных интродуцентов, то есть видов, завезенных из других районов страны, дальнего и ближнего зарубежья. Последние вводились в насаждения с целью расширения биологического разнообразия, повышения эстетической привлекательности лесных ландшафтов и продуктивности лесов.

Многие экземпляры интродуцированных видов имеют значительный возраст и плодоносят. Указанное позволяет объективно оценить перспективность древесных интродуцентов с целью разработки рекомендаций по их дальнейшему использованию. Особенно важно исследование перспективности интродуцентов в жестких лесорастительных условиях при интенсивном антропогенном воздействии и лесоразведении на нарушенных землях.

Для установления перспективности древесных интродуцентов используются методические рекомендации Главного ботанического сада (Куприянов, 2004), модифицированные А. В. Гусевым с соавторами (Гусев и др., 2009; Залесов и др., 2011), классификация Л. П. Баранника (1988) и другие специфические методики и разработки.

### 4.1. Методика определения перспективности интродукции древесных растений Главного ботанического сада

При установлении перспективных интродуцентов очень важно выбрать четкие критерии целесообразности интродукции конкретного вида для использования.

Нами на основании результатов собственных исследований и анализа имеющихся литературных данных, в частности Главного ботанического сада (ГБС), в качестве показателей оценки жизнеспособности растений и перспективности их выращивания предлагается использовать степень вызревания побегов, зимостойкость, сохранение габитуса, побегообразование, регулярность прироста побегов, способность к генеративному развитию и способы размножения, характеризующие состояние и возможность выращивания растений в новых условиях.

**Степень ежегодного вызревания побегов.** Визуально определяется по совокупности следующих признаков: одревеснению; изменению окраски защитных наружных покровов (пробки, воскового налета, войлочного или волосяного покрова и т. д.), специфичной для большинства видов;

по заложению; степени защищенности; степени сформированности; окраске и защищенности почек. Характерными показателями являются окончание роста побегов и окончание листопада до наступления осенних заморозков:

- 1) побеги вызревают на 100 % – 20 баллов;
- 2) побеги вызревают на 75–100 % – 15–20 баллов;
- 3) побеги вызревают на 50–75 % – 10–15 баллов;
- 4) побеги вызревают на 25–50 % – 5–10 баллов;
- 5) побеги вызревают на 0–25 % – 1–5 баллов.

**Зимостойкость растений.** В основу ее оценки заложена модифицированная методика Вехова и отдела интродукции древесных растений ГБС. Оценку проводят ранней весной или в начале лета после распускания почек на поперечном срезе побегов. Почернение камбиального слоя свидетельствует об обмерзании побегов. Для умеренной зоны зимостойкость – главный фактор устойчивости растений при интродукции:

- 1) повреждений нет – 25 баллов;
- 2) обмерзает не более 50 % длины однолетних побегов – 24–20 баллов;
- 3) обмерзает 60–100 % однолетних побегов – 19–15 баллов;
- 4) обмерзают двулетние и более старые части растений – 10 баллов;
- 5) обмерзает крона до уровня снегового покрова – 5 баллов;
- 6) обмерзает вся надземная часть – 3 балла;
- 7) растение полностью вымерзает – 1 балл.

К методике Главного ботанического сада по определению зимостойкости растений нами предлагается использовать дополнительные признаки, снижая количество баллов при следующих показателях:

- 1) обмерзание хвои на однолетних побегах до 10 % – минус 1 балл;
- 2) обмерзание хвои на однолетних побегах до 25 % – минус 2 балла;
- 3) обмерзание хвои на однолетних побегах до 50 % – минус 3 балла;
- 4) обмерзание хвои на однолетних побегах до 75 % – минус 4 балла;
- 5) обмерзание хвои на однолетних побегах до 100 % – минус 5 баллов;
- 6) обмерзание хвои на однолетних побегах и более старых частях растений, что не приводит к гибели этих частей растений – минус 10 баллов;
- 7) обмерзание хвои на однолетних побегах и более старых частях растений, что ведет к гибели этих частей растений – минус 15 баллов;
- 8) повреждение у хвойных растений на побегах почек, находящихся на концах побегов (термальных) – минус 1 балл;
- 9) повреждение у хвойных растений на побегах пазушных почек (аксиллярных) – минус 2 балла.

**Сохранение габитуса.** Сущность этого показателя заключается в определении присущей в природе и в культуре формы роста. Основан этот показатель на том, что разные древесные растения способны по-разному сохранять присущую им форму роста:

- 1) растения сохраняют присущую им форму роста и жизненную форму – 10 баллов;

2) растения ежегодно повреждаются факторами среды, но способны восстанавливать присущую им в природе форму роста – 5 баллов;

3) растения не сохраняют и не восстанавливают присущую им в природе форму роста – 1 балл.

**Побегообразовательная способность.** Этот показатель весьма специфичен, поскольку каждый вид растений имеет свою побегообразовательную способность, и она довольно трудно поддается количественному измерению. Методика изучения побегообразовательной способности сводится к тому, что в конце лета отбирают наиболее типичные по общему развитию экземпляры и на 10 двулетних побегах (5 более и 5 менее развитых), взятых в различных частях кроны, подсчитывают все побеги текущего года и вычисляют средний показатель. Особо учитывается поросль на нижней части ствола, в местах его ранения, срезки сучьев, а также от корней. Это важно для оценки ремонтлирующей способности древесных растений, особенно у недостаточно зимостойких:

1) высокая побегообразовательная способность – 5 баллов;

2) средняя побегообразовательная способность – 3 балла;

3) низкая побегообразовательная способность – 1 балл.

**Прирост растений в высоту.** Высота древесных растений в конкретных погодных-климатических условиях определяется, во-первых, генетическими особенностями, во-вторых, экологическими условиями и, в-третьих, возрастом растений. В процессе онтогенеза они достигают определенной высоты, которая является интегральным отражением всей суммы факторов, влияющих на растение. Наибольшую высоту, которую достигает растение в конкретных условиях, мы называем *зональным оптимумом*. Увеличение высоты до зонального оптимума является показателем устойчивости растений:

1) ежегодный прирост – 5 баллов;

2) неежегодный прирост – 1 балл.

**Способность растений к генеративному развитию.** Важный показатель для решения теоретических вопросов последующей акклиматизации. Отсутствие цветения отмечается только у растений, достигших семенной зрелости. Однако и в этом случае возможна значительная задержка цветения, вызванная как конкретными условиями интродукционного эксперимента, так и погодными-климатическими условиями пункта интродукции:

1) семена созревают – 25 баллов;

2) семена не созревают – 20 баллов;

3) растения цветут, но не плодоносят – 15 баллов;

4) растения не цветут – 1 балл.

**Возможные способы размножения растений в культуре:**

1) самосев – 10 баллов;

2) искусственный посев – 5 баллов;

3) естественное вегетативное размножение – 3 балла;

- 4) искусственное вегетативное размножение – 2 балла;  
 5) повторное привлечение растений извне – 1 балл.

На основе анализа показателей подсчитывается **интегральная оценка успешности интродукции**, а растения распределяются на 6 классов перспективности (табл. 11).

Таблица 11

Шкала интегральной оценки успешности интродукции

Класс перспективности	Сумма баллов для цветущих особей
I (Самые перспективные)	91–100
II (Перспективные)	76–90
III (Менее перспективные)	61–75
IV (Малоперспективные)	41–60
V (Неперспективные)	21–40
VI (Непригодные)	5–20

Предложенная шкала хорошо зарекомендовала себя при оценке перспективности интродукции древесных растений как на территории Российской Федерации, так и в Республике Казахстан.

Табличный вариант определения (оценки) жизнеспособности растений и их перспективности выращивания приведен в таблице 12, а пример оценки – в таблице 13.

Таблица 12

Показатели оценки жизнеспособности растений и их перспективности выращивания

Показатель	Балл
<i>1</i>	2
<b>Степень ежегодного вызревания побегов</b>	
Побеги вызревают на 100 %	20
Побеги вызревают на 75–100 %	15–20
Побеги вызревают на 50–75 %	10–15
Побеги вызревают на 25–50 %	5–10
Побеги вызревают на 0–25 %	1–5
<b>Зимостойкость растений</b>	
Повреждений нет	25
Обмерзает не более 50 % длины однолетних побегов	24–20
Обмерзает 60–100 % однолетних побегов	19–15
Обмерзают двулетние и более старые части растений	10
Обмерзает крона до уровня снегового покрова	5
Обмерзает вся надземная часть	3
Растение полностью вымерзает	1

Окончание табл. 12

<i>1</i>	<i>2</i>
При обмерзании хвои на однолетних побегах до 10 %	минус 1
При обмерзании хвои на однолетних побегах до 25 %	минус 2
При обмерзании хвои на однолетних побегах до 50 %	минус 3
При обмерзании хвои на однолетних побегах до 75 %	минус 4
При обмерзании хвои на однолетних побегах до 100 %	минус 5
При обмерзании хвои на однолетних побегах и более старых частях растений, что не приводит к гибели этих частей растений	минус 10
При обмерзании хвои на однолетних побегах и более старых частях растений, что ведет к гибели этих частей растений	минус 15
При повреждении у хвойных растений на побегах почек, находящихся на концах побегов (термальных)	минус 1
При повреждении у хвойных растений на побегах пазушных почек (аксиллярных)	минус 2
<b>Сохранение габитуса</b>	
Растения сохраняют присущую им форму роста и жизненную форму	10
Растения ежегодно повреждаются факторами среды, но способны восстанавливать присущую им в природе форму роста	5
Растения не сохраняют и не восстанавливают присущую им в природе форму роста	1
<b>Побегообразовательная способность</b>	
Высокая побегообразовательная способность	5
Средняя побегообразовательная способность	3
Низкая побегообразовательная способность	1
<b>Прирост растений в высоту</b>	
Ежегодный	5
Неежегодный	1
<b>Способность растений к генеративному развитию</b>	
Семена созревают	25
Семена не созревают	20
Растения цветут, но не плодоносят	15
Не цветут	1
<b>Возможные способы размножения растений в культуре</b>	
Самосев	10
Искусственный посев	5
Естественное вегетативное размножение	3
Искусственное вегетативное размножение	2*
Повторное привлечение растений извне	1
<b>Шкала интегральной оценки успешности интродукции</b>	
Самые перспективные	91–100
Перспективные	76–90
Менее перспективные	61–75
Малоперспективные	41–60
Неперспективные	21–40
Непригодные	5–20

*Примечание.* \* Модификации, внесенные автором данной работы в методику ГБС.

Таблица 13

Пример интродуцентов, признанных самыми перспективными при испытании в ТПК ПП «Самаровский чугас»

Таксон	Оценка, балл							
	Вызревание побегов	Зимостойкость	Сохранение габитуса	Побегообразовательная способность	Прирост растений в высоту	Способность растений к генеративному размножению	Возможный способ размножения	Интегральная оценка успешности интродукции
Крушина ломкая, или ольховидная – <i>Frangula alnus</i> Mill.	20	25	10	3	5	25	н/д (5)	(93)
Смородина черная – <i>Ribes nigrum</i> L. cv. «Крупная Зотовой», «Глобус», «Уралочка»	20	25	10	5	5	25	н/д (5)	(95)
Смородина красная – <i>Ribes rubrum</i> L. cv. «Уралочка», «Беляна»	20	25	10	5	5	25	н/д (5)	(95)
Спирея прелестная – <i>Spiraea bella</i> Sims	20	25	10	5	5	25	н/д (1)	(91)
Спирея дубравко-листная – <i>Spiraea chamaedrifolia</i> L.	20	25	10	5	5	25	н/д (1)	(91)
Спирея щитконосная – <i>Spiraea corymbosa</i> Ker-Gawl.	20	25	10	5	5	25	н/д (1)	(91)
Спирея низкая – <i>Spiraea humilis</i> Jacq.	20	25	10	5	5	25	н/д (1)	(91)
Спирея широколистная – <i>Spiraea latifolia</i> Lodd.	20	25	10	5	5	25	н/д (1)	(91)
Спирея Мензиеза – <i>Spiraea menziessii</i> Hook. et Arn.	20	25	10	5	5	25	н/д (1)	(91)
Сирень Вольфа – <i>Syringa wolfii</i> C. K. Schneid.	20	25	10	5	5	25	н/д (1)	(92)
Итого таксонов (вид, форма, сорт, образец и др.)	13							

Примечание. Условные обозначения: 1, 2, ..., 25 – баллы; н/д – недостаточно данных или их нет; (1), (2), ..., (25) – предварительный балл.



## 4.2. Методика определения биоэкологической характеристики древесно-кустарниковых видов при оценке перспективности их интродукции

В основу обобщенной биоэкологической характеристики древесных и кустарниковых пород положена классификация Л. П. Баранника (1988). Степень тех или иных качественных характеристик оценивалась следующим образом.

### **I. Морозоустойчивость:**

- 1 – высокая или абсолютная, обмерзаний не наблюдается;
- 2 – достаточно высокая, происходит только частичное обмерзание саженцев в первые годы жизни на непокрытых снегом поверхностях;
- 3 – недостаточная, происходит обмерзание молодых побегов, возвышающихся над снегом;
- 4 – отсутствует, саженцы целиком вымерзают.

### **II. Засухоустойчивость:**

- 1 – высокая, саженцы устойчивы к недостатку влаги (ксерофиты);
- 2 – менее высокая (мезоксерофиты);
- 3 – средняя (мезофиты);
- 4 – низкая (мезогигрофиты).

### **III. Светолюбие:**

- 1 – светолюбивые, произрастающие только на открытых местообитаниях, затенения не выносят;
- 2 – менее светолюбивые, выносят незначительное затенение;
- 3 – теневыносливые, могут произрастать под пологом других древесных пород.

### **IV. Требовательность к почвенному плодородию:**

- 1 – малотребовательны к плодородию почв (олиготрофы и эвритрофы);
- 2 – среднетребовательные (мезотрофы);
- 3 – повышенной требовательности (мегатрофы).

### **V. Быстрота роста:**

- 1 – быстрорастущие высокоствольные деревья и кустарники, прирост по высоте превышает 50 см;
- 2 – средние по энергии роста деревья и кустарники, прирост по высоте в пределах 20–50 см;
- 3 – медленнорастущие деревья и кустарники (текущий прирост не превышает 20 см).

**VI. Мелиоративная способность** (почвоукрепляющие и почвоулучшающие) качества:

- 1 – высокая степень, быстрорастущие корнеотпрысковые виды, азотонакопители;
- 2 – средняя степень, обогащают почву листовым опадом, создающим «мягкий» гумус, имеют разветвленную корневую систему.

**VII. Биологическая полезность** (фитонцидность, полезные плоды, медоносность):

- 1 – биологически полезные виды;
- 2 – нейтральные, с невыявленными свойствами;
- 3 – биологически вредные (токсичные, аллергенные).

**VIII. Степень пригодности для лесной рекультивации** (озеленения и т. п.) в условиях района исследований на основании особенностей роста и развития в сочетании с проявленными биоэкологическими свойствами:

1 – безусловно пригодные, хорошо приживаются и показывают прирост, соизмеримый с приростом (на зональных почвах; в районе естественного произрастания) в большинстве местообитаний, обладают полезными качествами;

2 – ограниченно пригодные, для нормального роста требующие определенных условий (повышенной влажности и почвенного плодородия);

3 – малоприспособленные и сомнительно пригодные, имеющие низкий прирост или плохо приживающиеся, с низкой биологической полезностью.

Наиболее перспективные виды древесно-кустарниковых пород устанавливаются по значению обобщенного показателя. Минимальное значение комплексного показателя характеризует наиболее перспективный вид. В частности, для условий санитарно-защитной зоны г. Астаны наиболее перспективным видом является береза повислая (табл. 14).

*Таблица 14*

**Обобщенные биологические характеристики древесных и кустарниковых пород, испытываемых в санитарно-защитной зоне г. Астаны**

Вид	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Сумма баллов
Семейство сосновые									
Сосна обыкновенная	2	1	2	1	2	2	1	1	12
Ель сибирская	2	3	3	2	3	3	2	3	21
Лиственница сибирская	1	2	1	2	2	2	2	2	14
Семейство березовые									
Береза повислая	1	1	1	2	1	2	2	1	11

**4.3. Методика определения перспективности древесных интродуцентов по показателю санитарного состояния**

Перспективность использования древесных интродуцентов может быть установлена в процессе санитарного обследования насаждений. В результате для каждого из 100–150 растений устанавливается балл санитарного состояния.

В. Д. Касимов и А. А. Мартынюк (1990) рекомендуют пятибалльную шкалу оценки санитарного состояния:

- 1 – хорошее;
- 2 – вполне удовлетворительное;
- 3 – удовлетворительное;
- 4 – неудовлетворительное;
- 5 – плохое.

Для лесной зоны России Госкамлес (ВНИИЛМ) рекомендует на основе полученных средних индексов распределять насаждения:

- на здоровые – 1,0–1,5;
- слабо ослабленные – 1,51–2,5;
- среднеослабленные – 2,51–3,5;
- сильно ослабленные – 3,51–4,56.
- очень сильно ослабленные (гибнущие) насаждения – 4,51–5,0 (Касимов, Мартынюк, 1990).

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Какие качественные показатели жизнеспособности растений учитываются при определении перспективности древесных интродуцентов?

2. Укажите причины необходимости изучения перспективности интродуцентов.

3. Поясните, как устанавливается интегральная оценка успешности интродукции.

4. Какие показатели растений используются для определения биологической характеристики?

5. Изложите суть методики определения перспективности древесных интродуцентов по показателю санитарного состояния.

## 5. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ

В изучении вопросов изменения и восстановления лесов немало-важное значение имеет естественное возобновление, обилие, состав и рост которого характеризует устойчивость насаждений против влияния разнообразных, в том числе и антропогенных факторов. **Естественное возобновление** (возобновление) – одна из важнейших характеристик ценопопуляции, отражающая ее репродуктивную способность, степень адаптации, стабильность и тенденции динамики численности в тех или иных условиях среды (Санников, Санникова, 1985).

**Возобновление** – это процесс появления и роста всходов, а затем накопления самосева и подроста в основном в разомкнутом состоянии; стадия завершается формированием молодняка (Луганский и др., 2015).

**Всходы древесных пород** – древесные растения в возрасте до 2 лет, образовавшиеся из семян, когда молодой организм живет за счет эндосперма семени и запасных веществ семядолей (Луганский и др., 2015).

**Самосев древесных пород** – это молодое поколение древесных растений в возрасте 3–5 лет, а в условиях севера – до 10 лет, образовавшихся из семян естественным путем (Луганский и др., 2015).

**Подрост** – это молодое поколение древесных растений под пологом древостоев, на вырубках и гарях, способное в данных условиях сформировать древостой. Высота подроста не более 1/4 высоты древостоя. Количество подроста под пологом древостоя, его состав, возрастная структура, характер распределения по площади и жизнеспособность могут сильно различаться в зависимости от лесорастительных условий, состава и сомкнутости материнского древостоя, мощности и сложения лесной подстилки, состава и густоты живого напочвенного покрова, от развития подлеска и ряда других факторов (Побединский, 1966).

В практике лесного хозяйства и при научных исследованиях часто бывает необходимо дать оценку успешности естественного возобновления леса. Для этих целей применяют два метода: глазомерный и учетный (Нестеров, 1958).

При *глазомерном методе* тщательно осматривают территорию, на которой изучается естественное возобновление леса, а затем делают ориентировочную его оценку.

При *учетном методе* (изучение лесовозобновительного процесса) прежде всего необходимо установить количество самосева и подроста,

степень его жизнеспособности под пологом древостоев различной сомкнутости в наиболее распространенных типах леса. Это достигается учетом всходов и подроста на пробных площадях, закладываемых для изучения таксационной характеристики древостоев, или на специально отграниченных для этих целей пробных площадях и учетных полосах различной формы и размера (Нестеров, 1958; Побединский, 1966).

Для этого через середину пробной площади параллельно двум ее сторонам провешивают визир. На этой линии и двух параллельных сторонах пробной площади через 5–10 м намечают центры учетных площадок из такого расчета, чтобы на каждой линии их было одинаковое количество (обычно 10). Размер учетных площадок  $2 \times 2$  м. В отдельных случаях (при большом количестве подроста с равномерным распределением по площади) размеры учетных площадок уменьшают до  $1 \times 1$  м, а их количество – до 5–7 на каждой линии (Побединский, 1966).

Если молодое поколение в основной массе еще не вышло за пределы возраста 1–5 лет, вполне целесообразно для его учета закладывать учетные площадки размером 1 или  $2 \text{ м}^2$  (Нестеров, 1958) или учетные площадки в виде полосы  $2 \times 5$  или  $1 \times 10 \text{ м}^2$  (Об утверждении..., 2021). В тех случаях, когда подрост достиг возраста 5–10 лет, учетные площадки закладывают размерами 4, 5,  $10 \text{ м}^2$  (Нестеров, 1958) или пробные площади размером 0,1–0,2 га предпочтительно в виде полосы, проходящей через элементы с разной освещенностью, рельефом и т. п. (Погребняк, 1963).

При более взрослом подросте следует закладывать пробные площади размером 0,1–0,2 га со сплошным учетом подроста. В изучаемом лесном участке должно быть 15–25 учетных площадок размером 4 или  $5 \text{ м}^2$ . Это в большинстве случаев даст точность учета около 10 %. Количество пробных площадей для надежности должно быть до трех в каждом изучаемом лесном участке (Побединский, 1966).

При наличии разновозрастного подроста от 3 до 10–15 лет следует комбинировать малые площадки с большими, причем на малых учитывается полностью весь подрост, на больших – только начиная с определенной высоты (например, свыше 1 м). Данные малых и больших площадок пересчитываются на 1 га и суммируются (Погребняк, 1963).

На каждой учетной площадке проводится пересчет подроста с замером его высоты и определением возраста (по мутовкам или годичным кольцам у шейки корня). Подрост делится на группы:

мелкий – до 0,5 м, средний – 0,5–1,5 и крупный – выше 1,5 м. Для научных целей иногда подрост делится:

– по высоте – до 0,1 м; 0,1–0,25; 0,26–0,5; 0,51–1,0; 1,0–2,0; свыше 2,0 м;

– возрасту – всходы, 2–5 лет, 6–10, 11–15 и т. д.;

– состоянию – жизнеспособный, сомнительный, нежизнеспособный (приложение 5).

Согласно действующему нормативно-правовому документу (Об утверждении..., 2021), жизнеспособный подрост и молодняк хвойных пород характеризуются следующими признаками: густая хвоя, зеленая или темно-зеленая окраска хвои, заметно выраженная мутовчатость, островершинная или конусовидная симметричная густая или средней густоты крона протяженностью до  $1/3$  высоты ствола в группах и до  $1/2$  высоты ствола при одиночном размещении, прирост по высоте за последние 3–5 лет не утрачен, прирост вершинного побега равен (или более) приросту боковых ветвей верхней половины кроны, стволики прямые неповрежденные, гладкая или мелкочешуйчатая кора без лишайников.

Растущий на валежнике подрост и молодняк лесных насаждений хвойных пород относятся по указанным признакам к жизнеспособному в том случае, если валежная древесина разложилась, а корни подроста проникли в минеральную часть почвы.

Жизнеспособный подрост лиственных пород характеризуется нормальным облиствением кроны, пропорционально развитыми по высоте и диаметру стволиками.

По густоте подрост подразделяется на три категории: редкий – до 2,0 тыс. шт./га, средней густоты – 2–8 тыс. шт./га и густой – более 8,0 тыс. шт./га (Об утверждении..., 2021).

Помимо густоты определяется встречаемость подроста. Она рассчитывается как отношение количества учетных площадок с растениями к общему количеству заложенных учетных площадок. По показателю встречаемости подрост классифицируется как равномерный при встречаемости 65 % и более, как неравномерный при встречаемости 40–65 % и групповой – не менее 10 штук мелких или 5 штук средних и крупных экземпляров жизнеспособного и сомкнутого подроста.

При наличии подроста разных высот его учет следует производить с распределением на группы по категориям крупности.

Для определения количества подроста в пересчете на крупный применяются коэффициенты пересчета. Для мелкого подроста применяется коэффициент 0,5, среднего – 0,8 и крупного – 1,0. Если подрост

смешанный по составу, оценка возобновления производится по основным древесным породам, соответствующим природно-климатическим условиям.

В однородном, чистом насаждении при однообразном рельефе, составе, форме, возрасте и полноте древостоя лучше всего отбить пробную площадь 0,5–1 га и на ней закладывать в шахматном или рядовом порядке по 15–25 учетных площадок. Если необходимо определить ход естественного возобновления леса на открытой площади, например вырубке, то можно закладывать учетные площадки поперек вырубки параллельными рядами. Таких рядов должно быть от 3 до 5. Расстояние между рядами, в зависимости от площади вырубки, может быть равно 100, 200, 300 м.

На этих рядах нужно закладывать учетные площадки через каждые 10–20 м так, чтобы в ряду их было не менее 5, а на всех рядах 15–25 и более. Также можно закладывать поперек вырубки учетные полосы в виде лент шириной 1, 2, 4, 5, 10 м, разделяя эти ленты на учетные площадки. Заложив 3, 5 и более таких лент, можно обрабатывать результаты учета также по расстояниям от стен леса. Если нужно учесть влияние обсеменителей – отдельных деревьев и групп, то учетные площадки следует закладывать около них в виде кругов, разделенных на секторы, в зависимости от сторон света, с отдельным учетом подроста по этим секторам. При изучении закладывать в разных местах: на склонах разных экспозиций, в низинах, на буграх и т. д. и обрабатывать результаты учета по этим группам.

Если для изучения естественного возобновления закладываются специальные дополнительные пробные площади, то для этой цели провешивается опорная линия длиной 100 м; на середине (50 м) и концах этой линии устанавливаются перпендикуляры и провешиваются три параллельные линии длиной по 100 м. На каждой из них закладывают по 10 учетных площадок размером  $2 \times 2$  м. При большом количестве подроста (свыше 8 тыс. на 1 га), а также равномерном его распределении размер площадок можно уменьшить до  $1 \text{ м}^2$ , а количество их сократить до 15–18.

В древостоях, где подрост встречается группами и приурочен к «окнам» или прогалинам, на пробных площадях размером  $100 \times 100$  м учитывают группы подроста с указанием их площади. Затем в «окнах» с подростом ограничивают две ленты шириной 1 м. Направление лент: север – юг; восток – запад.

Если подрост приурочен не только к «окнам», а встречается и под деревьями, расположенными около «окон», то ленты должны

продолжаться и под пологом древостоя. Ленты разбиваются на метровые отрезки, которым присваиваются порядковые номера. Учет подроста с замером его высоты проводят на каждом метровом отрезке отдельно. В «окнах» больших размеров учет проводится не на каждом отрезке, а через один или два. Для каждого «окна» составляют абрис, на котором указывается расположение лент, номера учетных площадок, и наносятся проекции крон деревьев, расположенных по периферии «окна». Перечет подроста проводится в «окнах» различных размеров при соблюдении трехкратной повторности.

Количество площадок зависит от степени равномерности распределения всходов и подроста, причем, чем оно менее равномерно, тем желательнее заложение большего количества учетных площадок, но не менее пяти (Сукачев, Зонн, 1961).

Учет подроста при заготовке древесины производится на площадках размером 10 м<sup>2</sup>, которые размещаются на лентах перечета, размещенных по диагоналям исследуемого лесного участка. Обязательным условием является одинаковое расстояние между учетными площадками на лентах перечета. На делянках площадью до 5 га закладывается 30 учетных площадок, на делянках от 5 до 10 га – 50 и свыше 10 га – 100 (Об утверждении..., 2021).

После определения количества всходов и подроста на 1 га необходимо дать оценку естественному возобновлению леса. Для этого используют шкалу Нестерова (табл. 15). При пользовании шкалой всходы учитываются в половинном количестве, подрост – целиком.

*Таблица 15*

Шкала для оценки естественного возобновления леса  
(Нестеров, 1958)

Оценка возобновления	Преобладающий возраст всходов и подроста, лет		
	1–5	6–10	11–15
	Число жизнеспособных всходов и подроста всех возрастов на 1 га, тыс. шт.		
Хорошее	Больше 10	Больше 5	Больше 3
Удовлетворительное	10–5	5–3	3–1
Слабое	5–3	3–1	1–1/2
Плохое	Меньше 3	Меньше 1	Меньше 1/2

Для оценки порослевого возобновления нужно проводить на пробных площадях учет пней и порослевин по породам, возрастам, состоянию, размерам. Пробные площади для учета поросли надо закладывать



размером 0,5–1 га. При изучении семенного и порослевого возобновления в целом лесном массиве пробные площади желательно располагать по участкам разных типов леса, вариантов полноты и классов возраста лесонасаждений. Оценка возобновления проводится на основе количества жизнеспособного подроста.

Обеспеченность подростом определяется путем сравнения густоты, средней высоты и возраста подроста с данными действующего нормативно-правового документа (Об утверждении..., 2021), регламентирующими перевод площадей в покрытые лесной растительностью земли. Количественные показатели жизнеспособного подроста в нормативно-правовом документе приведены по лесным районам, что существенно повышает их объективность.

Для оценки обеспеченности подростом также могут использоваться региональные шкалы. В качестве примера можно привести шкалу оценки естественного лесовозобновления, разработанную для условий Казахского мелкосопочника (Справочник..., 1980) (табл. 16).

Таблица 16

Шкала оценки естественного возобновления сосны  
под пологом леса, тыс. шт./га

Тип условий произрастания	Оценка возобновления	Количество подроста по высотным группам, м			
		Мелкий (до 0,5)	Средний (0,5–1,0)	Крупный (свыше 1)	Всего с учетом коэффициентов перевода
Очень сухие	Недостаточное	Менее 15	Менее 13	Менее 11	Менее 9
	Удовлетворит.	15–25	13–21	11–18,5	9–15
	Хорошее	Более 25	Более 21	Более 18,5	Более 15
Сухие	Недостаточное	Менее 10	Менее 8,5	Менее 7,5	Менее 6
	Удовлетворит.	10–17	8,5–14	7,5–12,5	6–10
	Хорошее	Более 17	Более 14	Более 12,5	Более 10
Свежие	Недостаточное	Менее 6,5	Менее 6	менее 5	Менее 4
	Удовлетворит.	6,5–12,5	6–10,5	5–9	4–7,5
	Хорошее	Более 12,5	Более 10,5	Более 9	Более 7,5
Влажные	Недостаточное	Менее 5	Менее 4,5	Менее 4	Менее 3
	Удовлетворит.	5–10	4,5–8,5	4–7,5	3–6
	Хорошее	Более 10	Более 8,5	Более 7,5	Более 6

Порядок пользования шкалой естественного возобновления сосны под пологом леса:

– при наличии под пологом леса какой-либо одной высотной группы подроста оценка его проводится по соответствующему столбцу;

– при наличии двух и более высотных групп количество подроста в каждой высотной группе умножают на соответствующий коэффициент перевода и полученные данные суммируют;

– всходы при оценке возобновления не учитываются;

– при оценке успешности возобновления следует принимать во внимание характер распределения подроста по площади.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Чем отличается подрост от всходов?
2. Изложите порядок учета подроста.
3. Какие показатели определяются при учете подроста?
4. Приведите классификацию подроста по высоте.
5. Какой подрост относится к жизнеспособному?
6. Что такое встречаемость подроста и как она рассчитывается?
7. Как пересчитать подрост разной высоты в крупный?
8. Какие требования предъявляются к закладке учетных площадок по учету подроста?
9. Как проанализировать обеспеченность подростом?

## 6. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

### 6.1. Основные положения по изучению живого напочвенного покрова

Живой напочвенный покров (ЖНП) – это совокупность травянистых растений, полукустарников, кустарничков, мхов и лишайников, произрастающих на покрытых и не покрытых лесом землях, один из компонентов лесного насаждения, оказывающий существенное влияние на течение многих биоценологических и сукцессионных процессов (Залесов и др., 2007; Бунькова и др., 2020). При описании живого напочвенного покрова указываются (Побединский, 1966):

1) основной фон живого напочвенного покрова (например, ягодниковый, злаковый, осоковый, сфанговый и пр.);

2) степень (мощность) развития покрова: сплошной (сомкнутость более 0,9), густой (0,7–0,9), средний (0,4–0,7), редкий (менее 0,4);

3) отдельно травянистые растения, мхи, лишайники, начиная с наиболее распространенных.

Растительный покров – явление весьма сложное (Раменский, 1971). Он требует значительных площадей для правильной качественной и количественной характеристики. Покров трижды мозаичен – эпизодически, ценобиотически и экологически. Помимо мозаичности растительность изменяется в различных направлениях, образуя более или менее выраженные экологические ряды.

Рациональный и объективный, вполне научный анализ живого напочвенного покрова во всей его сложности требует проведения мелкодробного учета с разбивкой площади на большое число мелких парцелл. Под последними понимается обособленная по составу, плотности, доминантам часть леса, включающая все компоненты растительности, находящиеся в тесном взаимодействии (например, осиновая парцелла; осиновая парцелла с крупным подростом из ели и др.). Проведя по этим парцеллам качественно-количественный учет живого напочвенного покрова и изучив мельчайшие колебания внешних условий, получим материал, пригодный для разносторонней математической обработки (Раменский, 1971).

Выявление флористического состава, то есть списка видов, образующих фитоценоз, – основа фитоценологического исследования (Воронов, 1973). Обычно в списки включают цветковые растения, высшие споровые (папоротникообразные, хвощевые, плауновые,

мохообразные) и лишайники, иногда грибы с заметными невооруженным глазом плодовыми телами и т. д.

В списки включают не только растения, цветущие в момент описания, но и находящиеся в вегетативном состоянии или в состоянии проростков. В список вносят названия лишь тех растений, в видовой принадлежности которых нет никаких сомнений. Остальные включают в список под порядковыми номерами (или под условными названиями) и под теми же номерами (или названиями) собирают в гербарий для последующего определения (Воронов, 1973). Для определения служат местные, региональные «определители».

Количество видов, входящих в состав фитоценоза, называют *видовым флористическим богатством*. Количество видов в данном фитоценозе на единице площади – обычно на 1 м<sup>2</sup> или на 100 м<sup>2</sup> – называют *видовой насыщенностью*. Сравнить видовую насыщенность разных фитоценозов можно только на площадях одинакового размера.

При изучении флористического состава, как и при изучении других признаков строения фитоценоза, необходимо, чтобы фитоценоз занимал площадь, достаточную для выявления всех своих черт (Шенников, 1964). Даже полнота учета флористического состава зависит от размера учетной площадки. Размер площадки, равный 4 м<sup>2</sup>, является минимальной площадью выявления видового состава изучаемого фитоценоза.

Количество учетных площадок зависит от того, насколько разнообразен данный признак обилия в генеральной совокупности. Чем больше численность выборки, тем больше вероятность, что среднее, полученное при выборке, будет близко к среднему для генеральной совокупности (Воронов, 1973).

Растительный покров характеризуется не только качественным видовым составом, но и количественными соотношениями слагающих его видов (Раменский, 1971). Нередко именно количественные соотношения четко отражают различие двух местообитаний и ценозов при почти полном тождестве их видового состава. Мерой количественного состава растительного покрова является обилие его компонентов, то есть среднее количество каждого вида растений на единицу площади ценоза. Единицей измерения может быть число особей или побегов, масса, объем, площадь горизонтальной проекции надземных частей растений.

Различают следующие категории учета площадей, на которых он производится (Раменский, 1971).

**Учет одной крупной сплошной пробной площади.** Ее размер составляет от 0,3 до 0,5 га. Такие площади доступны лишь для глазомерного учета только крупных и редко расставленных растений – деревьев, кустарников, мощных трав (*Veratrum*). При отсутствии единообразно, в одном направлении вытянутых зарослей берется квадратная пробная площадь; в противном случае пробную площадь вытягивают в виде узкой длинной полосы (при неравномерности покрова) размером 20 × 500 м, 20 × 150 м, 10 × 10 м.

**Дробный учет большого числа мелких площадок** с их суммированием и выведением средних. Этот метод рассчитан на более точные и объективные приемы учета (весовой, числовой, более точная модификация проективного). Эпизодические, случайные отклонения в составе отдельных площадок дробного учета статистически уравниваются при суммировании их показаний и выводе средних. Площадки могут быть разъединены или примыкать друг к другу, образуя непрерывные ряды – трансекты. Работая с расставленными площадками, следует закладывать их не в случайных точках, а на равных расстояниях, во избежание бессознательного выбора мест. Размеры площадок должны быть не слишком мелкими (Раменский, 1971). Наиболее часто используются площадки в 1, 2, 4 м<sup>2</sup> (Программа и методика..., 1966). Данные учета на 8-10 площадках весьма полно погашают случайные погрешности отдельных оценок (Раменский, 1971).

**Метод средней пробы.** Укос с более или менее крупной площади или нескольких меньших площадок тщательно перемешивается (предварительно вынимают для отдельного учета особо крупные, выделяющиеся растения), затем делится приблизительно пополам. Половина тем же приемом делится в свою очередь пополам и т. д. Составная пробная часть, равная 1/8–1/16 первоначального количества является образцом для ботанического весового анализа.

**Метод модельных площадок.** Тщательно выбирают 2–5 площадок, представляющихся типичными, средними в отношении густоты, высоты, сложения и качественно-количественного состава растительности. Травостой на этих площадках срезают и в камеральных условиях производят ботанический анализ. Однако данный метод не гарантирует точность и не может отразить количественных отношений компонентов растительности, поскольку найти площадку, на которой в требуемых средних отношениях было бы 3–5 и более видов растений – процесс нереальный и требующий большого количества времени (Раменский, 1971).

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что для достоверного количественного и качественного учета видов, слагающих живой напочвенный покров, наиболее пригоден *дробный учет большого числа мелких площадок*.

Значение вида в жизни фитоценоза определяется принадлежностью к определенной жизненной форме, состоянием популяции и, наконец, его обилием и встречаемостью (Воронов, 1973).

**Обилие вида в сообществе** – его количество, которое может быть выражено различными показателями: количеством особей на единицу площади, массой органического вещества, производимой видом, пространством, занимаемым особями вида, и др. (рис. 4). Понимание обилия как совокупного признака значительно облегчает возможность оценки степени преобладания вида и сопоставления соотношений между компонентами (Понятовская, 1964). Различают абсолютные и относительные величины этих показателей.

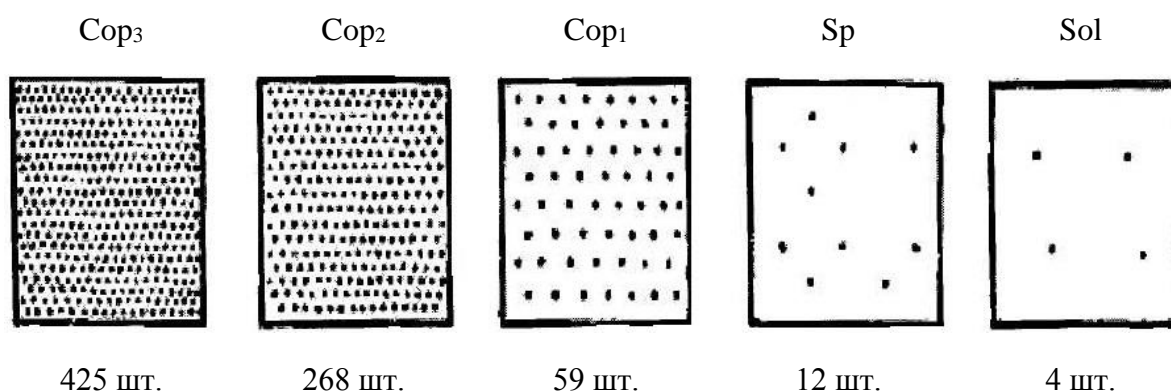


Рис. 4. Сравнительное сопоставление различных ступеней обилия в значках шкалы Друде на площадях по 100 м<sup>2</sup> (точки представляют отдельные экземпляры, снизу под квадратами дано их количество)

**Абсолютное обилие** необходимо для установления продуктивности сообщества и отдельных его компонентов не только в производственных целях, но и при количественной оценке их значения в биогеоценологических процессах круговорота и накопления вещества и энергии. Определяется оно чаще всего количеством экземпляров или массой вида в граммах на единицу площади (урожайность, биологическая или хозяйственная продуктивность), а также размерами площади проекции растений.

**Относительное обилие** компонентов сообщества показывает соотношение между видами и степень преобладания одних над другими.

Наиболее используемые методы определения количественных соотношений между видами (и группами видов) в живом напочвенном покрове (Сукачев, Зонн, 1961; Шенников, 1964):

- 1) глазомерная сравнительная оценка численного обилия особей, которыми представлен каждый вид;
- 2) определение площади покрытия; то есть площади, занятой каждым видом (или группой видов);
- 3) определение весовых соотношений масс (надземных и подземных частей видов);
- 4) определение объемных соотношений видов.

### **Глазомерная оценка относительного обилия (глазомерные методы прямого учета, описательные градации обилия, количественное соотношение видов)**

Для оценки численности видов применяют различные шкалы. Широко распространена, например, шкала, предложенная О. Друде в 1913 г.:

- soc (*socialis*) – растения смыкаются надземными частями;
- cop<sup>3</sup> (*copiosae*) – растения очень обильны;
- cop<sup>2</sup> – растения обильны;
- cop<sup>1</sup> – растения довольно обильны;
- sp (*sparsae*) – растения редки;
- sol (*solitariae*) – растения единичны.

Можно найти примерные абсолютные оценки количества экземпляров вида, которые соответствуют различным ступеням обилия по Друде (см. рис. 4).

Существует также множество вариаций шкалы обилия видов по О. Друде, например, А. В. Побединский (1966) предлагает другую шкалу:

- soc – растение покрывает более чем 3/4 площади;
- cop<sup>3</sup> – растение покрывает от 1/4 до 1/2 площади;
- cop<sup>2</sup> – растение покрывает от 1/2 до 3/4 площади;
- cop<sup>1</sup> – растение покрывает от 1/20 до 1/4 площади;
- sp – растение покрывает менее 1/20 поверхности почвы, но все же распространено значительно;
- sol – растение встречается единично;
- un – найден только один экземпляр данного вида.

Заслуживает внимания шкала обилия видов, предлагаемая А. П. Шенниковым (табл. 17).

Таблица 17

Шкала оценок обилия видов по Друде  
и соответствующие ей градации относительного обилия,  
выраженные цифровыми или словесными обозначениями

По О. Друде (глазомерная оценка)		Оценка по шестибальной системе	
		Цифровая	Словесная
Socialis (soc)		6	Обильны (очень много), явное преобладание по количеству особей
Copiosus	(cop <sup>3</sup> )	5	Рассеяно (много)
	(cop <sup>2</sup> )	4	Разбросаны (довольно много)
	(cop <sup>1</sup> )	3	Изредка
Sparsus (sp)		2	Редко (мало)
Solitarius (sol)		1	Единично (очень мало)

Для ландшафтного наглядного описания растительности и для решения некоторых практических задач (схематическое картирование, районирование) Л. Г. Раменским (1971) была предложена шкала, которая включает в себя категории обилия, обозначенные условными баллами, отметками Друде и градациями проективного обилия.

*Балл 6:* по О. Друде – (soc), проективное обилие  $m^4$  и выше, не менее 25 % площади учета. Растение занимает большую часть площади и безраздельно господствует, образуя фон, в который вкраплены все прочие виды группировки.

*Балл 5:* по О. Друде – высшие степени (cop), проективное обилие  $m^1$ – $m^3$ , около 10–25 % площади. Входят в группу 2–5 растений, образующих фон и слагающих основную массу растительного покрова.

*Балл 4:* по О. Друде – низшие степени (cop), проективное обилие (с), около 3–7 % площади. Встречается в числе нескольких растений, образующих массовую примесь к фоновым, заметную как по площади проекции, так обычно и по массе (около 1–5 % общей массы урожая).

*Балл 3:* по О. Друде – (sp), проективное обилие  $n$ , около 0,5–2 % площади. Встречается в числе нескольких, часто многих видов, густо расположенных, растущих на каждом клочке территории, но в то же время составляющих ничтожно малую часть урожая (< 1 %) и с низким проективным обилием (не более 1–2 %).

*Балл 2:* по О. Друде – (sol), проективное обилие  $p$ , менее 0,2 %, единично вкраплены в фон растительности везде.

*Балл 1:* по О. Друде –  $r$  и  $s$ , редкие растения – одно или несколько на обширную площадь.



Относительное обилие вида может быть выражено средним расстоянием между его особями (Воронов, 1973).

Соответствие между оценками обилия по О. Друде и расстояниями между особями вида следующее:

$cop^3$  – 0–20 см;

$cop^2$  – 20–40 см;

$cop^1$  – 40–100 см;

$sp$  – 100–150 см;

$sol$  – более 150 см;

$R^4$  ( $Un$ ) – не более 10 экземпляров на 100 м<sup>2</sup>.

Пользуясь методом О. Друде, необходимо отвлекаться от покрытия и отмечать лишь численность. Оценку по О. Друде надо проводить по отдельности для каждой группы видов растений, сходных по размерам. Так, в лесном фитоценозе особо отмечают относительное обилие каждого вида мхов в моховом покрове, особо – обилие каждого вида травянистых растений и т. д.

Глазомерная оценка относительного численного обилия имеет преимущество перед другими, более точными учетами, в том, что требует меньше времени. Поэтому она незаменима при маршрутных геоботанических обследованиях в короткий срок больших и разнородных территорий (Шенников, 1964).

### **Определение площади проективного покрытия каждым видом (или группой видов)**

Определение площади покрытия считается одним из важных приемов, которые могут характеризовать и количественные соотношения между видами и общую сомкнутость растительного покрова или его частей (Шенников, 1964).

Площадью покрытия, или проективным покрытием, называют площадь горизонтальных проекций отдельных растений, всей популяции вида или всего растительного покрова на поверхность почвы (рис. 5). Она выражается в процентах от поверхности пробной площади; 100 % общего покрытия означает, что поверхность почвы сплошь покрыта проекциями растений, а 70 % означает, что остальная часть остается непокрытой.

Для того чтобы проективное покрытие могло быть определено с достаточной точностью ( $\pm 5$  % для травостоя в целом, 10–20 % – для «массовых видов» и более грубо – для единичных видов), используют сетку Раменского (рис. 6, а) (Шенников, 1964; Воронов, 1973). Это небольшая пластинка (картонная, деревянная и т. п.), в которой вырезано

прямоугольное отверстие размером  $2 \times 5$  см или  $3 \times 7,5$  см. Отверстие разделяется ниткой или проволокой на 10 квадратных клеток по 1 или по  $1,5$  см<sup>2</sup>. Рассматривая травостой сверху через такое сетчатое отверстие, определяют, сколько ячеек (десятых долей отверстия) приходится на проекцию растительности и сколько на неприкрытую, сквозящую через травостой поверхность почвы. Повторяя этот учет в разных местах участка, занимаемого фитоценозом, получают среднюю величину проективного покрытия с точностью до 5 % и более. Можно использовать также сеточку Понятовской (рис. 6, б).

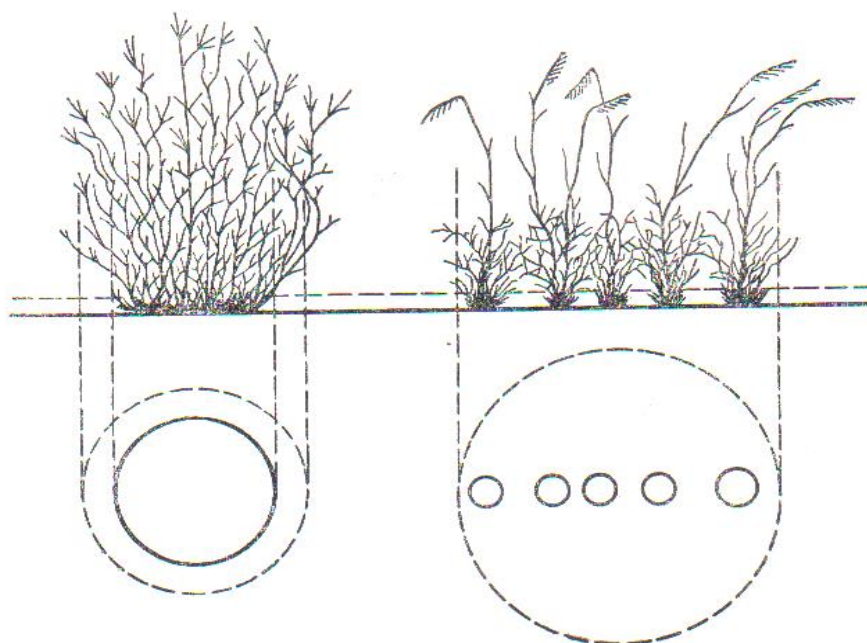


Рис. 5. Площадь основания стеблей и проективное покрытие: наружные круги – максимальное покрытие листьями (пунктир), внутренние – покрытие основаниями растений (сплошная линия)

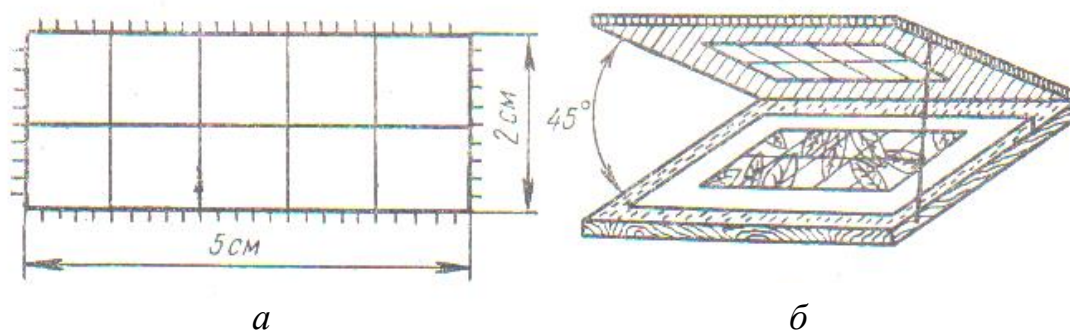


Рис. 6. Для определения проективного покрытия растений: а – сеточка (по Раменскому, 1938); б – зеркальная сеточка (по Понятовской)

Проективное обилие, то есть проективное покрытие отдельных видов или их групп, определяют также с помощью вышеуказанных сеточек. Сумма проективных обилий видов или групп должна равняться сумме проективной полноты (общему проективному покрытию). Однако для некоторых исследований (например, лесотипологических) достаточна точность проективного покрытия травянистой растительности, определяемая на глаз (Сукачев, Зонн, 1961).

Помимо оценки проективного покрытия в процентах применяют различные шкалы с балльной оценкой этой величины. Для глазомерной оценки горизонтальных проекций видов травяной, моховой и других форм растительного покрова применяется 10-балльная шкала (Шенников, 1964). Суммарная проекция может быть более 100 %, когда имеется перекрытие проекций одних особей проекциями других.

При более развитом глазомере возможно употребление 10-балльной шкалы покрытия (доминирования), при менее – 5-балльной (табл. 18).

Таблица 18

Шкалы оценки проективного покрытия растительного покрова  
(Шенников, 1964)

Баллы	Характеристика степени покрытия растительности	Покрытие (в процентах или долях)
<b>10-балльная шкала</b>		
10	Полное покрытие	100–90
9	Очень большое покрытие	90–80
8	Большое покрытие	80–70
7	Довольно большое покрытие	70–60
6	Умеренное покрытие	60–50
5	Заметная разреженность	50–40
4	Сильная разреженность	40–30
3	Малое покрытие	30–20
2	Очень малое покрытие	20–10
1	Покрытие почти отсутствует	Меньше 10
<b>5-балльная шкала</b>		
5	Сильное или почти сплошное покрытие	100–75, в среднем 87,5 (1–3/4 площади)
4	Большое покрытие (умеренная разреженность)	75–50, в среднем 62,5 (1/2–3/4)
3	Умеренное покрытие (большая разреженность)	50–25, в среднем 37,5 (1/4–1/2)
2	Слабое покрытие (очень большая разреженность)	5–25, в среднем 15 (1/20–1/4)
1	Очень слабое покрытие	Меньше 5 (меньше 1/20)

При описании живого напочвенного покрова чаще всего используется комбинированная шкала обилия-покрытия, разработанная Ж. Браун-Бланком. Указанная шкала имеет следующее содержание:

- + – вид редок и имеет малое проективное покрытие до 1,0 %;
- 1 – особей вида много, но проективное покрытие невелико, или особи разрежены, но покрытие большое 1,0–9,9 %;
- 2 – количество особей вида велико, проективное покрытие 10,0–24,9 %;
- 3 – количество особей вида любое, проективное покрытие 25,0–49,9 %;
- 4 – количество особей вида любое, проективное покрытие 50,0–74,9 %;
- 5 – количество особей вида любое, проективное покрытие 75,0–100 %.

### **Определение весовых соотношений масс (надземных и подземных частей видов). Определение продуктивности травостоев**

В отношении наземных растений весовая характеристика дается прежде всего тогда, когда в практических или теоретических целях необходимо знать массу организмов на единицу площади или в единице объема среды. На практике весовая характеристика чаще всего применяется для фитоценозов с преобладанием травянистых растений, где необходимо знать урожай трав. Знание массы всех растений фитоценоза, растений, образующих его структурные части, например ярусы, а также массы особей, образующих популяцию вида, позволяет оценить роль фитоценоза, его структурных частей и отдельных видов в круговороте веществ (Воронов, 1973).

Массу можно оценить тремя величинами. Определяют или массу свежей, только что срезанной травы, или воздушно-сухую массу, или абсолютно сухую массу. Наименее надежна (по техническим причинам) масса свежей, только что срезанной травы, так как зеленые части растений после срезания очень быстро теряют влагу, и взвешивание, проведенное в разные, хотя и близкие сроки после срезания, дает неточные результаты. Воздушно-сухая масса зависит от влажности воздуха и способна меняться в результате высушивания, в зависимости от особенностей места хранения (в тени, на солнце). Наиболее точен метод абсолютно сухой массы. В то же время знание сырой массы очень важно для оценки общего состояния вида или группы видов.

Пробы следует разбирать по группам видов – злаки, осоковые, бобовые, разнотравье и прочие (Работнов, 1972).

Продуктивность живого напочвенного покрова определяется срезанием его видов с учетных площадок (Программа и методика..., 1966). Количество учетных площадок и общая площадь учета изменяются в зависимости от степени однородности ЖНП и от размеров площадок. Наиболее часто используются площадки в 1, 2, 4, 5 м<sup>2</sup>. В связи с изменением по годам количественного соотношения видов, входящих в состав ЖНП, и степени выраженности мозаичности площадь выявления урожайности изменяется по годам. Для определения урожая с точностью  $\pm 10\%$  обычно достаточно 10 площадок в 1 м<sup>2</sup> или 3–4 площадок по 4 м<sup>2</sup>. Травы срезаются на разной высоте, в зависимости от типа и способа использования; наиболее часто на высоте 5–7 см, а при определении абсолютной продуктивности – на уровне почвы. При изучении динамики нарастания срезание проводится, начиная с весны до конца вегетационного периода с интервалами в 10–15 дней. Урожай определяется по воздушно-сухой массе, а еще лучше – по абсолютно сухой. ЖНП с каждой учетной площадки высушивается и взвешивается отдельно. Это обеспечивает возможность проведения математической обработки в целях определения точности учета и достоверности различий.

Получение точных данных о продуктивности основных компонентов является трудоемким процессом (Программа и методика..., 1966), поскольку для осуществления данной процедуры необходимо срезать и обработать по видам траву с нескольких десятков, а иногда и сотен площадок в 1 м<sup>2</sup>. Поэтому весовой метод рекомендуется только при ежегодном учете на постоянных площадках, при анализе средних проб травы, в сочетании с другими менее трудоемкими методами, например, с проективным покрытием (Программа и методика..., 1966).

Для получения достаточно точных данных средняя проба должна состоять из 100 горстей травы или формироваться из травы, срезанной со 100 площадок 5 × 5 см. Срезанная или собранная из прокосов трава объединяется в одну пробу и разбирается (лучше в свежем состоянии) по видам (Программа и методика..., 1966).

### **Определение объемных соотношений видов**

Определение объемных соотношений видов применяется в дендрологии и лесоводстве. Метод аналогичен методу определения весовых соотношений масс. Однако вместо массовых характеристик используется объем ствольной древесины конкретного древесного вида.

## 6.2. Количественная оценка сходства и различия живого напочвенного покрова

Флористический состав сообществ представляет совокупность различных видов, которые относятся к различным систематическим группам (родам, семействам, классам, отделам). В практике изучения живого напочвенного покрова широко используется метод сравнения флористических списков различных сообществ. Данный метод позволяет установить степень их сходства и различия и тем самым определить, в частности, интенсивность антропогенного воздействия.

Для сравнения сообществ используются различные коэффициенты и индексы, учитывающие видовой состав и обилие видов. Коэффициенты общности оценивают степень сходства объектов между собой. К коэффициентам общности относятся (Бунькова и др., 2020):

- меры расстояния, определяющие степень различия двух или нескольких описаний. При использовании количественных данных (покрытие, надземная фитомасса или обилие видов) в фитоценологии чаще всего вычисляют евклидово расстояние (Василевич, 1969);

- вероятностные и корреляционные меры (оценивают вероятность сходства объектов);

- коэффициенты связи и преобразований (проводят различные действия над мерами сходства и различия);

- собственно коэффициенты сходства и различия (основаны на данных по присутствию или отсутствию видов в сообществе, поэтому для их использования чрезвычайно важно как можно полнее выявить видовой состав сравниваемых сообществ).

Коэффициенты общности могут рассчитываться только на основе присутствия видов в сравниваемых списках без учета их отсутствия (индекс сходства) (табл. 19) или на основе только отсутствия видов без учета их присутствия (индексы отличия). В том и другом случаях надо иметь в виду, что наличие или отсутствие видов в сообществе может носить случайный характер и не зависеть от условий произрастания, поэтому индексы флористического сходства и отличия не являются показателями сходства экологических условий местообитаний, фиксируя лишь степень общности видов списков.

Таблица 19

Определение индекса сходства (Лебедева и др., 2004)

$a$ Количество общих видов в двух списках	$b$ Количество видов, имеющихся только во втором списке	$c$ Общее количество видов во втором списке
$c$ Количество видов, имеющихся только в первом списке	$d$ Количество видов, отсутствующих в обоих списках, но имеющих в других, в которых всего входит $S$ видов	$c = d$ Количество отсутствующих видов во втором списке
$a = c$ Общее количество видов в первом списке	$b = d$ Количество отсутствующих видов в первом списке	$a + b + c + d = S$ Всего видов

Наиболее простыми и распространенными показателями флористического сходства являются коэффициент Жаккара и коэффициент Чекановского-Серенсена. Коэффициент Жаккара определяется по формуле

$$J_j = \frac{a}{a + b + c}, \quad (27)$$

где  $J_j$  – коэффициент Жаккара;

$a$  – количество общих видов в сравниваемых вариантах (списках), шт.;

$b$  – количество видов, встречающихся только в первом варианте (списке), шт.;

$c$  – количество видов, встречающихся только во втором варианте (списке), шт.

Коэффициент Жаккара может иметь значение от 1 до 100 % (или от 0 до 1). Значения коэффициента Жаккара на разных степенях общности приведены в табл. 20.

Таблица 20

Показатели коэффициентов Жаккара  
для разных степеней общности

Степень общности	Коэффициент Жаккара
Нет соответствия	Меньше 0,2
Малое соответствие	0,2–0,65
Большое соответствие	0,66–0,95
Полное соответствие	1

Индекс общности Чекановского-Серенсена определяется по формуле

$$J_{ск} = \frac{2a}{(a + b) + (a + c)}, \quad (28)$$

где  $J_{ск}$  – индекс общности Чекановского-Серенсена;

$a$  – количество общих видов в двух растительных сообществах, шт.;

$b$  – количество видов, встречающихся только в первом растительном сообществе, шт.;

$c$  – количество видов, встречающихся только во втором растительном сообществе, шт.

Чем выше значение коэффициента, тем больше сходство видов сравниваемых сообществ. При полном флористическом сходстве коэффициент равен единице, а при полном различии – нулю.

Вычисление коэффициентов сходства Жаккара и Чекановского-Серенсена проводится в два этапа. Сначала строятся матрицы общих видов попарно сравниваемых сообществ (табл. 21).

Таблица 21

Матрицы сравниваемых сообществ

Номер описаний	1	2	3	4
1		5 видов	7 видов	4 вида
2			2 вида	4 вида
3				1 вид
4				

Затем для определения коэффициента дискриминации ( $P_r$ ) используют формулу (Шмидт, 1984)

$$P_r = \frac{X + Y + Z}{X + Y - Z}, \quad (29)$$

где  $X$  – количество видов, встречающихся в первом списке, но отсутствующих во втором, шт.;

$Y$  – количество видов, встречающихся во втором списке, но отсутствующих в первом, шт.;

$Z$  – количество видов, встречающихся в обоих списках, шт.



Данный коэффициент обладает следующей особенностью: варьируя от  $-1$  до  $+1$ , он в пределах от  $-1$  до  $0$  указывает на сходство, а в пределах от  $0$  до  $+1$  – на различие (дискриминацию) видового состава сообщества.

Для оценки динамики сукцессионных процессов используются показатели общей ( $D_{общая}$ ) и сукцессионной ( $D_c$ ) динамичности, вычисляемые по формулам (Титлянова, Миранычева-Токарева, 1993):

$$D_{общая} = \frac{n_2 + n_3 + n_4}{n_1}, \quad (30)$$

$$D_c = \frac{n_2 + n_3}{n_1}, \quad (31)$$

где  $n_1$  – количество видов, устойчиво существующих в сообществе, шт.;

$n_2$  – количество появившихся видов, шт.;

$n_3$  – количество выпавших за определенный период времени видов, шт.;

$n_4$  – количество флуктуирующих видов, шт.

С помощью показателя сукцессионной динамики можно сравнивать характер изменений, происходящих в различных фитоценозах: если  $D > 1$ , то количество замещающих видов больше количества существующих устойчиво; если  $D < 1$ , то осуществляется противоположная ситуация.

Показатель  $A = n_2/n_3$  отражает накопление (при  $A > 1$ ) или потерю ( $A < 1$ ) видов в сообществе (Титлянова, Миранычева-Токарева, 1993).

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Что такое живой напочвенный покров?
2. Как Вы понимаете термин «видовое флористическое богатство»?
3. Какими способами проводится изучение живого напочвенного покрова?
4. Изложите суть шкалы обилия видов по О. Друде.
5. Как определяется площадь проективного покрытия ЖНП?
6. Изложите сущность шкалы оценки проективного покрытия живого напочвенного покрова.
7. Какие способы количественной оценки сходства и различия ЖНП Вы знаете?

## 7. МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК

Основные свойства лесной подстилки (ЛП) – мощность и запас – быстро изменяются при любом нарушении лесорастительных условий. Лесная подстилка оперативно реагирует на естественную, стихийную или антропогенную смену ситуации в биогеоценозе (Соловьев, 2010).

*Лесная подстилка* – напочвенный покров из мертвой органической массы, формируемой за счет лесного опада.

*Лесной опад* – ежегодно отторгаемая насаждением фитомасса (листья, хвоя, ветви, сучья, плоды, семена, кора, надземная часть живого напочвенного покрова), которая систематически пополняет лесную подстилку. Ежегодный объем опада составляет 2–5 т/га (в абсолютно сухой массе).

Массу опада можно определить несколькими методами. Наиболее часто применяется разовое определение, когда сбор опада проводят с 10–15 учетных площадок размером 0,4 × 0,5 или 1 × 1 м. После сбора опад в лабораторных условиях высушивают до абсолютно сухого состояния и определяют его массу в целом или по фракциям.

Если необходимы мониторинговые наблюдения за величиной опада, применяют опадомеры (опадоуловители) – это традиционный метод определения массы и фракционного состава опада (Карпачевский, Киселева, 1968). Он заключается в установке на каждой пробной площади по 10–15 опадомеров, представляющих собой квадратные ящики с внутренними сторонами квадрата 0,4, 1,0 или 2 м и с боковыми стенками высотой 10 см. Опадомеры равномерно расставляются на пробной площади, каждый имеет порядковый номер. Опад собирается несколько раз в год, что диктуется интенсивностью его формирования.

Главная задача опадомеров – отделение вновь поступающего опада от уже находящегося на поверхности почвы. Периодические сборы опада из опадомеров позволяют проследить динамику опада как в целом, так и по фракциям, в течение года и за несколько лет.

Наряду с экспериментальными существуют также расчетные методы определения годичного опада. Один из таких методов запатентован Российским патентным ведомством (Аткин, Стаканов, 1991).

Для изучения лесной подстилки закладываются площадки по методу Н. П. Курбатского (1970), размером 0,20 × 0,25 м. Пробы лесной подстилки берутся на границе ППП с прилегающей территории

(Программа и методика..., 1974), в 6-кратной повторности на ППП и 3-кратной – на ВПП. Шаблон укладывается на почву, и по его периметру подстилка ножом вырезается до минерального слоя. Затем из внутренней части шаблона убирается вся растительность и вынимается подстилка. Массу подстилки и опада определяют весовым способом. Мощность подстилки замеряют на всех сторонах учетной площадки (10–12-кратная повторность) с последующим вычислением среднего значения.

При изучении лесных подстилок принято деление их на три слоя (Постолаке, 1976):

– верхний слой  $A_0'$  состоит из сравнительно мало измененных или почти неповрежденных листьев (хвои);

– средний слой  $A_0''$  образован в основном листьями (хвоей), заметно измененными процессами разложения, но отдельные их части еще сохраняют свое морфологическое строение;

– нижний слой  $A_0'''$  состоит из однородной массы мажущего разложившегося органического вещества – перегноя, смешанного с примесью мелких частиц почвы.

Наличие данных о массе опада и лесной подстилки позволяет рассчитывать опадно-подстилочный коэффициент, который представляет собой отношение массы лесной подстилки к массе опада на момент учета. Чем меньше значение коэффициента, тем быстрее идет деструкция органического опада.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Дайте определение лесной подстилке.
2. Изложите методику определения массы лесной подстилки.
3. Изложите методику изучения массы и динамики опада.
4. Какие слои выделяются при изучении лесной подстилки?
5. Как Вы понимаете опадно-подстилочный коэффициент?

## 8. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОКРЫТИЯ СТВОЛОВ ДЕРЕВЬЕВ ЭПИФИТНЫМИ ЛИШАЙНИКАМИ

Проблема рационального использования природных ресурсов и их охраны может быть решена лишь комплексно, на основе изучения и учета взаимосвязей и обусловленности многообразных природных процессов. Значительный интерес в этом плане представляют исследования в такой своеобразной группе растений, как лишайники, изучение их видового состава, распространения, роли в различных биогеоценозах.

В качестве индикаторов степени загрязнения природной среды наиболее пригодны организмы, занимающие низкие трофические уровни. Это, прежде всего, лишайники. Благодаря их высокой чувствительности к загрязнению лишайники используют в качестве индикаторов для прогнозирования и контроля состояния окружающей среды (Пастернак и др., 1985). Лишайники являются наиболее чувствительными структурными элементами лесных экосистем (Richardson, 1981; Мартин, 1982; Пастернак и др., 1985; Жидков, 2003).

*Эпифитные лишайники* – лишайники, растущие на стволах и ветвях деревьев и кустарников, но не паразитирующие на них (Солдатенкова, 1977). Флору эпифитных лишайников образует большое количество видов, имеющих накипное, листоватое или кустистое слоевище.

Эпифитные лишайники на стволах и ветвях деревьев представляют собой синузии. *Синузии* – структурные части фитоценоза, пространственно или во времени фенологического развития обособленные и отличающиеся флористически, экологически, фитоценотически. Эпифитные синузии изучают на стволах и ветвях нижних частей деревьев.

Лишайниковые синузии как компоненты биогеоценоза крайне слабо изучены. Своеобразные экологические и фитоценотические условия в лесных фитоценозах существенно влияют на лишайнофлору.

Эпифитные группировки лишайников усложняют структуру лесного биогеоценоза, повышают эффективность использования солнечной энергии, влияют на обмен веществ в биогеоценозе (Солдатенкова, 1977). Очень важны с точки зрения структуры биогеоценоза вопросы динамики лишайниковых группировок. Необходимо изучение лишайниковых синузий на разных древесных породах, а также на стволах одного и того же дерева в различных типах леса.

На пробных площадях выделяют 20–25 модельных деревьев разных видов, на которых учитывается видовой состав лишайников, их покрытие, распределение. Для этого используется квадрат-сетка  $20 \times 20$  см, а в случае очень тонких стволов –  $10 \times 40$  см. Степень покрытия определяется в процентах от всей площади квадрата (Солдатенкова, 1977).

Поверхность ствола исследуется с разных сторон. Если целью исследований является изучение флористического состава эпифитных лишайников, то учитывается их видовой состав в зависимости от возраста дерева. Для этой цели выбираются модельные деревья всех встречающихся на пробной площади пород по возрастным ступеням (0–20, 20–40 лет и т. д.), и на всех экземплярах учитывается видовой состав эпифитных лишайников. На молодых стволах поселяются главным образом накипные лишайники. Более старые деревья, где кора грубая, шершавая, благоприятны для поселения многочисленных видов эпифитных лишайников (листоватые, кустистые). При изучении лишайниковых синузий обращают внимание на класс бонитета древостоя. Для этого пробные площадки закладывают в насаждениях разных классов бонитета.

Для определения коэффициента встречаемости видов лучше исследовать не менее 50 модельных деревьев. Доля участия видов лишайников характеризуется долей встречаемости вида по отношению к числу проанализированных стволов.

При описании флористического состава эпифитных лишайников на деревьях в пределах пробной площади указываются синузия эпифитных лишайников, дата, район, рельеф, почва, глубина залегания грунтовых вод, тип леса, ярусное сложение, состав пород, сомкнутость крон, класс бонитета. Затем называются виды эпифитных лишайников, древесная порода, возраст, диаметр ствола, характер поверхности ствола, экспозиция, относительная влажность, наличие органов плодоношения, обилие, покрытие. Рассматриваются лишайники на корневых лапах дерева, в нижней, средней и верхней частях ствола, на кроне (сучья нижние, средние, верхние).

Величину проективного покрытия эпифитных лишайников у всех деревьев на ПП определяют на высоте 1,3–1,5 м от шейки корня. Использование абсолютных значений проективного покрытия не всегда удобно, так как не отражает их соотношения с «нормой», поэтому чаще используется общепринятый в биологии метод определения индекса относительного проективного покрытия ствола на высоте 1,3–1,5 м и увязка его с жизненным состоянием рекреационного насаждения (Жидков, 2003).

Индекс относительного проективного покрытия стволов определяется по формуле

$$K_{III} = S / S_1, \quad (32)$$

где  $K_{III}$  – индекс относительного проективного покрытия стволов;  
 $S$  – величина проективного покрытия лишайников на исследуемых стволах, %;  
 $S_1$  – величина нормального (фонового) проективного покрытия лишайника, %.

Индекс относительного проективного покрытия рассчитывается для каждого дерева в отдельности с последующим расчетом для древо-стоя каждой ПП в целом.

Максимальная величина покрытия эпифитными лишайниками стволов сосны в сосняках Казахского мелкосопочника – 70 % (Оценка продуктивности..., 2011). Этот показатель берется за основу в расчетах для данного региона. При этом чаще всего не ставится задача определения распространения каждого вида в отдельности, а устанавливается проективное покрытие всей синузии видов по отношению к нормальному (фоновому) значению параметров.

Для сосняков Казахского мелкосопочника вопрос нарушения покрова эпифитных лишайников на стволах сосны становится актуальным, поскольку на показатели проективного покрытия эпифитных лишайников, помимо поллютантов, большое влияние оказывают рекреационные нагрузки (рис. 7) и периодически возникающие пожары.



Рис. 7. Воздействие рекреантов на стволы деревьев

Для условий Казахского мелкосопочника выделены следующие 4 градации распространения эпифитных лишайников по стволам деревьев сосны:

– *отсутствует* – поверхность ствола практически лишена эпифитной флоры или встречаются крохотные участки талломы (тела) лишайников, а занимаемая ими площадь не превышает 5 % от поверхности стволов;

– *единичное* – наличие эпифитной флоры лишайников; занимаемая ими площадь составляет от 5 до 20 % от поверхности стволов;

– *среднее* – площадь, занятая эпифитными лишайниками, составляет 20,1–40 % от поверхности стволов;

– *равномерное* – эпифитные лишайники равномерно размещены по поверхности стволов сосны и занимают площадь от 40 до 70 % («норма» или базовый показатель для данного региона, с чем сравнивается эпифитное покрытие лишайников исследуемых древостоев в зависимости от интенсивности рекреационного лесопользования).

Для более точного определения параметров распространения синузии эпифитных лишайников используют общепринятый в биологии коэффициент относительного проективного покрытия ствола на высоте 1,3–1,5 м, характеризующий параметры распространения каждого вида в отдельности или всей синузии видов по отношению к нормальному (фоновому) значению параметров ( $K_{III}$ ). При сильном загрязнении в погибших и ослабленных сосняках значение индексов близко к нулю (или равно ему), в здоровых – приближается к единице.

На основе использования выделенных градаций с величиной проективного покрытия эпифитными лишайниками стволов сосны, индексом относительного покрытия стволов эпифитными лишайниками ( $K_{III}$ ) и оценкой жизненного состояния получены нормативные данные по оценке состояния как древостоя в целом, так и каждого дерева в отдельности (табл. 22) (Оценка продуктивности..., 2011; Муканов и др., 2013).

Таблица 22

Оценка состояния сосновых насаждений по величине проективного покрытия стволов сосны эпифитными лишайниками в условиях Казахского мелкосопочника

Категория жизненного состояния насаждения	Величина проективного покрытия, %	Индекс ( $K_{III}$ )
Здоровое	41–70	0,58–1,00
Условно здоровое	21–40	0,30–0,57
Ослабленное	6–20	0,08–0,29
Сильно ослабленное	0–5	0,00–0,07

***Контрольные вопросы и задания***

1. Какие лишайники относятся к эпифитным?
2. Как определяется проективное покрытие стволов эпифитными лишайниками?
3. Как Вы понимаете индекс относительного проективного покрытия?
4. Какие градации распределения эпифитных лишайников на стволах Вы можете привести?
5. Объясните связь проективного покрытия с жизненным состоянием насаждений.



## 9. ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА НАСАЖДЕНИЙ

Среди большого количества видов антропогенного воздействия на лесные экосистемы особое место занимает рекреация. Вокруг крупных мегаполисов и внутри городской застройки лесные экосистемы испытывают значительные нагрузки, приводящие не только к снижению эстетической привлекательности и биологического разнообразия, но и к потере насаждениями устойчивости (Данчева и др., 2014; Бунькова, Залесов, 2016). При этом происходящие в рекреационных лесах негативные изменения становятся известны широкому кругу граждан и вызывают законное недовольство у населения.

Поскольку рекреационные леса находятся в условиях повышенного риска, одним из важнейших условий их сохранения является организация лесного мониторинга. При организации рекреационного лесопользования очень важное значение приобретает оценка рекреационного потенциала ландшафтов, или совокупности свойств, определяющих возможность их использования для отдыха населения.

Слово «потенциал» (от лат. *potentia* – сила, возможность) здесь означает совокупность средств и условий, необходимых для ведения, поддержания, сохранения чего-либо (Ожегов, 1990; Универсальный словарь..., 2001).

В соответствии с ОСТ 56-84-85 (1986) **рекреационный потенциал** – это мера возможности выполнения лесом рекреационных функций, обусловленная его природными свойствами. При этом **рекреационный потенциал ландшафта** – это мера возможности выполнения им рекреационных функций, обусловленная его природными свойствами и результатами деятельности человека (Мониторинг..., 2004; Залесов и др., 2016).

Очевидно, что лесопользователя, как и рекреанта, в меньшей степени интересует вопрос запаса древесины на лесном участке, используемом для осуществления рекреационной деятельности, нежели качество природного ландшафта и потенциал досуга на этом участке. Для рекреации важны следующие показатели.

1. Санитарное состояние лесной среды, определяемое стадией рекреационной дигрессии. Только в здоровой среде можно восстановить собственное здоровье.

2. Эстетические качества ландшафта (просматриваемость, проходимость, разнообразие компонентов лесного природного комплекса). Окружающая среда должна восхищать, а не угнетать.

3. Разнообразие ландшафта, обеспечивающее многовариантность в видах отдыха и формах рекреационного использования. Например, наличие водного объекта внутри лесного ландшафта дает возможность для водных развлечений, пляжного отдыха. Пересеченность местности, наличие гор или обширных откосов – это возможность для занятий альпинизмом, горнолыжным спортом, полетами на дельтаплане и параплане, спортивным ориентированием и др.

4. Достаточность рекреационной инфраструктуры, интегрированной в лесной ландшафт. При высоком уровне сервиса, хороших санитарно-бытовых условиях отдыхающие должны ощущать себя в лесной, а не городской среде.

5. Организация отдыха, при которой раскрывается неповторимость и уникальность данных ландшафтов (историчность, самобытность и т. д.).

Как правило, при оценке рекреационного потенциала насаждений выделяются три группы показателей: привлекательность, комфортность для отдыхающих и устойчивость к рекреационному воздействию (табл. 23).

Таблица 23

Система показателей комплексной оценки рекреационного потенциала

Показатели по группам		
Привлекательность	Комфортность	Устойчивость
Возраст древостоя	Рельеф	Возраст древостоя
Породный состав насаждения	Влажность местообитания	Устойчивость к вытаптыванию доминирующей породы
Смешение пород	Состояние дорожно-тропиночной сети	Наличие подроста
Высота древостоя	Доступность	Наличие подлеска
Ярусность насаждения	Расстояние до водоема, имеющего рекреационное значение	Устойчивость нижних ярусов растительности
Мозаичность насаждения	Присутствие кровососущих и беспокоящих насекомых	Гранулометрический состав почвы
Декоративность	Наличие шума	Мощность подстилки
Рекреационная нарушенность	Загрязненность воздуха	Мощность гумусового горизонта
Захламленность бытовым мусором	–	Мощность дернины
		Водный режим
Фитосанитарное состояние	–	Уклон поверхности

Степень устойчивости к рекреационному воздействию основных лесообразующих пород следующая (Мониторинг ..., 2004): ель, осина – очень низкая, сосна, лиственница – низкая, липа, клен – средняя, дуб, береза – высокая. Естественно, что устойчивость будет зависеть от географического положения местности и лесорастительных условий.

Для установления рекреационного потенциала все показатели оцениваются по пятибалльной системе. Фрагмент шкалы по оценке привлекательности приведен в табл. 24 (Мониторинг..., 2004).

Таблица 24

Шкала оценки рекреационного потенциала насаждений по группе привлекательности

Показатель	Характеристика, значение признака		Балл
<i>1</i>	<i>2</i>		<i>3</i>
Возраст древостоя (оценка проводится по возрасту преобладающего по запасу поколения)	Класс возраста	I	3
		II	1
		III	2
		IV	3
		V и выше	4
Породный состав насаждений	Чистые древостои с густым подлеском, в составе которого менее 5 видов		0
	Смешанные древостои из 2 пород с подлеском, в составе которого не более 5 видов, чистые древостои с очень редким подлеском или без него		1
	Смешанные древостои из 2 пород с разнообразным подлеском, в составе которого более 5 видов		2
	Смешанные древостои из 3–5 пород, в составе подлеска до 10 видов		3
	Смешанные многопородные древостои (более 5 пород), в подлеске более 10 видов		4
Смешение пород в искусственных и естественных насаждениях	Чистые культуры		0
	Смешанные чистыми рядами		1
	Кулисные		2
	Отдельными посадочными (посевными) местами или их звеньями, шахматное		3
	Биогруппами или гнездами, бессистемное; насаждения естественного происхождения		4
Высота древостоя, м (измеряется глазомерно)	Менее 5		0
	5–10		1
	11–15		2
	16–25		3
	Более 25		4

Окончание табл. 24

1	2		3
Ярусность (вертикальная структура)	Одноярусные древостои I–II классов возраста, подрост и подлесок отсутствуют или малочисленны		0
	Одноярусные насаждения старших возрастов без подростка или подлеска, одноярусные насаждения I–II классов возраста с четко выраженным ярусом подростка и подлеска		1
	Одноярусные насаждения старших возрастов с четко выраженным ярусом подростка или подлеска, двухъярусные насаждения I–II классов возраста		2
	Двухъярусные древостои старших возрастов, многоярусные насаждения I–II классов возраста		3
	Многоярусные древостои старших возрастов		4
Мозаичность (горизонтальная структура)	Высокополнотные молодняки, жердняки или редины в стадии распада		0
	Молодняки, жердняки или перестойные насаждения со средней полнотой или равномерным размещением деревьев на площади		1
	Насаждения любого возраста группового размещения с полнотой 0,6–1,0, средневозрастные (и старше) высокополнотные насаждения равномерного размещения		2
	Средневозрастные приспевающие и спелые насаждения с полнотой 0,3–0,5 равномерного размещения, рядовые культуры с шириной междурядий более 5 м		3
	Насаждения старших возрастов с полнотой 0,3–0,5 группового размещения, вполне устойчивые низкополнотные культуры с равномерным размещением стволов на площади		4
Декоративность (контрастность)	Определяется наличием (или отсутствием) обращающих на себя внимание отдельных деревьев и (или) групп, кустарников, видов травяного и напочвенного покрова, особо декоративных элементов ландшафта		0–4
Рекреационная нарушенность насаждения	Стадия дигрессии	V–IV	0
		III	1
		II	2
		I	3
		Не нарушено	4
Захламленность бытовым мусором	Сильная замусоренность всего участка		0
	В поле зрения находится более трех загрязненных микроучастков		1
	В поле зрения находится не более трех загрязненных микроучастков		2
	Есть отдельные следы замусоренности		3
	Замусоренность отсутствует		4

При оценке рекреационного потенциала находят сумму баллов по каждой группе показателей в отдельности, затем рассчитывают коэффициенты, позволяющие оценить привлекательность изучаемого участка ( $KП$  – коэффициент привлекательности), его комфортность ( $KК$  – коэффициент комфортности) и устойчивость к рекреационным нагрузкам ( $KУ$  – коэффициент устойчивости). Эти коэффициенты рассчитывают по формуле

$$K = \frac{S_{\sigma}}{S_m}, \quad (33)$$

где  $K$  – соответствующий коэффициент ( $KП$ ,  $KК$  или  $KУ$ ),

$S_{\sigma}$  – сумма баллов оцениваемого насаждения по группе показателей;

$S_m$  – максимально возможная сумма баллов по группе показателей (соответственно по группам 40, 32 и 44).

В зависимости от значения коэффициента дают заключение о качестве обследованного насаждения по той или иной группе показателей.

Значение коэффициента – качество насаждения

0–20,0 – очень низкое

0,21–0,40 – низкое

0,41–0,60 – среднее

0,61–0,80 – высокое

0,81–1,00 – очень высокое

Для интегральной оценки рекреационного потенциала все насаждения подразделяют на четыре класса рекреационной ценности (КРЦ) – I, II, III и IV. При решении вопроса об отнесении конкретного насаждения (или его участка, выдела) к тому или иному КРЦ следует руководствоваться следующими положениями:

– значения каждого из трех коэффициентов больше 0,81 – оцениваемое насаждение относится к I КРЦ и является наиболее перспективным для рекреационного использования;

– значение хотя бы одного из рассчитанных коэффициентов находится в пределах от 0,61 до 0,80, а величина остальных превышает 0,60 – насаждение относится ко II КРЦ, и его рекреационное использование возможно без существенных ограничений;

– значение хотя бы одного из рассчитанных коэффициентов находится в пределах от 0,41 до 0,60, а величина остальных превышает 0,40 – насаждение относится к III КРЦ, и его рекреационное использование возможно лишь с определенными ограничениями;

– значение хотя бы одного из рассчитанных коэффициентов не превышает 0,40 – насаждение относится к IV КРЦ, и его рекреационное использование нежелательно до проведения комплекса мероприятий по повышению качества.

Предложенная методика позволяет не только дать объективную оценку рекреационного потенциала насаждения на момент проведения исследования, но и количественно оценить последствия рекреации во времени при проведении мониторинга. Кроме того, воздействуя на конкретные показатели лесоводственными мероприятиями, мы можем улучшить их значения по каждой группе и насаждению в целом. Для более объективной оценки рекреационного потенциала желательно разработать региональные шкалы оценки с учетом местных особенностей.

При оценке рекреационного потенциала ландшафта или какой-то территории очень важно иметь данные о типах ландшафтов (табл. 25).

Таблица 25

Классификация лесопарковых ландшафтов  
(по Н. М. Тюльпанову)

Группы	Серия	Типы
Закрытые	<b>1а.</b> Полнотные древостои горизонтальной сомкнутости 0,6–1,0	Выделяются по преобладающей в древостое породе, типу леса и группе возраста
	<b>1б.</b> Полнотные древостои вертикальной сомкнутости 0,6–1,0	То же
Полуоткрытые	<b>2а.</b> Изреженные древостои сомкнутостью 0,3–0,5 с равномерным размещением деревьев	То же
	<b>2б.</b> Изреженные древостои сомкнутостью 0,3–0,5 с групповым размещением деревьев	То же
	<b>2в.</b> Рединные древостои сомкнутостью 0,1–0,2	То же
Открытые	<b>3а.</b> Участки с единичными деревьями	Вырубки, луга, поляны, прогалины
	<b>3б.</b> Участки без древесной растительности	Сенокосы, поляны, пустыри и другие не покрытые лесом площади, болота, водные пространства

Естественно, что для каждой климатической зоны соотношение групп ландшафтов будет различаться. Однако настораживает факт существенных различий в соотношении закрытых, полуоткрытых и открытых групп ландшафтов. Так, по типу пространственной структуры

(ТПС) даются следующие придержки для лесопарков на территории бывшего СССР (табл. 26).

Таблица 26

Рекомендуемые соотношения ТПС для лесопарков на территории бывшего СССР

Природно-климатическая зона	Закрытый тип, %	Полуоткрытый тип, %	Открытый тип, %
Лесная Прибалтика и север европейской части бывшего СССР	50	20–25	25–30
Средняя полоса бывшего СССР и север Украины	50–55	20–30	20–25
Лесостепная	55–60	25–35	15–20
Степная зона и южные районы бывшего СССР	65–70	20–25	10–15

В то же время В. Д. Пряхин и В. Т. Николаенко (1981) приводят другие рекомендации по рациональному соотношению различных групп лесопарковых ландшафтов (табл. 27).

Таблица 27

Рациональное соотношение групп ландшафтов в лесопарках по лесорастительным зонам

Группа ландшафтов	Растительные зоны, %		
	Лесная	Лесостепная	Степная
Закрытые	45–60	50–70	55–80
Полуоткрытые	25–30	20–30	15–25
Открытые	15–25	10–20	5–20

Рекреационная оценка леса (рекреативность, рекреационная полезность и привлекательность, пейзажная или эстетическая оценка) – это количественное выражение пригодности леса (комфортных условий) для отдыха в баллах в зависимости от времени года и состояния погоды (Залесов, Хайретдинов, 2011).

Рекреационный потенциал территории можно рассчитать по формуле (Хайретдинов и др., 2010; Хайретдинов, Залесов, 2011)

$$РПТ = \Sigma П + \Sigma КИР + \Sigma ЛР, \quad (34)$$

где *РПТ* – рекреационный потенциал территории;

*П* – природные ресурсы (климатические, бальнеологические, гидрологические, спелеологические, животный мир, лесной фонд, лесоаграрные ландшафты);

*КИР* – культурно-исторические ресурсы (памятники природы, истории и архитектуры, этнографическое и фольклорное наследие, парки, сады, лесопарки и дендропарки);

*ПР*– производственные ресурсы (инженерно-технические сооружения, уникальные технологические процессы, трудовые навыки и исторические уникальные промыслы).

Сравнительная оценка природных или рукотворных ландшафтов по их привлекательности и рекреационной емкости позволяет установить, насколько один ландшафт или его компоненты превосходят другие, оптимизировать как отдельные их свойства, так и их сочетание. Причем одни из параметров являются ведущими, более ценными, другие менее значимыми, соподчиненными, то есть отправным пунктом при этом служит положение о том, что диагностические признаки в данных конкретных условиях не могут быть равноценными в формировании рекреационного потенциала.

При таком подходе за 100 баллов принимается сумма всех признаков, по которым проводится оценка потенциала объекта, в их максимальном или оптимальном значении. Каждому признаку в отдельности присваивается тот или иной балл в соответствии с его ролью в формировании ресурса. Таким образом, *рекреационная оценка леса* (рекреативность, рекреационная полезность и привлекательность, пейзажная или эстетическая оценка) – это количественное выражение пригодности леса (комфортных условий) для отдыха и туризма в баллах в зависимости от времени года и состояния погоды. Корректировкой по привлекательности лесного насаждения устанавливается правильность диагностических ландшафтообразующих признаков. В зависимости от роли и значения диагностических образующих признаков в формировании ландшафта они получают дифференцированную оценку.

Все параметры природного рекреационного потенциала состоят из восьми групп, характеризующихся определенными физическими величинами:

$$РП = \sum Kp + \sum Лс + \sum Вд + \sum Лагр + \sum Ж + \sum Бл + \sum Спл + \sum Р, \quad (35)$$

где *РП* – рекреационный потенциал природного ландшафта;

*Kp* – климатообразующие параметры;

*Лс* – рекреационная емкость лесов;

*Вд* – водные ресурсы;

*Лагр* – лесоаграрные ландшафты;



*Ж* – животный мир;  
*Бл* – бальнеологические ресурсы;  
*Спл* – спелеологические ресурсы;  
*Р* – рельеф.

Сочетание нескольких факторов повышает показатели рекреационного потенциала территории.

Оценочный балл каждого показателя вычисляется по формуле

$$B = \frac{P_{\phi} 100}{P_m}, \quad (36)$$

где *B* – балл оценки;

*P<sub>φ</sub>* – фактическое значение показателя оцениваемого насаждения;  
*P<sub>м</sub>* – значение того же показателя, принятое за эталон; за эталон принимается максимальное (оптимальное) значение.

Такой способ выделения баллов позволяет учесть роль и долю участия в формировании экологической продуктивности каждого диагностического показателя насаждения, которые далеко не одинаковы.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Перечислите наиболее важные показатели ЛЭМ в рекреационных насаждениях.
2. Как Вы понимаете термин рекреационный потенциал?
3. Какие группы показателей выделяются при оценке рекреационного потенциала?
4. Изложите принципы оценки рекреационного потенциала.
5. Как определяется класс рекреационной ценности насаждения?
6. Приведите классификацию лесопарковых ландшафтов.

## 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

При характеристике рекреационных нагрузок используется определение *рекреационная нагрузка* – показатель воздействия на биогеоценоз факторов, обусловленных видом лесной рекреации, определяемый через следующие основные величины: площадь объекта лесной рекреации, количество посетителей и время их пребывания на объекте (по ОСТ 56-84-85).

Следует различать производные величины, применяемые для характеристики рекреационной нагрузки:

– *рекреационная плотность* – единовременное количество посетителей вида лесной рекреации на единице площади за период измерения;

– *рекреационная посещаемость* – суммарное количество посетителей вида лесной рекреации на единице площади за период измерения;

– *рекреационная интенсивность* – суммарное время вида лесной рекреации на единице площади за период измерения;

– *предельно допустимая рекреационная нагрузка* – максимальная рекреационная нагрузка, при которой биогеоценоз сохраняет свою жизнеспособность (по ОСТ 56-84-85).

Разнообразие и уникальность природных объектов предопределяют их высокую ценность для рекреации и познавательного туризма, а также необходимость их строгого регулирования. Лесная рекреация и туризм, в том числе экологический, – сложная и многогранная сфера экономики. Она не только нуждается в инвестициях, но и требует одновременной сбалансированности трех составных элементов устойчивого развития территорий – экономического, экологического и социального. Для того чтобы успешно и без ущерба для окружающей среды развивать лесную рекреацию и экологический туризм, нужно не только максимально эффективно использовать существующий потенциал природных территорий, но и точно знать границы их экологической и рекреационной емкости. Поэтому до начала освоения лесных территорий в целях рекреационного лесопользования необходимо точно определить их современное состояние, рекреационный потенциал и устойчивость к антропогенным нагрузкам.

### 10.1. Методы определения рекреационных нагрузок

Рассмотрим несколько наиболее простых в использовании (применении) методов определения рекреационных нагрузок, рекреационной емкости территории и других показателей.

В условиях возрастающего антропогенного воздействия на природу, прогрессирующего ухудшения состояния экологической среды перспективы освоения и воспроизводства лесов с учетом программ социально-экономического развития региона базируются на том, что в ближайшем будущем лесная политика страны должна пойти по линии экологизации лесопользования, переводя его из древесинопользования в комплексное использование всех видов лесных ресурсов, что без ухода за лесами невозможно (Залесов, Хайретдинов, 2011).

В связи с интенсивностью влияния рекреации на лесные биогеоценозы и формированием градиента давления рекреационного фактора (Падун, Мовчан, 1984) биогеоценозы претерпевают изменения, степень и скорость которых определяется величиной рекреационной нагрузки, то есть количеством времени, проведенным отдыхающими на единице площади с учетом вида отдыха (Seibert, 1974; Чицова, 1977; Полончук, 1984; Гаврилов, Игнатенко, 1987; Журавков и др., 1989). Обычно используется показатель дневной (за 8–10 часов светлого времени суток) рекреационной нагрузки. Он измеряется количеством отдыхающих, пребывающих на единице площади за единицу времени и выражается в единицах: чел./га (Журавков и др., 1989; Добрынин, 1991; Мусин, 2000) или в человеко-часах на 1 га (чел.-ч./га), человек в день на 1 га (чел./дн./га) и более укрупненно – человек в день, сезон, год (чел./дн., чел./сезон, чел./год) (Генсирук, 1979; Генсирук и др., 1987; Кругляк, Карташова, 2005). Очень часто применяется такой показатель рекреационного использования, как плотность отдыхающих. Предельно допустимая плотность определяется количеством людей, которые могут использовать данную единицу площади одновременно без ущерба для природного комплекса (Чицова, 1977).

Каждый участок леса, как правило, имеет свой предел рекреационной нагрузки, после которой теряется способность лесонасаждений к самовосстановлению (Генсирук, 1979). На данный момент не разработаны единые нормы рекреационных нагрузок на лесные территории. Существующие нормы дифференцированы либо по функциональным зонам (лесной, лесопарковой, парковой), либо в зависимости от размера городов, что обуславливает значительные их колебания.

Наиболее активно используются для массового отдыха участки леса, непосредственно примыкающие к жилым массивам городов, водоемам и дорогам общего пользования (Веселин, 1988; Залесов и др., 2013). Размеры таких участков (от 2–5 до 500 га и более) определяются величиной рекреационной нагрузки и рекреационным потенциалом, посещаемость – 10 и более человек на гектар одновременно.

Важное значение для разработки системы мероприятий по подготовке лесных территорий к приему отдыхающих имеют величины рекреационных нагрузок на природные комплексы, отдельные участки, функциональные зоны, лесные урочища или массивы в целом, а также величина рекреационной емкости обследуемых регионов (Генсирук и др., 1987).

Показатели величины рекреационной нагрузки дают возможность судить о степени рекреационного использования отдельных территорий и являются одним из основных критериев при осуществлении функционального зонирования, определении объемов рекреационного благоустройства и некоторых других мероприятий. По рекреационной емкости можно определить рекреационные ресурсы обследуемой территории (Генсирук и др., 1987).

При одинаковых погодных условиях и количестве отдыхающих совокупное влияние факторов рекреационного воздействия на природные комплексы зависит преимущественно от вида отдыха. При преобладании определенного вида отдыха в одинаковых природных условиях степень проявления рекреационного воздействия определяется концентрацией и временем пребывания отдыхающих на единице площади (Временная методика..., 1987). Все многообразие видов отдыха, распространенных на природных территориях, объединяют в следующие основные группы: массовый повседневный отдых, туризм, экскурсии.

В основу определения рекреационной нагрузки и производных от нее показателей положен натурный учет времени пребывания отдыхающих на пробных площадях или в лесном массиве. При этом учитывается среднее количество часов ежедневного пребывания отдыхающих на 1 га на протяжении комфортного периода (Генсирук и др., 1987).

Подготовка и проведение измерения рекреационной нагрузки включают следующие этапы (используются методы):

- математико-статистический (ОСТ 56-100-95);
- трансектный (ОСТ 56-100-95);
- регистрационно-измерительный (ОСТ 56-100-95): метод пробных площадей (Генсирук и др., 1987), метод натурального учета посещаемости с ограниченным числом входов-выходов (Генсирук и др., 1987);
- выборочный моментный и хронометражный методы (Временная методика..., 1987).

**Математико-статистический метод** предназначен для планирования выборочных наблюдений при измерении рекреационной нагрузки на пробной площади и основан на определении количества

наблюдений с требуемой погрешностью и вероятностью согласно ГОСТ 8.01099 (ГОСТ 8.207–76) по календарным датам наблюдений способом типической выборки. Подготовка измерения рекреационной нагрузки на пробной площади математико-статистическим методом должна включать определение количества и календарных дат выборочных наблюдений за период измерения. При определении комфортности погоды (сочетание микроклиматических условий, благоприятных для лесной рекреации) используют продолжительность периода общей вегетации, то есть периода со среднесуточной температурой, превышающей 5 °С (Генсирук и др., 1987). Средние продолжительность и даты начала и окончания данного периода берутся из климатических справочников.

При определении комфортности погоды также можно руководствоваться параметрами, приведенными в табл. 28 (Временная методика..., 1987) или табл. 29 (ОСТ 56-100-95). При других сочетаниях микроклиматических условий погода оценивалась как дискомфортная.

*Таблица 28*

Параметры комфортной погоды в таежно-лесной зоне  
(Временная методика..., 1987)

Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с
От +20 до +25	От 40 до 80	До 2
От –5 до –15	От 30 до 70	До 2

*Таблица 29*

Сочетание микроклиматических условий комфортной погоды на высоте 1,5 м (ОСТ 56-100-95)

Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с	Атмосферные осадки
От +15 до +25	От 30 до 70	До 5	Не наблюдаются, кратковременные
От –5 до –15	От 30 до 70	До 5	Не наблюдаются, кратковременные

Количество дней учета для определения среднегодовой единовременной нагрузки с точностью 10 % при вероятности 0,95 должно быть соответственно не менее 20 и 10 отдельно в рабочие и нерабочие дни

с комфортной и дискомфортной погодой, а общее количество учетных дней должно составлять не менее 40 в год. Среднее количество нерабочих и рабочих дней с комфортной и дискомфортной погодой определяется на основании многолетних данных метеорологических наблюдений района исследований. Например, для Щучинско-Боровской курортной зоны (ГНПП «Бурабай», северо-западная часть Казахского мелкосопочника) количество таких дней составляет соответственно 14, 13, 34 и 31 за сезон (июнь – август).

Регистрация количества посетителей должна проводиться в календарные даты наблюдений по четыре раза в сутки – утром, днем, вечером, ночью. Посетителей, оставшихся ночевать, следует регистрировать при вечерних наблюдениях. Время пребывания посетителей следует измерять в течение двух типичных дней с комфортной и дискомфортной погодой. Период измерения следует принимать равным по календарным срокам одному году и продолжительности 8760 ч. Продолжительность сезона рекреации следует определять по данным регистрации посетителей в течение года, как интервал времени между началом и концом посещений.

Если исследуемая территория характеризуется сезонным видом рекреации, в таком случае период измерений можно принимать равным по календарным срокам сезону (2, 3, 4 и т. д. месяцев или, в зависимости от количества дней в месяце, соответственно 1464, 2208, 2928 и т. д. часов). Результаты регистрации и измерений фиксируются в протоколе измерения рекреационной нагрузки (приложения 6–9).

**Трансектный метод** предназначен для выделения стадий рекреационной дигрессии этапа изменения биогеоценоза в результате воздействия рекреационной нагрузки (ОСТ 56-84-85) по показателю отношения площади вытоптанной до минерального горизонта поверхности напочвенного покрова к общей площади участка (рис. 8). Метод основан на измерении протяженности вытоптанной до минерального горизонта поверхности на ходовых линиях, равномерно охватывающих обследуемый участок, и определении вышеуказанного отношения через отношение протяженности вытоптанной до грунта поверхности к общей длине ходовых линий.

Минимальная протяженность ходовых линий при требуемой погрешности 10 % и доверительной вероятности 0,95 должна составлять 500 м на каждый гектар обследуемой площади (ОСТ 56-100-95). На пробную площадь в масштабе 1:50, 1:100 или любом другом удобном масштабе составляют на миллиметровке план (см. рис. 8),

на который наносят все дороги, тропы и вытопанные участки. Учету подлежат все участки с явными признаками вытаптывания, то есть когда лесная подстилка уже находится в перетертой стадии.

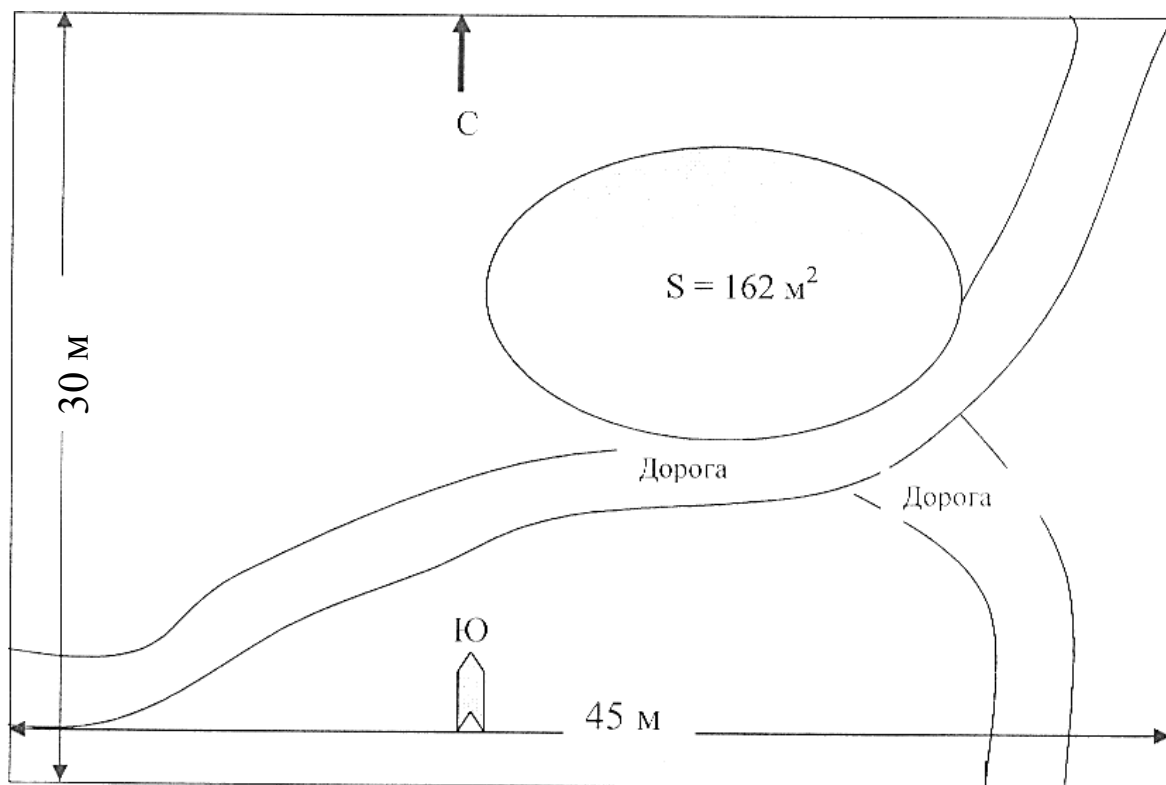


Рис. 8. Определение коэффициента рекреации (план пробной площади, М 1:300)

Отношение общей площади дорог, троп и вытопанных участков к общей площади пробы обозначает коэффициент рекреации, который является одним из основных критериев определения рекреационной дигрессии (Генсирук и др., 1987). Следует различать пять стадий рекреационной дигрессии, а выделять их следует трансектным методом (ОСТ 56-100-95) согласно показателям табл. 30.

Таблица 30

Стадии дигрессии в зависимости от отношения площади вытопанной до минерального горизонта поверхности к общей площади обследуемого участка

Стадии дигрессии				
Первая (I)	Вторая (II)	Третья (III)	Четвертая (IV)	Пятая (V)
До 1,0 %	От 1,1 до 5,0 %	От 5,1 до 10,0 %	От 10,1 до 25,0 %	Более 25,0 %

*Предельно допустимая рекреационная нагрузка* соответствует верхней границе третьей стадии дигрессии (при 5-стадийной рекреационной дигрессии), при которой лесные экосистемы еще способны к самовосстановлению, но с потерей некоторых несущественных компонентов или отдельных взаимосвязей (изреживание верхнего полога и подроста, обеднение видового состава травостоя, типичного для определенного типа леса и т. д.) (Генсирук и др., 1987).

**Регистрационно-измерительный метод** предназначен для проведения наблюдений и основан на регистрации посетителей и времени их пребывания на пробных площадях. Проведение наблюдений регистрационно-измерительным методом должно включать регистрацию количества посетителей в момент наблюдения и измерение времени их пребывания на пробной площади. Учет посещаемости в зависимости от методов определения рекреационных нагрузок различен.

Подготовка объектов измерения регистрационно-измерительным методом должна включать выбор репрезентативных участков и закладку пробных площадей (ОСТ 56-100-95).

Репрезентативные участки следует выбирать в типичных для лесного природного комплекса таксационных выделах по таксационной характеристике и видам лесной рекреации дифференцированно по стадиям рекреационной дигрессии (ОСТ 56-100-95).

В выбранных выделах в соответствии с ОСТ 56-69-83 должны быть заложены в натуре пробные площади и на каждую из них завешены карточки таксационной характеристики (приложение 7), которые должны быть дополнены сведениями о виде лесной рекреации и номере стадии рекреационной дигрессии.

Пробные площади обычно закладывают в соответствии с требованиями для тренировочных лесоустроительных пробных площадей; отличаются они от последних только выбором места и дополнительными работами по определению рекреационной дигрессии, которые проводятся либо по методу пробных площадей, либо по ОСТу.

*Метод пробных площадей* (Генсирук и др., 1987) предназначен для характеристики территориального варьирования рекреационных нагрузок в лесных природных комплексах и основан на закладке пробных площадей способом типической выборки.

Для закладки пробных площадей (ПП) подбирают лесные участки различных стадий рекреационной дигрессии. Площадь ПП обычно не превышает 1 га, а располагается она так, чтобы с одной точки учетчик мог видеть границы пробы или основные пути передвижения отдыхающих. Стадии рекреационной дигрессии выделяют по *трансектному методу*.



Учет ведут с одной точки и на протяжении всего светового дня. Учетный интервал равен 5 мин, что примерно соответствует времени спокойного перехода отдыхающих через пробную площадь. В специальной ведомости (приложение 10) фиксируют число отдыхающих в пределах пробной площади: отмечают дату учета, день недели и погодные условия. По желанию или в соответствии со спецификой вида отдыха интервал можно увеличивать, в таком случае в ведомости также необходимо будет изменить интервалы в графе «Минуты учета».

При выборе 8-часового дня учета, связанного со спецификой видов отдыха (например, экскурсии и т. д.) заполнение графы «Часы учета» можно изменить.

Рекреационную нагрузку в день учета определяют по формуле

$$n_d = K_1 \sum_{i=1}^m R_i / S, \quad (37)$$

где  $n_d$  – рекреационная нагрузка в день учета, чел./дн./га;

$R_i$  – количество учтенных отдыхающих в  $i$ -м интервале времени, чел.;

$K_1$  – коэффициент, показывающий отношение продолжительности учетного интервала к продолжительности условного учетного дня (например, 5 мин/480 мин/день;

$S$  – величина пробной площади, га.

Если учет проводился несколько дней, то на каждый из учетных дней рассчитывается рекреационная нагрузка.

После окончания учетных работ во все предусмотренные учетные дни определяют средневзвешенную рекреационную нагрузку на 1 га в среднем за один день по формуле

$$n_c = \frac{n^p D^p + n^s D^s}{D}, \quad (38)$$

где  $n_c$  – средневзвешенная рекреационная нагрузка, чел./дн./га;

$n^p, n^s$  – среднеарифметическая рекреационная нагрузка на рабочие (выходные) учетные дни, чел./дн./га;

$D^p, D^s$  – число рабочих (выходных) дней в комфортный период;

$D$  – общая продолжительность комфортного периода, дни.

По такому же принципу делается расчет средневзвешенной рекреационной нагрузки на 1 га в среднем на один день дискомфортного периода.

*Метод определения рекреационной нагрузки по ОСТу.* Для измерения рекреационной нагрузки следует применять рекреационную плотность:

$$R_d = \frac{N}{S}, \quad (39)$$

где  $R_d$  – рекреационная плотность, чел./ га;  
 $N$  – количество посетителей, чел.;  
 $S$  – площадь, га.

Рекреационную посещаемость ( $R_e$ ) и рекреационную интенсивность ( $R_i$ ) вычисляют по следующим уравнениям:

$$R_e = \frac{R_d T}{t}, \quad (40)$$

$$R_i = R_d T, \quad (41)$$

где  $T$  – продолжительность периода измерения рекреационной нагрузки, ч;

$t$  – среднее время одного посещения за период измерения, ч.

Значения рекреационной плотности и продолжительности одного посещения следует определять при статистической обработке (в соответствии с ГОСТ 8.207–76) результатов регистрации посетителей и измерения времени их пребывания на пробной площади. Сюда включаются вычисления средних арифметических результатов наблюдений, средних квадратических отклонений результатов наблюдений, оценки средних квадратических отклонений.

При сезонном характере лесной рекреации вычисленные значения рекреационной плотности, рекреационной посещаемости и рекреационной интенсивности следует увеличить пропорционально отношению продолжительности периода измерения к продолжительности сезона рекреации.

Результаты измерений на пробных площадях третьей стадии рекреационной дигрессии устанавливают для лесных природных комплексов предельно допустимые значения рекреационной плотности, рекреационной посещаемости и рекреационной интенсивности.

*Метод натурного учета посещаемости с ограниченным числом входов-выходов* (Генсирук и др., 1987) используют при определении рекреационных нагрузок на лесные территории (отдельные лесные

массивы). Чаще всего объектом рекреационных исследований является часть лесного предприятия, представленная лесами рекреационного назначения различных категорий защитности.

Учет посещаемости ведут несколько дней подряд с включением выходных дней во всех местах входа-выхода одновременно (учет ведут несколько человек). Данные по посещаемости регистрируют в ведомости (приложения 10,11) за каждый час светового дня. После окончания учета за один день данные всех учетных ведомостей суммируют отдельно по графам «вошло» и «вышло». Число вошедших отдыхающих в лесной массив и вышедших из него должно быть равным. Допускается расхождение не более 5 %. По результатам граф «вошло» и «вышло» заполняют графу «не вышло в конкретный час». Число не вышедших из лесного массива в конкретный час представляет собой разницу (для каждого учетного часа) между суммами нарастающих итогов по графам «вошло» и «вышло». При этом по строке последнего учетного часа (если в целом по ведомости число вошедших равно числу вышедших) в графе «не вышло в конкретный час» должен получиться «0».

Пример заполнения ведомости приведен в табл. 31.

Таблица 31

## Данные по посещаемости N-го участка

Время наблюдения, час	Количество отдыхающих, чел.		
	Вошло в зону отдыха ( $A_1$ )	Вышло из зоны отдыха ( $A_1$ )	Не вышло из зоны отдыха в конкретный час ( $A_2$ )
6–7	2	–	2
7–8	3	–	5
8–9	4	2	7
9–10	8	–	15
10–11	31	10	36
11–12	52	31	57
12–13	81	49	89
13–14	63	58	94
14–15	58	70	82
15–16	46	86	42
16–17	30	47	25
17–18	10	30	5
18–19	3	5	3
19–20	2	4	1
20–21	1	2	–
Итого	394	394	463

Рекреационную нагрузку на 1 га лесного массива в день учета определяют по формуле

$$n_{\partial} = \frac{(A_1 + A_2)}{I_t S}, \quad (42)$$

где  $n_{\partial}$  – рекреационная нагрузка в день учета, чел./дн./га;  
 $A_1$  – количество вошедших в лесной массив отдыхающих, чел.;  
 $A_2$  – общая сумма по графе «не вышло в конкретный час», чел.;  
 $I_t$  – продолжительность условного учетного дня, час;  
 $S$  – площадь лесного массива, га.

Среднюю продолжительность пребывания посетителей в лесу или количество их в определенный отрезок дня рассчитывают по формуле

$$t = \frac{(A_1 + A_2)}{A_1}, \quad (43)$$

где  $t$  – средняя продолжительность пребывания посетителей в лесу, час;  
 $A_1$  – количество вошедших в лесной массив отдыхающих, чел.;  
 $A_2$  – общая сумма по графе «не вышло в конкретный час», чел.

Общая нагрузка на лесной массив рассчитывается по формуле

$$N_{\partial} = \frac{(A_1 + A_2)}{I_t}, \quad (44)$$

где  $N_{\partial}$  – общая нагрузка на лесной массив, чел./дн.;  
 $A_1$  – количество вошедших в лесной массив отдыхающих, чел.;  
 $A_2$  – общая сумма по графе «не вышло в конкретный час», чел.;  
 $I_t$  – продолжительность условного учетного дня, час.

Дальнейшую обработку данных за несколько учетных дней осуществляют по методу учета посещаемости на пробных площадях.

По массовым данным учета можно определять и интенсивность посещения для любого отрезка дня, в выходные, рабочие дни, можно учесть периодичность посещений по месяцам комфортного периода, а также установить корреляционные связи между рекреационными нагрузками и посещаемостью.

*Выборочный моментный метод* по затратам времени на проведение учетов в десятки раз менее трудоемок, чем выборочный хронометражный (Временная методика..., 1987). В связи с тем, что количество

отдыхающих на одних и тех же участках варьируется в зависимости от времени суток, сезона, условий погоды, рабочих и нерабочих дней, *моментные учеты* организуют следующим образом.

На каждом участке определяют количество отдыхающих в момент наблюдения и данные заносят в специальную ведомость (приложение 12). Суточные моментные учеты проводят утром, в середине дня, вечером. Отдыхающих, остающихся на участке на ночь, учитывают при вечерних наблюдениях, регистрируя их путем опроса либо подсчетом людей, устанавливающих палатки или другие приспособления для ночлега.

Годовые моментные учеты проводят в течение нескольких дней весной, летом, осенью, зимой дифференцированно в рабочие и нерабочие дни с комфортной и дискомфортной погодой. Объектом моментных наблюдений могут быть однородные участки природных комплексов с преобладанием определенного вида отдыха, размер которых должен обеспечивать возможность единовременного учета отдыхающих (Временная методика..., 1987).

Для измерения рекреационной нагрузки допустимо применение двух единиц (Временная методика..., 1987):

- 1) единовременное количество отдыхающих одного вида отдыха на единице площади в среднем за учетный период, обозначение –  $P$ ;
- 2) суммарное время вида отдыха на единице площади за учетный период, обозначение –  $i$ .

Эти единицы связаны между собой следующими соотношениями:

$$i = TP, \quad (45)$$

$$P = \frac{i}{T}, \quad (46)$$

где  $i$  – время каждого вида отдыха за учетный период, час/га;

$P$  – количество отдыхающих по видам отдыха, среднее единовременное за учетный период, чел./га;

$T$  – продолжительность учетного периода, час.

Продолжительность учетного периода при измерении рекреационных нагрузок следует принимать равной одному году ( $T = 1$  год = 8760 часов), в связи с тем, что год является основной единицей времени, принятой в планировании (Временная методика..., 1987). Продолжительность отдыха в разных природных и экономических условиях существенно различается в связи с длиной дня, количеством дней с комфортной погодой, структурой использования свободного времени.

Объем и особенности проведения годовых моментных учетов определяют свойства «логопуассоновской» функции плотности распределения, которая представляет собой пуассоновское распределение плотностей по классам наблюдений ( $x$ ), преобразованных в логарифмическую форму по формуле  $\ln(x+1)$ , со средними целочисленными значениями классов ( $x_n$ ), равными 0, 1, 2, 3, ...  $n$ .

Среднее значение логопуассоновского распределения является одновременно его дисперсией и определяется по формуле

$$P_n = e^{\frac{\sum f_n x_n}{N}} - 1, \quad (47)$$

где  $P_n$  – средняя рекреационная нагрузка для ряда наблюдений;

$N$  – общее количество наблюдений в ряду;

$x_n$  – средние целочисленные значения классов наблюдений, преобразованных в логарифмическую форму;

$f_n$  – число наблюдений (частоты) в классах.

Функция распределения теоретических частот логопуассоновского распределения имеет следующий вид:

$$f_n = \frac{P_n^{X_n}}{X_n!} N e^{-P_n}, \quad (48)$$

где  $X_n!$  – произведение всех целых чисел от 1 до  $X_n$ .

Все остальные обозначения аналогичны приведенным в предыдущей формуле.

По формуле (48) устанавливаем вероятное число дней с той или иной посещаемостью рекреационного объекта отдыхающими, что имеет большое значение для планирования объемов мероприятий по обслуживанию людей, охране общественного порядка, регулированию нагрузок и т. п.

Особо важное значение имеет третье свойство, которое определяет, что сумма частных логопуассоновских распределений имеет такое же распределение, но со средним, равным сумме частных средних. Согласно этому свойству, среднегодовая единовременная нагрузка на ППП определяется по формуле

$$P_r = 365^{-1} P_n f_d, \quad (49)$$

где  $P_r$  – среднегодовая единовременная рекреационная нагрузка, чел./га;

$P_n$  – средняя за учетный период единовременная рекреационная нагрузка в разные сезоны года в нерабочие и рабочие дни

с комфортной и дискомфортной погодой (чел./га), определяемая по формуле (47);

$f_d$  – среднее количество нерабочих дней с комфортной и дискомфортной погодой в разные сезоны года (дни).

Третье свойство дает возможность снижать трудоемкость определения рекреационных нагрузок за счет использования коэффициентов соотношения  $P_r$  и  $P_n$ . Эти коэффициенты определяют следующим образом. На основе ограниченного числа наблюдений вычисляем  $P_n$  на ПП по формуле (47) для разных сезонов года, нерабочих и рабочих дней с комфортной и дискомфортной погодой, разного времени суток, затем по формуле (49) рассчитываем  $P_r$ . Приняв нагрузку  $P_r$  за единицу, определяем ее соотношение с  $P_n$ .

Подобным образом или посредством социальных опросов определяют коэффициенты соотношения нагрузок для разных природных комплексов, для участков в зонах различных объектов рекреационного притяжения (дороги, рекреационные учреждения, стоянки для отдыха, пляжи и т. д.) с нагрузкой на объект, принятой за единицу. В дальнейшем с помощью этих коэффициентов вычисляют  $P_r$  для всего многообразия объектов на рекреационной территории.

В таежно-лесной зоне европейской части России коэффициенты соотношения  $P_n$  с  $P_r$  при массовом повседневном отдыхе в лесу составляют в нерабочие дни с комфортной и дискомфортной погодой соответственно 0,1 и 0,4, а в рабочие дни с комфортной и дискомфортной погодой – 0,45 и 1,75; для туризма такие коэффициенты равны 1,0; для экскурсий их устанавливают с учетом принятого режима экскурсионного обслуживания.

**Хронометражный метод** определения рекреационной нагрузки отличается от моментного тем, что суточные моментные учеты заменяют учетами суммарного времени, проведенного отдыхающими на участке за сутки. Суммарную годовую нагрузку вычисляют по формуле

$$I_r = e \cdot i_n f_d, \quad (50)$$

где  $I_r$  – суммарная годовая рекреационная нагрузка (час/га в год);

$i_n$  – среднее суммарное суточное время отдыха за учетный период в разные сезоны года в рабочие и нерабочие дни с комфортной и дискомфортной погодой (час/га);

$f_d$  – среднее количество нерабочих дней с комфортной и дискомфортной погодой в разные сезоны года (дни).

## 10.2. Определение стадий рекреационной дигрессии лесных насаждений

Полезность лесного отдыха, его благотворное воздействие на восстановление психологического равновесия и физических сил человека вызывают возрастание притока рекреантов, нагрузки на экосистему и ослабление ее устойчивости (Чижова, 1977; Гаврилов, Игнатенко, 1987; Генсирук и др., 1987; Меллума, Алексахина, 1987; Хайретдинов, Залесов, 2011; Данчева и др., 2014; Бунькова, Залесов, 2016). При рекреационном использовании лесных насаждений возникают неблагоприятные природные изменения (уменьшается полнота древостоя, увеличивается количество больных и поврежденных деревьев, уничтожается подстилка и уплотняется почва, отмирают подлесок и подрост), которые могут оказаться опасными для продолжения естественного развития природных компонентов (Кузьмичев, Асмаев, 1978; Полякова и др., 1981; Репшас, Палишкис, 1983; Рысин, 1983; Байчибаева, Соболев, 2011; Быков, 2013), вызывая ухудшение качественного состояния леса, а в некоторых случаях и его полную, естественным путем необратимую деградацию – изменение биогеоценоза, наступающее на последних стадиях рекреационной дигрессии, характеризующейся потерей жизнеспособности (ОСТ 56-84-85).

Естественно, вблизи городов и промышленных объектов, в местах лесозаготовок и пастбищного животноводства дигрессия леса происходит в результате не только рекреационного, но и внерекреационного антропогенного воздействия (Тарасов, 1986). Для его обозначения современная наука использует понятие «антропогенная сукцессия», то есть последовательная смена биоценозов, вызванная деятельностью человека, его прямым или косвенным влиянием на лес.

Для установления стадии рекреационной дигрессии биогеоценоза – отдельного ее этапа, определяемого по состоянию отдельных компонентов, существуют специальные шкалы, которые основываются на количественной и качественной оценках одного или нескольких показателей состояния отдельных компонентов биогеоценоза (Журавков и др., 1989). Такими показателями могут быть: доля территории, занимаемой тропами, вид рекреации, физические свойства почвы, мощность лесной подстилки, соотношение представителей различных экологических групп в составе живого напочвенного покрова, количество и состояние подроста и подлеска, наличие механических повреждений деревьев, масса мелких корней в верхнем (0–10 см) слое почвы, плотность верхнего слоя почв, длина хвои, масса 100 пар



хвоинок и т. д. (Таран, Спиридонов, 1977; Репшас, Палишкис, 1983; Бобров, 1989; Ивонин и др., 2006; Прокошева, Итешина, 2009; Никитченко, Миленин, 2012).

При оценке степени рекреационной дигрессии обычно применяют 3- и 4-стадийные схемы (Журавков и др., 1989; Мусин, 2000; Рысин Л. П., Рысин С. Л., 2000), а также используют 5 стадий дигрессии лесных насаждений (Юркевич и др., 1989; Водолажский, Сериков, 2013), в некоторых случаях применяют 6-стадийную схему (Горшкова и др., 2012).

Степень и ход дигрессии определяются устойчивостью лесного насаждения к рекреационной нагрузке – вытаптыванию.

По мнению некоторых авторов (Машинский, 1975; Кузьмичев, Асмаев, 1978), наступление той или иной стадии дигрессии зависит от расстояния данного участка до источника рекреации. Так, на расстоянии 300–400 м от источника рекреации остаются только отдельные очаги, а на расстоянии 500 м лес сохраняется полностью.

В качестве основного критерия рекреационной дигрессии насаждений (Кузьмичев, Асмаев, 1978; Данчева, 2013; Данчева и др., 2013) используется показатель площади с уплотненной поверхностью почвы (площадь дорог и троп). Количественные значения рассматриваемого показателя варьируются в большом диапазоне: от 1–10 % на I стадии до более чем 25–60 % – на IV–V стадиях рекреационной дигрессии.

Некоторые авторы (Кармазина, 1981; Таран, 1985; Молчанов и др., 1990) выделяют как один из главных показателей рекреационной дигрессии коэффициент рекреационной нагрузки, определяемый как отношение нарушенных участков фитоценозов ко всей занимаемой площади. Коэффициент рекреации в различных сообществах изменяется от 18–20 % при неорганизованной сезонной палаточно-пикниковой рекреации до 10–11 % при неорганизованной круглогодичной прогулочно-пикниковой рекреации и 6–7 % при сезонной неорганизованной прогулочной рекреации. Самые низкие коэффициенты рекреации (1–2 %) установлены при организованной как сезонной, так и круглогодичной рекреации.

Большинство авторов (Репшас, 1978; Ланина, 1982; Вайчунас, 1990; Данчева и др., 2013) считают, что граница устойчивости насаждения проходит между III–IV стадиями дигрессии. В результате гибели подроста при сохранении рекреационных нагрузок за этой гранью насаждение теряет способность к самовосстановлению.

До настоящего времени не разработаны общие стандарты критериев рекреационной дигрессии, поскольку устойчивость природных

комплексов к рекреационным нагрузкам зависит от многих природных и экологических факторов исследуемых территорий: ландшафта, состава и возраста древостоев, почвенного покрова, типов почвы, крутизны склонов и их экспозиции, лесорастительных условий и др. В каждом отдельном случае требуется индивидуальный подход к выделению критериев и стадий рекреационной дигрессии с подбором наиболее информативных показателей, которые на ранних этапах характеризовали бы деградиационные изменения компонентов насаждений под влиянием рекреационного воздействия.

Для лесов Щучинско-Боровской курортной зоны (Казахский мелкосопочник) С. М. Мусиным (2000) была разработана 4-стадийная шкала рекреационной дигрессии (табл. 32). На ее основе для определения рекреационной дигрессии лесов Щучинско-Боровской курортной зоны, по результатам проведенных нами исследований, выделены критерии рекреационной дигрессии для сосновых насаждений ГНПП «Бурabay». Описание стадий дигрессии в доработанном виде приводится ниже.

Таблица 32

Диагностическая шкала для определения стадии рекреационной дигрессии лесов курортной зоны

Признаки	Стадии дигрессии насаждений			
	I	II	III	IV
1. Основной признак				
1.1. Площадь троп и вытопанных участков, % от общей площади	< 15	16–30	31–50	> 50
2. Дополнительные признаки				
2.1. Твердость почвы, % превышения от ненарушенных участков	< 10	11–25	26–50	> 50
2.2. Проективное покрытие видов, не свойственных условиям местопроизрастания (сорные, рудеральные, лесолуговые, луговые и т. п.), % от общего проективного покрытия напочвенного покрова	< 5	6–10	11–20	> 20
2.3. Поврежденный подрост, % от общего количества	< 5	6–15	16–30	> 30
2.4. Древостой:				
а) количество поврежденных деревьев, %	< 5	6–25	26–50	> 50
б) количество усыхающих и сухостойных деревьев, %:				
сосновых	< 5	6–10	11–15	> 15
березовых	< 2	3–5	6–10	> 10

Предложено три новых критерия: относительный показатель жизненного состояния (%), проективное покрытие стволов сосны эпифитными лишайниками (%) и показатель рекреационной посещаемости (чел./га/дн.), а также уточнены два критерия: площадь троп и вытоптаных участков (в % от общей площади) и проективное покрытие видов, не свойственных условиям местопроизрастания – сорные, луговые и др. (в % от общего проективного покрытия напочвенного покрова).

I стадия – насаждение ненарушенное. Относительный показатель жизненного состояния 100–80 %. Живой напочвенный покров (ЖНП) состоит из полного набора типичных лесных видов растений, характерных для данных лесорастительных условий. Сорные и луговые виды присутствуют в единичном количестве. Проективное покрытие эпифитными лишайниками стволов сосны составляет 40 % и выше. Тропиночная сеть отсутствует. Рекреационная посещаемость составляет 0–1 чел./га/дн.

II стадия – насаждение характеризуется слабой нарушенностью. Относительный показатель жизненного состояния 79–60 %. В живом напочвенном покрове появляются такие типичные представители луговых видов, как тысячелистник обыкновенный, клевер ползучий, чина луговая, горошек мышиный. Проективное покрытие сорных, луговых видов ЖНП составляет 1–5 % от общего проективного покрытия ЖНП. Проективное покрытие эпифитными лишайниками стволов сосны составляет от 20 до 40 %. Тропиночная сеть занимает 1–15 % от общей площади участка. Рекреационная посещаемость составляет 2–4 чел./га/дн.

III стадия – умеренно нарушенное насаждение. Относительный показатель жизненного состояния составляет 59–50 %. Отмечается пожелтение кроны – до 5 % от общей площади. В живом напочвенном покрове появляются в единичном количестве типичные представители сорных растений для очень сухих и сухих условий произрастания – марь белая, для свежих и влажных – полынь обыкновенная. Проективное покрытие сорных, луговых видов ЖНП варьируется в пределах 6–15 %. Проективное покрытие эпифитными лишайниками стволов сосны составляет 5–19 %. Тропиночная сеть достигает 16–29 % от общей площади. Рекреационная посещаемость составляет 5–11 чел./га/дн.

IV стадия – насаждение сильно нарушенное. Относительный показатель жизненного состояния составляет 49 % и ниже. Отмечается усыхание кроны. Живой напочвенный покров и процесс естественного возобновления практически отсутствуют. В живом напочвенном

покрове проективное покрытие таких типичных представителей сорных видов, как марь белая, полынь обыкновенная, одуванчик обыкновенный и др., достигает 15 % и более от общего проективного покрытия ЖНП. Проективное покрытие стволов сосны эпифитными лишайниками не превышает 5 %. Тропиночная сеть составляет 30 % и выше от общей площади. Рекреационная посещаемость составляет 12 и более чел./га/дн.

На основании выделенных стадий рекреационной дигрессии проведено уточнение и дополнение диагностической шкалы для определения стадии рекреационной дигрессии лесов курортной зоны (Мусин, 2000) с распространением ее на все сосновые леса Казахского мелкосопочника. Разработанная нами шкала (табл. 33) для определения стадии рекреационной дигрессии сосновых насаждений Казахского мелкосопочника позволяет оперативно и объективно определять состояние сосновых древостоев, тем самым ускоряется проведение необходимых мер по повышению их устойчивости.

Таблица 33

Диагностическая шкала для определения стадии рекреационной дигрессии сосновых насаждений Казахского мелкосопочника

Признаки	Стадии дигрессии насаждений			
	I	II	III	IV
1. Основной признак				
1.1. Площадь троп и вытопанных участков, % от общей площади*	–	1–15	16–29	Свыше 30
2. Дополнительные признаки				
2.1. Твердость почвы, % превышения от ненарушенных участков	< 10	11–25	26–50	> 50
2.2. Проективное покрытие видов, не свойственных условиям местопроизрастания (сорные, луговые и т. п.), % от общего проективного покрытия напочвенного покрова*	Един.	1–5	6–15	Свыше 15
2.3. Поврежденный подрост, % от общего количества	< 5	6–15	16–30	> 30
2.4. Древостой:				
а) количество поврежденных деревьев, %	< 5	6–25	26–50	> 50
б) количество усыхающих деревьев, %	< 5	6–10	11–15	> 15
Относительный показатель жизненного состояния, %*	100–80	79–60	59–50	От 49 и ниже
Проективное покрытие стволов сосны эпифитными лишайниками, %*	> 40	40–20	19–5	< 5
Рекреационная посещаемость, чел./га/дн.*	0–1	2–4	5–11	12 и более

*Примечание.* \* критерии, уточненные и разработанные нами в результате проведенных исследований.

### 10.3. Определение величины допустимых рекреационных нагрузок

Устойчивость природных комплексов к рекреационным нагрузкам зависит от многих природных факторов: почвообразующих пород, типов почвы, крутизны склонов и их экспозиции, ландшафта, почвенного покрова, степени его эрозии и скелетности, состава и возраста насаждений, влажности, местонахождения и др. (Полякова и др., 1981).

Граница устойчивости различных лесных сообществ (биогеоценозов) определяется способностью к самовосстановлению при существующих рекреационных нагрузках, которые от степени их воздействия на природную среду подразделяются на допустимые, предельно допустимые, критические и катастрофические (Генсирук и др., 1987).

Допустимая рекреационная нагрузка соответствует изменениям лесных экосистем от почти незаметных признаков деградации до изменений, соответствующих верхней границе II стадии дигрессии. При этом природный комплекс способен выдержать увеличение рекреационной нагрузки, не теряя способности к самовосстановлению (Генсирук и др., 1987).

Нагрузка, соответствующая верхней границе II стадии дигрессии, принимается за оптимальную. На лесных территориях с явным преобладанием насаждений I и II стадий рекреационной дигрессии обычно не регулируют посещения и не проводят каких-либо значительных работ по рекреационному благоустройству (Генсирук и др., 1987).

По мнению ряда авторов (Казанская и др., 1977; Генсирук и др., 1987; Дюкова, Сериков, 2012), предельно допустимая рекреационная нагрузка соответствует III стадии дигрессии, при которой лесные экосистемы еще способны к самовосстановлению, но с потерей некоторых несущественных компонентов или отдельных взаимосвязей (изреживание верхнего полога подроста, обеднение видового состава травостоя, типичного для определенного типа леса и др.). На этих территориях следует проводить мероприятия, направленные на некоторое регулирование потоков посетителей и повышение уровня рекреационного благоустройства.

Граница перехода III стадии дигрессии к IV считается порогом устойчивости природного комплекса (Казанская и др., 1977; Генсирук и др., 1987). Дальнейшее увеличение рекреационной нагрузки приводит лесную экосистему к IV стадии дигрессии, при которой восстановление общей структуры природного комплекса невозможно

без значительных по объему ограничительных и лесовосстановительных мероприятий. Рекреационные нагрузки, приводящие природный комплекс к IV стадии дигрессии, считаются опасными, а их верхний предел называется критической рекреационной нагрузкой (Генсирук и др., 1987).

Нагрузки, приводящие природный комплекс к V стадии дигрессии, считаются катастрофическими. Необратимо нарушаются взаимосвязи между компонентами первоначального природного комплекса. Требуются значительные по объему ограничительные, лесовосстановительные и архитектурно-планировочные мероприятия.

Максимальная рекреационная нагрузка, при которой биогеоценоз сохраняет свою жизнеспособность, является предельно допустимой. Она служит основным показателем, характеризующим устойчивость биогеоценоза (Журавков и др., 1989). Величина предельно допустимой рекреационной нагрузки является основным показателем рекреационной устойчивости биогеоценозов и устанавливается либо путем подсчета количества отдыхающих (Burden, Randerson, 1972; Казанская, 1972; Казанская и др., 1977; Ханбеков, 1984), либо методом экспериментального вытаптывания (Горбачевская, Линник, 1972; Marsz, 1972; Журавков и др., 1989).

Большинством авторов (Казанская и др., 1977; Власюк, 1982; Рысин, 1983; Полончук, 1984) предложено считать допустимой нагрузку в загородных парках – от 30 до 150 чел./га, в лесопарках – 8–20 чел./га, в зеленых зонах – от 1 до 10 чел./га. Существенные различия реакции разных типов леса на одни и те же нагрузки зависят от эколого-биологических особенностей преобладающих пород, лесотипологических условий, класса бонитета, возрастных групп, состава и структуры растительного покрова, а также от механического состава, гидрологии почв и крутизны склонов (Казанская и др., 1977; Чижова, 1977; Лукьянов, 1986; Добрынин, 1997).

В условиях волнистого и равнинного рельефа литовские специалисты (Тедер и др., 1975) рекомендуют следующие нормативы допустимых нагрузок при восьмичасовом ежедневном использовании лесных территорий (чел./га): сверхсухие сосняки – 0,5–1; сухие хвойные леса – 1–2; сухие смешанные и лиственные леса – 2–3; увлажненные леса – 3–5. В зависимости от типа леса существуют следующие допустимые нагрузки (чел./га): широколиственный злаково-травяной лес – 50; широколиственный разнотравно-злаковый – 41,6; осинник широколиственно-злаковый – 30,0; ельник травяной – 29,4; сосняк-черничник – 20,4; лес широколиственный широколиственный – 13,5; березняк

травяно-злаковый – 12,8; сосняк травяно-злаковый – 9; сосняк вересково-вейниковый – 8; сосняк вересковый – 6,4; сосняк брусничный – 5; сосняк зеленомошный – 4,1; ельник кисличный – 3.

На экологически допустимую нагрузку влияет крутизна склонов более 6°, что учитывается при определении экологически допустимой рекреационной емкости лесов горных районов (Нижник, 1989).

Преобладающие древесные породы в порядке возрастания их устойчивости к рекреационным нагрузкам располагаются так: ель, пихта, ольха, сосна, лиственница, дуб, липа, клен, ясень, осина, ива, тополь, береза, вяз (Чижова, 1977; Лукьянов, 1986).

**Методика определения** допустимых рекреационных нагрузок заключается в подборе и закладке пробных площадей в экосистемах, соответствующих стадии стабилизированной дигрессии, и учете на них рекреационных нагрузок (Временная методика..., 1987).

*Стадия стабилизированной дигрессии* (Временная методика..., 1987), или II стадия дигрессии (Генсирук и др., 1987), характеризует границу устойчивости насаждений под влиянием длительных (10 лет и более) рекреационных нагрузок, при которых разрушения лесных насаждений компенсируются восстановительными процессами и вследствие этого не наблюдаются негативные последствия в изменении качественного состояния древесной и побочной продуктивности и других функций насаждений (Временная методика..., 1987).

Пробные площади в насаждениях стабилизированной стадии дигрессии закладывают в соответствии с требованиями ОСТ 56-69-83 дифференцированно по типам (группам типов) леса и возрастным группам древостоев (молодняки, средневозрастные-приспевающие, спелые-перестойные) на участках, где не проводилось специальных мероприятий по организации отдыха и повышению устойчивости насаждений (устройство дорожно-тропиночной сети, стоянок и т. д.).

При определении стадии дигрессии руководствуются критериями, приведенными в табл. 23, а после ее определения проводят учеты отдыхающих с установлением на каждой пробной площади среднегодовой единовременной рекреационной нагрузки или суммарной годовой рекреационной нагрузки в зависимости от способа учета отдыхающих.

Вычисленные величины рекреационных нагрузок в стадии стабилизированной дигрессии (II стадия дигрессии) являются допустимыми для круглогодичного рекреационного лесопользования (Временная методика..., 1987). Если же отдых имеет сезонный характер, величину

допустимой среднегодовой единовременной нагрузки увеличивают пропорционально соотношению количества часов в году и в сезоне отдыха по формуле

$$P_{cd} = 8760 P_{zd} T_c^{-1}, \quad (51)$$

где  $P_{cd}$  – допустимая среднесезонная единовременная нагрузка, чел./га;  
 $T_c$  – продолжительность сезона отдыха, час.;  
 $P_{zd}$  – среднегодовая единовременная рекреационная нагрузка, чел./га.

Для условий Казахского мелкосопочника можно использовать преобразованную формулу расчета допустимой среднесезонной единовременной нагрузки (Данчева, 2013):

$$R_{ec} = 92^{-1} \Sigma R_{en} f_d, \quad (52)$$

где  $R_{ec}$  – среднесезонная единовременная рекреационная нагрузка, чел./га/дн.;

$R_{en}$  – средние за учетный период значения рекреационной посещаемости в нерабочие и рабочие дни с комфортной и дискомфортной погодой, чел./га/дн.;

92 – количество дней в сезоне, дн.;

$f_d$  – средние многолетние количества нерабочих и рабочих дней с комфортной и дискомфортной погодой за исследуемый период (сезон), дн.

Для годовой суммарной допустимой рекреационной нагрузки подобного пересчета не требуется, так как она является предельной при организации как круглогодичного, так и сезонного отдыха.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Изложите Ваше понимание рекреационных нагрузок.
2. Перечислите виды рекреационного воздействия на лесные экосистемы.
3. Какие методы применяются для определения рекреационных нагрузок?
4. Как Вы понимаете комфортные рекреационные условия?
5. Изложите сущность регистрационно-измерительного метода учета рекреантов.



6. Опишите метод пробных площадей для характеристики территории по рекреационной привлекательности.

7. Какие методы существуют для определения посещаемости насаждений рекреантами?

8. Что Вы понимаете под стадиями рекреационной дигрессии?

9. Сколько стадий рекреационной дигрессии может быть выделено в лесных насаждениях?

10. Какие показатели используются при определении стадий рекреационной дигрессии?

11. Какая стадия рекреационной дигрессии является критической, после которой насаждение естественно не восстанавливается?

12. Изложите методики определения стадий рекреационной дигрессии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Леса, выполняя стабилизирующие экологические функции на Земле, являются источником сырьевых ресурсов, в которых человечество отказать себе не может. Однако вектор влияния человечества на леса, как и на всю природу в целом, отрицательный. Леса на нашей планете продолжают деградировать. Судя по возникающим природным катаклизмам в разных частях Земли, леса в настоящее время испытывают критическое антропогенное воздействие. Пришло время осознания, что поведение человечества по отношению к лесам должно быть адекватным его разрушительному воздействию с использованием всего интеллектуального, технического, технологического и экономического потенциала.

По отношению к лесам должна быть разработана научно-обоснованная стратегия ведения хозяйства, рассчитанная на их сбережение и выполняемых ими многогранных экологических, социальных и сырьевых функций в рамках локальных, региональных, континентальных и глобальных масштабов. Основой для разработки такой стратегии должен стать лесной экологический мониторинг.

В настоящем учебном пособии предпринята попытка привести ряд методик осуществления лесного экологического мониторинга. При подборе методик авторы отдавали предпочтение тем, которые позволяют получить объективную оценку о состоянии лесных насаждений и их отдельных компонентов без применения сложного дорогостоящего оборудования. Указанное позволяет проводить локальный мониторинг обучающимся, специалистам и просто любителям природы с целью обнаружения негативного воздействия природных и антропогенных факторов на лесные экосистемы на ранних стадиях. Последнее облегчит проектирование и принятие мер по сохранению насаждениями устойчивости.

Полученные в ходе лесного экологического мониторинга материалы расширят современные данные о природе лесных экосистем и воздействии на них многообразных факторов природного и антропогенного характера с учетом зонально (подзонально)-типологических особенностей.

## Библиографический список

- Алексеев, В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.
- Алексеев, В. А. Диагностика повреждений деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния / В. А. Алексеев // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Ленинград : Наука, 1990. – С. 38–53.
- Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – Москва : Лесная промышленность, 1977. – 512 с.
- Байчибаева, А. В. Оценка рекреационного влияния на почвы природного парка «Оленьи ручьи» / А. В. Байчибаева, Н. В. Соболев // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 4 (83). – С. 55–56.
- Баранник, Л. П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации / Л. П. Баранник. – Новосибирск : Наука, 1988. – 84 с.
- Бобров, Р. В. Лесная эстетика / Р. В. Бобров. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 191 с.
- Основы фитомониторинга : учебное пособие. / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, Е. А. Зотеева, А. Г. Магасумова. – 2-е изд., доп. и перераб. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2011. – 88 с.
- Бунькова, Н. П. Рекреационная устойчивость и емкость сосновых насаждений в лесопарках г. Екатеринбурга / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2016. – 124 с.
- Быков, Е. В. Рекреационная трансформация лесов и гнездящиеся птицы / Е. В. Быков // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. – 2013. – Т. 1. – № 4 (14). – С. 15–19.
- Лесная таксация и лесоустройство / А. В. Вагин, Е. С. Мурахтанов, А. И. Ушаков, О. А. Харин. – Москва : Лесная промышленность, 1978. – 368 с.
- Вайчунас, В. Влияние рекреации на водоохранно-защитные функции приречных лесов / В. Вайчунас // Современное состояние и перспективы рекреационного лесопользования. Тезисы докладов. – Ленинград, 1990. – С. 16–17.
- Василевич, В. И. Статистические методы в геоботанике / В. И. Василевич. – Ленинград : Наука, 1969. – 232 с.
- Веселин, Б. В. Ведение хозяйства в лесах рекреационного назначения / Б. В. Веселин // Лесное хозяйство, 1988. – № 6. – С. 19–20.
- Власюк, В. Н. Лесные ресурсы в системе рационального природопользования : конспект лекций / В. Н. Власюк. – Пушкино, 1982. – 72 с.
- Водолажский, А. Н. Определение величин снижения лесного рекреационного ресурса в связи с техногенным влиянием / А. Н. Водолажский, М. Т. Сериков // Лесотехнический журнал. – 2013. – № 4 (12). – С. 70–76.
- Воронов, А. Г. Геоботаника : учебное пособие для университетов и пед. институтов / А. Г. Воронов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Высшая школа, 1973. – 384 с.

Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. – Москва : 1987. – 33 с.

Гаврилов, Г. М. Благоустройство лесопарков / Г. М. Гаврилов, М. М. Игнатенко. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 183 с.

Генсирук, С. А. Рациональное природопользование / С. А. Генсирук – Москва : Лесная промышленность, 1979. – 312 с.

Генсирук, С. А. Рекреационное использование лесов / С. А. Генсирук, М. С. Нижник, Р. Р. Возняк. – Киев : Урожай, 1987. – 346 с.

Горбачевская, Н. Г. Методика экспериментального определения устойчивости травяного и почвенного покрова к вытаптыванию / Н. Г. Горбачевская, В. Г. Линник // Влияние массового туризма на биоценозы леса. – Москва, 1978. – С. 13–17.

Анализ изменения состава и структуры лесных растительных ассоциаций в градиенте рекреационной нагрузки / Т. А. Горшкова, Е. С. Хукаленко, Н. Н. Павлова [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки – 2012. – Т. 18. – № 3. – С. 105–113.

ГОСТ 8.010–99. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения : межгосударственный стандарт. – 17 с. – URL: <http://lilgest.ru/> (дата обращения: 19.12.2022).

ГОСТ 8.207–76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Метод обработки результатов наблюдений : государственный стандарт. – 8 с. – URL: <http://lilgest.ru/> (дата обращения: 19.12.2022).

Гусев, А. В. Методика определения перспективности интродукции древесных растений / А. В. Гусев, С. В. Залесов, Д. Н. Сарсекова // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса в рамках концепции 2020 : материалы VII международной научно-технической конференции (Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. Ч. 2. С. 272–275.

Данчева, А. В. Влияние рекреационных нагрузок на состояние и устойчивость сосновых насаждений Казахского мелкосопочника : специальность 06.03.02 «Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Данчева Анастасия Васильевна ; Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург, 2013. – 233 с.

Данчева, А. В. Уточнение функционального зонирования сосновых насаждений ГНПП «Бурабай» по величине рекреационных нагрузок / А. В. Данчева, Б. М. Муканов, С. В. Залесов // Исследования, результаты. – 2013. – № 3. – С. 109–113.

Данчева, А. В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения : учебное пособие / А. В. Данчева, С. В. Залесов. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2015. – 152 с.

Данчева, А. В. Влияние рекреационных нагрузок на состояние и устойчивость сосновых насаждений Казахского мелкосопочника / А. В. Данчева, С. В. Залесов, Б. М. Муқанов. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2014. – 195 с.

Деградация и демутиация лесных экосистем в условиях нефтегазодобычи / С. В. Залесов, Н. А. Кряжевских, Н. Я. Крупинин [и др.]. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2002. – Вып. 1. – 436 с.

Добрынин, А. П. Рекреационный потенциал стационарных объектов отдыха / А. П. Добрынин // Лесное хозяйство, 1991. – № 7. – С. 18–19.

Добрынин, С. А. Влияние рекреационных нагрузок на устойчивость биогеоценозов в зависимости от крутизны склонов / С. А. Добрынин // Лесное хозяйство. – 1997. – № 2. – С. 26.

Дюкова, Л. А. Определение рекреационной емкости и фактического использования парковых территорий санаторно-курортного комплекса «Форосский» (Украина) / Л. А. Дюкова, М. Т. Сериков // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – С. 363–369.

Жидков, А. Н. Особенности накопления техногенных веществ эпифитными лишайниками в лесных экосистемах / А. Н. Жидков // Лесное хозяйство. – 2003. – № 4. – С. 31–34.

Журавков, А. Ф. Методические аспекты изучения состояния и экологической емкости рекреационных лесов (на примере дубняков Южного приморья) / А. Ф. Журавков, А. П. Добрынин, В. И. Преловский // Некоторые аспекты рекреационных исследований и зеленого строительства. – Владивосток, 1989. – С. 4–15.

Залесов, С. В. Ландшафтные рубки в лесопарках / С. В. Залесов, А. Ф. Хайретдинов. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2011. – 176 с.

Основы фитомониторинга: учебное пособие / С. В. Залесов, Е. А. Зотева, А. Г. Магасумова, Н. П. Швалева. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2007. – 76 с.

Залесов, С. В. Проходные рубки в сосняках южной подзоны тайги Урала : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Залесов Сергей Вениаминович. – Свердловск, 1986. – 215 с.

Залесов, С. В. Рекреационное лесоводство. Термины, понятия, определения : учебный справочник / С. В. Залесов, А. В. Данчева, Е. С. Залесова Екатеринбург : УГЛТУ, 2016. – 52 с.

Ценопопуляции лесных и луговых видов растений в антропогенно нарушенных ассоциациях Нижегородского Поволжья и Поветлужья / С. В. Залесов, Е. В. Невидомова, А. М. Невидомов, Н. В. Соколов. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2013.

Залесов, С. В. Перспективность древесных интродуцентов для озеленения в условиях средней подзоны тайги Западной Сибири / С. В. Залесов, Е. П. Платонов, А. В. Гусев // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 4 (83). – С. 56–58.

Зарудный, И. Н. Основы лесного хозяйства и таксация леса / И. Н. Зарудный, В. С. Моисеев, И. В. Логвинов. – Москва : Лесная промышленность, 1970. – 304 с.

Захаров, В. К. Лесная таксация / В. К. Захаров. – Москва : Лесная промышленность, 1967. – 406 с.

Ивонин, В. М. О влиянии плотности почв на эрозию при антропогенной дигрессии горных лесов / В. М. Ивонин, О. В. Перфильев, И. В. Воскобойникова // Лесной журнал. – 2006. – № 5. – С. 15–22.

Искаков, С. И. Современное состояние искусственных сосновых насаждений в ленточных борах Прииртышья / С. И. Искаков, Ж. Т. Жорабекова, М. М. Елемесова // Развитие «зеленой экономики» и сохранение биологического разнообразия: материалы Международной научно-практической конференции. – Щучинск, 2013. – С. 117–123.

Казанская, Н. С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности / Н. С. Казанская // Известия АН СССР. Сер. Геогр. – 1972. – № 1. – С. 52–59.

Казанская, Н. С. Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования) / Н. С. Казанская, В. В. Ланина, Н. Н. Марфенин. – Москва : Лесная промышленность, 1977. – 96 с.

Кармазина, Т. Р. Влияние рекреационных нагрузок на состояние буковых насаждений пригородной зоны Львова / Т. Р. Кармазина // Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность. – Киев : Будивельник, 1981. – Вып.12. – С. 17–18.

Карпачевский, И. О. О методике учета опада и подстилки в смешанных лесах / И. О. Карпачевский, Н. К. Кисилева // Лесоведение. – 1968. – № 3. – С. 73–79.

Касимов, В. Д. Мониторинг лесов в условиях загрязнения природной среды / В. Д. Касимов, А. А. Мартынюк // Обзор.-информ. матер. ВНИИЦ леса Госкомлеса СССР. – Москва, 1990. – 32 с.

Ковалев, Б. И. Организация и ведение мониторинга таежных лесов / Б. И. Ковалев // Лесное хозяйство. – 1993. – № 4. – С. 25–28.

Кругляк, В. В. Рекреационное использование лесов зеленой зоны города Воронежа / В. В. Кругляк, Н. П. Карташова // Вестник ВГУ. – 2005. – № 2. – С. 140–143.

Кузьмичев, А. С. Влияние хозяйственной деятельности и рекреации на состояние лесных ресурсов / А. С. Кузьмичев, Л. Р. Асмаев. – Москва : ЦБНТИ, 1978. – 39 с.

Куприянов, А. Н. Интродукция растений : учебное пособие / А. Н. Куприянов. – Кемерово : Кузбасвузиздат, 2004. – 96 с.

Курбатский, Н. П. Исследования количества и свойств лесных горючих материалов / Н. П. Курбатский // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск, 1970. – С. 5–18.

Ланина, В. В. Пути повышения использования территорий лесопаркового защитного пояса г. Москвы // Лесное хозяйство. – 1982. – № 2. – С. 51–54.

Лебедева, Н. В. Биологическое разнообразие : учебное пособие для вузов / Н. В. Лебедев, Н. Н. Дроздов, Д. А. Криволицкий – Москва : Гуманитарный издательский центр «ВЛАДОС», 2004. – 432.

Лесная энциклопедия. – Т. I. – 1985. – 563 с.

Луганский, Н. А. Лесоведение и лесоводство. Термины, понятия, определения : учебное пособие / Н. А. Луганский, С. В. Залесов, В. Н. Луганский / Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 125 с.

Луганский, Н. А. Лесоведение : учебное пособие / Н. А. Луганский, С. В. Залесов, В. Н. Луганский / Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. – 432 с.

Лукиянов, В. М. О предельно допустимых рекреационных нагрузках в лесах зеленых зон Нечерноземья // Лесное хозяйство. – 1986. – № 7. – С. 20–23.

Мартин, Ю. Л. Лихеноиндикация и состояние окружающей среды // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Ч. 1. – Таллин, 1982. – С. 27–47.

Машинский, Л. О. Некоторые исследования устойчивости лесных насаждений в условиях Подмосковья к рекреационным нагрузкам // Географические проблемы организации туризма и отдыха. Вып. 2. – Москва, 1975. – С. 74–87.

Меллума, А. Ж. Отдых на природе как природоохранная проблема / А. Ж. Меллума, Р. Х. Рунгуле, И. В. Эмсис. – Рига : Зинатне, 1982. – 157 с.

Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). Утв. Распоряжением Росэкологии от 16.10.2003 г. № 460-р/ю. – URL: <https://base.garant.ru/2159808> (дата обращения 10.10.2022).

Молчанов, Е.Ф. К мониторингу рекреации (на примере южного берега Крыма) / Е. Ф. Молчанов, Т. Т. Ларина, Е. С. Крайнюк // Современное состояние и перспективы рекреационного лесопользования. Тезисы докладов. – Ленинград : ЛенНИИЛХ, 1990. – С. 48–50.

Мониторинг состояния лесных и городских систем : монография ; под ред. В. С. Шалаева, Е. Г. Мозолевской. – Москва : МГУЛ, 2004. – 235 с.

Муканов, Б. М. Определение состояния сосновых насаждений мелко-сопочника по проективному покрытию эпифитными лишайниками стволов сосны / Б. М. Муканов, А. В. Данчева, А. В. Портянко // КазНАУ: Научный журнал «Исследования, результаты». – 2013. – № 1 (057). – С. 73–77.

Мусин, С. М. Повышение устойчивости лесов Северного Казахстана // Новости науки. – 2000. – № 1. – С. 40–43.

Нестеров, В. Г. Лесоводство / В. Г. Нестеров. – Москва : Гос. изд-во сельскохозяйственной литературы (Сельхозгиз), 1958. – 464 с.

Нижник, М. С. Лес и отдых. – Киев : Наукова думка, 1989. – 120 с.

Никитченко, Л. А. Мониторинг рекреационного воздействия на пригородные леса города Воронежа / Л. А. Никитченко, А. И. Миленин // Материалы международной научной школы «Воспроизводство, мониторинг и охрана природных, природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов» // Лесотехнический журнал. – 2012. – № 4. – С. 167–171.

Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления : утвержден Приказом Минприроды России от 29 декабря 2021 года № 1024. – URL: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (дата обращения 1.12.2022).

Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах : постановление Правительства РФ : от 9.12.2020 № 2047. – URL: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (дата обращения 10.12.2022).

Ожегов, С. И. Словарь русского языка: 70 000 слов ; под ред. Н. Ю. Шведовой. – 23-е изд., испр. – Москва : Рус. яз., 1990. – 917 с.

Основные положения организации и ведения лесного хозяйства Свердловской области. – Екатеринбург, 1995. – 525 с.

Основы фитомониторинга : учебное пособие / С. В. Залесов, Е. А. Зотева, А. Г. Магасумова, Н. П. Швалева. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. – 76 с.

Основы фитомониторинга : учебное пособие: 2-е изд., доп. и перераб. / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, Е. А. Зотева, А. Г. Магасумова. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. – 89 с.

Основы фитомониторинга : учебное пособие: 3-е изд., доп. и перераб. / Н. П. Бунькова, С. В. Залесов, Е. С. Залесова [и др.]. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. – 90 с.

ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы : утвержден Приказом Рослесхоза от 20 июля 1995 года № 114. – URL: <http://jurbase.ru/texts/sector154/tez54810.htm> (дата обращения 10.12.2022).

ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустойчивые. Метод закладки. – Москва, 1983. – 60 с.

ОСТ 56-84-85. Использование лесов в рекреационных целях: Термины и определения. – Москва, 1987. – 5 с.

ОСТ 56-84-85. Использование лесов в рекреационных целях. Термины и определения. – Москва : ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1986. – 5 с.

Оценка продуктивности основных лесобразующих насаждений Казахского мелкосопочника и их эколого-экономический потенциал (заключительный) : Отчет о НИР / А. В. Портянко, А. В. Данчева, Т. В. Битиева, М. Х. Жолдыбаева. – Щучинск, 2011. – 121 с.

Падун, И. Н. Оценка рекреационной нарушенности фитоценозов с помощью анализа доминант травяного покрова / И. Н. Падун, Я. И. Мовчан // Лесное хозяйство. 1984. – № 7. – С. 31–33.



Пастернак, П. С. Влияние промышленного загрязнения атмосферы на лесные экосистемы и повышение их устойчивости / П. С. Пастернак, В. П. Ворон, В. Г. Мазепа // Лесоведение и лесоводство. Обзорная информация. – Москва : 1985. – Вып. 2. – 33 с.

Патент № 792260 Российская Федерация. Способ определения массы годовичного опада в сосняках : с приоритетом от 18.06.1991 / А. С. Аткин, В. Д. Стаканов.

Побединский, А. В. Изучение лесовосстановительных процессов. – Москва : Наука, 1966. – 64 с.

Погребняк, П. С. Общее лесоводство. – Москва : Сельхозиздат, 1963. – 399 с.

Полончук, В. Н. Пути повышения рекреационных функций лесов : конспект лекций. – Пушкино : КМУ ВИГКЛХ, 1984. – 40 с.

Поляков, А. Н. Основы лесоводства и лесной таксации / А. Н. Поляков, Н. М. Набатов. – Москва : Лесная пром-ть, 1983. – 224 с.

Полякова, Г. А. Антропогенное влияние на сосновые леса Подмосковья / Г. А. Полякова, Т. В. Малышева, А. А. Флеров. – Москва : Наука, 1981. – 143 с.

Понятовская, В. М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника. Т. 3. – Москва, Ленинград : Наука, 1964. – С. 209– 299.

Постолаке, Г. Г. Лесная подстилка в круговороте веществ. – Кишинев : Штиинца, 1976. – 178 с.

Программа и методика биогеоценологических исследований ; под ред. В. Н. Сукачева, Н. В. Дылиса. – Москва : Изд-во Наука, 1966. – 332 с.

Прокошева, К. Ю. Влияние рекреационной нагрузки на сосновые древостои особо охраняемых территорий Прикамья / К. Ю. Прокошева, Н. М. Итешина // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 2 (19). – С. 63– 66.

Пряхин, В. Д. Пригородные леса / В. Д. Пряхин, В. Т. Николаенко. – Москва : Лесная промышленность, 1981. – 248 с.

Работнов, Т. А. Изучение флюктуации (разногодичной изменчивости) фитоценозов // Полевая геоботаника. – Т. 4. – Ленинград : Наука, 1972. – С. 95–136.

Раменский, Л. Г. Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. – Ленинград : Наука, 1971. – 334 с.

Репшас, Э. А. Дигрессия и экологическая емкость лесов рекреационного назначения / Э. А. Репшас, Е. Е. Палишкис // Лесоведение. – 1983. – № 1. – С. 3–10.

Репшас, Э. А. Определение рекреационных нагрузок и стадий дигрессии леса // Лесное хозяйство. – 1978. – № 12. – С. 22– 23.

Рысин, Л. П. Методика оценки последствий рекреационного лесопользования / Л. П. Рысин, С. Л. Рысин // Лесной вестник. – 2000. – № 6. – С. 56–59.

Рысин, Л. П. Рекреационные леса и проблема оптимизации рекреационного лесопользования // Рекреационное лесопользование в СССР. – Москва : Наука, 1983. – С. 5–20.

Санников, С. Н. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса / С. Н. Санников, Н. С. Санникова. – Москва : Наука, 1985. – 152 с.

Седых, В. Н. Аэрокосмический мониторинг лесного покрова. – Новосибирск : Наука, 1991. – 238 с.

Семенюта, Ф. И. Лесная таксация и лесоустройство. – Москва : Лесная пром-ть, 1961. – 340 с.

Семенюта, Ф. И. Лесная таксация и лесоустройство / Ф. И. Семенюта, А. Ф. Елизаров, М. Н. Соснин. – Москва : Лесная пром-ть, 1970. – 352 с.

Синицын, С. Г. Эффективное использование лесов России при решении экологических проблем мирового сообщества // Лесное хозяйство. – 1993. – № 5. – С. 2–7.

Скрипальщикова, Л. Н. Биоиндикационные показатели стабильности развития насаждений в нарушенных ландшафтах / Л. Н. Скрипальщикова, В. З. Стасова // Сибирский лесной журнал. – 2014. – № 2. – С. 62–72.

Соколов, Е. В. Естественная динамика биогеоценозов как базис экологического мониторинга / Е. В. Соколов, Ю. Г. Пузаченко // Биосферные заповедники. Труды II советско-американского симпозиума. – Ленинград, 1982. – С. 8–20.

Солдатенкова, Ю. П. Малый практикум по ботанике. Лишайники (кустистые и листовые). – Москва : Изд-во Московского университета, 1977. – 128 с.

Соловьев, С. В. Лесная подстилка как показатель лесовозобновительного потенциала лесов // Лесное хозяйство. – 2010. – № 4. – С. 25–28.

Сукачев, В. Н. Методические указания к изучению типов леса. – 2- изд., перераб. и доп. / В. Н. Сукачев, С. В. Зонн. – Москва : Изд-во Академии наук СССР, 1961. – 144 с.

Таран, И. В. Рекреационные леса Западной Сибири. – Новосибирск : Наука, 1985. – 228 с.

Таран, И. В. Устойчивость рекреационных лесов / И. В. Таран, В. Н. Спиридонов. – Новосибирск : Наука, 1977. – 179 с.

Тарасов, А. И. Рекреационное лесопользование. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 177 с.

Лес и отдых. / Х. О. Тедер, Ф. Р. Ныммсалю, М. М. Маргус [и др.]. – Москва : Лесная промышленность, 1975. – 192 с.

Терехина, Д. К. Приемы повышения устойчивости хвойных мелиоративных древостоев аридной зоны (на примере Волгоградской области) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Терехина Дарья Константиновна. – Волгоград, 2009. – 24 с.

Титлякова, А. А. Сукцессии растительности / А. А. Титлякова, Н. П. Миронычева-Токарева // Сукцессии и биологический круговорот. – Новосибирск : Наука, 1993. С. 14–36.

Универсальный словарь иностранных слов русского языка. – Москва : Вече, 2001. – 668 с.

Хайретдинов, А. Ф. Введение в лесоводство : учебное пособие / А. Ф. Хайретдинов, С. В. Залесов. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2011. – 202 с.

Дифференцированная оценка рекреационного потенциала лесов / А. Ф. Хайретдинов, Х. Г. Мусин, Р. Х. Гафиятов, И. Р. Нафикова // Вестник БГАУ. – 2010. – № 3. – С. 49–55.

Хайретдинов, А. Ф. Введение в лесоводство: учебное пособие / А. Ф. Хайретдинов, С. В. Залесов. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. – 202 с.

Ханбеков, Р. Н. Методика определения рекреационной нагрузки на лесные площади при организации туризма, экскурсий и массового отдыха. – Москва, 1984. – 9 с.

Чиждова, В. П. Рекреационные нагрузки в зонах отдыха. – Москва : Лесная промышленность, 1977. – 48 с.

Шенников, А. П. Введение в геоботанику. – Ленинград : Ленинградская типография № 12, «Главполиграфпром», 1964. – 447 с.

Шмидт, В. М. Математические методы в ботанике : учебное пособие. – Ленинград : изд-во Ленинград. университета, 1984. – 288 с.

Шульга, В. Д. Устойчивость мелиоративных древостоев степных ландшафтов. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2002.

Юркевич, И. Д. Рекреационные ресурсы бассейна Нарочи и их использование / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, Е. Л. Красовский. – Минск : Наука и техника, 1989. – 224 с.

Burden, R. F. Quantitative studies of the effects of human trampling on vegetations as an aid to the management of Semi-natural areas / R. F. Burden, P. F. Randerson // J. Appl. Ecol. – 1972. – № 9 (2). – P. 439–457.

Marsz, A. A. Metoda obliczania pojemnosci rekreacyjnej osrodrow wypoczynkowych na nizu / Pr. Komis. Geogr. Geol. PTPN. – 1972. – № 3. – P. 32–37.

Rihardson, D. H. S. Lichens – nature's guide to pollution levels // Technol. Tree. – 1981. – V. 13. – № 1. – P. 88–92.

Seibert, P. Die Belastung der Pflanzendecke durch den Erholungsverkehr / Forstw. Zentr. Bl. – 1974. – № 93. – P. 34–43.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

*Приложение 1*

### ВЕДОМОСТЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ПЕРЕЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТАКСАЦИИ

\_\_\_\_\_ область \_\_\_\_\_ лесничество

\_\_\_\_\_ квартал \_\_\_\_\_ выдел \_\_\_\_\_ пробная площадь \_\_\_\_\_ размер (га)

№ дерева	Вид	Диаметр, см			Высота, м	Категория санитарного состояния	Показатель жизненного состояния							Приме- чание
		С-Ю	З-В	сред. значение										
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	

## Площадь поперечного сечения

D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>
01	0,000001	26	0,00053	51	0,00204	76	0,00454	101	0,00801	126	0,01247	151	0,01791	176	0,02433
02	0,000003	27	0,00057	52	0,00212	77	0,00466	102	0,00817	127	0,01267	152	0,01815	177	0,02461
03	0,000007	28	0,00062	53	0,00221	78	0,00478	103	0,00833	128	0,01287	153	0,01839	178	0,02488
04	0,00001	29	0,00066	54	0,00229	79	0,00490	104	0,00850	129	0,01307	154	0,01863	179	0,02516
05	0,00002	30	0,00071	55	0,00238	80	0,00503	105	0,00866	130	0,01327	155	0,01887	180	0,02545
06	0,00003	31	0,00075	56	0,00246	81	0,00515	106	0,00882	131	0,01348	156	0,01911	181	0,02573
07	0,00004	32	0,00080	57	0,00255	82	0,00528	107	0,00899	132	0,01368	157	0,01936	182	0,02602
08	0,00005	33	0,00086	58	0,00264	83	0,00541	108	0,00916	133	0,01389	158	0,01961	183	0,02630
09	0,00006	34	0,00091	59	0,00273	84	0,00554	109	0,00933	134	0,01410	159	0,01986	184	0,02659
10	0,00008	35	0,00096	60	0,00283	85	0,00568	110	0,00950	135	0,01431	160	0,02011	185	0,02688
11	0,00010	36	0,00102	61	0,00292	86	0,00581	111	0,00967	136	0,01453	161	0,02036	186	0,02717
12	0,00011	37	0,00108	62	0,00302	87	0,00594	112	0,00985	137	0,01474	162	0,02061	187	0,02746
13	0,00013	38	0,00113	63	0,00312	88	0,00608	113	0,01003	138	0,01496	163	0,02087	188	0,02776
14	0,00015	39	0,00120	64	0,00322	89	0,00622	114	0,01021	139	0,01517	164	0,02112	189	0,02806
15	0,00018	40	0,00126	65	0,00332	90	0,00636	115	0,01039	140	0,01539	165	0,02138	190	0,02835
16	0,00020	41	0,00132	66	0,00342	91	0,00650	116	0,01057	141	0,01561	166	0,02164	191	0,02865
17	0,00023	42	0,00138	67	0,00352	92	0,00665	117	0,01075	142	0,01584	167	0,02190	192	0,02895
18	0,00025	43	0,00145	68	0,00363	93	0,00679	118	0,01094	143	0,01606	168	0,02217	193	0,02926
19	0,00028	44	0,00152	69	0,00374	94	0,00694	119	0,01112	144	0,01629	169	0,02243	194	0,02956
20	0,00031	45	0,00159	70	0,00385	95	0,00709	120	0,01131	145	0,01651	170	0,02270	195	0,02986
21	0,00035	46	0,00166	71	0,00396	96	0,00724	121	0,01150	146	0,01674	171	0,02297	196	0,03017
22	0,00038	47	0,00174	72	0,00407	97	0,00739	122	0,01169	147	0,01694	172	0,02324	197	0,03048
23	0,00041	48	0,00181	73	0,00418	98	0,00754	123	0,01188	148	0,01720	173	0,02351	198	0,03079
24	0,00045	49	0,00189	74	0,00430	99	0,00770	124	0,01208	149	0,01744	174	0,02378	199	0,03110
25	0,00049	50	0,00196	75	0,00442	100	0,00785	125	0,01227	150	0,01767	175	0,02405	200	0,03142

Продолжение прил. 2

D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>
201	0,03173	227	0,04047	253	0,05027	279	0,06114	305	0,07306	331	0,08605	357	0,1001	383	0,1152
202	0,03205	228	0,04083	254	0,05067	280	0,06158	306	0,07354	332	0,08657	358	0,1007	384	0,1158
203	0,03237	229	0,04119	255	0,05107	281	0,06202	307	0,07402	333	0,08709	359	0,1012	385	0,1164
204	0,03269	230	0,04155	256	0,05147	282	0,06246	308	0,07451	334	0,08762	360	0,1018	386	0,1170
205	0,03301	231	0,04191	257	0,05187	283	0,06290	309	0,07499	335	0,08814	361	0,1024	387	0,1176
206	0,03333	232	0,04227	258	0,05228	284	0,06335	310	0,07548	336	0,08867	362	0,1029	388	0,1182
207	0,03398	233	0,04264	259	0,05269	285	0,06379	311	0,07596	337	0,08920	363	0,1035	389	0,1188
208	0,03398	234	0,04301	260	0,05309	286	0,06424	312	0,07645	338	0,08973	364	0,1041	390	0,1195
209	0,03431	235	0,04337	261	0,05350	287	0,06469	313	0,07694	339	0,09026	365	0,1046	391	0,1201
210	0,03464	236	0,04374	262	0,05391	288	0,06514	314	0,07744	340	0,09079	366	0,1052	392	0,1207
211	0,03497	237	0,04412	263	0,05433	289	0,0650	315	0,07793	341	0,09133	367	0,1058	393	0,1213
212	0,03530	238	0,04449	264	0,05474	290	0,06605	316	0,07843	342	0,09186	368	0,1064	394	0,1219
213	0,03563	239	0,04486	265	0,05515	291	0,06651	317	0,07892	343	0,09240	369	0,1069	395	0,1225
214	0,03597	240	0,04524	266	0,05557	292	0,06697	318	0,07942	344	0,09294	370	0,1075	396	0,1232
215	0,03631	241	0,04562	267	0,05599	293	0,06743	319	0,07992	345	0,09348	371	0,1081	397	0,1238
216	0,03664	242	0,04600	268	0,05641	294	0,06789	320	0,08042	346	0,09402	372	0,1087	398	0,1244
217	0,03698	243	0,04638	269	0,05683	295	0,06835	321	0,08093	347	0,09457	373	0,1093	399	0,1250
218	0,03733	244	0,04676	270	0,05726	296	0,06881	322	0,08143	348	0,09511	374	0,1099	400	0,1257
219	0,03767	245	0,04714	271	0,05768	297	0,06928	323	0,08194	349	0,09566	375	0,1104	401	0,1263
220	0,03801	246	0,04753	272	0,05811	298	0,06975	324	0,08245	350	0,09621	376	0,1110	402	0,1269
221	0,03836	247	0,04792	273	0,05833	299	0,07022	325	0,08296	351	0,09676	377	0,1116	403	0,1276
222	0,03871	248	0,04831	274	0,05896	300	0,07069	326	0,08347	352	0,09731	378	0,1122	404	0,1282
223	0,03906	249	0,04870	275	0,05940	301	0,07116	327	0,08398	353	0,09787	379	0,1128	405	0,1288
224	0,03941	250	0,04909	276	0,05983	302	0,07163	328	0,08450	354	0,09842	380	0,1134	406	0,1295
225	0,03976	251	0,04948	277	0,06026	303	0,07211	329	0,08501	355	0,09898	381	0,1140	407	0,1301
226	0,04011	252	0,04988	278	0,06070	304	0,07258	330	0,08553	356	0,09954	382	0,1146	408	0,1307

Продолжение прил. 2

D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>
409	0,1314	434	0,1479	459	0,1655	484	0,1840	509	0,2035	534	0,2240	559	0,2454	584	0,2679
410	0,1320	435	0,1486	460	0,1662	485	0,1847	510	0,2043	535	0,2248	560	0,2463	585	0,2688
411	0,1327	436	0,1493	461	0,1669	486	0,1855	511	0,2051	536	0,2256	561	0,2472	586	0,2697
412	0,1333	437	0,1500	462	0,1676	487	0,1863	512	0,2059	537	0,2265	562	0,2481	587	0,2706
413	0,1340	438	0,1507	463	0,1684	488	0,1870	513	0,2067	538	0,2273	563	0,2489	588	0,2715
414	0,1346	439	0,1514	464	0,1691	489	0,1878	514	0,2075	539	0,2282	564	0,2498	589	0,2725
415	0,1353	440	0,1521	465	0,1698	490	0,1886	515	0,2083	540	0,2290	565	0,2507	590	0,2734
416	0,1359	441	0,1527	466	0,1706	491	0,1893	516	0,2091	541	0,2299	566	0,2516	591	0,2743
417	0,1366	442	0,1534	467	0,1713	492	0,1901	517	0,2099	542	0,2307	567	0,2525	592	0,2753
418	0,1372	443	0,1541	468	0,1720	493	0,1909	518	0,2107	543	0,2316	568	0,2534	593	0,2762
419	0,1379	444	0,1548	469	0,1728	494	0,1917	519	0,2116	544	0,2324	569	0,2543	594	0,2771
420	0,1385	445	0,1555	470	0,1735	495	0,1924	520	0,2124	545	0,2333	570	0,2552	595	0,2781
421	0,1392	446	0,1562	471	0,1742	496	0,1932	521	0,2132	546	0,2341	571	0,2561	596	0,2790
422	0,1399	447	0,1569	472	0,1750	497	0,1940	522	0,2140	547	0,2350	572	0,2570	597	0,2799
423	0,1405	448	0,1576	473	0,1757	498	0,1948	523	0,2148	548	0,2359	573	0,2579	598	0,2809
424	0,1412	449	0,1583	474	0,1765	499	0,1956	524	0,2157	549	0,2361	574	0,2588	599	0,2818
425	0,1419	450	0,1590	475	0,1772	500	0,1963	525	0,2165	550	0,2376	575	0,2597	600	0,2827
426	0,1425	451	0,1598	476	0,1780	501	0,1971	526	0,2173	551	0,2384	576	0,2606	601	0,2837
427	0,1432	452	0,1605	477	0,1787	502	0,1979	527	0,2181	552	0,2393	577	0,2615	602	0,2846
428	0,1439	453	0,1612	478	0,1795	503	0,1987	528	0,2190	553	0,2402	578	0,2624	603	0,2856
429	0,1449	454	0,1619	479	0,1802	504	0,1995	529	0,2198	554	0,2411	579	0,2633	604	0,2865
430	0,1452	455	0,1626	480	0,1810	505	0,2003	530	0,2206	555	0,2419	580	0,2642	605	0,2875
431	0,1459	456	0,1633	481	0,1817	506	0,2011	531	0,2215	556	0,2428	581	0,2651	606	0,2884
432	0,1466	457	0,1640	482	0,1825	507	0,2019	532	0,2223	557	0,2437	582	0,2660	607	0,2894
433	0,1473	458	0,1647	483	0,1832	508	0,2027	533	0,2231	558	0,2445	583	0,2669	608	0,2903

D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>
609	0,2913	634	0,3157	659	0,3411	684	0,3675	709	0,3948	734	0,4231	759	0,4525	784	0,4827
610	0,2922	635	0,3167	660	0,3421	685	0,3685	710	0,3959	735	0,4243	760	0,4536	785	0,4840
611	0,2932	636	0,3177	661	0,3432	686	0,3696	711	0,3970	736	0,4254	761	0,4548	786	0,4852
612	0,2942	637	0,3187	662	0,3442	687	0,3707	712	0,3982	737	0,4266	762	0,4560	787	0,4865
613	0,2951	638	0,3197	663	0,3452	688	0,3718	713	0,3993	738	0,4278	763	0,4572	788	0,4877
614	0,2961	639	0,3207	664	0,3463	689	0,3728	714	0,4004	739	0,4289	764	0,4584	789	0,4889
615	0,2971	640	0,3217	665	0,3473	690	0,3739	715	0,4015	740	0,4301	765	0,5496	790	0,4902
616	0,2980	641	0,3227	666	0,3484	691	0,3750	716	0,4026	741	0,4312	766	0,4608	791	0,4914
617	0,2990	642	0,3237	667	0,3494	692	0,3761	717	0,4038	742	0,4324	767	0,4620	792	0,4927
618	0,3000	643	0,3247	668	0,3505	693	0,3772	718	0,4049	743	0,4336	768	0,4632	793	0,4939
619	0,3009	644	0,3257	669	0,3515	694	0,3783	719	0,4060	744	0,4347	769	0,4645	794	0,4951
620	0,3019	645	0,3267	670	0,3526	695	0,3794	720	0,4072	745	0,4359	770	0,4657	795	0,4964
621	0,3029	646	0,3278	671	0,3536	696	0,3805	721	0,4083	746	0,4371	771	0,4669	796	0,4976
622	0,3039	647	0,3288	672	0,3547	697	0,3816	722	0,4094	747	0,4383	772	0,4681	797	0,4989
623	0,3048	648	0,3298	673	0,3557	698	0,3826	723	0,4106	748	0,4394	773	0,4693	798	0,5001
624	0,3058	649	0,3308	674	0,3568	699	0,3837	724	0,4117	749	0,4406	774	0,4705	799	0,5014
625	0,3068	650	0,3318	675	0,3578	700	0,3848	725	0,4128	750	0,4418	775	0,4717	800	0,5027
626	0,3078	651	0,3329	676	0,3589	701	0,3859	726	0,4140	751	0,4430	776	0,4729	801	0,5039
627	0,3088	652	0,3339	677	0,3600	702	0,3870	727	0,4151	752	0,4441	777	0,4742	802	0,5052
628	0,3097	653	0,3349	678	0,3610	703	0,3882	728	0,4162	753	0,4453	778	0,4754	803	0,5064
629	0,3107	654	0,3359	679	0,3621	704	0,3893	729	0,4174	754	0,4465	779	0,4766	804	0,5077
630	0,3117	655	0,3370	680	0,3632	705	0,3904	730	0,4185	755	0,4477	780	0,4778	805	0,5090
631	0,3127	656	0,3380	681	0,3642	706	0,3915	731	0,4197	756	0,4489	781	0,4791	806	0,5102
632	0,3137	657	0,3390	682	0,3653	707	0,3926	732	0,4208	757	0,4501	782	0,4803	807	0,5115
633	0,3147	658	0,3400	683	0,3664	708	0,3931	733	0,4220	758	0,4513	783	0,4815	808	0,5128



D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	D, мм	Площадь сечения, м <sup>2</sup>
809	0,5140	834	0,5463	859	0,5795	884	0,6138	909	0,6490	934	0,6851	959	0,7223	984	0,7605
810	0,5153	835	0,5476	860	0,5809	885	0,6151	910	0,6504	935	0,6866	960	0,7238	985	0,7620
811	0,5166	836	0,5489	861	0,5822	886	0,6165	911	0,6518	936	0,6881	961	0,7253	986	0,7636
812	0,5178	837	0,5502	862	0,5836	887	0,6179	912	0,6533	937	0,6896	962	0,7268	987	0,7651
813	0,5191	838	0,5515	863	0,5849	888	0,6193	913	0,6547	938	0,6910	963	0,7284	988	0,7667
814	0,5204	839	0,5529	864	0,5863	889	0,6207	914	0,6561	939	0,6925	964	0,7299	989	0,7682
815	0,5217	840	0,5542	865	0,5877	890	0,6221	915	0,6576	940	0,6940	965	0,7314	990	0,7698
816	0,5230	841	0,5555	866	0,5890	891	0,6235	916	0,6590	941	0,6955	966	0,7329	991	0,7713
817	0,5242	842	0,5568	867	0,5904	892	0,6249	917	0,6604	942	0,6969	967	0,7344	992	0,7729
818	0,5255	843	0,5581	868	0,5917	893	0,6263	918	0,6619	943	0,6984	968	0,7359	993	0,7744
819	0,5268	844	0,5595	869	0,5931	894	0,6277	919	0,6633	944	0,6999	969	0,7375	994	0,7760
820	0,5281	845	0,5608	870	0,5945	895	0,6291	920	0,6648	945	0,7014	970	0,7390	995	0,7776
821	0,5294	846	0,5621	871	0,5958	896	0,6305	921	0,6662	946	0,7029	971	0,7405	996	0,7791
822	0,5307	847	0,5635	872	0,5972	897	0,6319	922	0,6677	947	0,7044	972	0,7420	997	0,7807
823	0,5320	848	0,5648	873	0,5986	898	0,6333	923	0,6691	948	0,7058	973	0,7436	998	0,7823
824	0,5333	849	0,5661	874	0,5999	899	0,6348	924	0,6706	949	0,7073	974	0,7451	999	0,7838
825	0,5346	850	0,5675	875	0,6013	900	0,6362	925	0,6720	950	0,7088	975	0,7466	1000	0,7854
826	0,5359	851	0,5688	876	0,6027	901	0,6376	926	0,6735	951	0,7103	976	0,7482		
827	0,5372	852	0,5701	877	0,6041	902	0,6390	927	0,6749	952	0,7118	977	0,7497		
828	0,5385	853	0,5715	878	0,6055	903	0,6404	928	0,6764	953	0,7133	978	0,7512		
829	0,5398	854	0,5728	879	0,6068	904	0,6418	929	0,6778	954	0,7148	979	0,7528		
830	0,5411	855	0,5741	880	0,6082	905	0,6433	930	0,6793	955	0,7163	980	0,7543		
831	0,5424	856	0,5755	881	0,6096	906	0,6447	931	0,6808	956	0,7178	981	0,7558		
832	0,5437	857	0,5768	882	0,6110	907	0,6461	932	0,6822	957	0,7193	982	0,7574		
833	0,5450	858	0,5782	883	0,6124	908	0,6475	933	0,6837	958	0,7208	983	0,7589		



## Приложение 4

## Распределение семенных насаждений по классам бонитета на основании возраста и высоты (по Орлову)

Возраст, лет	Классы бонитета						
	Ia	I	II	III	IV	V	Va
	Средняя высота, м						
10	6-5	5-4	4-3	3-2	2-1	-	-
20	12-10	9-8	7-6	6-5	4-3	2	-
30	16-14	13-12	11-10	9-8	7-6	5-4	3-2
40	20-18	17-15	14-13	12-10	9-8	7-5	4-3
50	24-21	20-18	17-15	14-12	11-9	8-6	5-4
60	28-24	23-20	19-17	16-14	13-11	10-8	7-5
70	30-26	25-22	21-19	18-16	15-12	11-9	8-6
80	32-28	27-24	23-21	20-17	16-14	13-11	10-7
90	34-30	29-26	25-23	22-19	18-15	14-12	11-8
100	35-31	30-27	26-24	23-20	19-16	15-13	12-9
110	35-32	31-29	28-25	24-21	20-17	16-13	12-10
120	38-34	33-30	29-26	25-22	21-18	17-14	13-10
130	38-34	33-30	29-26	25-22	21-18	17-14	13-10
140	39-35	34-31	30-27	26-23	22-19	18-14	13-10
150	39-35	34-31	30-27	26-23	22-19	18-14	13-10
160 и выше	40-36	35-31	30-27	26-23	22-19	18-14	13-10

## Распределение порослевых насаждений по классам бонитета на основании возраста и высоты (по Орлову)

Возраст, лет	Классы бонитета						
	Ia	I	II	III	IV	V	Va
	Средняя высота, м						
5	5,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0	-
10	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
15	11,0	10,0-9,0	8,0-7,0	6,0	5,0	4,0-3,0	2,0-1,5
20	14,0	13,0-12,0	11,0-10,0	9,0-8,0	7,0-6,0	5,0-4,0	3,0-2,0
25	16,0	15,0-13,0	12,0-11,0	10,0-9,0	8,0-7,0	6,0-5,0	4,0-3,0
30	18,0	17,0-16,0	15,0-13,0	12,0-11,0	10,0-8,0	7,0-6,0	5,0-4,0
35	20,0	19,0-17,0	16,0-14,0	13,0-12,0	11,0-10,0	9,0-7,0	6,0-5,0
40	21,0	20,0-19,0	18,0-16,0	15,0-13,0	12,0-11,0	10,0-8,0	7,0-5,0
45	23,0	22,0-20,0	19,0-17,0	16,0-14,0	13,0-11,5	11,0-8,5	8,0-5,5
50	25,0	24,0-21,0	20,0-18,0	17,0-15,0	14,0-12,0	11,0-8,5	8,0-6,0
55	26,0	25,0-23,0	22,0-19,0	18,0-16,0	15,0-13,0	12,0-9,0	8,0-6,0
60	27,0	26,0-24,0	23,0-20,0	19,0-16,5	16,0-13,5	13,0-9,5	9,0-6,5
65	28,0	27,0-24,5	24,0-21,0	20,0-17,0	16,0-13,5	13,0-10,0	9,0-7,0
70	28,5	28,0-25,0	24,0-21,5	21,0-18,0	17,0-14,0	13,0-10,5	10,0-7,5
75	29,0	28,0-25,5	25,0-22,0	21,0-18,5	18,0-14,5	14,0-11,0	10,0-8,0
80	30,0	29,0-26,0	25,0-23,0	22,0-19,0	18,0-15,0	14,0-12,0	11,0-8,5
85	31,0	30,0-27,0	26,0-23,5	23,0-20,0	19,0-15,5	15,0-13,0	12,0-8,5
90	31,0	30,0-27,0	26,0-23,5	23,0-20,0	19,0-15,5	15,0-13,0	12,0-8,5
100	31,0	30,0-28,0	27,0-24,0	23,0-21,0	20,0-16,0	15,0-13,0	12,0-8,5
110	32,0	31,0-28,5	28,0-25,0	24,0-21,0	20,0-17,0	16,0-13,5	13,0-9,0
120	33,0	32,0-29,0	28,0-26,0	25,0-22,0	21,0-18,0	17,0-13,5	13,0-9,0

Ведомость по перечету подроста на ПП

\_\_\_\_\_ область \_\_\_\_\_ лесничество

\_\_\_\_\_ квартал \_\_\_\_\_ выдел \_\_\_\_\_ пробная площадь \_\_\_\_\_ размер (га)

№ учетной площадки	По- рода	Всходы, шт.	Распределение по группам высот, см																				
			0–10			11–25			26–50			51–100			100–200			свыше 200					
			Ж	С	НЖ	Ж	С	НЖ	Ж	С	НЖ	Ж	С	НЖ	Ж	С	НЖ	Ж	С	НЖ			

139

Примечание. Ж – жизнеспособный, С – сомнительный, НЖ – нежизнеспособный подрост.

## Приложение 6

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ  
НА ПРОБНОЙ ПЛОЩАДИ №

## Краткая характеристика пробной площади

Наименование показателя	Характеристика показателя
Местонахождение	
Тип леса	
Тип условий местопроизрастания	
Состав древостоя	
Возраст древостоя, лет	
Класс бонитета	
Полнота	
Запас, м <sup>3</sup> /га	
Состав, густота подроста	
Состав, густота подлеска	
Фоновые виды и проективное покрытие живого напочвенного покрова	
Вид лесной рекреации	
Номер стадии рекреационной дигрессии	
Площадь пробной площади, га	
Коэффициент перевода на гектар	

*Приложение 7*

## Регистрация посетителей

Дата наблюдения	Время наблюдения	День недели	Тип погоды	Единовременное количество посетителей

*Приложение 8*

## Измерение продолжительности посещений

Дата наблюдения	№ посещения	Время посещения		Продолжительность посещения
		начало	окончание	

## Приложение 9

## Результаты обработки измерений

Наименование показателя	Обозначение	Единица измерения	Значение
Рекреационная плотность	$R_d$	чел.·га <sup>-1</sup>	
Среднее квадратическое отклонение	$G(R_d)$	чел.·га <sup>-1</sup>	
Оценка среднего квадратического отклонения	$S(R_d)$	чел.·га <sup>1</sup>	
Продолжительность одного посещения	$t$	ч	
Среднее квадратическое отклонение	$G(t)$	ч	
Оценка среднего квадратического отклонения	$S(t)$	ч	
Продолжительность периода измерения	$T$	ч	
Продолжительность сезона рекреации	$T_c$	ч	
Рекреационная посещаемость	$R_e$	чел.·га <sup>-1</sup> ·год <sup>-1</sup>	
Рекреационная интенсивность	$R_i$	чел.·га <sup>-1</sup> ·год <sup>-1</sup>	
<i>Наблюдения провел</i>			
<i>Наблюдения обработал</i>			
<i>Наблюдения проверил</i>			

## Приложение 10

ВЕДОМОСТЬ УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ  
НА ПРОБНОЙ ПЛОЩАДИ

\_\_\_\_\_ дата учета

\_\_\_\_\_ день недели \_\_\_\_\_ погодные условия

Часы учета	Минуты учета												Итого
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
1–8													
8–9													
9–10													
10–11													
11–12													
12–13													
13–14													
14–15													
15–16													
16–17													
17–18													
18–19													
19–20													
20–21													
21–22													
Итого													

*Примечание.* Значения в графах «Часы учета» и «Минуты учета» можно менять согласно проводимым исследованиям.



## Приложение 11

ВЕДОМОСТЬ УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ  
ЛЕСНОГО УРОЧИЩА

\_\_\_\_\_ дата учета

\_\_\_\_\_ день недели \_\_\_\_\_ погодные условия

Часы наблюдения	Вошло в зону отдыха ( $A_1$ ), чел.	Вышло из зоны отдыха ( $A_1$ ), чел.	Не вышло из зоны отдыха в конкретный час ( $A_2$ ), чел.
6–7			
7–8			
8–9			
9–10			
10–11			
11–12			
12–13			
13–14			
14–15			
15–16			
16–17			
17–18			
18–19			
19–20			
20–21			
Итого			

**ВЕДОМОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА ЛЕСНЫЕ ПЛОЩАДИ  
СПОСОБОМ МОМЕНТНОГО УЧЕТА ОТДЫХАЮЩИХ**

ГУ \_\_\_\_\_ лесничество \_\_\_\_\_ наблюдатель \_\_\_\_\_

Местонахождение учетной площади и ее особенности (тип природного объекта, степень антропогенного изменения и т. п.)	Вид отдыха	Размер учетной площади, га	Учетный период и его продолжительность, дни	Дата, время учета	Тип погоды: комфортная, дискомфортная и т. п.	Единовременная численность отдыхающих, человек	
						на учетной площади	на 1 га
1	2	3	4	5	6	7	8

*Примечание.* При определении рекреационных нагрузок способом хронометражного учета в графах 7 и 8 единовременной численности отдыхающих указывается суммарное время отдыха в часах.

*Учебное издание*

*Данчева Анастасия Васильевна  
Залесов Сергей Вениаминович  
Попов Артем Сергеевич*

## **ЛЕСНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ**

Редактор В. Д. Билык  
Оператор компьютерной верстки Т. В. Упорова

Подписано в печать 10.02.2023. Формат 60x84/16.  
Уч.-изд. л. 9,16. Усл. печ. л. 8,60.  
Тираж 300 экз. (1-й завод 35 экз.).  
Заказ № 7587

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».  
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.  
Редакционно-издательский отдел. Тел.: 8(343)221-21-44.

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ».  
620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2.  
Тел.: 8(343)362-91-16.