

*Лекция 22*

**Устойчивость лесных  
экосистем**

- 1. Понятие о гомеостазе и устойчивости лесных экосистем.
- 2. Параметры экосистем, определяющие их устойчивость
- 3. Факторы, вызывающие повреждения и нарушения устойчивости лесных экосистем
- 4. Требования, от которых зависит устойчивость лесных экосистем.
- 5. Показатели состояния устойчивости или дигрессии лесных экосистем.
- 6. Пути повышения устойчивости лесов Беларуси

# 1. Понятие о гомеостазе и устойчивости лесных экосистем

*• Для экосистемы характерно наличие компенсационных механизмов, позволяющих дополнять отрицательное влияние одного изменения отдельного компонента положительными изменениями другого, показывая тем самым интегрирующий эффект экосистемы и приводя ее в состояние динамического равновесия или гомеостаза*

• **Гомеостаз** (от лат. *homoios* — тот же и *statis* — положение) способность экосистемы противостоять изменениям ее биотических и абиотических компонентов и сохранить в течение длительного времени свойственное ей равновесие образования и разложения органического вещества.

• Понятие "**устойчивость лесных экосистем**" имеет в лесоводстве несколько интерпретаций, так как близкими понятиями являются *стабильность и упругость*.

- **Устойчивость леса** - это способность лесных экосистем сохранять структуру, продуктивность и функциональные качества в условиях неблагоприятных (разрушающих или нарушающих) внешних воздействий.
- По характеру проявлений и последствиям выделяют типы устойчивости:
- **пластичность** - способность сохранять основные свойства и функции экосистемы путем изменений в структуре и продуктивности на фоне изменения факторов среды;

- **упругость** - способность лесного сообщества возвращаться в исходное состояние после прекращения действия неблагоприятного фактора;
- **жесткость** - способность сохранять все свойства и структуру экосистемы на фоне увеличения степени внешнего воздействия.
- Очевидно, что по мере увеличения внешней нагрузки на лесную экосистему проявляются различные виды устойчивости: ***вначале жесткость, затем упругость и в последнюю очередь пластичность.***

• По преодолении порога пластичности сообщество теряет не только способность к самовосстановлению, но и основные черты леса, как экосистемы. Различные структурные элементы и параметры лесной экосистемы переходят от одной формы устойчивости к другой не одновременно, а при различных уровнях внешнего воздействия. И, хотя сами реакции на одни и те же воздействия у различных видов растений неспецифичны, эти реакции, как правило реализуются при неодинаковых степенях воздействия в зависимости от экологических условий и собственных свойств реагирующих компонентов.

• По характеру реакции экосистемы на внешнее неблагоприятное воздействие различается **устойчивость структурная, продукционная и социально-функциональная.**

• **Структурная устойчивость** - это способность сообщества сохранять видовой состав, пространственное и размерное (биометрическое) строение, характер отношения между компонентами биоценозов в условиях изменяющихся условий внешней среды и восстанавливать их после прекращения такого воздействия.



**•Продукционная устойчивость** - способность лесного сообщества сохранять величину прироста биомассы в условиях неблагоприятного внешнего воздействия и восстанавливать ее после прекращения такого воздействия.

**•Социально-функциональная устойчивость** - способность лесного сообщества сохранять хозяйственно и социально значимые функции в условиях неблагоприятного внешнего воздействия и восстанавливать их после прекращения такого воздействия.

• *Перечисленные формы устойчивости теснейшим образом взаимосвязаны, а в некоторых случаях и совпадают друг с другом. Например в эксплуатационных лесах 2-й группы продукционная и функционально-хозяйственная устойчивость совпадают, т.к. в лесах 2-й группы продуцирование древесины и является основной хозяйственно значимой функцией леса.*

## **2. Параметры экосистем, определяющие их устойчивость.**

• *Как динамическая, многокомпонентная система, лес в каждый момент времени находится в динамике, в развитии. Существуют и законы этого развития, часть из которых описана соответствующими формулами и уравнениями, типовыми списками видового состава по типам леса. Результаты такого описания сведены в таблицы хода роста, лесотипологические таблицы. В известной мере степень отклонения описаний конкретных лесных участков от табличных может служить показателем отклонения от нормы в развитии сообщества.*

•В соответствии с существующими представлениями устойчивость лесного сообщества определяется:

**1. Степенью соответствия условий местообитания (увлажнения, богатства почв, климата) требованиям лесообразующих пород. В экстремальных экологических условиях вероятность превышения порога устойчивости популяций видов, формирующих сообщество, значительно выше, чем в условиях близких к оптимуму**

**2. Структурой лесной экосистемы.** *Как правило сложные по структуре и составу сообщества более устойчивы, чем простые и бедные по составу. Особенно подвержены неблагоприятному воздействию факторов среды монокультуры. В сообществах высокой степени однородности состава и структуры практически нет препятствий для развития болезней, в случае засух или массового размножения вредителей все растения одинаково подвергаются и одинаково реагируют на неблагоприятные воздействия, слабо выражена внутриценотическая мозаика экологических условий.*

**3. Наличие лесной среды.** Именно отличие экологических условий под пологом леса от окружающего его пространства формирует специфический и постоянный видовой состав всех ярусов леса, способствует стабилизации процессов развития древостоев и сообществ в целом. Низкополнотные лесные сообщества (редины), как правило, менее устойчивы к неблагоприятным воздействиям и часто не способны к самовосстановлению вследствие развития под пологом травяного покрова, препятствующего возобновлению леса. Лесная среда защищает лесные виды от воздействия неблагоприятных факторов, таких как ветры, заморозки, прямые солнечные лучи, воздушные загрязнения и т.д.

**4. Доминирование в составе эдифицирующей синузии (древостоя) устойчивых в данных условиях среды лесообразующих пород (видов, форм). Именно деревья определяют облик, формируют лесную среду и основные особенности развития и степень устойчивости леса в целом.**



**5. Способность леса к самовосстановлению (регенерации) также является гарантией его устойчивости. Это свойство, однако, обычно реализуется на относительно большом временном промежутке, обеспечивая устойчивость лесного растительного покрова в целом, когда даже после разрушения или нарушения лесных экосистем, лес восстанавливается в ходе лесовозобновительного и лесообразовательного процессов.**

### **3. Факторы, вызывающие повреждение и нарушения устойчивости лесных экосистем**

По своему происхождению делятся на **природные и антропогенные** (Сукачев, 1973; Работнов, 1983).

• В условиях Беларуси к **природными факторами**, вызывающими нарушения лесных экосистем относятся:

**1. засухи**, вызывающие иссушение почвенного субстрата и резкое усиление транспирации и испарения влаги с поверхности крон, ведут к нарушению водного режима деревьев, ослабляют их и нередко провоцируют вспышки массового размножения вторичных вредителей, что ведет к массовому усыханию деревьев, перестройке структуры или гибели древостоев, значительным потерям деловой древесины, снижению средообразующих и средозащитных функций леса;

**2. ураганные ветры** (9-12 баллов по шкале Бофорта) скоростью более 20 м\сек вызывают массовые ветровалы и облом стволов деревьев (буреломы), а при скорости 35-40 м\сек образуются сплошные вывалы леса на многокилометровых пространствах; ветры до 20 м\сек вызывают только единственный или мелкогрупповой вывал и бурелом биологически обреченных деревьев; в древостоях, поврежденных стволовыми гнилями уровень устойчивости деревьев к ветровым нагрузкам значительно ниже (Скворцова, Уланова, Басевич, 1983);

### **3. подтопление и затопление лесов**

*вблизи водоемов и водотоков в период паводков, а также в замкнутых депрессиях мезорельефа - в годы с аномально обильными осадками - способны привести к массовому усыханию в высоковозрастных хвойных древостоях из-за нарушения водного режима растений и кислородного голодания корневых систем;*

**4. навалы снега и ожеледь** (обледенение крон деревьев) вызывают облом стволов деревьев, их выворот с корнем, сгиб; явление иногда носит массовый характер в перегущенных хвойных жердняках и средневозрастных древостоях, что ведет к снижению их полноты и общей устойчивости, потерям деловой древесины;

**5. пожары** независимо от их происхождения способны причинять большой ущерб вплоть до полного уничтожения древостоев, включая весь запас древесины (в случае верховых пожаров), и растительности нижних ярусов;

**6. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ** в случае их высокой плотности может наносить существенный ущерб лесным культурам и молоднякам сосны, дуба, реже других пород (обдир коры, облом вершинок, объедание ветвей), кроме того погрыва дикими копытными может стать серьезным препятствием для успешного возобновления сосны и большинства лиственных пород;

**7. эпифитотии заболеваний**  
**лесообразующих пород** *развиваются в*  
*годы и в экологических условиях,*  
*благоприятных для их развития, в этих*  
*случаях они способны привести к*  
*серьезным нарушениям в структуре и в*  
*особенности - к существенному снижению*  
*продуктивности;*



**8. массовые размножения насекомых - вредителей леса** часто являются причиной массовой гибели деревьев, и, как правило наблюдаются в лесах, ослабленных каким-либо неблагоприятным внешним воздействием (засуха, загрязнение, чрезмерная рекреация, снижение уровня грунтовых вод в результате непродуманной мелиорация и т.п.).

**Антропогенные факторы,**  
оказывающие неблагоприятное  
воздействие на лесные экосистемы  
также весьма разнообразны:

**1. газообразные выбросы  
промышленных производств**  
(Сидорович, Рупасова, Бусько, 1985;  
Лесные экосистемы..., 1990; Бусько и др.,  
1995):

**2. серосодержащие выбросы** (серный ангидрид, сероводород) являются наиболее обычными компонентами промышленных эмиссий предприятий энергетической, металлургической, химической отраслей промышленности; воздействуют как непосредственно на растительные организмы в форме кислот, образующихся в результате реакции газов с водяными парами атмосферы, так и путем подкисления почвенного субстрата и ухудшения условий почвенного питания из-за выщелачивания питательных веществ и интоксикации растений в лесах вследствие высвобождения в кислой среде активных токсических ионов;

**3. аммиак и окислы азота** являются компонентами выбросов предприятий по производству азотных удобрений, работающих на угле электростанций; механизм их неблагоприятного воздействия на леса близок к механизму воздействия серосодержащих выбросов

**4. фтор и фтористый водород** присутствует в эмиссиях производств азотных удобрений, предприятий по выплавке алюминия и воздействует как поверхностно активное вещество, повреждающее защитные ткани листьев и хвои, а также при попадании внутрь листового аппарата нарушающее нормальное течение биохимических процессов;

**5. взвешенные вещества - пылевидные выбросы промышленных производств: сажа, цемент, органическая пыль и др. - присутствует в выбросах предприятий промышленности строительных материалов, работающих на угле и мазуте электростанций, мебельных производств. Их неблагоприятное воздействие обычно сводится к снижению продукционных и эстетических свойств древостоев вследствие возникновения налета пыли на побегах и листьях, затрудняющей газообмен и препятствующей проникновению света к фотосинтезирующим структурам листа. Активные компоненты пыли способны нарушать метаболизм растений и изменять ход химических превращений в почве;**

**6. тяжелые (никель, медь, свинец, кобальт, ванадий, хром, кадмий, ртуть, цинк, сурьма, олово) и другие (вольфрам, марганец, платина, серебро, золото, железо) металлы** *необходимы растениям в качестве микроэлементов в микроскопических количествах, но становятся опасными токсикантами при повышенных концентрациях. Присутствуют в выбросах автотранспорта (свинец, литий, хром, никель), электростанций, производств минеральных удобрений, металлургических предприятий, кожевенных и химических производств;*

**7. подтопление и затопление лесов вследствие искусственного изменения водного режима в зонах воздействия водохранилищ, дамб, дорожных и других насыпей и т.п.** *относится к категории весьма опасных и довольно широко распространенных антропогенных воздействий (Русаленко, 1983), результате которого происходит массовая гибель ростовых и дыхательных тонких корней, резкое нарушение водного режима деревьев и их гибель вследствие нарушения водоснабжения и активизации деятельности насекомых - вторичных стволовых вредителей на ослабленных деревьях;*

**8. понижение уровня грунтовых вод в зонах депрессионных воронок карьеров, водозаборов, мелиоративных систем и горных выработок** *носит локальный характер, но может наносить существенный ущерб лесам на гидроморфных и полугидроморфных почвах, лишенных естественных водоупоров.*

*Сопровождается резким снижением продуктивности древостоев, а для таких видов как ель, дуб, ольха черная, осина - может привести к массовыми усыханиями средне- и высоковозрастных деревьев вследствие затрудненного водоснабжения и неспособности крупных высоковозрастных деревьев быстро нарастить достаточную корневую массу для достижения понизившегося уровня капиллярной каймы*



## **9. антропогенное засоление территорий**

*в условиях Беларуси вероятно в окрестностях соледобывающих предприятий, на небольших площадях по периферии действующих и при облесении вышедших из использования очистных сооружений, а также вдоль крупных автострад вследствие использования дефростировочной соли в зимний период. Повреждение деревьев связано с повышением концентрации в почвенном растворе подвижных легких ионов (прежде всего хлора и натрия) и связанными с этим затруднении в корневом питании деревьев;*

**10. уплотнение почв в зонах интенсивной рекреации** является главной причиной деградации лесной растительности в курортных и пригородных зонах, лесопарках; в «тяжелой» форме возможно сильное угнетение роста деревьев и их гибель, подавление возобновления деревьев-лесообразователей, распад нижних ярусов лесной растительности и их замена злаковым и сорным разнотравьем; в зонах рекреации происходит нитрификация растительности, повреждается и уничтожается подлесок и подрост, местами засоряется и выжигается напочвенный покров;

**11. выпас сельскохозяйственных животных** в чем-то схож с рекреационным воздействием: он сопровождается вытаптыванием живого напочвенного покрова, уплотнением поверхностных горизонтов почвы, уничтожением подстилки, нитрификацией растительности и лесных почв вследствие дефекации и мочеиспускания животных; выпас животных сопровождается поправой растений нижних ярусов и повреждением подроста и подлеска, на прогонных тропах уничтожается практически вся растительность и стимулируются эрозионные процессы;

**12. загрязнение лесов стоками и выбросами животноводческих комплексов**  
наблюдается в окрестностях животноводческих ферм, комплексов, временных загонов и мест дойки; в случае слабого загрязнения может иметь даже положительное воздействия на величину прироста древесины, хотя и сопровождается сменой лесной растительности на комплекс нитрофилов, при более высокой степени воздействия происходит интоксикация корневых систем вследствие их отравления продуктами разложения экскрементов и резкого ухудшения условий дыхания корней. Животноводческие комплексы являются и источниками выбросов в атмосферу значительного количества аммиака, углекислого газа, биогенных загрязнителей (мик-роорганизмов), распространение которых достигает 0.5-5 км в зависимости от мощности.

• *Практически все виды этих неблагоприятных природных и антропогенных воздействий имеют место в лесах и лесопарках Беларуси. Поэтому следует иметь в виду вероятность их проявления в той или иной степени в зависимости от пространственного размещения источников этих воздействий и устойчивости лесов различных формаций, типов леса и возраста к их проявлениям.*

## **4. Требования, от которых зависит устойчивость лесных экосистем**

- Группы требований, от которых зависит устойчивость лесных экосистем:
- 1) **Определенная неизменность во времени целого географического региона или ландшафта.**

*•Регион может включать большое количество разных биогеоценозов, достаточно слабо связанных друг с другом основными процессами, определяющими динамику региона, будет без изменения количество отдельных видов, населяющих его, а скорее глобальные биогеохимические циклы.*

**•2) Сохранение количества видов в данном биологическом сообществе.**

• Сообщество считается устойчивым, если количество составляющих его видов не меняется в течение достаточно длительного времени (это экологическое определение устойчивости гораздо ближе стоит к математическому определению устойчивости).

• **3) Сохранение количества популяций.**

• Сообщество считается устойчивым, если количество его составляющих популяций резко не изменяется.



• **Биологическое разнообразие**, в частности такие его компоненты как ***видовое, структурно-функциональное и экологическое разнообразие*** организмов, их сообществ и экосистем, часто принимаются за меру устойчивости лесных экосистем. **Это обусловлено высокой степенью корреляции между разнообразием и устойчивостью экосистем.**

*Множественность видов обеспечивает непрерывность функционирования экосистем на фоне плавных или резких изменений климата и других факторов среды. Виды, составляющие лесной фитоценоз, по разному реагируют на изменение экологических факторов, благодаря чему сообщество в целом не деградирует. Насаждения, характеризующиеся сложным видовым составом и структурой наиболее устойчивы, а монокультуры — наименее устойчивые сообщества.*

- *Естественные лесные экосистемы является более устойчивыми в сравнении с лесными культурами и в связи с сохранением генофонда в большом объеме.*
- *Выращивание клоновых и прививочных культур неизбежно ведет к обеднению генофонда популяции.*

# **5. Показатели состояния устойчивости или дигрессии лесных экосистем**

*В каждый момент времени лесная экосистема находится на определенной точке траектории своего развития, которое определяется внутренними факторами взаимодействия между компонентами биоценоза (конкуренция, кооперация, симбиоз и т.д.) в конкретных условиях географической среды. В случае изменения условий внешней среды происходит определенная перестройка (дестабилизация) структуры отношений, их адаптация к новым условиям и новая стабилизация.*

*Если изменение условий среды выше определенного порога, то состояние новой стабилизации не достигается и постепенно система деградирует как собственно лесная, переходя в иное качество. Например, в пустошь, болото, мертвое незаселенного растительностью пространство. В качестве критериев утраты устойчивости можно использовать различные показатели, в зависимости от меры, которая выполняет роль индикатора состояния лесной экосистемы, **но наиболее логично использовать в качестве таких индикаторов основные признаки, которые определяют экосистему именно как лесную.***

## **Основными признаками лесной экосистемы являются:**

- а) доминирующая роль деревьев, как ценозообразователей;
- б) наличие лесной среды, отличной от среды окружающих открытых пространств по всем экологически значимым параметрам (световому, водному, тепловому и газовому режимам атмосферы и почвы);
- в) способность к самовоспроизводству структуры лесного фитоценоза, либо к эндогенно детерминированному развитию в другой, тоже лесной, фитоценоз в ходе закономерных смен господствующих видов-лесообразователей;

- г) специфический состав ценологических популяций всех ярусов лесного сообщества, сложившийся в ходе сопряженной эволюции видов в составе лесных экосистемы, в основных чертах однотипный в сходных почвенно-грунтовых и климатических условиях;
- д) эндогенно детерминированная определенность динамики развития сообщества.

**Утрата любого из этих свойств свидетельствует о потере устойчивости либо о переходе на другой уровень устойчивости с частичной ее потерей.**



- Традиционными показателями состояния устойчивости или дигрессии являются:
- 1) плотность размещения деревьев в пространстве;
- 2) состояние прироста и отпада;
- 3) степень развития крон;
- 4) состояние подлеска;
- 5) состояние ЖНП и др.
- Однако заметные изменения этих параметров происходят не сразу после какого-либо воздействия на лесную экосистему, а спустя некоторое время.
- Показателями начала дигрессивных процессов могут проявляться на ранних стадиях на:

- 1) биохимическом уровне — изменения в процессах дыхания, фотосинтеза и др.
- 2) клеточном уровне — деструкция органелл клетки;
- 3) ультраструктурном уровне — дезорганизация клеточных мембран.
- Качественные и количественные изменения на этих уровнях ведут к проявлению видимых повреждений.

• В качестве критерия устойчивости состояния биогеоценозов, условно не нарушенных антропогенным воздействием, часто максимальные значения коэффициентов естественного варьирования лесоводственно-таксационных показателей насаждений. Для рода естественного развития варьирование ограничивают 10-20%, и изменение этих показателей рассматривают как переход насаждений в другой род естественного развития.

## **6. Пути повышения устойчивости лесов Беларуси**

- Стратегическими направлениями повышения устойчивости лесов являются:

- 1) ориентация на выращивание разновозрастных и многовидовых древостоев за счет широкого использования несплошных рубок главного пользования, рубок переформирования малоценных насаждений, выборочных санитарных рубок поврежденных древостоев, сочетание лесокультурных мероприятий и содействия естественному возобновлению леса;

- 2) сокращение оборота рубки в лесах, ориентированных прежде всего на получение древесины в зонах рискованного лесовыращивания (например, ельники на юге РБ, сосняки на богатых почва);
- 3) более широкое использование интенсивных технологий целевого плантационного лесовыращивания сокращенными оборотами рубки;

•4) использование научно обоснованных принципов (экологически, климатически, эдафически) размещения лесообразующих пород по территории Беларуси с учетом современной динамики климата, прогноза радиоэкологической ситуации и структуры почвенного покрова. Это снизит степень ослабления и вероятность повреждения лесов погодно-климатическими стрессами и увеличит их устойчивость к антропогенным воздействиям.

- 5) внедрением в опытным, а затем и в производственном масштабе принципов ведения лесного хозяйства, направленных на сохранение биоразнообразия.