

**БИОТИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ  
ЗЕЛЕННОЙ ЗОНЫ ГОРОДА ВОРОНЕЖА  
КАК ОСНОВА ИХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**В.В. Реуцкая, Ю.Ф. Арефьев**

*Воронежский государственный технический университет, Россия*

*Воронежская государственная лесотехническая академия, Россия*

*Поступила в редакцию 2 декабря 2008 г.*

**Аннотация:** Глубокая дезинтеграция, как следствие глубокого антропогенного воздействия и природных изменений, определяет современный облик лесных массивов зеленой зоны города Воронежа. Снижены их жизнеспособность, экологическая значимость, экономический потенциал. Биоразнообразие – основа реабилитации интеграционных механизмов в лесах среди степей.

**Ключевые слова:** зеленая зона, биоразнообразие, биоинтеграция.

**Abstract:** Today's green zone (forest) of the Voronezh city is characterized as deep disintegration, as a consequence of profound human impacts and natural changes. Viability, ecological significance and economic potential of forest tracts are reduced. Biodiversity is considered the basis of rehabilitation of integration mechanisms in the forests in the steppes.

**Key words:** green zone, biodiversity, biointegration.

Лесные массивы зеленой зоны города Воронежа в результате длительного антропогенного воздействия утратили свою эволюционно сложившуюся структуру, природное биоразнообразие, способность к саморегуляции и естественной семенной регенерации. Зеленые зоны – леса, выделенные постановлением Правительства, входящие в лесной фонд страны и управляемые органами лесного хозяйства субъекта Федерации. Подразделяются на лесопарковую, пригородную и хозяйственную части. Зеленая зона г. Воронежа была выделена в 1944 году в радиусе 30 км вокруг города. Ее основу составили естественные леса. В настоящее время в зеленую зону г. Воронежа полностью или частично входят лесные массивы пяти предприятий лесного хозяйства и одного заповедника. Общая площадь лесов зеленой зоны составляет 84 735 га.

Лесорастительные условия зоны характеризуются большим разнообразием. Преобладающими лесорастительными условиями являются свежие субори  $B_2$  – 43,4%, свежие сложные субори  $C_2$  – 23,7%, свежие боры  $A_2$  – 8,0%, свежие дубравы  $D_2$  – 7,9%. Все они занимают площадь 60 742 га, или 82,9% лесопокрытой площади.

В настоящее время состояние пригородных лесов является крайне неудовлетворительным. Эпифитотии, чрезмерные размножения насекомых стали их неотъемлемым атрибутом. Снижается их жизнеспособность, экологическая значимость, экономический потенциал. Чтобы остановить дальнейшее развитие этих процессов и инициировать позитивную динамику в микропопуляционных процессах лесных экосистем, необходимо стимулировать интеграционные процессы в биотических отношениях лесных сообществ.

Интеграция в лесных экосистемах означает состояние связанности отдельных дифференцированных частей в единое целое, а также процесс упорядочения, согласования и объединения дифференцированных структур и функций в целостной биологической системе. Современная дисгармония в биотических отношениях проявляется между лесной растительностью и ее консументами, между биоценозом и биотопическим потенциалом. Но природа интеграционных механизмов осталась неизменной. Актуальная задача заключается в том, чтобы, используя их на основе оптимизации композиционного и структурного разнообразия насаждений, радикально повысить устойчи-

вость лесных экосистемах к неблагоприятным факторам среды.

Поскольку биотическая интеграция в лесных экосистемах формируется лишь на основе разнообразия древесных пород и их размещения, то определялись уровни структурного и композиционного разнообразия насаждений.

Структурное разнообразие устанавливалось на круговых пробных площадях (ПКФ) на основе квадрогрупп (рис. 1). Определялись параметры: площадь сечения деревьев (на высоте 1,3 м), жизнеспособность деревьев (в баллах), расстояния (е).

Параметр (Т) рассчитывался по формуле

$$T = 1 - \frac{1}{n} \sum \frac{\min(i, j)}{\max(i, j)} \quad (1)$$

Оценки параметра (Т) интерпретируются следующим образом:  $0,0 \leq T < 0,3$  – слабая дифференциация (высокий уровень гомогенности), ослабленные деревья могут достигать 70% здоровых деревьев в квадрогруппе;  $0,3 \leq T < 0,5$  – средняя дифференциация или средняя гетерогенность признака; слабые деревья достигают 50-70% сильных и здоровых деревьев в квадрогруппе;  $0,5 \leq T < 0,7$  – сильная дифференциация, слабые деревья достигают лишь 30-50% сильных деревьев,  $0,7 \leq T < 1,0$  – очень сильная дифференциация; слабые деревья достигают менее чем на 30% сильных.

Композиционное разнообразие определялось по формуле:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log_2 p_i, \quad (2)$$

где Н – уровень разнообразия, i – учитываемые источники разнообразия изучаемой лесной экосистемы,  $p_i$  – вероятность их проявления (доля участка), n – число учтенных источников разнообразия.

Идею биотической интеграции в лесных экосистемах выражает уравнение:

$$E = \int_0^t P(t) dt = \int_0^t \frac{Pr + Cn + Rd}{R} ds,$$

где E – общая энергия интегрированной лесной экосистемы, P – долевые участки компонентов экосистемы, Pr – продуценты, Cn – консументы, Rd – редуценты, R – сопротивление среды.

Наши исследования проводились в смешанных лиственных насаждениях. Правобережного лесничества Учебно-Опытного лесхоза ВГЛТА. Тип условий произрастания Д<sub>2</sub> (снытьевая дубрава). Состав пород 2Д2Ос2Яс2Б1К1Л. Дуб черешчатый порослевый, возраст 60-80 лет. Сомкнутость крон 06-08. Почва серая лесная.

Редуценты грибы и бактерии в лесных экосистемах представлены большой группой сапротрофных организмов, минерализующих мертвое органическое вещество до простых неорганических соединений. Исследования сапротрофной роли грибов показало, что в дубравах и сосняках зеленой зоны некоторые виды от сапротрофного питания нередко переходят к паразитическому. Среди них корневая губка (*Heterobasidion annosum*) и др. Корневая губка вызывает загнивание корней и, как следствие отмирание зараженных деревьев. Заболевание в настоящее время охватывает огромные площади сосновых насаждений, особенно в юго-западной части ареала сосны обыкновенной, и принимает характер затяжных эпифитотий, наносящих значительный ущерб лесному хозяйству. Только по Воронежской области очаги этой болезни занимают 20% от общей площади сосновых насаждений. При этом доминирующее положение (83,1%) занимают возникающие очаги. Следовательно, эпифитотия корневой губки в регионе находится в начальном этапе развития и прогнозируется ее дальнейшее нарастание. Практика профилактики борьбы с болезнью и локализации ее очагов, оценивается как неудовлетворительная. Существующие руководства по борьбе с корневой губкой включают перечень мероприятий, многие из которых не имеют достаточного научного обоснования (уничтожение пней вырубаемых деревьев в процессе рубок ухода, окапывание куртин

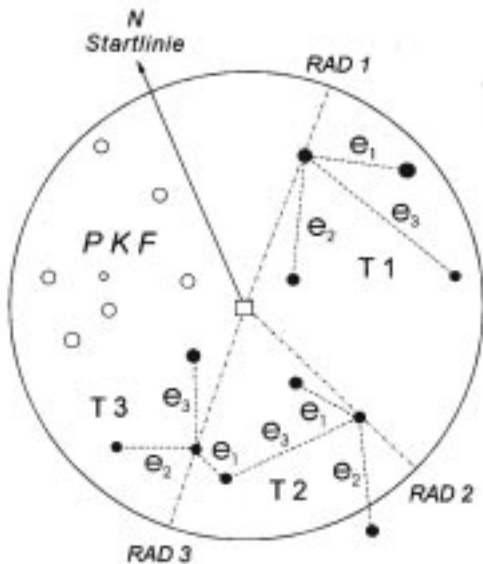


Рис. 1. Принципиальная схема учета деревьев на круговой пробной площади: выбор i – деревьев и j – деревьев в отношении 1:3, Т – параметр структурного разнообразия [по 4]

поражения с целью их локализации и т. п.) Переход от сапротрофного образа жизни к паразитическому у грибов обычно не происходит в насаждениях с повышенным уровнем композиционного разнообразия.

Устойчивость развития лесных сообществ, как естественно сложившихся, так и искусственно созданных, в значительной мере определяется уровнем биоразнообразия. Анализ биоразнообразия позволяет судить об устойчивости насаждений к неблагоприятным факторам среды (таблица).

Как следует из представленной таблицы, максимальных значений уровень биоразнообразия (BD) достигает при зарастании очагов корневой губки примерно с равным участием сосны и лиственных пород, минимальных – без участия подраста сосны и подлеска. Другие варианты занимают промежуточное положение.

В настоящее время естественное зарастание очагов корневой губки считается неприемлемым, так как в результате идет процесс смены пород на малоценные, но в некоторых случаях естественный процесс зарастания может считаться допустимым и приемлемым. Из таблицы мы можем увидеть, что такой вариант приемлем тогда, когда участие лиственных и хвойных примерно одинаково. Этот вариант обеспечивает высокий уровень ком-

позиционного разнообразия и как следствие высокий уровень устойчивости насаждений к болезням и вредителям. Такие насаждения гораздо устойчивее чистых сосняков.

Характер размещения древесных растений в насаждении значительно влияет на интеграционные процессы в насаждениях и их устойчивость к неблагоприятным факторам среды [1, 2, 3]. Особенно эффективна сотовая структура дендрогрупп, даже в отношении интродуцированных древесных пород (рис. 2).

Сотовая схема биогруппы основана на идее преимущественной защиты селекционно улучшенных деревьев, деревьев будущего основной лесобразующей или интродуцированной древесной породы (в данном случае сосны веймутовой *Pinus strobes*). Компактная биогруппа функционирует как единая, внутренне взаимосвязанная иерархическая экосистема, способствующая повышению жизнеспособности и выживаемости центральных и непосредственно граничащих с ними внутренних деревьев. В обычных рядовых культурах сосна веймутова сильно поражается пузырчатой ржавчиной (возбудитель – базидиальный гриб *Cronartium ribicjla*). В сотовых биогруппах сосна веймутова практически свободна от поражения этой болезнью.

Таблица

Сравнительная оценка биоразнообразия (BD) естественно зарастающих очагов корневой губки

Типы естественного зарастания очагов	BD по ярусам лесного фитоценоза, бит				BD, бит
	Древостой	Подрост	Подлесок	Напочвенный покров	
1. Без участия подраста сосны и подлеска	0,72	0	0	0,92	1,64
2. Без участия сосны, имеются лиственные породы	1,56	1,48	1,15	1,36	5,55
3. С редким участием сосны, преобладают лиственные породы	1,68	1,84	1,91	1,36	6,97
4. Участие сосны и лиственных пород примерно равное	1,84	1,84	1,75	1,56	6,99
5. Сосна доминирует, примесь лиственных пород незначительна	0,92	0	0	1,16	2,08
Контроль: неповрежденные корневой губкой насаждения тех же видов	0,92	0	0	1,16	2,08

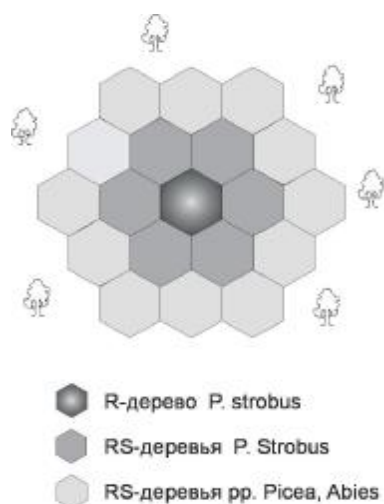


Рис. 2. Сотовая схема био­группы

Таким образом, для активизации интеграционных процессов в лесных экосистемах, повышения их жизнеспособности и стабильного развития целесообразно использовать не только автохтонные, но и интродуцированные виды древесных растений. Уровень интеграции биологических систем определяет их способность к саморегуляции.

Идея биотической интеграции в современных лесных экосистемах Среднерусской лесостепи основана на принципе свободного выбора природы как в естественных, так и в искусственно создаваемых насаждениях.

Новизна данного подхода заключается в том, что радикальное повышение устойчивости и способности к саморегуляции достигается путем формирования лесных экосистем близких к естественным на основе активизации интеграционных процессов. Биотическая интеграция достигается посредством повышения композиционного, структурного и генетического разнообразия. Предлагаемый модуль сотовой био­группы можно рекомендовать для различных типов лесных формаций. Биоцено­тические культуры, созданные группами, близки естественным насаждениям. Лесная среда формируется уже в первые годы их жизни. С возрастом эта тенденция нарастает. В пространстве между группами основной лесообразующей породы формируется естественный лесной фитоценоз, с которым группы успешно конкурируют.

Реуцкая Вера Владимировна  
кандидат биологических наук, доцент Воронежского государственного технического университета, г. Воронеж, т. (4732) 53-73-94

Арефьев Юрий Федорович  
доктор биологических наук, профессор Воронежской государственной лесотехнической академии, г. Воронеж, т. (4732) 73-09-98. e-mail: [arefjev@voronezh.net](mailto:arefjev@voronezh.net)

Стандартное число предложенных био­групп на 1 га – 200. Пространство между био­группами остается на естественное зарастивание. Число био­групп на 1 га (плотность распределения био­групп) может меняться в зависимости от условий произрастания и выращиваемых древесных пород. Принципиальным является лишь требование формировать лесную среду близкую к естественной.

Сотовые схемы дендрогрупп предпочтительны не только с биологических позиций, но и с позиций математического моделирования, поскольку позволяют более четко имитировать реальные явления на основе опытных параметров.

Сотовые био­группы размещаются на лесокультурной площади в случайном порядке. Характерно, что если в рядовых культурах деревья повреждаются дендроконсументами относительно равномерно, то в группах поражаются в основном периферийные деревья, играющие роль биологического барьера.

Мероприятия по сближению искусственно создаваемых и реконструируемых лесных насаждений с природой не должны быть нацелены на восстановление доисторических или несколько более поздних, но уже не соответствующих современным условиям лесных формаций. Необходима активизация интеграционных процессов на основе биоразнообразия и естественного отбора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арефьев Ю.Ф. Генетико-экологическое обоснование лесной рекультивации очагов корневой губки (*Heterobasidion annosum* {Fr.}Bref.) в южной лесостепи европейской части России / Ю.Ф. Арефьев // Лесная генетика и селекция на рубеже тысячелетий. – Воронеж, 2002. – С. 21-27.
  2. Арефьев Ю.Ф. Некоторые генетико-экологические аспекты лесозащиты / Ю.Ф. Арефьев, С.А. Петров // Генетические и экологические аспекты лесозащиты повышения продуктивности лесов. – Воронеж, 1993. – С. 100-110.
  3. Arefjev J.F. Genetisch-ökologische Aspekte des Forstschutzes / J.F. Arefjev // Der Wald. – 1995. – Н. 7. – S. 238-239.
  4. Stöcker G. Beiträge zur Strukturanalyse natürlicher und forstlich bestimmter Fichten-Ökosysteme im Nationalpark Hochharz / G. Stöcker, A. Rommerskirchen / Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie. – 2002. – Bd. 36, № 1. – S. 6-13.  
Reutskaya Vera Vladimirovna  
Candidate of Biology, associate professor of the Voronezh State Technical University, Voronezh, tel. (4732) 53-73-94
- Aref yev Yuriy Fydorovitch  
Doctor of Biology, Professor of the Voronezh State Forestry Engineering Academy, Voronezh, tel. (4732) 73-09-98, e-mail: [arefjev@voronezh.net](mailto:arefjev@voronezh.net)