

Библиографический список

1. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2007 год. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2008. 164 с.
2. Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. М.: Высшая школа, 1998.
3. Ревель П. Среда нашего обитания / П. Ревель, Ч. Ревель; в 4 кн.; пер. с англ. М.: Мир, 1995.
4. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. М.: Наука, 1971. 576 с.
5. Кобак К.И. Биотические компоненты углеродного цикла / К.И. Кобак. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 248 с.
6. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения / В.А. Усольцев. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 636 с.
7. Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география / В.А. Усольцев. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 707 с.
8. Усольцев В.А. Оценка углероддепонирующей способности лесов: от пробной площади – к автоматизированной сис-

теме пространственного анализа / В.А. Усольцев, В.П. Часовских, М.П. Воронов, М.А. Корец, В.П. Черкашин, Г.Б. Кофман, Е.В. Бараковских, М.М. Семышев, А.С. Касаткин, Н.В. Накай // Лесная таксация и лесоустройство. 2008. № 1 (39). С. 183-190.

9. Часовских В.П. Информационные технологии в управлении: СУБД ADABAS и проектирование приложений средствами NATURAL / В.П. Часовских, М.П. Воронов, А.С. Фатеркин. Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. 477 с.

10. Часовских В.П. Исследование системных связей и закономерностей функционирования корпоративной информационной системы лесопромышленного предприятия в среде ADABAS и Natural / В.П. Часовских, М.П. Воронов. Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. 120 с.

11. Часовских В.П. Информационные технологии управления / В.П. Часовских, Г.А. Акчурина, А.В. Слободин, М.В. Азаренок, М.П. Воронов. Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. 402 с.

Работа поддержана РФФИ (грант № 07-07-96010) и Программой Президиума РАН «Биоразнообразию и генетика генофондов».



УДК 533.6:628.5

**В.В. Реуцкая,
Ю.Ф. Арефьев**

**БИОТИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ
СРЕДНЕРУССКОЙ ЛЕСОСТЕПИ
КАК ОСНОВА ИХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Ключевые слова: зеленая зона, биоразнообразие, биоинтеграция, Среднерусская лесостепь.

Введение

Среднерусская лесостепь расположена в пределах среднерусской лесостепной

провинции черноземов (оподзоленных, выщелочных, типичных среднегумусовых и тучных) и серых лесных почв. Рассматриваемая провинция отличается достаточно ярко выраженной континентальностью. Кроме того, на климатические черты провинции заметный отпечаток накладывает характер рельефа – его территория представляет собой возвышенность, сильно расчлененную оврагами, балками и глубокими речными долинами. С геоботанической точки зрения лесные массивы Среднерусской лесостепи принадлежат к подзоне широколиственных лесов.

Лесные массивы Среднерусской лесостепи (преимущественно дубравы и сосняки) занимают обширные территории между пашнями и частично сохранившимися лесными участками. Наряду с общими климатообразующими факторами (солнечной радиацией, атмосферной циркуляцией, рельефом) леса участвуют в формировании климатического и водного режима Среднерусской лесостепи. Леса являются здесь неотъемлемой частью ландшафта. Но под влиянием антропогенных факторов в лесных экосистемах активизируются дезинтеграционные процессы. В результате в значительной мере утрачена способность к саморегуляции, семенной регенерации лесных экосистем; резко снижены жизнеспособность и экологическая значимость.

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.

В послеледниковый период антропогенное воздействие на лес постоянно возрастало. В древние времена вся северо-западная часть возвышенности была покрыта дубравами, произраставшими среди обширных пространств луговых степей. В XIV столетии лесистость этой зоны, согласно П.П. Семенову (1903), составляла около 40%. Заселение этих мест началось примерно в XVII столетии, после чего площадь лесов в результате интенсивных рубок и расчистки площадей под пашни стала быстро сокращаться и к началу XX века уменьшилась до 8%. В настоящее время естественно сложившиеся структуры природных лесных экосистем почти полностью разрушены. Возникла глубокая дисгармония в биотических отношениях, прежде всего между лесной растительно-

стью и ее консументами, между биоценозом и биотопическим потенциалом. Цель исследований состоит в том, чтобы на основе естественных механизмов саморегуляции активизировать интеграционные процессы в лесных экосистемах Среднерусской лесостепи.

Методика

Поскольку биотическая интеграция в лесных экосистемах формируется лишь на основе разнообразия древесных пород и их размещения, определялись уровни структурного и композиционного разнообразия насаждений. Наши исследования проводились в смешанных лиственных насаждениях зелёной зоны г. Воронежа, Правобережное лесничество Учебно-опытного лесхоза ВГЛТА. Характеристика насаждений: Тип условий произрастания Д₂ (снытьевая дубрава). Состав пород 2Д2Ос2Яс2Б1К1Л. Дуб черешчатый порослёвый, возраст 60-80 лет. Сомкнутость крон 06-08. Почва серая лесная.

Структурное разнообразие определялось на круговых пробных площадях (PKF) на основе квадрогрупп (рис. 1).

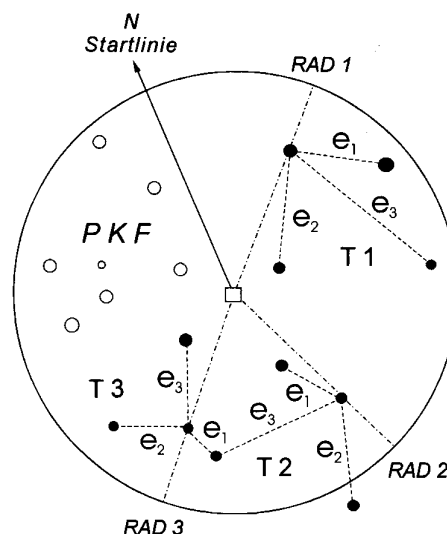


Рис. 1. Принципиальная схема учёта деревьев на круговой пробной площадке: выбор i – деревьев и j – деревьев в отношении 1:3;

T – параметр структурного разнообразия (по G. Stücker, A. Rommerkirchen, 2002)

Определялись параметры: площадь сечения деревьев (на высоте 1,3 м), жизнеспособность деревьев (в баллах), расстояния (e).

T -параметр рассчитывался по формуле:

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

T-оценки интерпретируются следующим образом [6]:

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

Композиционное разнообразие определялось по формуле:

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

где H – уровень разнообразия;
 i – учитываемые источники разнообразия изучаемой лесной экосистемы;
 p_i – вероятность их проявления (доля участия);
 n – число учтённых источников разнообразия.

Обсуждение результатов

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 участия компонентов экосистемы;
 Pr – продуценты;
 Cn – консументы;
 Rd – редуценты;
 R – сопротивление среды.

Редуценты в лесных экосистемах представлены большой группой сапротрофных организмов, минерализующих мёртвое

органическое вещество до простых неорганических соединений. В лесу редуцентами являются грибы и бактерии. Исследования сапротрофной роли грибов показало, что в дубравах и сосняках Среднерусской лесостепи некоторые виды грибов от сапротрофного питания нередко переходят к паразитическому, среди них корневая губка (*Heterobasidion annosum*) и др. 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 в искусственно созданных в значительной мере определяется уровнем биоразнообразия. Анализ биоразнообразия позволяет судить об устойчивости насаждений к неблагоприятным факторам среды (табл.).

Как следует из представленной таблицы, максимальных значений уровень биоразнообразия (BD) достигает при зарастании очагов корневой губки с примерно равным участием сосны и лиственных пород, минимальных – без участия сосны и лиственных пород. 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 композиционного разнообразия и как следствие высокий уровень устойчивости насаждений к болезням и вредителям. Такие насаждения гораздо устойчивее чистых сосняков.

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 подроста 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

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

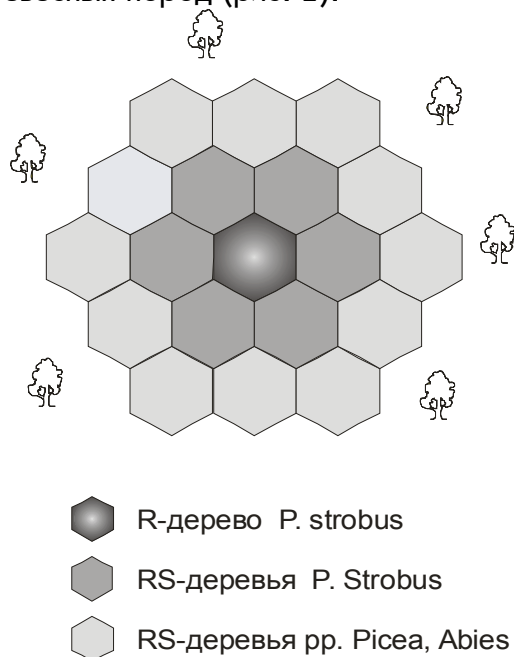


Рис. 2. Сотовая схема биогруппы

Сотовая схема биогруппы основана на идее преимущественной защиты селекционно улучшенных деревьев, деревьев будущей основной лесообразующей или интродуцированной древесной породы (в данном случае сосны веймутовой *Pinus strobes*). Компактная биогруппа функционирует как единая, внутренне взаимосвязанная иерархическая экосистема, способствующая прежде всего 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.

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 интеграция биологических систем определяет их способность к саморегуляции.

Заключение

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 путём 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.

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.

Библиографический список

1. 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.
2. Arefjew J.F. Genetisch-цkologische Aspekte des Forstschutzes / J.F. Arefjew // Der Wald, H. 7 / 1995. S. 238-239.
3. 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: НИИЛГиС, 2002. С. 21-27.
4. Stцcker G. Beitrдge zur Strukturanalyse natцrlicher und forstlich bestimmter Fichten-Цkosysteme im Nationalpark Hochharz / G. Stцcker, A. Rommerskirchen // Beitrдge fцr Forstwirtschaft und Landschaftsцkologie. 1/2002. Band 36. 2002. S. 6-13.