



УДК 911.2+581.5+577.4

А.С.Соколов, А.П.Гусев

РЕКРЕАЦИОННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ И ЕЁ ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЯДОВ

В работе рассматриваются процесс рекреационной трансформации лесных экосистем на примере сосновых лесов пригородной зоны города Гомеля. Он изучался на заложенных в сосняке мшистом и сосняке орляковом эколого-генетических рядах растительных сообществ. Каждый ряд состоял из трех членов – рекреационных модификаций коренных экосистем, различающихся уровнем рекреационной нагрузки. Описывается изменения различных характеристик растительности (видовой состав, экологическая структура, разнообразие и т.д.) при усилении рекреационной нагрузки на экосистемы. Определены компоненты фитоценозов, которые могут использоваться в качестве индикаторов рекреационных нарушений лесных экосистем.

Антропогенное воздействие на природные коренные экосистемы вызывает различные изменения в их составе и структуре, вследствие чего на их месте появляются производные экосистемы (модификации). Каждому типу лесной экосистемы (типу леса) соответствуют свои серии производных экосистем, связанные с тем или иным антропогенным воздействием.

Целью нашей работы является изучение процесса рекреационной трансформации лесных экосистем и выявление компонентов, которые наиболее отчетливо отражают происходящие изменения, вследствие чего могут выступать индикаторами рекреационных нарушений.

Для индикации характера и направленности естественных и антропогенных процессов, протекающих в настоящее время (стадийно-синхронная индикация), используют пространственные ряды фитоценозов (эколого-генетические ряды растительных сообществ) [1, с.15]. Индикационное значение рядов растительных сообществ основано на том, что пространственные экологические ряды растительности по отношению к какому-либо фактору могут в значительном числе случаев соответствовать сменам растительного покрова во времени, поэтому правильная интерпретация этих рядов позволяет перейти от смен в пространстве к сменам во времени [2, с.10]. Таким образом, каждое сообщество-член эколого-генетического ряда представляет собой определенную стадию изучаемого процесса. Количество членов и протяженность ряда могут сильно варьировать в зависимости от особенностей изучаемого процесса и поставленных задач.

Изучение процесса рекреационной трансформации лесных экосистем выполнялось в пригородных лесах города Гомеля на примере сосняков орляковых и сосняков мшистых.

В обоих случаях были построены эколого-генетические ряды, состоящих из трех членов, обозначенных РМ (рекреационная модификация)-1, РМ-2 и РМ-3, сформировавшихся в условиях рекреационной нагрузки различной интенсивности.

Таблица 1

Изменение характеристик сосняка орлякового при усилении рекреационной нагрузки

| Характеристика | PM-1 | PM-2 | PM-3 |
|---|-----------|-------------------|------------|
| Длина тропинойной сети, м/га | 2900 | 1975 | 0 |
| Плотность подростя | 400 | 1000 | 533 |
| Состав подростя | 10Д ел Ос | 7Кл(а)3Д+Б, Гр, В | 7Д2Кл(а)1Б |
| Плотность подлеска | 13833 | 8675 | 14894 |
| Проективное покрытие напочвенного покрова | 33.5 | 55.9 | 38.8 |
| Уровень синантропизации* | высокий | средний | низкий |
| Проективное покрытие мхов | 2.7 | 1.6 | 13.2 |
| Проективное покрытие злаков | 7.6 | 1.9 | 0.6 |
| И для напочвенного покрова | 2.319 | 1.721 | 1.503 |
| С для напочвенного покрова | 0.133 | 0.248 | 0.296 |

Примечание: * по Л.М.Абрамовой, Б.М.Миркину [9, с.19].

Рассмотрим особенности процесса рекреационной дигрессии в сосняке мшистом (табл. 2). Наименее нарушенный член эколого-генетического ряда PM-3 характеризуется преобладанием в напочвенном покрове *Pleurozium schreberi* (Willd.) Mitt. и *Vaccinium myrtillus* L., также присутствуют *Vaccinium vitis-idaea* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hill., *Rubus saxatilis* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn., *Convallaria majalis* L., мхи рода *Dicranum*. В связи с тем, что насаждение молодое, подрост сосны имеется в незначительных количествах и не имеет существенного индикационного значения [6, с.66]. Подлесок составляют в основном крушина и рябина.

Таблица 2

Изменение характеристик сосняка мшистого при усилении рекреационной нагрузки

| Характеристика | PM-1 | PM-2 | PM-3 |
|---|---------|--------|--------|
| Плотность подростя | 0 | 1433 | 1367 |
| Состав подростя | - | 9Д1Ос | 8Д2Б+С |
| Плотность подлеска | 2560 | 4733 | 5300 |
| Проективное покрытие напочвенного покрова | 42.2 | 69.1 | 71.0 |
| Уровень синантропизации | высокий | низкий | низкий |
| Проективное покрытие мхов | 9.0 | 32.1 | 41.9 |
| Проективное покрытие злаков | 5.8 | 38.8 | 1.4 |
| И для напочвенного покрова | 1,729 | 1,442 | 1,558 |
| С для напочвенного покрова | 0,233 | 0,306 | 0,281 |

Напочвенный покров PM-2 характеризуется снижением покрытия мхов (остался только *Pleurozium schreberi* (Willd.) Mitt.) и значительной долей *Festuca ovina* L. Из напочвенного покрова исчезает ряд лесных видов, не переносящих рекреационную нагрузку (*Genista tinctoria* L., *Pyrola rotundifolia* L., *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., *Majanthemum bifolium* (L.) Fr. Schmidt, мхи рода *Dicranum*, *Convallaria majalis* L.), внедряются луговые и сорные виды. Присутствуют *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Setaria glauca* (L.) P. B., *Hupericum perforatum* L., *Viola canina* L., *Trifolium montanum* L., *Tanacetum vulgare* L., *Rubus saxatilis* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn., *Melampyrum silvaticum* L. и др. В составе естественного возобновления появилась *Populus tremula* L. В подлеске доминирование переходит к *Rubus idaeus* L. Это объясняется тем, что, как указывает Н.С.Казанская с соавт. [10, с.15], уменьшение конкуренции со стороны

типично лесных элементов фитоценоза содействует разрастанию видов подлеска, способных к быстрому вегетативному размножению. Плотность *Sorbus aucuparia* L. сокращается в 1,5 раза, *Frangula alnus* Mill. – в 2,8 раза.

Дальнейшее усиление нагрузки приводит к доминированию сорных видов в напочвенном покрове, полному уничтожению естественного возобновления и снижению плотности подлеска. Напочвенный покров участков РМ-1 состоит в основном из сорных однолетников – *Polygonum convolvulus* L., *P. aviculare* L., *Chenopodium album* L., *Lamium purpureum* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Setaria glauca* (L.) P. B., *Rumex acetosella* L., *Spergula sativa* Boenn. Доминанты предыдущих сообществ снизили своё покрытие: *Pleurozium schreberi* (Willd.) Mitt. в 4,4 раза, *Festuca ovina* L. – в 11,4 раза. В подлеске доминирует *Sorbus aucuparia* L. (59,4 %) и *Rubus idaeus* L. (35,2 %).

Одним из наиболее достоверных показателей, позволяющих оценить степень трансформации экосистем, является экологическая структура напочвенного покрова [11, с.82; 12, с.72]. Анализ экологической структуры рекреационных модификаций позволяет выявить основные тенденции ее изменения и использовать её для индикации состояния лесной экосистемы (табл. 3).

Таблица 3

Экологическая структура напочвенного покрова экосистем эколого-генетических рядов (в % от общего проективного покрытия)

| Экологические группы | Сосняк орляковый | | | Сосняк мшистый | | |
|-------------------------|------------------|------|------|----------------|------|------|
| | РМ-1 | РМ-2 | РМ-3 | РМ-1 | РМ-2 | РМ-3 |
| Светолюбивые | 67,1 | 36,4 | 3,1 | 71,4 | 48,2 | 7,0 |
| Теневыносливые | 28,2 | 60,6 | 25,5 | 9,4 | 14,2 | 28,8 |
| Тенелюбивые | 3,7 | 3,0 | 61,8 | 19,2 | 37,6 | 64,2 |
| Мегатрофы | 17,8 | 47,3 | 21,1 | 56,3 | 0,1 | 1,3 |
| Мезотрофы | 77,3 | 50,3 | 30,3 | 12,7 | 24,4 | 15,3 |
| Олиготрофы | 3,8 | 3,0 | 48,6 | 30,9 | 75,6 | 83,5 |
| Гемикриптофиты | 43,4 | 17,1 | 66,8 | 30,3 | 93,8 | 57,2 |
| Геофиты | 31,0 | 52,4 | 19,0 | 0,8 | 0,1 | 4,8 |
| Нанофанерофиты | 0 | 0 | 14,1 | 0 | 4,1 | 37,6 |
| Терофиты и гемитерофиты | 25,6 | 30,3 | 0,4 | 66,9 | 2,1 | 0,5 |
| Сорные виды | 46,4 | 44,0 | 8,8 | 69,7 | 2,1 | 0,5 |
| Луговые виды | 23,1 | 9,0 | 2,0 | 8,4 | 45,6 | 1,7 |
| Лесные виды | 30,5 | 47,0 | 89,2 | 22,2 | 52,2 | 97,8 |

Из таблицы 3 видно, что с усилением рекреационной нагрузки происходит увеличение доли светолюбивых видов. Тенелюбивые же, напротив, значительно сокращают своё присутствие. В сильно нарушенных сообществах остаётся один тенелюбивый вид – *Pleurozium schreberi* (Willd.) Mitt. Увеличивается также доля мегатрофов (особенно это заметно в сосняке мшистом, для которого характерен бедный эдафотоп) и мезотрофов. Увеличение трофности растительного покрова может объясняться привнесением в экосистему различных органических загрязнителей, а также воздействием вытаптывания на подстилку, приводящую к её разрушению и переходу части питательных веществ из неё в верхние горизонты почвы. Увеличение доли мезотрофов связано с внедрением в напочвенный покров сорных видов, обладающих широкой экологической амплитудой. В биологическом спектре жизненных форм (по Раункиеру) наиболее важно проследить реакцию на рекреационное воздействие нанофанерофитов, как обладающих наименее защищенными органами возобновления, и терофитов и гемитерофитов, как наиболее приспособленных к существованию в экстремальных условиях обитания. Составляя значительную долю проективного

покрытия ненарушенных экосистем, нанофанерофиты уже на умеренно нарушенном сообществе эколого-генетического ряда полностью исчезают или остаются в незначительном количестве. Малолетники же, напротив, составляют значительную долю покрытия в сильно нарушенном сообществе, что связано с тем, что основной статьёй расхода их энергии является размножение. Анализ соотношения лесных, луговых и сорных видов показал, что при увеличении рекреационной нагрузки на экосистемы уменьшается доля лесных видов и увеличивается доля луговых. При дальнейшем усилении нагрузки луговые виды сами начинают её не выдерживать и увеличивается доля сорных видов, которые при определенном уровне нагрузки начинают доминировать в экосистеме, оказывая влияние на другие виды, на процессы обмена веществом и энергией, влагооборот и т.д.

Доминирование сорных видов обуславливается способностью переносить экстремальные условия внешней среды, быстро отрастать при механических повреждениях, высокой семенной продуктивностью, высокой скоростью прорастания семян, а также способностью сохранять жизнеспособность семян в течение многих десятков и сотен лет. Так, *Chenopodium album* L. и *Spergula officinalis* L. могут сохранять жизнеспособность семян до 1700 лет, *Fumaria* [13, с.130].

Одной из важнейших характеристик экосистемы является её разнообразие в целом, а также разнообразие различных её компонентов. Разнообразие тесно связано с такими показателями экосистемы, как устойчивость и стабильность, поэтому изменение разнообразия позволяет судить об изменении этих показателей, а значит о состоянии экосистемы. В изученных эколого-генетических рядах показатель разнообразия напочвенного покрова – коэффициент Шеннона (H) – увеличивается с усилением нагрузки, коэффициент доминирования Симпсона (C) уменьшается. Доминанты напочвенного покрова, типичные лесные виды, в сообществах РМ-3 создают ценотическую среду и являются основным фактором совмещения видов в сообществе, подавляя микровариации. В условиях рекреационной нагрузки эти виды исчезают или значительно сокращают своё обилие и роль в фитоценозе. Поэтому основным фактором совмещения видов в сообществе является именно среда, наличие микронеоднородностей которой приводит к увеличению разнообразия напочвенного покрова. Разнообразие напочвенного покрова, таким образом, может использоваться для индикации рекреационных нарушений.

Сравнивая степень трансформированности двух изученных типов леса (в рекреационная нагрузка на них примерно одинаковая), необходимо отметить, что сосняк мшистый подвергся более глубокой трансформации, чем сосняк орляковый, на что указывает его видовой состав и экологическая структура: доминирование терофитов и сорных видов, полное отсутствие естественного возобновления, более низкая доля лесных и луговых видов, более высокая доля адвентивных видов. Это объясняется более высокой устойчивостью экосистем сосняка орлякового к механической нагрузке, чем сосняка мшистого. По градации устойчивости лесных экосистем Гомельского Полесья [5, с.16] сосняк мшистый относится к экосистемам с очень слабой устойчивостью, сосняк орляковый – к экосистемам со средней устойчивостью. Это необходимо учитывать при планировании рекреационного использования лесных экосистем Белорусского Полесья.

Таким образом, результаты исследования позволяют сделать следующие выводы. Выяснено, что основными тенденциями трансформации лесных экосистем под влиянием рекреационного воздействия в условиях Белорусского Полесья являются:

1) непрерывное снижение доли лесных видов; в условиях умеренной нагрузки значительную долю покрытия составляют луговые злаки (*Festuca ovina* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. и др.), в условиях значительной преобладают сорные виды;

- 2) преобладание светолюбивых видов в нарушенных экосистемах, увеличение доли мегатрофов и мезотрофов. В этой связи хорошим индикатором нарушения ландшафта является отношение доли мегатрофов к доле олиготрофов.
- 3) биологический спектр жизненных форм (по Раункиеру) изменяется в направлении увеличения доли терофитов и гемитерофитов, нанофанерофиты, напротив, плохо переносят даже умеренное воздействие;
- 4) из видов подлеска наиболее устойчивыми к рекреации являются *Rubus idaeus* L. и *Sorbus aucuparia* L., которые и составляют большую часть подлеска сильно производных экосистем.

Уровень рекреационной нарушенности можно оценить по удаленности видового состава и экологической структуры производных модификаций от соответствующих показателей фоновой экосистемы. Сравнить степень нарушенности двух различных типов экосистем позволяют универсальные показатели – доля сорных и адвентивных видов, доля терофитов, уровень синантропизации, наличие или отсутствие подроста, доля механически поврежденных деревьев и кустарников. Установленные закономерности и выявленные индикаторы позволяют достаточно быстро и надежно диагностировать нарушения и состояние лесов, используемых в рекреационных целях.

1. Основы теории и методики ландшафтной индикации гидрогеологических и инженерно-геологических условий в районах осушительной мелиорации. – Мн.: Наука и техника. 1979. – 216 с.
2. Воронов А.Г. Современные проблемы ландшафтной индикации // Ландшафтная индикация природных процессов. Тр. МОИП, отд. геол. – геогр. Г. IV. – М.: Наука, 1976. – С. 10 – 15.
3. Программа и методика биогеоэкологических исследований. – М.: Наука, 1974. – 403 с.
4. Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. – Л.: Наука, 1969. – 232 с.
5. Гусев А.П. Ландшафтно-экологическая индикация техногенных нарушений лесных геосистем. – Гомель: ГГУ, 2000. – 55 с.
6. Полякова Г.А., Малышева Т.В. Индикация антропогенных (главным образом рекреационных) изменений сосняков Подмоскovie // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмоскovie. – М.: Наука, 1982. – С. 66 – 71.
7. Ланина В.В. Лесовосстановительные процессы в лесонасаждениях, нарушенных рекреацией, индикация их состояния // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмоскovie. – М.: Наука, 1982. – С. 35 – 40.
8. Эмис И.В. Опыт прикладного изучения лесов рекреационного назначения в Латвии // Оптимизация рекреационного лесопользования. – М.: Наука, 1990. С. 15 – 23.
9. Абрамова Л.М., Миркин Б.М. Эволюция растительности на стыке тысячелетий // Теоретические проблемы экологии и эволюции (Третьи Люблинские чтения). – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2000. – С. 15 – 23.
10. Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин М.М. Рекреационные леса. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 96 с.
11. Гусев А.П. Оценка трансформации ландшафтов на основе экологической индикации (методические аспекты) // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Гомель, октябрь 2002 года. – Гомель: ГГУ, 2002. – С. 82 – 85.
12. Гусев А.П., Соколов А.С. Индикация рекреационных нарушений лесных ландшафтов в Белорусском Полесье // Природные ресурсы, 2002. – № 2. – С. 69 – 74.
13. Работнов Т.А. Фитоценология. – М.: Изд. Моск. ун-та. 1983. – 296 с.

Поступила в редакцию 1.09.2003.

Results of studying of process of recreational transformation of pine forests ecosystems in the suburban zone of the city of Gomel have been specified in the paper. Two ecology-genetic series, which consist of three plant communities, and are different in the level of anthropogenic stress (recreational activity) to them have been described. Different changes of characteristics of ecosystems (specific and ecological structure, the diversity etc.) because of intensification of stress are shown. The components of ecosystems, which can be used as indicators of recreational disturbances of pine forests are established.

Соколов Александр Сергеевич, студент геолого-географического факультета Гомельского государственного университета им. Ф.Скорины.

Гусев Андрей Петрович, кандидат геоло-минералогических наук, доцент кафедры экологии Гомельского государственного университета им. Ф.Скорины.