

Особенности восстановления луговых экосистем после пожаров (на примере Белорусского Полесья)

Н.С. Шпилевская

Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»

В статье рассмотрены результаты исследования особенностей восстановления структуры и трансформации луговых экосистем после пирогенного воздействия. Используются методы эколого-ценотических групп и фитоиндикационных шкал. Изучена динамика развития луговых экосистем за пятилетний период. Дана оценка эколого-ценотической структуры луговых экосистем. Показано восстановление экологических условий на лугах после пожаров. Установлены особенности изменения спектра эколого-ценотических групп в луговых фитоценозах. Проведен анализ численности микроорганизмов в почве после пожаров. Изучены взаимосвязи между эколого-ценотической структурой луговых фитоценозов и численностью микрофлоры в условиях постпирогенного восстановления. Установлено существенное влияние пожаров на компоненты луговых экосистем. Выявлено, что за период наблюдения рассматриваемые компоненты экосистем восстанавливаются не полностью. Показано влияние пожара на разнообразие видов растений и микрофлоры почв.

Ключевые слова: луговая экосистема, пожар, почва, микроорганизмы, восстановление, эколого-ценотические группы.

Features of restoration of meadow ecosystems after fires (on an example of the Belarusian Polesie)

N.S. Shpileuskaya

Educational establishment «Francisk Skorina Gomel State University»

In article results of the research of features of restoration of structure and transformation of meadow ecosystems after a fire are considered. Methods of ecological and cenotic groups and phytoindicator scales are used. Dynamics of development of meadow ecosystems for the five years' period is studied. The estimation of ecological and cenotic structures of meadow ecosystems is given. Restoration of ecological conditions on meadows after fires is shown. Features of change of the spectrum of ecological and cenotic groups in meadow ecosystems are established. The analysis of the number of microorganisms in soil after fires is carried out. Interrelations between ecological and cenotic structure of meadow ecosystems and the number of micro flora in conditions after a fire are studied. Essential influence of fires on components of meadow ecosystems is established. It is revealed that during supervision the considered components of ecosystems are restored not completely. Influence of a fire on a variety of kinds of plants and micro flora of soils is shown.

Key words: meadow ecosystem, fire, soil, microorganisms, restoration, environmental groups.

Пожары являются одной из непредсказуемых причин изменения структуры, состояния и динамики развития луговых и лесных экосистем, так как они воздействуют на экосистему внезапно, кратковременно и агрессивно [1]. Под воздействием пирогенного фактора происходят существенные изменения практически во всех их компонентах, которые оказывают непосредственное влияние на трансформацию растительности и ее видовое разнообразие. В Беларуси выделяют несколько категорий причин возникновения пожаров: по вине лесозаготовителей, сельскохозяйственные палы, по вине населения, от грозовых разрядов, по неустановленным причинам. Одной из серьезных причин многих лесных пожаров являются сельскохозяйственные палы на различных категориях земель (сенокосы, сельскохозяйственные поля, пастбища), примыкающих к границам лесных насаждений, их доля на протяжении последнего десятилетия составляла в различные годы от 0,5 до 19,7% [2]. В связи с по-

степенным увеличением количества таких пожаров существует необходимость в изучении воздействия пирогенного фактора на луговые экосистемы, примыкающие к лесным насаждениям.

В результате прохождения пожара в луговых экосистемах наблюдается изменение флористического состава и фитоценотической структуры лугов. Пожары – важный фактор трансформации почв в экосистемах. Они нарушают растительный покров, влияют на температуру и влажность верхних слоев почвы, на водный режим и агрохимические свойства почвы, а также на многие другие показатели. Пожары существенно изменяют количественные и качественные характеристики микрофлоры, что проявляется в изменении ее структуры и функциональной активности. Микроорганизмы являются одним из важнейших компонентов экосистем, они определяют направленность и характер почвообразовательных процессов, состояние плодородия почв. С помощью микрофлоры оп-

ределяется степень преобразования органических веществ в почве. Процесс послепожарного восстановления напочвенного покрова и почвенных микроорганизмов в луговых фитоценозах рассмотрен недостаточно.

Изучение постпирогенной динамики луговых экосистем, примыкающих к лесным насаждениям, является актуальной задачей, так как данный предмет исследования позволяет выявить взаимосвязи между причинами и последствиями пирогенного воздействия на компоненты луговых и лесных экосистем и в дальнейшем предотвратить пожары путем укрепления структуры и стабилизации динамики рассматриваемых экосистем.

Цель данного исследования – изучение и оценка воздействия пирогенного фактора на структуру и динамику развития луговых экосистем. Задачи исследования: изучение изменений экологических условий в ходе постпирогенной луговой сукцессии на основе применения фитоиндикационных шкал; выявление закономерностей изменения спектра эколого-ценотических групп в луговых фитоценозах и исследование в них постпирогенной трансформации; выявление взаимосвязи между эколого-ценотической структурой луговых фитоценозов и численностью микрофлоры в условиях постпирогенного восстановления.

Материал и методы. Исследование воздействия пирогенного фактора на структуру и трансформацию луговых экосистем проводилось в пригороде города Гомеля на территории Макеевского и Новобелицкого лесничеств Гомельского лесхоза. Район исследований находится в Белорусском Полесье, которое расположено в южной части Республики Беларусь и занимает обширную низменную территорию на западе Русской платформы преимущественно в бассейне реки Припяти. Для данной территории характерны дерново-подзолистые, местами заболоченные почвы, развивающиеся на водноледниковых песчано-пылеватых лёссовидных супесях; также встречаются дерновые и дерново-карбонатные, аллювиальные и торфяно-болотные почвы [3].

Полевые работы проводились методом закладки в луговых фитоценозах пробных площадей. Геоботаническая съемка и послепожарное бактериологическое исследование почв выполнены в период 2009–2010 гг. Пробные площади закладывались на лугах, пройденных пожарами в разные годы: 2007–2010 гг. Изученные луга имели сходные экотопические характеристики. На пробных площадках учитывались видовой

состав и проективное покрытие живого напочвенного покрова, общее проективное покрытие площади. Для эколого-ценотической оценки пирогенных изменений в луговых фитоценозах использовался метод эколого-ценотических групп (ЭЦГ) [4–5], а также метод фитоиндикационных шкал Д.Н. Цыганова [6].

Почвенные образцы были отобраны в весенний период из верхнего 5-сантиметрового горизонта на участках лесосек и лугов, пройденных пожарами в 2007–2010 годах. Для бактериологического анализа проба берется с участка площадью 100 м² из трех точек. В каждой точке проба отбиралась методом конверта [7]. Отобранные почвенные образцы подвергались анализу путем серийного разведения почвенной суспензии [8].

Результаты и их обсуждение. Постпирогенные изменения почвенного покрова в луговых экосистемах можно диагностировать с помощью фитоиндикационных шкал (табл. 1). Непосредственно после пожара значения шкал показывают на сухолесолуговой режим увлажнения, бедные азотом почвы, слабокислые почвы. На следующий год после пожара значения шкалы увлажнения уменьшаются с 11,4 до 10,7 балла. Значения шкалы переменной увлажнения также возрастают (т.е. переменность увлажнения растет). Увеличивается рН почв (показатель кислотно-щелочных условий R_c возрастает с 6,0 до 6,4 балла).

Анализ изменений за 4 года показывает, что значения шкалы увлажнения H_d плавно снижаются (с 11,4 до 10,2 балла), что отражает переход от сухолесолугового режима увлажнения к лугово-степному режиму увлажнения (т.е. влажность почв в ходе постпирогенной сукцессии на изучаемых лугах снижается). Значения шкалы азотного богатства (N_t) изменяются от 4,9 до 5,5 балла (от бедных до очень бедных почв). Динамика этого показателя имеет сложный характер (минимум отмечается непосредственно после пожара и на 3-й год после пожара). Значения шкалы переменной увлажнения (F_h) колеблются от 5,4 (слабо переменное увлажнение) до 6,2 (умеренно переменное увлажнение) балла. Значения шкалы солевого режима (Tr) изменяются от 6,7 (небогатые почвы) до 7,4 (довольно богатые почвы) балла. Минимальные значения этого показателя приходятся на год пожара. Значения шкалы кислотно-щелочных условий (R_c) изменяются от 6,0 до 6,5 балла (слабокислые почвы).

Значения шкал, характеризующих микроклиматические условия (термоклиматическая, конти-

нентальности климата, омброклиматическая, криоклиматическая), изменяются незначительно.

Таким образом, для постпирогенной динамики луговых фитоценозов отмечено изменение: а) увлажнения почв (снижение влажности почв); б) переменности увлажнения почв (рост переменности увлажнения); в) солевого режима почв (увеличение солевого богатства); г) кислотно-щелочных условий почв (увеличение pH).

Трансформации условий среды после пожаров отражаются в составе и соотношении эколого-ценотических групп видов растений в луговых экосистемах (табл. 2). Во все послепожарные годы для исследуемых участков характерно преобладание лугово-степной (*Conyza canadensis* (L.) Cronqist, *Hypericum maculatum* Crantz, *Galium verum* L., *Chamerion angustifolium* (L.) Holub и др.) и боровой (*Oenothera biennis* L., *Hieracium pilosella* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth и др.) эколого-ценотических групп, в меньшей степени представлены бореальная (*Solidago virgaurea* L., *Rubus idaeus* L. и др.) и неморальная (*Convallaria majalis* L., *Stellaria holostea* L. и др.) группы, минимально представлены или вообще отсутствуют олиготрофная (*Rubus humulifolius* C.A. Mey), водно-болотная и нитрофильная (*Urtica dioica* L., *Calystegia sepium*

(L.) R. Br. и др.) группы. В первые годы после пожаров отмечено уменьшение доли лугово-степной и боровой группы, в последующие годы – их возрастание. В первые годы характерно присутствие бореальных и неморальных видов растений, далее они полностью отсутствуют. На 3–4 года после пожара доминирующую позицию занимают луговые растения. Таким образом, для пирогенной трансформации луговых фитоценозов характерно в первые годы после пожара большое разнообразие эколого-ценотических групп видов растений, а в последующие годы его снижение. Так, в год пожара отмечено 6 ЭЦГ, в 1 год было обнаружено 5 ЭЦГ, в 3 и 4 год – по 2 эколого-ценотические группы.

При микробиологическом анализе почв учитывались 6 функциональных групп микроорганизмов: аммонификаторы, нитрификаторы, денитрификаторы, азотфиксаторы, акциномицеты и плесневые грибы (табл. 3). Сравнительный анализ проводился с учетом относительной численности микрофлоры. Анализ показал, что в первый год после пожара общее количество микроорганизмов почти достигло допозарного уровня. Однако в последующие годы их количество по сравнению с контрольными значениями постоянно увеличивалось и к 4 году после пожара они превышали норму в 1,8 раза.

Таблица 1

Постпирогенные изменения экологических условий в луговых экосистемах

Срок давности	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Fh	Tr	Nt	Rc
Год пожара	7,8	8,8	7,9	7,2	11,4	5,4	6,7	5,0	6,0
1 год	8,2	8,6	8,0	7,5	10,7	5,8	6,9	5,1	6,4
2 год	8,2	8,5	7,9	7,7	10,3	6,0	7,1	5,4	6,6
3 год	8,1	8,6	7,9	7,6	10,4	5,6	7,1	4,9	6,4
4 год	8,2	8,5	7,8	7,8	10,2	6,2	7,4	5,5	6,5

Шкалы: Tm – термоклиматическая; Kn – континентальности климата; Om – омброклиматическая; Cr – криоклиматическая; Hd – увлажнение почв; Fh – переменности увлажнения почв; Tr – солевого режима почв; Nt – богатства почв азотом; Rc – кислотно-щелочных условий почв.

Таблица 2

Спектр эколого-ценотических групп, % от общего числа видов

Срок давности после пожара	Br	Md	Pn	Wt	Olg	Nm	Nt
Год пожара	13	50	24	4	9	0	0
1	5	52	33	0	1,5	7	1,5
2	1,5	67,5	23,5	0	0	7,5	0
3	0	81,5	18,5	0	0	0	0
4	0	70	27	0	0	0	0

Эколого-ценотические группы: Br – бореальная; Md – лугово-степная; Pn – боровая; Wt – водно-болотная; Olg – олиготрофная; Nm – неморальная; Nt – нитрофильная.

**Численность микроорганизмов (10^6 клеток на 1 г абсолютно сухой почвы);
для плесневых грибов 10^3 клеток на 1 г абсолютно сухой почвы)**

Срок давности после пожара	Аммонификаторы	Нитрификаторы	Плесневые грибы	Актиномицеты	Денитрификаторы	Азотфиксаторы
1 год	8±6	456±208	103±45	465±105	441±266	273±76
Контроль	34±9	540±185	47±14	554±38	232±207	380±37
Соотношение	0,2 : 1,0	0,8 : 1,0	2,2 : 1,0	0,8 : 1,0	1,9 : 1,0	0,7 : 1,0
2 года	30±24	237±135	59±12	378±102	465±91	627±115
Контроль	15±5	142±224	71±6	288±81	302±201	815±270
Соотношение	2,0 : 1,0	1,7 : 1,0	0,8 : 1,0	1,3 : 1,0	1,5 : 1,0	0,8 : 1,0
3 года	48±20	259±24	98±23	160±32	115±26	98±22
Контроль	74±41	309±102	48±28	184±138	91±27	58±16
Соотношение	0,7 : 1,0	0,8 : 1,0	2,0 : 1,0	0,9 : 1,0	1,3 : 1,0	1,7 : 1,0
4 года	13±2	334±47	79±20	169±47	166±56	317±114
Контроль	17±8	169±72	30±7	108±56	93±42	188±66
Соотношение	0,8 : 1,0	2,0 : 1,0	2,6 : 1,0	1,6 : 1,0	1,8 : 1,0	1,7 : 1,0

Установлено, что в первый год после пожара по сравнению с контролем количество аммонификаторов уменьшилось в 4 раза, а уже на 2-й год их количество увеличилось в 2 раза, в последующие годы отмечено их уменьшение в 1,5 раза. Почти такая же направленность динамики наблюдается у нитрификаторов и актиномицетов, только в последний год отмечено их увеличение. Для нитрификаторов в первый год было установлено их небольшое уменьшение в 1,2 раза, а затем их численность увеличилась в 1,7 раза и в 4-й год возросла в 2 раза. Численность актиномицетов в первый послепожарный год также уменьшилась в 1,2 раза, на 2-й год наблюдалось их увеличение в 1,4 раза, далее она уменьшилась в 1,2 раза и на 4-й год увеличилась в 1,6 раза. В группе микроорганизмов плесневые грибы по сравнению с контролем отмечена противоположная направленность динамики численности микроорганизмов. Так, для плесневых грибов в первый год после пожара наблюдается увеличение их численности в 2,2 раза, а во 2-й год численность их уменьшилась в 1,2 раза, в 3-й и 4-й годы характерно их возрастание. Для денитрификаторов наблюдается возрастание их численности во все четыре года после пожара. Количество денитрификаторов в первый год выросло в 1,9 раза, а в 4-й год – в 1,8 раза. Для азотфиксаторов в 1-й и 2-й годы после пожара отмечено, что их численность по сравнению с контролем уменьшилась в 1,4–1,3 раза, а затем увеличилась в 1,4–1,7 раза.

Таким образом, в результате воздействия пирогенного фактора на почву было отмечено,

что на 4-й год после пожара численность микроорганизмов максимально близко к контролю приблизилась в группе аммонификаторов, а наибольшее отличие характерно для плесневых грибов, остальные группы микроорганизмов не уравнились с контролем. Для плесневых грибов и денитрификаторов установлено возрастание численности микроорганизмов по сравнению с контролем в каждый последующий год после пожара. Показатели численности нитрофикаторов и актиномицетов характеризуются переменной последовательностью, увеличением по сравнению с контролем через год. Показатели численности азотфиксаторов начали увеличиваться с 3-го года.

Заключение. Изучение постпирогенной сукцессии луговой экосистемы показало, что к 4-му году после пожара по сравнению с первыми годами на лугах наблюдаются снижение увлажнения почв, рост переменной увлажнения, рН увеличивается, повышаются азотное и солевое богатство почв. Постпирогенные процессы отражаются в спектре эколого-ценотических групп. Так, сразу после пожаров увеличивается разнообразие эколого-ценотических групп, которое затем снижается. В послепожарные годы происходит увеличение доли лугово-степной и боровой растительности в данном спектре, что соответственно коррелирует с изменением показателей фитоиндикационных шкал (шкалы увлажнения, шкалы кислотно-щелочных условий почв, шкалы азотного богатства почв). Этому также сопутствуют увеличение интенсивности процессов аммонификации и сниже-

ние интенсивности нитрификации за счет появления большего количества однолетних лугово-степных растений, что, в свою очередь, отражается в составе и численности почвенной микрофлоры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Санников, С.Н. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса / С.Н. Санников, Н.С. Санникова. – М.: Наука, 1985. – 149 с.
2. Лесная пирология: учеб. пособие для студентов специальности «Лесное хозяйство» / В.В. Усея, Е.Н. Каткова, С.В. Ульдинович. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2011. – 264 с.
3. Белорусское Полесье / А.С. Паламарчук [и др.]. – Минск: Ураджай, 1973. – 120 с.
4. Смирнов, В.Э. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа / В.Э. Смирнов, Л.Г. Ханина, М.Б. Бобровский // Бюлл. МОИП. – Сер. Биологическая. – 2006. – Т. 111, № 2. – С. 36–47.
5. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность: в 2 кн. / под ред. О.В. Смирнова. – М.: Наука, 2004. – Кн. 1. – 479 с.
6. Цыганов, Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 196 с.
7. Практикум по микробиологии: для биол. спец. вузов / М.Н. Пименова [и др.]; под ред. Н.С. Егорова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. – 307 с.
8. Пименова, М.Н. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / М.Н. Пименова, Н.Н. Гречушкина, Л.Г. Азова. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 220 с.

Поступила в редакцию 14.09.2011. Принята в печать 28.10.2011
Адрес для корреспонденции: 246046, г. Гомель, ул. 70 лет БССР, д. 42, кв. 117, e-mail: tasha@mail.ru – Шпилевская Н.С.

РЕПОЗИТОРИЙ ВДУ