

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ НА НАРУШЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ЗЕМЛЯХ

© 2012 Т.С. Чибрик, Н.В. Лукина, Е.И. Филимонова, М.А. Глазырина

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Поступила 15.03.2012

Приведены результаты комплексного изучения структуры и динамики лесных фитоценозов, формирующихся на нарушенных промышленностью землях.

Ключевые слова: фитоценоз, ценопопуляция, микориза, золоотвал.

Вопросы, связанные с представлением о структурно-системной организации живого покрова Земли, выявляют общие законы развития биологических систем и особенности отдельных структурных уровней [1, 4, 6]. Одним из уровней организации растительного покрова являются фитоценозы. Разрабатывая подходы к изучению структурной организации фитоценозов, В.В. Мазинг [5] считает целесообразным проводить изучение состава (видовой, популяционной структуры и т. д.), взаимного расположения входящих в состав элементов (пространственная и морфологическая структура) и различные взаимоотношения между компонентами (функциональная структура) и все это в динамике, в изменении, как в пространстве так и во времени.

Лесные фитоценозы, формирующиеся на значительных территориях нарушенных промышленностью земель, в том числе на золоотвалах теплоэлектростанций на Урале, в процессе естественного лесовосстановления представляют собой сложные системы, складывающиеся под воздействием ряда экологических факторов, в том числе и экстремальных [12]. Изучение формирования лесных фитоценозов, их структуры и динамики в специфических условиях техногенеза имеет и теоретическое и практическое значение.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено комплексное изучение структуры и динамики лесных фитоценозов, формирующихся на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС (ВТГРЭС), расположенном в Свердловской области (восточный склон Среднего Урала, таежная зона, подзона южной тайги; 57°20'N и 59°56'E), общей площадью 125 га. В 1968–1970 гг. и в последующие годы проведены мероприятия по рекультивации подсыхающих участков золы, применялось нанесение слоя глинистого грунта толщиной 10–15 см полосами шириной 7–10 м с таким же межполосным пространством с ориентацией полос перпендикулярно

господствующему направлению ветра. В северной части рекультивированных территорий проведен посев многолетних трав, юго-восточная часть, в связи с близким расположением естественных лесов, оставлена на самозаращение. Изучение восстановления растительности на золоотвале проводилось по общепринятым методикам в течение 30 лет, начиная с 10-летнего (1980 г.) и заканчивая 40-летним возрастом растительных сообществ с интервалом в 5–10 лет [13, 14].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что на участках золоотвала, не используемых под сенокосные угодья, идет формирование лесных фитоценозов. По видовой структуре к 10-летнему возрасту на участке с полосным нанесением грунта насчитывалось 5 древесных видов: *Betula pendula* Roth и *B. pubescens* Ehrh., *Populus tremula* L., *Alnus incana* (L.) Moench., *Pinus sylvestris* L. Высота подроста деревьев достигала 2–3 м. Отмечены 7 видов кустарников: *Rosa acicularis* Lindl., *Rubus idaeus* L., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klaskova., *Salix caprea* L., *S. phylicifolia* L., *S. triandra* L., *S. viminalis* L.

К 20-летнему возрасту сообществ видовой состав древесных растений увеличился до 15 видов (*Picea obovata* Ledeb., *Populus alba* L., *Salix myrsinifolia* Salisb.), эдификаторная роль древесных значительно возрастает. Количество деревьев и кустарников в среднем составляло 54,7 особей на 100 м².

К 30-летнему возрасту формируется лесной фитоценоз со значительной долей участия, а иногда доминированием *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Populus tremula*. Общее количество древесных растений на 100 м² в среднем составляло 66,8 особей, из них взрослых – 25,7 особей. Видовой состав их увеличился до 20 видов, появились такие виды, как *Larix sibirica* Ledeb., *Abies sibirica* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour, *Sorbus aucuparia* L., *Padus avium* Mill. Формируется ярус кустарничков и полукустарничков в составе: *Vaccinium vitis-idaea* L., *Orthilia secunda* (L.) House., *Pyrola media* Sw., *Moneses uniflora* (L.) A. Gray. В травянистом ярусе появляются такие лесные виды, как *Fragaria vesca* L., *Rubus saxatilis* L., *Heracleum sibiricum* L., *Angelica sylvestris* L., *Aegopodium podagraria* L.

К 40-летнему возрасту на этой территории в результате самозаращения полос грунта и золы фор-

Чибрик Тамара Семеновна, к.б.н., с.н.с., зав. лаб. антропогенной динамики экосистем и биологической рекультивации, e-mail: Tamara.Chibrik@usu.ru; Лукина Наталья Валентиновна, к.б.н., доц., с.н.с., e-mail: Tamara.Chibrik@usu.ru; Филимонова Елена Ивановна, к.б.н., н.с., e-mail: Tamara.Chibrik@usu.ru; Глазырина Маргарита Александровна, к.б.н., доц., с.н.с., e-mail: Tamara.Chibrik@usu.ru

мируются лесные фитоценозы зонального типа с сомкнутостью 0,7–0,9. Видовой состав древесных и полудревесных растений увеличивается до 28 видов. По уменьшению градиента увлажнения от края к дамбе на участке отмечено изменение структуры древостоя от доминирования мелколиственных пород *Betula pendula*, *B. pubescens* и *Populus tremula* до преобладания *Pinus sylvestris*. В вертикальной структуре древостоя отслеживаются следующие ярусы: верхний древесный ярус представлен *Betula pendula* и *B. pubescens*, *Populus tremula*, высотой от 18 м до 25 м; 2-й ярус – подростом этих видов и *Pinus sylvestris* (от 10 до 18 м), ярус подроста и высоких кустарников (*Salix caprea*) (от 1,3 до 10 м), ярус низких кустарников, высотой до 1,3 м, который наиболее выражен на полосах грунта. На полосах с грунтовым покрытием среднее число деревьев и кустарников (48,5 особей на 100 м², из них взрослых – 16,0 особей) значительно ниже, чем на полосах золы (87,4 особей на 100 м², из них взрослых – 22 особи). При этом морфометрические характеристики древесных (высота, величина крон, диаметр стволов) на полосах грунта выше, чем на

золе. Отмечается различие в формировании кустарникового яруса: на грунте чаще встречаются – *Chamaecytisus ruthenicus*, *Sorbus aucuparia* L., *Padus avium* Mill., на золе – *Salix myrsinifolia* и *S. cinerea* L., *Viburnum opulus* L.

Травянистый ярус в 40-летних лесных фитоценозах на участке с полосным нанесением грунта разрежен, общее проективное покрытие (ОПП) варьирует от 15 % на золе, до 25–50 % на грунте. Хроноклин, построенный по данным постоянства преобладающих на этом участке травянистых видов, показал, что за исследуемый период произошло снижение постоянства сорно-рудеральных видов, таких как *Taraxacum officinale* Wigg. (от 40 до 0 %), *Tussilago farfara* L. (от 29 до 1 %), *Cirsium setosum* (Willd.) Bess. (от 40 до 0 %), *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. (от 60 до 5 %), не изменилось постоянство *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv. (от 29 до 32 %). Увеличилось постоянство лесных и лугово-лесных видов, характерных для бореальной зоны таких, как *Fragaria vesca* (от 8 до 25 %), *Lathyrus pratensis* L. (от 20 до 58 %), *Orthilia secunda* (от 0 до 21 %), *Pyrola rotundifolia* L. (от 0 до 8 %) (рис.1).

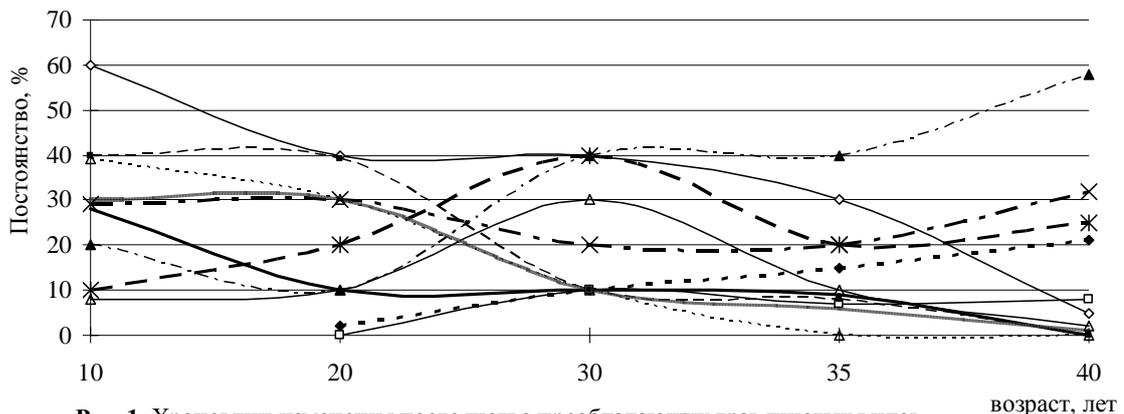


Рис. 1. Хроноклин изменения постоянства преобладающих травянистых видов лесного фитоценоза

- *Artemisia absinthium* L.
- ▲--- *Cirsium setosum* (Willd.) Bess.
- *— *Fragaria vesca* L.
- ◆--- *Orthilia secunda* (L.) House
- *Pyrola rotundifolia* L.
- *Tussilago farfara* L.
- ◇— *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.
- ×— *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv.
- ▲--- *Lathyrus pratensis* L.
- ▲— *Poa pratensis* L.
- ◆--- *Taraxacum officinale* Wigg.

В лесных фитоценозах были проведены исследования возрастной и морфологической структуры ценопопуляций (ЦП) *Pyrola rotundifolia* L. и *Orthilia secunda* (L.) House. При ценопопуляционных исследованиях за единицу возрастной, морфологической и пространственной структуры ЦП данных видов мы принимали особь вегетативного происхождения – рамет [8]. Установлено, что ЦП *Pyrola rotundifolia* и *Orthilia secunda* являются нормальными, т.е. способными к самоподдержанию и не зависят от заноса зачатков извне (рис. 2). Склонность спектров к максимуму в группе виргинильных особей объяснима преобладанием вегетативного способа возобновления популяций. Воздействие данных видов на среду невелико, индексы воз-

растности [11] изученных популяций составили 0,27 и 0,25 соответственно. Ценопопуляционный анализ показал, что морфологические показатели ЦП этих видов, приближаются к показателям ЦП, формирующихся в естественных фитоценозах. Известно, что состояние, характер системы в целом определяются не только состоянием ее отдельных компонентов, но и в не меньшей степени и характером связей между ними [2]. Одной из таких связей в биогеоценозах является микориза, усиливающая их интегрированность, способствующая интенсификации в них круговорота биогенных элементов, участвующая в процессах почвообразования [7].

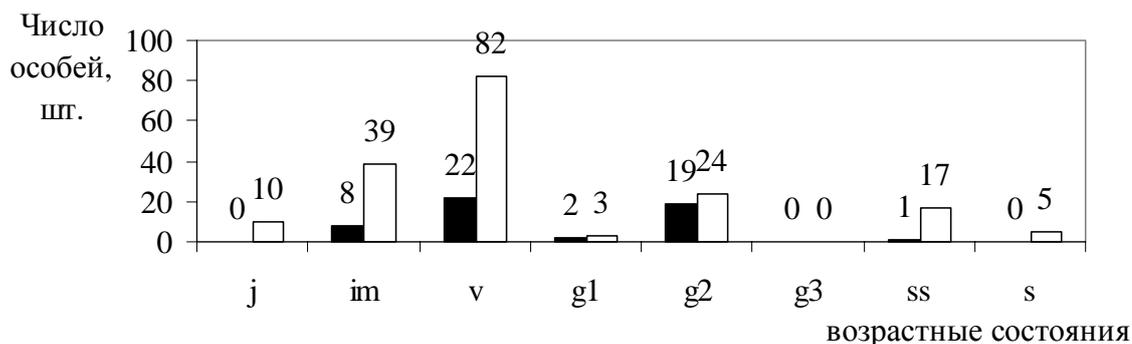


Рис. 2. Возрастные спектры ценопопуляций видов сем. Pyrolaceae
 ■ *Pyrola rotundifolia* L. □ *Orthilia secunda* (L.) House

Таблица 1. Динамика показателей микосимбиотрофизма травянистых видов лесного фитоценоза

Показатели микотрофности	Лесной фитоценоз, возраст участка, лет			
	10	20	35	40
Доля микотрофных видов, %	59,3	88,6	84,8	100
Микосимбиотический коэффициент фитоценоза (М), %	5,96±1,10	25,78±3,14	17,00±1,70	17,33±1,76

Исследование динамики показателей микотрофности травянистых видов в формирующемся на золоотвале ВТГРЭС лесном фитоценозе проводились по методике, разработанной в Пермском педагогическом институте [9].

Проведенные исследования показали, что в формирующихся на золоотвале лесных растительных сообществах значительное участие принимают микотрофные виды. С возрастом их доля увеличивается от 59,3 до 100 % (табл. 1).

Согласно классификации И.А. Селиванова и В.Ф. Шавкуновой [10] все микотрофные виды оказались слабомикотрофными. К 10-летнему возрасту в составе растительных сообществ золоотвала преобладали травянистые виды с эндомикоризой. При изучении показателей микотрофности данных видов было выявлено, что в первые годы наблюдалось увеличение микосимбиотического коэффициента фитоценоза, что связано на наш взгляд с относительным улучшением эдафических условий (накоплением органического вещества), в дальнейшем наблюдается некоторое его уменьшение в связи с формированием древесного яруса, увеличением сомкнутости крон, уменьшением освещенности. Изучение эктомикоризы древесных видов показало, что у *Pinus sylvestris* и *Picea obovata* в условиях золоотвала не происходит существенных сдвигов в процессе микоризообразования по сравнению с контролем в лесных фитоценозах [3]. В 40-летних лесных сообществах золоотвала обнаружен широкий спектр микоризных ассоциаций (типов микориз), характерных для лесных сообществ бореальной зоны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что на значительной части золоотвала Верхнетагильской ГРЭС за 40 лет

формируются лесные фитоценозы с доминированием *Pinus sylvestris*, *Betula pendula* и *B. pubescens*, *Populus tremula*, появляются всходы и подрост хвойных пород: *Picea obovata*, *Pinus sibirica*, *Larix sibirica*, *Abies sibirica*. Формируется кустарничковый ярус из видов, характерных для бореальной зоны. Процессы сивлатизации, формирующихся лесных фитоценозов, идут по пути сближения их с растительностью зонального типа. Ценопопуляционный анализ некоторых представителей сем *Pyrolaceae* Dumort. (*Pyrola rotundifolia* и *Orthilia secunda*) показал, что морфологические показатели этих видов приближаются к показателям ценопопуляций, формирующихся в естественных фитоценозах. В лесных сообществах золоотвала обнаружен широкий спектр микоризных ассоциаций, свидетельствующий о формировании трофических связей. Показатели микоризы ниже, чем в естественных растительных сообществах.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 10-04-96006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баканов А.И. О некоторых методологических вопросах применения системного подхода для изучения структур водных систем // Биология внутренних вод. 2000. № 2. С. 5–19.
2. Василевич В.И. Очерки теоретической фитоценологии. Л.: Наука, 1983. 246 с.
3. Внуков А.А. Экологические аспекты лесовосстановления на нарушенных землях (на примере золоотвалов Верхнетагильской и Рефтинской ГРЭС) // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Материалы Междунар. совещ., Екатеринбург, 26–29 авг.1996 г. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 32–49.
4. Мазинг В.В. К вопросу эволюции биоценологических систем // Тр. МОИП, 1970. – Т. XXXVIII. С. 95–107.
5. Мазинг В.В. Что такое структура фитоценоза // Про-

блемы биогеоценологии. М.: Наука, 1973. С. 148–157.

6. Миркин Б.М. О парадигме в фитоценологии // Журн. общ. биол. 1984. Т. 45. № 6. С. 749–788.

7. Каратыгин И.В. Козволюция грибов и растений. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 115 с.

8. Онтогенетический атлас лекарственных растений: Научное издание. Том IV. Йошкар-Ола: МарГУ, 2004. 240 с.

9. Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм, как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 230 с.

10. Селиванов И.А., Шавкунова И.Ф. Микотрофность растений во флоре и в растительном покрове горы Иремель // Микориза растений. Пермь.: Изд-во Пермского гос. пед. ин-та., 1973. С. 72–93.

11. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов

// Науч. докл. высш. школы. Биол. науки. 1975. № 2. С. 7–34.

12. Чибрик Т.С., Елькин Ю.А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях: (биологическая рекультивация). Свердловск : Изд-во Урал. ун-та, 1991. 220 с.

13. Чибрик Т.С., Лукина Н.В., Филимонова Е.И., Глазырина М.А. Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2011. 286 с.

14. Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале / А.К. Махнев, Т.С. Чибрик, М.Р. Трубина, Н.В. Лукина, Н.Э. Гебель, А.А. Терин, Ю.И. Еловикив, Н.В. Топорков. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 356 с.

THE STRUCTURE AND DYNAMICS OF FOREST PHYTOCOENOSIS ON THE DISTURBED INDUSTRIAL LANDS

© 2012 T.S. Chibrik, N.V. Lukina, E.I. Filimonova, M.A. Glazyrina

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin

The results of complex research of forest phytocoenosis structure and dynamics on the disturbed industrial lands are given in the paper.

Key words: *phytocoenosis, cenopopulation, mycorrhiza, ash dump.*

Chibrik Tamara Semenovna, candidate of biological sciences, senior researcher, head of laboratory of anthropogenic dynamics of ecosystems and biological recultivation, e-mail: Tamara.Chibrik@usu.ru; *Lukina Natalia Valentinovna*, candidate of biological sciences, docent, senior researcher, e-mail: Tamara.Chibrik@usu.ru; *Filimonova Yelena Ivanovna*, candidate of biological sciences, senior researcher, e-mail: Tamara.Chibrik@usu.ru; *Glazyrina Margarita Aleksandrovna*, candidate of biological sciences, docent, senior researcher, e-mail: Tamara.Chibrik@usu.ru