

Эколого-ценотическая роль фитогенных полей сосны обыкновенной на отвалах угольной промышленности

В. И. УФИМЦЕВ¹, И. П. БЕЛАНОВ², О. А. КУПРИЯНОВ¹,

¹ Институт экологии человека СО РАН
650065, Кемерово, просп. Ленинградский, 10
E-mail: wvy2079@gmail.com

² Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630090, Новосибирск, просп. акад. Лаврентьева, 8/2
E-mail: bel_ivan@rambler.ru

Статья поступила 13.03.2015

Принята к печати 10.09.2015

АННОТАЦИЯ

Трансформация экологических факторов под влиянием *Pinus sylvestris* L. на отвалах угольных разрезов приводит к формированию трехзональных фитогенных полей. Для подкроновой зоны характерны сглаженный температурный режим, низкая освещенность, накопление подстилки и формирование обильного подроста. В прикромовой зоне с высокой увлажненностью формируется развитый моховой покров, встречаемость подроста очень низкая. Внешняя зона является переходным пространством к фоновым луговым сообществам, характеризуется развитым травянистым покровом, обилием видов и куртинным размещением подроста *P. sylvestris* L. По отношению к фитогенным полям сосны отмечаются положительные, приспособительные и отрицательные реакции травянистых растений, большинство видов обладают отрицательной реакцией.

Ключевые слова: отвалы вскрышных пород, *Pinus sylvestris* L., фитогенное поле, экологические факторы, подрост, травостой, реакции видов.

Фитогенное поле древесных растений – мощный механизм преобразования факторов внешней среды, определяющий направленность формирования экосистемы. По определению А. А. Уранова [1965], фитогенным полем принято считать “часть пространства, в пределах которого среда приобретает новые свойства, определяемые присутствием в ней данной особи растения”. Среди работ, посвя-

щенных изучению влиянию деревьев на прилегающее пространство, особо выделяются исследования фитогенных полей сосны обыкновенной как одного из основных эдификаторов лесных сообществ в различных экологических условиях Северной Евразии [Лацинский, 1981; Ипатов, 1997; Крышень, Хокканен, 1998; Журавлева и др., 2012]. Влияние сосны на структуру сообщества на отвалах

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

угольной промышленности отмечается работами на техногенных ландшафтах Кузбасса [Манаков и др., 2011], Приморья [Саламатова, Плошко, 1992], КАТЭКа [Миropyчева-Токарева, 1998], Урала [Чибрик и др., 2012] и других промышленных регионов, однако исследований по изучению фитогенных полей на отвалах не проводилось.

Цель данной работы – изучение формирования фитогенных полей одинокостоящих особей *P. sylvestris* L., произрастающих на отвалах угольных разрезов в различных климатических подзонах Кузнецкого угольного бассейна. Основные задачи – выявить особенности структуры фитогенного поля, определить характер его влияния на растительные группировки, оценить особенности возобновления сосны в пределах фитогенного поля, проанализировать взаимосвязь выявленных изменений с трансформацией экологических факторов. Результаты данных исследований представляют интерес для познания эндоэкогенеза формирующихся в посттехногенных ландшафтах будущих лесных экосистем.

Исследования проводились на полигонах, расположенных в четырех эколого-географических районах Кемеровской обл., различающихся по степени увлажнения и растительному покрову [Экологическая карта..., 1995]: 1 – северный лесостепной (разрез Кедровский), 2 – центральный остепненный (разрез Бачатский), 3 – южный лесостепной (разрез Бунгурский), 4 – среднегорный таежный (разрез Красногорский) (рис. 1). Полигоны – отвалы вскрышных пород с проведенной лесной рекультивацией без нанесения потенциально плодородных пород и/или плодородного слоя почвы.

Проанализировано 10 модельных деревьев сосны, по 2–3 на каждом полигоне. Деревья относятся ко II классу возраста, имеют I–II класс бонитета, I категорию жизненного состояния, сопоставимые показатели средней высоты, ступени толщины, радиуса кроны и высоты ее прикрепления (табл. 1).

Исследования проводились по радиальным трансектам, заложенным с северной и юж-

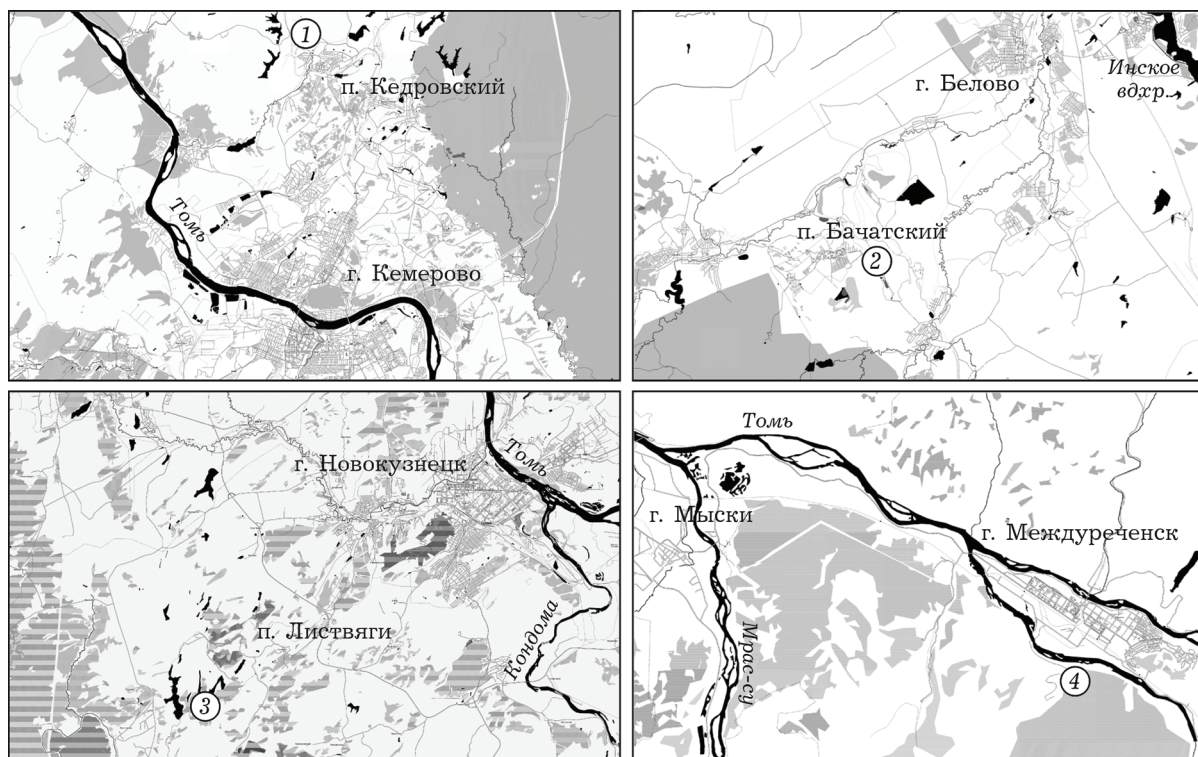


Рис. 1. Карта-схема расположения полигонов

Характеристика модельных деревьев

№ полигона-модели	Возраст	Высота, м	Степень толщины, см	Высота прикрепления кроны, см	Радиус кроны, север – юг, м
1-1	26	9,7	18–20	25	2,7–2,3
1-2	24	8,5	18–20	20	1,7–2,5
2-1	25	8,4	22–24	10	2,0–3,5
2-2	25	7,5	22–24	50	3,0–3,5
2-3	25	8,0	20–22	30	1,7–2,5
3-1	25	7,0	36–38	20	1,8–2,3
3-2	25	8,4	26–28	30	1,7–3,3
3-3	28	11,3	24–26	40	3,6–3,0
4-1	25	10,0	18–20	30	1,8–2,2
4-2	27	10,4	20–22	50	2,8–2,0

ной сторон каждого дерева. Учет параметров внешней среды проведен в соответствии с зонированием фитогенных полей в подкороновой, прикороновой и внешней зонах деревьев. Освещенность измерена с помощью люксметра Testo 540, динамика температур – терморегистраторами системы Thermochron, установленными на глубине 10 см и на поверхности почвы, влажность почвы – методом высушивания навесок при температуре 105 °С, количество осадков – с помощью дождемеров полевого типа.

Для изучения напочвенного покрова по трансектам закладывались учетные площадки (УП) размером 0,3 × 0,6 м, расположенные вплотную поперек трансект [Понятовская, 1964], для более точного учета границ фитогенного поля [Демьянов, 1989], а вытянутость учетных площадок связана с высокой мозаичностью напочвенного покрова в условиях простых растительных группировок отвалов. Оценивались такие показатели, как общее проективное покрытие (ОПП) травостоя, его высота, видовой состав, надземная фитомасса; мощность подстилки или ветоши, ее структура по слоям, фитомасса; проективное покрытие подроста, его количество, средняя высота и жизненное состояние; проективное покрытие мохового покрова и его видовой состав.

Анализ морфометрических результатов проведена с использованием программ MS Excel® и The Untitled Scenes 1.0. Геоботанические описания обрабатывались при помо-

щи ПО IBIS с построением матрицы сходства. Использовалась асимметричная мера сходства Чекановского – Дайса – Сёрсенена [Зверев, 2007]. Проведена кластеризация полученной матрицы сходства с помощью программы статистического анализа PAST [Hammer et al., 2001] по методу анализа Брея – Кертиса [Новаковский, 2007].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вариабельность экологических условий в пределах фитогенного поля в значительной степени зависит от ориентации по сторонам света (табл. 2). Самая низкая освещенность отмечена в подкороновой зоне с северной стороны – 7–8 % фоновой освещенности, с южной стороны она составляет 10–13 %. В прикороновой зоне северных экспозиций высокое отенение кроны сохраняется – этот показатель повышается до 13–17 %, а с южной возрастает в 7 раз и достигает 56–63 % от фонового уровня. Во внешней зоне на южных трансектах освещенность имеет фоновый уровень, на северных – несколько ниже (72–78 %), что свидетельствует о влиянии дерева на экологические условия прилегающего пространства вне кроны.

На северных трансектах под- и прикороновой зон ход температур ровный, без существенных среднесуточных колебаний. Здесь отмечается минимальная сумма эффективных температур – менее 1500 °С, экстремумы температур слабо выражены. В подкороновой

Параметры факторов внешней среды в фитогенном поле сосны

Параметр	Зоны и их ориентация					
	подкروновая		прикروновая		внешняя	
	север	юг	север	юг	север	юг
Освещенность, тыс. лк	5,4 ± 0,6	8,0 ± 0,5	11,9 ± 1,2	46,7 ± 4,7	57,6 ± 5,3	75,0 ± 1,9
Сумма эффективных (выше +10 °С) температур	1323	1840	1483	2166	1745	2017
Среднесуточная температура, °С:						
май	7,5	9,5	8,5	12,0	12,5	11,5
июль	15,5	18,5	17,5	23,5	21,5	21,5
сентябрь	9,0	11,0	8,0	11,0	10,0	10,5
Максимальная температура °С:						
май	16,0	24,5	18,0	29,5	30,5	28,0
июль	23,5	38,0	29,0	50,5	51,5	36,5
сентябрь	14,5	21,5	16,5	29,0	22,0	21,0
Минимальная температура, °С:						
май	2,0	1,0	-2,0	-5,0	-6,0	-3,0
июль	12,5	13,5	11,5	12,5	10,0	14,0
сентябрь	2,5	3,0	-0,5	0	-1,0	2,0
Количество осадков за период май – сентябрь	119	187	332	358	260	321
Влажность почвы, %:						
май	17,8	15,1	17,7	13,7	16,9	13,0
июль	9,4	7,8	29,0	22,8	21,2	20,6
сентябрь	9,8	12,6	20,1	21,5	18,8	21,2

зоне среднесуточная температура в летние месяцы всегда ниже, а осенью выше, чем в других зонах. Минимальные значения температуры весной и осенью не опускаются ниже 0 °С. При общем понижении температуры в подкроновой зоне на 4–8 °С теплее, чем за ее пределами. Очевидно, терморегулятором выступает опад сосны.

Для внешней и прикроновой зоны южной экспозиции характерна максимальная сумма эффективных температур – более 2000 °С. Амплитуда температурных колебаний за вегетационный период более 55 °С: в мае отмечаются понижения ниже 0 °С, в самом жарком месяце – июле – температура на поверхности достигает критических значений – +51,5 °С. Осенью температура не опускается ниже -1 °С, чему, вероятно, способствует формирование опада травянистых растений, играющего такую же терморегулятивную роль, как и сосновый опад в подкроновой зоне.

Осадки в пределах фитогенного поля выпадают неравномерно – их максимальное количество аккумулируется в прикроновой зоне – 260–322 мм. Относительно этой зоны за весь период вегетации в подкроновой зоне выпадает 36 % осадков, во внешней – 78 %. С северной экспозиции распределение влаги носит сглаженный характер – 52 и 90 % соответственно. Учитывая преобладание в летний период на территории Кемеровской обл. ветров южной и юго-западной экспозиций [Климат..., 2015], южные стороны крон деревьев являются ветроударными, задерживается большее количество осадков, чем с противоположной стороны. Поэтому высокая испаряемость, высокая освещенность, близкая к фону, повышенные температуры в середине вегетации на южных трансектах частично компенсируются максимальным влагоотложением, формируя своеобразие экологических условий данной зоны.

Неравномерное распределение осадков кронами сказывается на увлажнении эмбриоземов. В весенний период влажность почвы по зонам в пределах одной экспозиции одинакова, с южной стороны на 2–4 % ниже, чем с северной. К середине вегетации более увлажненной оказывается почва в прикрановой зоне северных трансект, вероятно, из-за сниженной инсоляции, а в подкрановой зоне влажность снижается в 2 раза по сравнению с весенним увлажнением. К концу вегетации влажность почвы в подкрановой зоне несколько возрастает, но не достигает весеннего уровня, а в прикрановой и внешней зонах становится на 2–7 % выше, чем весной.

Таким образом, трансформация факторов внешней среды деревьями сосны способствует формированию в подкрановой зоне условий минимальной освещенности и увлажнения, в прикрановой – максимального увлажнения. В последнем случае решающую роль играет освещенность – с северной стороны формируются условия, близкие к гидроморфным, с южной – ближе к ксероморфным – с повышенными температурами поверхности при отсутствии сплошного травостоя.

Влияние сосны на направленность формирования напочвенного покрова затрагивает практически все его характеристики (табл. 3). Исключительный признак подкрановой зоны – лесная подстилка, проективное покрытие которой составляет 100 %. В составе подстилки преобладает опад сосны – хвоя, шишки и мелкие ветки, и только в некоторых случаях опад дополняется некоторым количеством ветоши, до 10 %, при относительно высоком проективном покрытии травянистых видов. Ее толщина в подкрановой зоне в 3–10 раз выше, чем за ее пределами, с северной стороны на 1–4 см больше, чем с южной. Максимальная толщина подстилки – 12 см – в околоствольном пространстве модельного дерева 3–1, имеющего максимальный диаметр ствола и наиболее развитую крону. Профиль подстилки, как правило, двучленный, состоит из верхнего опадного слоя, составляющего до 1/3 его толщины, и нижнего ферментативного – около 2/3 толщины профиля. Верхний слой совершенно не подвержен процессам дезинтеграции, в нижнем доля разложившейся хвои по массе составляет 30 %, шишки слабо подвержены разложению.

В некоторых случаях, в частности у модели 3–1, формируется третий, гумифицированный слой подстилки мощностью 1,5–2 см, непосредственно прилегающий к породным элювиям и частично с ним диффундированный. Дезинтеграция хвои в этом слое составляет 90 %, шишки частично разложившиеся, сильно измененные по цвету и органолептическим свойствам.

Граница лесной подстилки является одновременно и внешней границей подкрановой зоны – далее в прикрановой зоне подстилка практически отсутствует, сменяясь моховым покровом. Видовой состав мхов на первых трех полигонах представлен (в порядке снижения обилия) *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Brachythecium velutinum* Hedw. и *Bryum argenteum* Hedw., на четвертом – *Politrichum juniperinum* Hedw. и *Brachythecium salebrosum* (Web. & Mohr) Schimp., *Ceratodon purpureus* и *Eurhynchium hians* (Hedw.) Sande Lac. Наиболее развит моховой покров на северных трансектах – в среднем 50–70 %, максимум – 100 %, что связано с высокой степенью увлажнения и низкой инсоляцией в данной зоне. С южной стороны проективное покрытие мхов ниже – 20–60 %. Открытые поверхности, в связи со значительными колебаниями температур лишены мхов, подстилки и травостоя, занимают 15–20 %. Такие поверхности классифицируются как эмбриоземы инициальные, находящиеся на начальной стадии почвообразовательного процесса [Андроханов и др., 2004].

По мере увеличения общего увлажнения районов видовое разнообразие и значение мхов возрастает. В среднегорном таежном районе мхи формируют приствольную зону в радиусе 30–50 см (включая нижнюю часть ствола дерева до высоты 20–40 см) с проективным покрытием 20–40 %, что является следствием повышенного стока дождевой воды по стволу и ее аккумуляцией в приствольном пространстве. В лесостепных районах и степном ядре формирования мохового покрова в околоствольном пространстве не отмечается.

Во внешней зоне моховой покров присутствует в пределах 8–30 %, сосуществует с подстилкой, занимающей до 40–60 % поверхности почвы. Растительный опад представлен мортмассой травянистых видов, форми-

Параметры напочвенного покрова в фитогенном поле сосны

Параметр	Подкروновая		Прикroновая		Внешняя	
	С	Ю	С	Ю	С	Ю
Северный лесостепной						
Подстилка и опад, см	3,7 ± 0,7	2,9 ± 0,4	0,2 ± 0,2	0,3 ± 0,2	1,2 ± 0,3	1,6 ± 0,2
ОПП мхов, %	3,9 ± 2,3	1,1 ± 1,1	83,3 ± 3,6	59,2 ± 13,6	15,0 ± 4,5	21,1 ± 3,5
ОПП травостоя, %	9,0 ± 2,4	26,0 ± 3,6	36,7 ± 3,3	22,2 ± 3,2	74,4 ± 8,4	71,1 ± 6,3
Фитомасса, г/УП	13,2 ± 3,6	22,6 ± 2,5	49,8 ± 11,6	37,1 ± 4,5	35,8 ± 4,5	68,5 ± 17,5
Виды, шт./УП	5,0 ± 0,6	3,7 ± 0,5	6,5 ± 0,3	6,8 ± 0,9	5,5 ± 0,8	7,0 ± 0,5
Подрост, шт./УП	3,9 ± 1,0	3,3 ± 0,8	0,8 ± 0,4	0,7 ± 0,3	0,7 ± 0,4	0,6 ± 0,5
Высота подроста, см	20,6 ± 4,0	28,0 ± 1,8	54,2 ± 3,7	25,0 ± 1,8	71,1 ± 2,8	88,6 ± 6,2
Центральный остепненный						
Подстилка и опад, см	4,1 ± 0,6	3,9 ± 0,3	1,3 ± 0,21	0,3 ± 0,2	1,0 ± 0	0,9 ± 0,2
ОПП мхов, %	–	0,5 ± 0,5	76,6 ± 7,8	25,8 ± 9,8	8,3 ± 3,4	7,2 ± 2,6
ОПП травостоя, %	10,3 ± 3,3	29,0 ± 4,2	50,8 ± 4,9	39,2 ± 4,5	68,3 ± 3,5	64,4 ± 3,5
Фитомасса, г/УП	12,7 ± 1,8	26,2 ± 3,1	35,8 ± 12,3	85,0 ± 7,3	115,3 ± 8,5	85,0 ± 17,3
Виды, шт./УП	4,5 ± 0,34	3,6 ± 0,5	4,8 ± 0,3	5,5 ± 1,2	5,7 ± 0,5	7,0 ± 0,4
Подрост, шт./УП	3,4 ± 0,6	4,5 ± 0,8	0,2 ± 0,2	0,5 ± 0,3	0,3 ± 0,2	0,6 ± 0,2
Высота подроста, см	19,7 ± 2,4	15,5 ± 2,3	140,0 ± 0	92,5 ± 37,5	50,0 ± 20,0	82,0 ± 24,2
Южный лесостепной						
Подстилка и опад, см	7,5 ± 1,1	3,4 ± 0,6	0,5 ± 0,2	0,6 ± 0,2	0,8 ± 0,2	2,3 ± 0,2
ОПП мхов, %	1,0 ± 0,0	2,4 ± 1,0	52,5 ± 7,7	30,0 ± 9,8	14,0 ± 2,9	9,1 ± 1,4
ОПП травостоя, %	8,4 ± 2,7	10,8 ± 3,0	37,5 ± 5,2	28,0 ± 7,5	60,0 ± 5,8	59,2 ± 3,9
Фитомасса, г/УП	4,4 ± 1,8	12,6 ± 7,1	27,9 ± 10,3	32,0 ± 3,4	38,7 ± 9,2	51,3 ± 4,0
Виды, шт./УП	3,9 ± 0,7	3,4 ± 0,5	5,3 ± 0,3	4,5 ± 0,2	4,5 ± 0,5	4,9 ± 0,6
Подрост, шт./УП	1,6 ± 0,3	1,5 ± 0,4	–	0,3 ± 0,2	1,2 ± 0,49	0,4 ± 0,2
Высота подроста, см	32,0 ± 4,8	35,6 ± 7,9	–	130 ± 0,0	218,0 ± 37,4	273,3 ± 76,8
Среднегорный таежный						
Подстилка и опад, см	3,4 ± 0,5	4,5 ± 0,6	–	–	0,33 ± 0,2	0,67 ± 0,2
ОПП мхов, %	5,0 ± 2,4	0,0 ± 0,0	71,6 ± 7,1	24,2 ± 3,0	23,9 ± 4,1	22,2 ± 5,2
ОПП травостоя, %	2,5 ± 0,7	72,2 ± 8,3	43,3 ± 12,1	68,3 ± 4,7	77,8 ± 1,5	88,9 ± 2,6
Фитомасса, г/УП	5,7 ± 2,5	26,7 ± 2,7	22,6 ± 1,9	74,0 ± 6,6	62,3 ± 9,7	80,0 ± 8,9
Виды, шт./УП	4,5 ± 0,8	3,2 ± 0,3	4,2 ± 0,3	4,5 ± 0,2	6,9 ± 0,3	5,1 ± 0,2
Подрост, шт./УП	1,4 ± 0,3	1,2 ± 0,3	0,3 ± 0,2	0,3 ± 0,2	0,67 ± 0,29	0,88 ± 0,3
Высота подроста, см	16,9 ± 4,6	21,8 ± 3,5	30,0 ± 9,8	17,5 ± 7,5	72,5 ± 11,1	65,0 ± 13,9

рует слой, по воздушно-сухой массе в 30–100 раз меньший, чем слой подстилки в подкroновой зоне.

Сравнение состояния яруса D с факторами биотопа показывает, что проективное покрытие мхов коррелирует с количеством осадков, а подстилка имеет отрицательную корреляцию (табл. 4). Корреляция мохового покрытия с суммой эффективных темпера-

тур отмечается только на южных трансектах, с освещенностью корреляция слабая или отсутствует. В свою очередь, между подстилкой и моховым покровом наблюдается сильная отрицательная корреляция – выше, чем между любыми другими признаками.

Подрост – один из важнейших факторов устойчивости лесных экосистем. Наблюдается прямая корреляционная зависимость под-

Средняя корреляция между факторами внешней среды и параметрами начального покрова

	Подстилка		Мох		ОПП травостоя		Число видов		Фитомасса		Количество подроста		Состояние подроста	
	С	Ю	С	Ю	С	Ю	С	Ю	С	Ю	С	Ю	С	Ю
Освещенность	-0,27	-0,41	-0,26	0,23	0,93	0,91	0,01	0,63	0,47	0,83	-0,39	-0,59	0,77	0,83
Σ осадков	-0,74	-0,70	0,77	0,69	0,56	0,57	0,59	0,69	0,4	0,58	-0,58	-0,61	0,74	0,37
Σ эффективных температур	-0,47	-0,74	0,02	0,78	0,87	0,35	0,15	0,64	0,46	0,40	-0,52	-0,55	0,88	0,12
Подстилка			-0,34	-0,53	-0,33	-0,41	-0,55	-0,53	-0,63	-0,72	0,84	0,84	-0,66	-0,05
Мох					-0,01	0,12	0,36	0,57	0,47	0,3	-0,42	-0,39	0,29	-0,15
ОПП							0,2	0,59	0,6	0,6	-0,54	-0,47	0,83	0,85
Число видов									0,37	0,58	-0,39	-0,52	0,31	0,35
Фитомасса											-0,42	-0,72	0,61	0,61
Количество подроста													-0,69	-0,25

роста с толщиной подстилки, средняя обратная – с количеством осадков, суммой температур и освещенностью, а также моховым покрытием (см. табл. 4). Ход роста и связанное с ним жизненное состояние подроста с высокой степенью коррелируют с освещенностью (0,77–0,83) и ОПП травостоя (0,83–0,85).

Максимальное количество подроста сосредоточено в подкрановом пространстве деревьев на полигонах северной лесостепи и степного ядра – до 3–4 шт./УП, при этом в степном ядре максимальная встречаемость подроста – 100 %. Средняя высота подроста составляет 15–35 см, максимальная – 45 см, вне зависимости от возраста. Жизненное состояние оценивается 2 баллами (сомнительный), что свидетельствует о влиянии материнского дерева на подрост.

В прикрановой зоне с развитым моховым покровом и повышенной влажностью почвы количество подроста и его встречаемость в 5–20 раз ниже, чем в подкрановой, а в некоторых случаях (модели 3-1, 3-3, 4-1) он отсутствует. Во внешней зоне фитогенных полей встречаемость подроста низкая, как правило, спорадическая или куртинами, его количество в 2–10 раз меньше, чем в подкрановой зоне. Максимальная высота подроста в зависимости от возраста варьирует от 50 до 270 см, максимальная составляет 420 см. Годичный линейный прирост легко определяется, подавляющее большинство экземпляров имеют 3 балла по шкале жизненного состояния (благонадежный).

На четвертом полигоне по возрасту резко выделяются сеянцы текущего года (30 %) и 2–3-летние (25 %), что свидетельствует о гибели значительной части сеянцев в старшем возрасте. Встречаемость низкая, независимо от зональности фитогенного поля или сомкнутости крон, менее 50 %. Среднее количество сеянцев и подроста – $1,8 \pm 0,6$ шт./м², различия между зонами незначительны. Во внешней зоне ФП подрост единичный, средняя высота в 8-летнем возрасте составляет 45 ± 12 см, балл жизненного состояния – 3. В подкрановой зоне состояние оценивается одним и двумя баллами, средняя высота – $10,0 \pm 2,4$ см. Таким образом, возобновление сосны обыкновенной в отвалах в условиях горно-таежной подзоны следует считать неудовлетворительным. Более благоприятные усло-

вия под покровом сосновых насаждений складываются для возобновления таежных древесных видов, которые составляют растительное окружение отвалов: в подкроновом пространстве присутствует возобновление *Pinus sibirica* Du Tour (встречаемость 10 %, обилие до 14 экз./м²), *Betula pendula* Roth. (20 %, 1–2 экз./м²), *Populus tremula* L. (10 %, до 10 экз./м²) и *Abies sibirica* Ledeb. (5 %, 2–3 экз./м²).

Общее проективное покрытие (ОПП) травостоя и его фитомасса положительно коррелируют с освещенностью, коэффициент составляет 0,7–0,9. В северной части подкроновой зоны эти параметры минимальны: ОПП составляет до 2,5–10 %, фитомасса – 4–13 г/м². В южной части травянистый покров более развитый, на полигонах № 1 и 2 оба параметра в 2–3 раза выше, чем в северной части, а на полигоне № 4 выше на порядок.

Количество видов на одну учетную площадку в подкроновой зоне на 1–2 меньше, чем в прикроновой и внешней, а по северным трансектам на 1–2 вида больше, чем по южным. Такие незначительные различия связаны с относительно малым возрастом насаждений, в течение которого естественное зарастание отвалов еще не достигает стадии замкнутой, или даже сложной, растительной группировки, сохраняясь в виде простого фитоценоза с невысоким видовым разнообразием [Манакон и др., 2011]. Как известно, в естественных условиях луговых сообществ, обладающих высоким видовым разнообразием, влияние фитогенного поля сосны способствует существенному снижению количества видов за счет трансформации освещенности [Журавлева, 2011]. Виды, являющиеся доминантами во внешней зоне, могут присутствовать в подкроновой и в прикроновых зонах, но доминирующего положения в структуре травостоя они не занимают.

В соответствии с характером реакции растений подчиненного яруса на влияние фитогенных полей сосны выделяются три неравнозначные группы видов (табл. 5). Распределение видов в таблице приведено по максимальному проективному покрытию, так как средние значения вследствие высокой вариабельности данных не достоверны, к тому же максимальные показатели являются своего

рода прогнозом дальнейшего развития экосистемы, которая в настоящий момент находится только на начальном этапе своего формирования. По внешней зоне приведены виды, проективное покрытие которых > 1 %.

В первую группу входят виды, имеющие максимальное проективное покрытие в подкроновой зоне деревьев и обладающие, таким образом, положительной реакцией на их фитогенное поле. Повсеместно распространены *Fragaria vesca* L., *Poa angustifolia* L. и собственно подрост *Pinus sylvestris* L. Первый вид присутствует, как правило, на северных трансектах, второй – на южных с их более высокой освещенностью и низкой увлажненностью. Присутствие *F. vesca* повышает проективное покрытие до 20 %, что является существенным содействием формирования подчиненного яруса в условиях сильного затемнения. Проективное покрытие *P. angustifolia* достигает 90 % (модель 4-1) – ОПП травостоя на южных трансектах всегда выше, чем на северных, где *P. angustifolia* практически не встречается. Следует отметить, что этот луговой злак имеет положительную реакцию к фитогенным полям различных деревьев и в естественных условиях обитания [Ашик, Тиходеева, 2006]. С меньшей встречаемостью, но с относительно высоким проективным покрытием присутствует *Medicago falcata* L. Подрост и возобновление таежных видов – *Pinus sibirica* и *Abies sibirica* – отмечены только в подкроновой зоне на четвертом полигоне.

Вторая группа – виды с приспособительной реакцией – обладает максимальным проективным покрытием в прикроновой зоне. Безусловным лидером как по проективному покрытию, так и по встречаемости выступает *Melilotus officinalis* L. Данный вид является типичным представителем техногенной флоры Кузбасса, поселяется как на пионерной стадии развития фитоценозов, так и сохраняется в сложных растительных группировках на отвалах в течение десятков лет. Очевидно, в прикроновой зоне создается сочетание условий освещенности и увлажнения, менее благоприятное для луговых видов, и *M. officinalis* занимает лидирующие позиции. Меньшее проективное покрытие имеет *Medicago lupulina* L. В среднегорном таежном районе приспособительная реакция от-

Распределение видов растений по встречаемости и максимальному проективному покрытию на трансектах в фитогенное поле сосны

Названия таксонов	В*	ПП**	Названия таксонов	В	ПП
Подкрановая зона					
<i>Pinus sylvestris</i>	100	80	<i>Fragaria vesca</i>	40	20
<i>Poa angustifolia</i>	60	90	<i>Medicago falcata</i>	5	20
<i>Pinus sibirica</i>	4	30	<i>Abies sibirica</i>	3	10
Прикрановая зона					
<i>Melilotus officinalis</i>	90	70	<i>Hieraceum umbellatum</i>	60	50
<i>Medicago lupulina</i>	20	40	<i>Prunella vulgaris</i>	40	40
<i>Populus tremula</i>	3	30			
Внешняя зона					
<i>Calamagrostis epigeios</i>	54	70	<i>Phleum pratense</i>	7	8
<i>Dactylis glomerata</i>	59	70	<i>Bupleurum aureum</i>	13	5
<i>Potentilla anserina</i>	65	40	<i>Tussilago farfara</i>	9	5
<i>Cirsium setosum</i>	32	30	<i>Phlomooides tuberosa</i>	11	5
<i>Centaurea scabiosa</i>	21	50	<i>Artemisia frigida</i>	5	6
<i>Taraxacum officinale</i>	81	40	<i>Artemisia glauca</i>	5	5
<i>Convolvulus arvensis</i>	21	60	<i>Potamogeton angustifolius</i>	1	10
<i>Agrostis gigantea</i>	40	30	<i>Acer negundo</i>	20	5
<i>Elytrigia repens</i>	30	25	<i>Bromopsis inermis</i>	5	5
<i>Melissa officinalis</i>	3	60	<i>Onobrychis arenaria</i>	2	5
<i>Echium vulgare</i>	19	25	<i>Vicia sepium</i>	4	3
<i>Achillea millefolium</i>	35	10	<i>Berteroa incana</i>	9	5
<i>Pimpinella saxifraga</i>	35	30	<i>Melandrium album</i>	4	5
<i>Geranium pseudosibiricum</i>	15	20	<i>Galium septentrionale</i>	4	5
<i>Galium verum</i>	14	15	<i>Crepis tectorum</i>	6	3
<i>Arctium lappa</i>	6	40	<i>Hippophae rhamnoides</i>	1	3
<i>Cirsium vulgare</i>	11	15	<i>Lathyrus sylvestris</i>	1	3
<i>Linaria vulgaris</i>	60	10	<i>Vicia cracca</i>	3	2
<i>Poa pratensis</i>	3	30	<i>Amoria repens</i>	4	2
<i>Pastinaca sylvestris</i>	2	30	<i>Betula pendula</i>	4	1
<i>Geranium pratense</i>	4	15	<i>Lamium album</i>	1	1
<i>Amoria hybrida</i>	16	6	<i>Artemisia vulgaris</i>	4	1
<i>Leucanthemum vulgare</i>	9	12	<i>Crataegus sanguinea</i>	1	1
<i>Elytrigia pertenuis</i>	1	20	<i>Dracocephalum nutans</i>	1	1

*В – встречаемость, %; **ПП – проективное покрытие вида, %.

мечается также у *Hieraceum umbellatum* L. и *Prunella vulgaris* L. Виды, встречающиеся только в прикрановой зоне, не отмечаются.

Третья группа – виды с отрицательной реакцией. В основном это луговые виды, предъявляющие высокие требования к освещенности. В пределах подкранового пространства они присутствуют в виде единичных ослабленных экземпляров, а во внешней зоне

выступают доминантами травостоя. К ним относятся *Calamagrostis epigeios* L., *Dactylis glomerata* L., *Achillea millefolium* L., *Amoria hybrida* L., *Agrostis gigantea* L., *Galium verum* L., *Centaurea scabiosa* L. и др. Формируется двучленность травянистого яруса: нижний подъярус имеет высоту 30–50 см, верхний – 100–120 см, что свидетельствует о переходе травостоя в стадию сложной раститель-

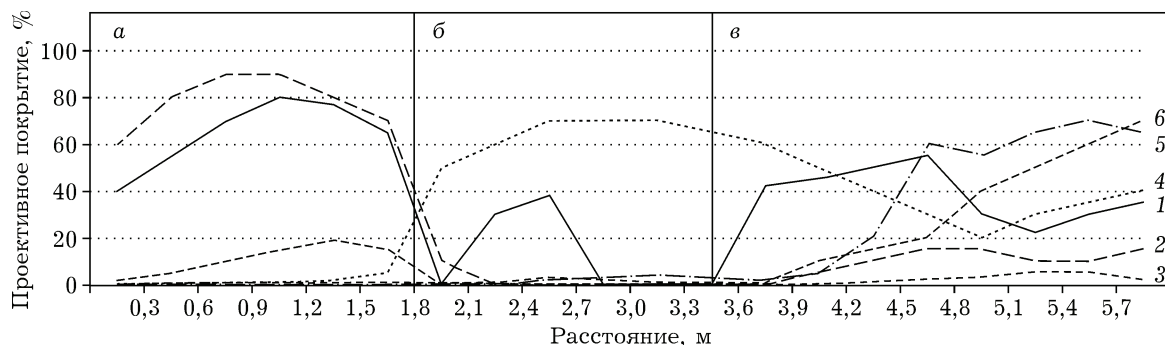


Рис. 2. Максимальные проективные покрытия основных видов-доминантов в подкроновой (а), прикромной (б) и внешней (в) зонах фитогенного поля по удалению от ствола дерева: 1 – *Pinus sylvestris*, 2 – *Poa angustifolia*, 3 – *Fragaria vesca*, 4 – *Melilotus officinalis*, 5 – *Calamagrostis epigeios*, 6 – *Dactylis glomerata*

ной группировки. Присутствие видов *P. angustifolia* и *M. officinalis* в травостое сохраняется, причем первый не является доминантом травянистого яруса, занимая нижний подъярус с проективным покрытием не более 15 %, а участие второго, по сравнению с прикромной зоной, снижается вследствие увеличения общего количества видов и их проективного покрытия. Только на полигоне № 2 *Melilotus officinalis* выступает содоминантом травостоя (рис. 2).

Анализ мер сходства показывает обособленность групп описаний в пределах первых трех полигонов – на уровне 0,88–0,94 (рис. 3). Между данными полигонами мера сходства составляет 0,84–0,86. Описания внешних зон третьего полигона имеют более высокую степень сходства с описаниями первого (0,89),

а подкромные и прикромные зоны – с описаниями второго (0,86). Минимальная мера сходства отмечена между северными и южными трансектами четвертого полигона – 0,5. Вероятно, это связано с тем, что с северной стороны создаются условия для поселения таежных видов и развитие фитоценоза протекает по лесному типу. Южные трансекты имеют высокую меру сходства (0,72) с трансектами первых трех полигонов, где преобладает луговая растительность.

Следует отметить, что мера сходства между разными зонами фитогенного поля в пределах одного полигона почти всегда выше (за исключением четвертого), чем между одинаковыми зонами на разных полигонах. Следовательно, влияние местных климатических факторов и растительного окружения отва-

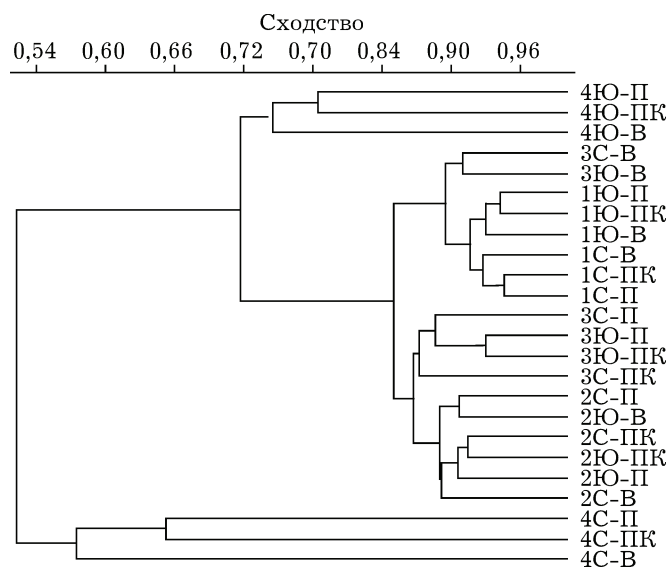


Рис. 3. Дендрограмма сходства зон фитогенных полей

лов на формирование травостоя в пределах фитогенных полей более сильное, чем влияние фитогенного поля конкретного дерева. Несмотря на четкую дифференциацию прилегающего пространства по основным признакам напочвенного покрова и существенное различие экологических условий, формирование подчиненного яруса происходит без достаточно четкой приуроченности отдельных видов к зонам фитогенного поля. Виды, имеющие положительную и приспособительную реакции по отношению к *P. sylvestris*, как правило, встречаются и за пределами подкροнового пространства. Снижение их обилия на открытых участках связано, прежде всего, с конкуренцией со стороны луговых видов с отрицательной реакцией. Возможно, невысокая общность одинаковых зон фитогенных полей объясняется с малым возрастом насаждений. По мере взросления древостоев, вероятно, различия в структуре сообщества будут более существенными, и роль деревьев сосны обыкновенной в формировании мозаичности растительного покрова на отвалах угольной промышленности возрастет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Под влиянием особой сосны обыкновенной происходит трансформация экологических факторов отвалов вскрышных пород угольной промышленности. Формируется трехзональное фитогенное поле с различиями по освещенности, температурному режиму и увлажнению. Успешность возобновления сосны в пределах фитогенных полей возрастает при увеличении ксероморфизма отвалов.

Для подкροновой зоны фитогенного поля характерны слабая освещенность, сглаженный температурный режим, умеренная влажность почвы, накопление большого количества лесной подстилки, обильное возобновление сосны, низкая фитомасса травостоя. Прикροновая зона характеризуется средней освещенностью, невыровненностью хода температур в зависимости от экспозиции по сторонам света, высокой влагообеспеченностью, развитым моховым покровом, слабым возобновлением сосны, большой фитомассой травостоя. Внешняя зона обладает высокой освещенностью, большими колебаниями темпера-

тур и увлажнения, обилием видового состава травостоя, высоким ОПП травостоя, высоким жизненным состоянием подроста.

В пределах фитогенного поля существует три типа реакций видов растений, при этом отрицательная реакция резко преобладает. Приспособительная реакция характерна для *Melilotus officinalis*, *Medicago lupulina*, *Hieracium umbellatum* и *Prunella vulgaris*. Положительной реакцией обладают *Pinus sylvestris*, *Poa angustifolia*, *Fragaria vesca*, *Medicago falcata*, *Pinus sibirica* и *Abies sibirica*.

Травянистый покров различных зон фитогенных полей имеет высокую степень сходства на отвалах лесостепных районов и степного ядра, что свидетельствует о начальном влиянии фитогенных полей на травянистый покров. В среднегорном таежном районе влияние более существенное – оно способствует дифференциации напочвенного покрова на микроучастки с лесным и луговым типами зарастания.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 14-04-31088 мол_а.

ЛИТЕРАТУРА

- Андроханов В. А., Куляпина Е. Д., Курачев В. М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск, 2004. 151 с.
- Ашик Е. В., Тиходева М. Ю. Исследование фитогенного поля *Tilia cordata* Mill. в посадках *Pinus sylvestris* L. в заповеднике “Белогорье” Белгородской области // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Биология. 2006. № 3. С. 64–73.
- Демьянов В. А. Структура ценогенного поля *Larix sibirica* (Pinaceae) // Ботан. журн. 1989. Т. 74, № 9. С. 1309–1316.
- Журавлева Е. Н. Влияние *Pinus sylvestris* L. на луговую растительность // Развитие геоботаники: история и современность. СПб., 2011. 43 с.
- Журавлева Е. Н., Ипатов В. С., Лебедева В. Х., Тиходева М. Ю. Изменение растительности на лугах под влиянием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Вестн. С.-Петерб. гос. ун-та. Биология. 2012. Вып. 2. С. 3–12.
- Зверев А. А. Информационные технологии в изучении растительного покрова. Томск, 2007. 304 с.
- Ипатов В. С. Фитогенные поля одиночных деревьев некоторых пород в одном экотопе // Ботан. журн. 1997. Т. 92, № 8. С. 1186–1192.
- Климат Кемеровской области [Электронный ресурс] // Кемеровский ЦГМС – филиал ФГБУ “Западно-Сибирское УГМС” [Официальный сайт]. URL: <http://meteo-kuzbass.ru/pogoda/climate> (дата обращения: 16.01.2015).
- Крышень А. М., Хокканен Т. Фитогенное поле сосны // Экология таежных лесов: тез. докл. Междунар. конф. Сыктывкар, 1998. С. 87–88.

- Лашинский Н. Н. Структура и динамика сосновых лесов Нижнего Приангарья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1981. 272с.
- Манаков Ю. А., Стрельникова Т. О., Куприянов А. Н. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. 167 с.
- Миронычева-Токарева Н. П. Динамика растительности при зарастании отвалов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1998. 169 с.
- Новаковский А. Электронный журнал "Jahrbuch fur Eco-Analytic und EcoPatologic" // Методы ординации в современной геоботанике [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Article/A26/Ordinate.htm> (дата обращения: 13.02.2015).
- Понятовская В. М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1964. Т. III. С. 209–299.
- Саламатова Н. А., Плошко Г. С. Сравнительный анализ флористического состава сообществ на отвалах угольных разрезов ПО "Приморскуголь" // Растительность и промышленная среда. Свердловск, 1992. С. 78–94.
- Уранов А. А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники. М.; Л.: Наука, 1965. Т. 1. С. 251–254.
- Чибрик Т. С., Лукина Н. В., Филимонова Е. И., Глазырина М. А. Структура и динамика лесных фитоценозов на нарушенных промышленностью землях // Изв. Самарского науч. центра РАН. 2012. Т. 14, № 1–5. С. 1403–1406.
- Экологическая карта Кемеровской области. Масштаб 1 : 500 000. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1995.
- Hammer Ø, Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 2001. Vol. 4, N 1. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (дата обращения 18.09.2014).

Ecological and Coenotic Role of Phytogenous Fields of Scots Pine Growing on Spoil Danks

V. I. UFIMTSEV¹, I. P. BELANOV², O. A. KUPRIYANOV¹

¹ *Institute of Human Ecology, SB RAS
650065, Kemerovo, Leningradsky ave., 10
E-mail: wvy2079@gmail.com*

² *Institute of Soil Science and Agrochemistry, SB RAS
630090, Novosibirsk, Lavrentieva ave., 8/2
E-mail: bel_ivan@rambler.ru*

Transformation of ecological environment on coal dumps under the influence of *Pinus sylvestris* L. lead to formation of three-zone phytogenous fields. The undertree zone was characterized by smoothed temperature conditions, low illumination, accumulation of the forest floor and formation of plentiful undergrowth. The crown zone with high moisture content was characterized by the developed moss cover and low occurrence of undergrowth. The external zone served as a transitional space to background meadow communities and was characterized by the developed grassy cover, high abundance of species and group distribution of undergrowth of *P. sylvestris* L. Positive, adaptive and negative reactions of grassy plants to phytogenous fields of Scots pine were noted. The majority of species expressed negative reaction.

Key words: spoil banks, *Pinus sylvestris* L., phytogenous field, ecological factors, undergrowth, grass stand, species reaction.