

УДК 630*181.351+574.42

DOI: 10.15350/2306-2827.2017.2.15

ВЛИЯНИЕ ФИТОГЕННЫХ ПОЛЕЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) НА РАЗМЕЩЕНИЕ ПОДРОСТА НА ОТВАЛАХ КУЗБАССА

В. И. Уфимцев

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН,
Российская Федерация, 650000, Кемерово, просп. Советский, 18
E-mail: uwy2079@gmail.com

Изучены особенности распределения подроста в пределах фитогенных полей одиночных деревьев и насаждений сосны обыкновенной с сомкнутостью крон 20–40 % на отвалах угольной промышленности Кузбасса. Установлена зависимость количества и высоты подроста от приуроченности к зонам фитогенных полей. Определены наиболее благоприятные параметры сосновых насаждений для содействия естественному возобновлению.

Ключевые слова: отвалы; техногенный элювий; сосна обыкновенная; фитогенное поле; естественное лесовозобновление; сомкнутость крон; подрост.

Введение. Способность к естественному возобновлению – один из ключевых критериев устойчивости древесных насаждений, созданных на отвалах вскрышных пород угольной промышленности [1]. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), имея широкий экологический диапазон произрастания [2], способна формировать в условиях выраженной олиготрофности и резкого ксероморфизма продуктивные древостои. Однако функционирование насаждений в качестве самоподдерживающейся системы определяется не продуктивностью деревьев, а характером внутривидовых отношений, обеспечивающих экологическую нишу для появления и сохранения нового поколения деревьев. Так, наиболее старшие посадки сосны на отвалах Кузбасса достигли II–III классов возраста и выступают ведущим фактором направленности эндоэкогенеза местообитаний, где они произрастают [3]. Как известно, при достижении климаксного состояния одновидовые сосновые насаждения без измене-

ния своего состава и возрастной структуры могут существовать в течение длительного времени. Климакс достигается тем, что сосна обыкновенная, будучи сильным эдификатором, формирует мощные фитогенные поля [4], являющиеся механизмом эндоэкогенетических сукцессий [5, 6], и в высокополнотных древостоях подавляет не только развитие большинства других видов растений, но и собственное возобновление [7, 8].

Неустойчивость техногенных лесных экосистем обусловлена тем, что уже к концу II класса возраста (35–40 лет) они достигают метастабильного климаксного состояния [9], при котором высаженные деревья оказываются в одинаковых условиях конкурентной борьбы, начинают угнетать друг друга [10], образующийся подрост испытывает сильное подавляющее влияние древостоя [11], происходит постепенная деградация насаждений без признаков восстановительных сукцессий [12]. Условиями появления последних являются мозаичность лесного покрова, раз-

© Уфимцев В. И., 2017.

Для цитирования: Уфимцев В. И. Влияние фитогенных полей сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на размещение подроста на отвалах Кузбасса // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 2 (34). С. 15–27. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.2.15

личная возрастная структура насаждений, дифференциация древостоя по габитусу и жизненному состоянию [13], которые характерны для естественно поселившихся древесных молодняков. Поскольку для формирования благонадёжного подроста требуется пространственная разобщённость деревьев I поколения как источников возобновления, следует обратить внимание более детальное на разреженные культуры и одиночные деревья сосны, которые формируют фитогенные поля меньшей напряжённости, чем сомкнутые древостои.

Целью настоящей работы явилось изучение естественного возобновления под влиянием фитогенных полей деревьев сосны обыкновенной, произрастающих на техногенных элювиях угольной промышленности Кузбасса.

Для достижения цели решались следующие **задачи**:

1) провести картирование участков насаждений по зонам фитогенных полей деревьев;

2) изучить пространственное распределение всходов, самосева и подроста сосны обыкновенной с учётом картирования;

3) оценить влияние экологических свойств фитогенных полей на естественное возобновление;

4) определить параметры создания сосновых культур для формирования устойчивых насаждений.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в 2016 году на участках лесной рекультивации отвалов Кедровского угольного разреза (г. Кемерово), образованных при открытой добыче каменного угля. По эколого-географическому районированию территория разреза относится к району северной лесостепи с вторичными берёзовыми лесами, кустарниками и остепнёнными лугами¹.

¹ Экологическая карта Кемеровской области. Масштаб 1:500000 / Под ред. Баранника Л. П. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России. 1995. 1 л.

Координаты участка: 55°32'33.09" СШ, Е 86°04'11.06" ВД.

Отвалы внешние железнодорожные спланированные, без нанесения потенциально плодородных пород или плодородного слоя почвы (табл. 1). Техногенный элювий отвалов состоит из силикатных и карбонатных песчаников с включениями частиц угля и конгломератов. В структуре почвенного покрова преобладают эмбриоземы органо-аккумулятивные, локально-дерновые и инициальные. Реакция почвенного раствора (рН) нейтральная или слабощелочная (6,9–8,0). Во фракционном составе верхнего слоя эмбриоземов (0–10 см) преобладает гравийная фракция (1–3 мм) – 33–52 %, содержание мелкозёма (<1 мм) составляет 16–47 %, что, в целом, соответствует необходимому минимуму для закрепления семян древесных видов, их последующего прорастания и сохранения семян [14].

Лесная рекультивация проведена в 1988–1989 годах. Проектная густота посадки составляла 6000 семян сосны обыкновенной на 1 га. Сохранность в 2015 году на разных участках варьировала от 180 до 4100 деревьев на 1 га – неоднородность густоты древостоев обусловлена различиями качества посадки и приживаемости. По средней высоте насаждения соответствуют I–II классам бонитета², большинство деревьев относится к I категории общего жизненного состояния [15]. Насаждения плодоносят с 15-летнего возраста и выступают единственным источником семян сосны обыкновенной, так как на окружающих отвалах естественных ненарушенных территориях сосна не встречается.

Сомкнутые древостои мертвопокровные, под их покровом единично встречаются *Gypsophila perfoliata* L., *Poa angustifolia* L., *Fragaria vesca* L., *Melilotus*

² Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии. Нормативно-справочные материалы. М., 2006. 803 с.

officinalis L., *Medicago lupulina* L., *Populus tremula* L., *Prunella vulgaris* L., *Agrostis gigantea* Roth., *Galium verum* L., *Trifolium hybridum* L. Фоновые растительные сообщества, произрастающие на прилегающих участках отвалов, – злаково-разнотравно-бобовые луговины, имеющие признаки сложных растительных групп [16]: высокое общее проективное покрытие травостоя – 70–100 %, количество видов достигает 35–40, выделяются два подъяруса: нижний имеет высоту 35–40 см, верхний – 100–140 см и проективное покрытие 10–15 %. Доминируют *Dactylis glomerata* L. (ОПП 20–60 %), *T. hybridum* (10–40 %), *Achillea millefolium* L. (5–30 %), *M. officinalis* (5–20 %), *Leucanthemum vulgare* L. (до 20%), *M. lupulina* (до 10 %), *Inula helenium* L. (до 10 %), *G. verum* (до 10 %) и др. Рудеральные виды присутствуют единично, чаще встречаются *Cirsium setosum* Wimm. & Grab. (ОПП до 2 %), *Cirsium vulgare* (Savi) Ten. (до 1 %) и *Elytrigia repens* (L.) Nevski (+). Видовой состав редин и малосомкнутых насаждений близок к луговинам, по мере снижения сомкнутости крон общее проективное покрытие травостоя возрастает от 0 до 70–100 %.

Для проведения исследований подбирались участки насаждений с сомкнутостью крон 20–40 % (пробные площади (ПП) 1–5), где, в соответствии с ранее проведённым зонированием, чётко идентифицируются все зоны фитогенных полей (ФП) – подкроновые, прикроновые и внешние, а также одиночные плодоносящие деревья сосны обыкновенной, произрастающие на луговинах, где влияние других деревьев не отмечается (ПП 6–10).

Всего было изучено пять ПП в насаждении и пять ПП – на луговинах с одним модельным деревом в центре на каждой ПП. Деревья на всех ПП характеризуются низким прикреплением кроны – 10–50 см и почти полным отсутствием сухих ветвей, что свидетельствует о слабой внутривидовой конкуренции.

При закладке пробных площадей применялся размер 10×10 м, так как стандартный размер ПП для изучения лесных сообществ – 25×25 м – приводил бы к попаданию в пределы ПП древостоев с иной сомкнутостью крон и искажению полученных результатов.

Древостои на ПП 1–5 относятся к I категории общего жизненного состояния, имеют близкие таксационные характеристики: средний диаметр – от 16 до 22 см, высота – от 9,5 до 11,2 м, что соответствует I–II классам бонитета. В пределах каждой пробной площади присутствует от 5 до 15 деревьев, которые формируют общую сомкнутость крон от 20 до 40 % (табл. 1).

Доля подкроновых зон ФП колеблется в пределах от 21,1 до 39,3 %, имеет высокую корреляционную связь с суммой площадей сечений ($r=0,94$) и количеством деревьев ($r=0,87$). Доля прикроновых зон варьирует от 19,8 до 50,3 %, в зависимости от равномерности распределения деревьев на каждой ПП – чем выше скученность групп деревьев, тем меньше площадь прикроновых зон, корреляционная связь с количеством деревьев ($r=0,30$) и суммой площадей сечений ($r=0,44$) – низкая. Доля внешних зон составляет от 26,9 до 59,1 %, имеет обратную зависимость от количества деревьев ($r = -0,77$) и суммы площадей сечений ($r = -0,79$).

Таблица 1

Характеристика древостоев на пробных площадях

Показатели		ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4	ПП 5
Количество деревьев II класса возраста, шт.		8	9	10	15	5
Средняя высота, м		10,7±0,30	11,2±0,25	10,6±0,33	11,0±0,24	9,5±0,28
Степень толщины, см		16-18	20-22	18-20	18-20	16-18
Доля зон ФП, %:	подкроновая	23,8	30,5	22,8	39,3	21,1
	прикроновая	21,5	20,2	50,3	29,2	19,8
	внешняя	54,7	49,3	26,9	31,6	59,1

Таблица 2

Характеристика модельных деревьев

Показатели	ПП 6	ПП 7	ПП 8	ПП 9	ПП 10
Возраст, лет	28	27	27	27	27
Высота, м	9,7	8,4	8	7	10
Степень толщины, см	18-20	22-24	20-22	36-38	18-20
Высота прикрепления кроны, см	25	10	30	20	30
Радиус кроны, север-юг, м	2,7-2,3	2,0-3,5	1,7-2,5	1,8-2,3	1,8-2,2

Модельные деревья, в пределах влияния которых изучено состояние лесовозобновления, – одиночные разновозрастные (27–28 лет) особи высотой 8–10 м и диаметром от 18 до 38 см. Граница проекции кроны расположена на расстоянии 1,7–3,5 м от ствола в зависимости от конкретного модельного дерева и ориентации по сторонам света (табл. 2)

Картирование ПП проводилось с использованием GPS-навигатора в соответствии с идентификационными признаками зон ФП [17]. Подкроновые зоны (П) выделялись по наличию сплошного опада хвои сосны с проективным покрытием 90–100 %, при этом границы подкроновых зон практически совпадали с проекцией кроны деревьев, в некоторых случаях не достигая края проекции кроны. Прикроновые зоны (ПК) определялись по развитому моховому покрову – 70–100 %, отсутствию сплошного опада хвои и низкому – < 10 % – проективному покрытию опада травянистых видов. Границы между подкроновыми и прикроновыми зонами определяются чётко, по контрасту вышеуказанных признаков. Внешняя граница прикроновых зон простирается от проекции кроны в среднем на $\frac{1}{2}$ её радиуса – таким образом, чем больше радиус кроны, тем дальше распространяется каждая зона ФП. Внешние зоны (В) характеризуются развитым травостоем, близким по видовому составу, проективному покрытию и сплошному покрытию опада травянистых видов к характеристикам фоновых группировок, в насаждениях простираются между прикроновыми зонами различных деревьев, у одиночных деревьев – посте-

пенно, на расстоянии 5–8 м от ствола, переходят в фоновые группировки.

Для изучения распределения семян сосны использован метод ящичных семеноводов размерами 1×1 м [18]. Семеноводы устанавливались в начале марта перед вылетом семян в каждой зоне ФП одиночных деревьев и насаждений с подветренной (северо-восток) стороны в трехкратной повторности. Снятие семеноводов и подсчёт семян проводился в начале мая после полного завершения вылета семян.

Для определения влияния ФП деревьев на возобновление проводился сплошной перебор подростка методом учётных площадок (УП) размером 0,5×0,5 м. Минимально возможный размер учётных площадок подбирался исходя из того, что зафиксировать влияние ФП можно лишь при достаточно дробном учёте [19, 20] и подавляющее большинство экземпляров подростка имеет площадь проекции кроны менее 0,25 м². К подкроновым зонам относились УП, целиком расположенные в пределах проекции кроны, к прикроновым зонам относились УП, полностью или частично попадающие между проекцией кроны и внешней условной границей прикроновой зоны, к внешним зонам относились все остальные УП.

В пределах каждой УП определялись характеристики подростка: количество, возраст и средняя высота. По возрасту возобновление распределялось на всходы (1–2 года), самосев (3–5 лет) и подрост (6 лет и старше). По высоте весь подрост делили на три группы: мелкий – до 50 см, средний – 51–150 см, крупный – 151 см и более [21]. Варьирование высоты считали

слабым, если коэффициент вариации (V , %) не превышал 10 %, средним – при 11–25 % и значительным – при 26 % и более.

Для увеличения выборки и статистической достоверности все данные объединялись в две группы: соответственно, по ПП в насаждениях и по ПП с одиночными модельными деревьями. Статистическая обработка данных проведена с помощью программного обеспечения Past 3.0 и MS Excel®.

Результаты и обсуждение. Среди возрастных категорий на всех ПП резко преобладает подрост – 99–100 %, его возраст идентифицируется достаточно чётко по годичным линейным приростам и составляет 8–10 лет. Доля прочих возрастных групп – менее 1 % от общего количества, поэтому материалы по всходам и самосеву не обсуждаются и в дальнейшем представлении результатов ко всем экземплярам применён термин «подрост».

На пробных площадях отмечается горизонтальная дифференциация пространства по количеству и высотам подроста, в целом совпадающая с проведённым зонированием фитогенных полей (рис. 1).

В подкروновых и внешних зонах ФП насаждений подрост отмечается на $\frac{1}{4}$ общего количества УП, в промежуточных прикромовых зонах – в 2,2–2,5 раза реже (табл. 3). Максимальное количество подроста отмечается в подкромовых зонах – до 12 шт. на 1 УП, в прикромовых – в два раза меньше, во внешних – в три раза меньше. По среднему количеству также достоверно преобладают подкромовые зоны, опережая внешние зоны на $\frac{1}{4}$, прикромовые – почти в четыре раза. Во всех трёх группах зон коэффициент вариации выше 25 %, что свидетельствует о значительном варьировании количества подроста на учётных площадках.

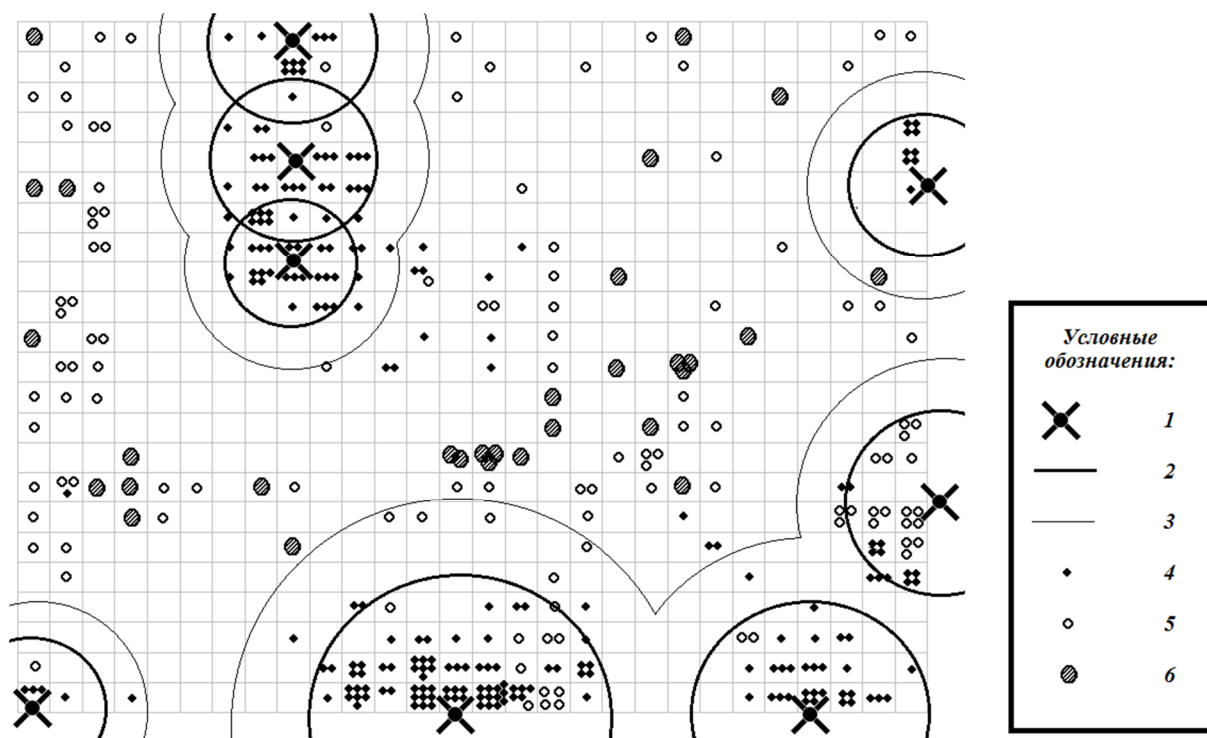


Рис. 1. Размещение экземпляров подроста по зонам фитогенных полей (на примере ПП 1), где 1 – деревья II класса возраста, 2 – границы проекций крон, 3 – условные внешние границы прикромовых зон ФП, 4 – мелкий подрост, 5 – средний подрост, 6 – крупный подрост

Таблица 3

Характеристика подроста по зонам фитогенных полей в насаждении

Статистические параметры	Количество, шт./0,25 м ²			Высота, см		
	П	ПК	В	П	ПК	В
<i>N</i> , %	22,6	9,8	24,9	–	–	–
<i>M_{min}</i>	0	0	0	5,0	5,0	5,0
<i>M_{max}</i>	12,0	6,0	4,0	130,0	250,0	230,0
<i>M±m</i>	0,44±0,04	0,12±0,01	0,31±0,02	34,90±1,6	50,67±4,6	83,41±2,5
<i>δ</i>	1,08	0,42	0,62	22,12	41,77	47,97
<i>V</i> , %	27,0	42,0	31,0	14,1	9,1	19,1

Максимальная высота подроста отмечается в прикромовой и внешней зонах – 230–250 см, в подкромовой – почти в два раза меньше, минимальная высота по всем ПП составляет 5 см. По величине средней высоты в подкромовой зоне подрост относится к категории мелкого – здесь она достоверно ниже, чем в прикромовой, а во внешней – достоверно выше и подрост относится к категории среднего. Изменчивость высоты подроста в подкромовой зоне слабая, в прикромовой и внешней зонах – средняя. Таким образом, несмотря на широкий диапазон высот (*max* превышает *min* в 26–50 раз), по каждой зоне ФП подрост характеризуется выраженной однородностью.

Высокой концентрации подроста в подкромовой зоне, вероятно, способствует

вытеснение большинства травянистых видов, обладающих отрицательной реакцией на ФП сосны – как под воздействием аллелопатического режима, так и в результате ухудшения режима освещённости [22]. В свою очередь, снижение инсоляции резко замедляет годичный прирост подроста, о чём свидетельствует его наименьшая средняя высота в подкромовой зоне и её низкая вариабельность.

В фитогенном поле одиночных деревьев по встречаемости подроста резко выделяется подкромовая зона – здесь подрост отмечается в три раза чаще, чем в подкромовых зонах насаждений (табл. 4). Вероятно, лучшему сохранению подроста способствует, по сравнению с подкромовыми зонами насаждений, относительно благоприятный режим освещённости.

Таблица 4

Характеристика подроста по зонам фитогенных полей одиночных деревьев

Показатели	Количество, шт./0,25 м ²			Высота, см		
	П	ПК	В	П	ПК	В
<i>τ</i> , %	68,7	7,8	3,5	–	–	–
<i>M_{min}</i>	0	0	0	5,0	15,0	50,0
<i>M_{max}</i>	12,0	5,0	4,0	50,0	100,0	220,0
<i>M±m</i>	2,5±0,28	0,1±0,12	0,05±0,01	28,3±1,8	54,0±4,2	114,0±13,9
<i>δ</i>	2,55	1,10	0,88	13,20	23,64	54,05
<i>V</i> , %	9,1	9,2	88,52	7,3	5,6	3,9

τ – встречаемость

Прикромовые зоны ФП одиночных деревьев характеризуются близкой величиной встречаемости подроста к аналогичной величине в насаждениях, а во внешней зоне подрост встречается в семь раз реже. Количественные экстремумы на учётных площадках сопоставимы с данными по насаждениям и показывают такую же динамику. При этом среднее количество распределяется по-другому и отражает здесь динамику встречаемости: в подкромовой зоне в среднем отмечается в 5,7 раза больше экземпляров, чем в насаждениях, во внешней – наоборот, меньше – в 6,2 раза, в прикромовой – не имеет достоверных различий по сравнению с прикромовыми зонами ФП насаждений. Коэффициент вариации количества подроста в подкромовых и прикромовых зонах низкий – 9,1–9,3 – свидетельствует о равномерном его размещении, во внешних зонах – высокий – 88,5 – демонстрирует спорадическое размещение.

Максимальная высота подроста в подкромовой и прикромовой зонах ФП одиночных деревьев в 2,6 – 3 раза ниже, чем в насаждениях, что связано, вероятно, с возросшей конкуренцией травянистых видов с относительно высоким проективным покрытием, во внешней – не имеет различий.

Минимальная высота подроста в подкромовой зоне аналогична данной величине в насаждениях, в прикромовой зоне – в три раза выше, во внешней – в десять раз. Сравнение зон ФП по средней высоте

подроста показывает аналогичную динамику средней высоты в насаждениях, но отмечается более низкая величина в подкромовой зоне на 19 % – подрост мелкий, и более высокая – во внешней – на 37 % – подрост средний; по прикромовым зонам обнаружено сходство в пределах статистической достоверности.

Изучение распределения семян плодоносящих деревьев на ПП в зимне-весенний период показало, что наиболее высокая плотность обсеменения поверхности отмечается в подкромовых зонах, как в насаждениях, так и у одиночных деревьев – 119–140 семян на 1 м² (рис. 2). В прикромовых зонах, несмотря на непосредственное прилегание к периферии крон деревьев, количество опавших семян в 4,8–8,7 раза меньше, при этом в насаждениях – в два раза меньше, чем у одиночных деревьев, что связано, очевидно, с максимальным развитием крон и, следовательно, большей семенной продуктивностью.

По степени обсеменения внешних зон ФП между одиночными деревьями и насаждениями отмечаются достоверные существенные различия: у одиночных деревьев количество налёта семян во внешних зонах в четыре раза меньше, чем в прикромовых и почти в 20 раз меньше, чем в подкромовых. В насаждениях обсеменение внешних зон, наоборот, в 4,3 раза выше прикромовых, и только в два раза меньше подкромовых.

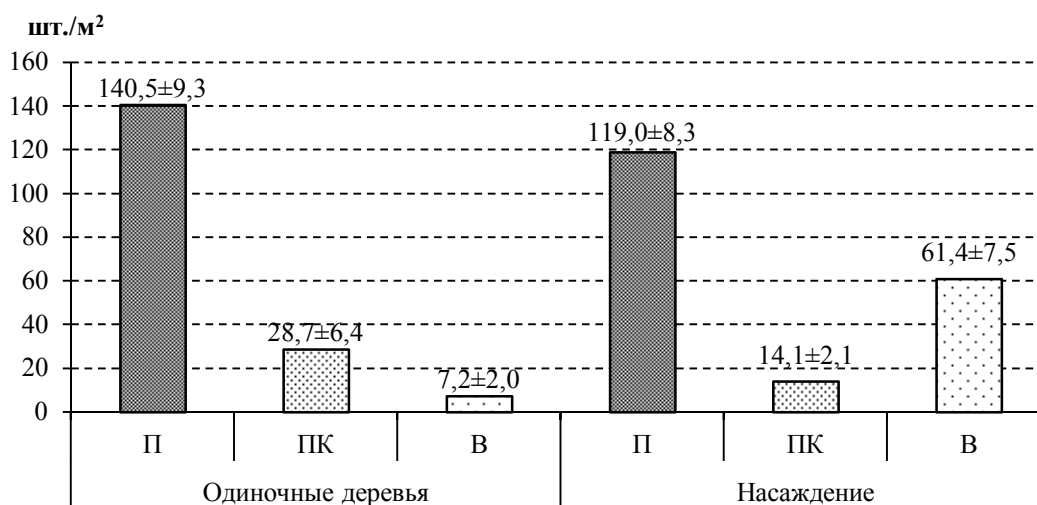


Рис. 2. Налёт семян сосны по зонам фитогенных полей деревьев

Сравнение показателей групп пробных площадей показывает, что во внешних зонах ФП деревьев в насаждениях удельная аккумуляция семян в 8,5 раза выше, чем у одиночных деревьев. Это связано с тем, что внешняя зона одиночного дерева испытывает влияние только этого дерева – по мере удаления от ствола – центра консорты – напряжённость ФП постепенно или скачкообразно уменьшается [23], а в насаждениях внешняя зона ФП каждого дерева одновременно является и внешней зоной ФП нескольких других деревьев. Таким образом, в насаждениях несколько расположенных рядом деревьев оказывают сочетанное влияние на периферии своих фитогенных полей, которое по мере удаления от ствола сначала уменьшается, а затем увеличивается, реализуясь в повышенном обсеменении поверхности.

Прикромовые зоны характеризуются сниженными показателями возобновления. Вероятно, неблагоприятное воздействие на сохранность всходов и самосева может оказывать повышенное увлажнение подкромовых зон вследствие перераспределения осадков кронами, крайне неравномерное в течение вегетационного периода [24], и аллелопатическим влиянием мхов, обладающих в подкромовых зонах максимальной продуктивностью [25], в результате чего количество подроста в данных зонах минимально.

Корреляционный анализ между количеством подроста и количеством опавших семян в ФП одиночных деревьев показывает очень высокую силу связи – 0,97–0,99, в ФП насаждений – среднюю и высокую – 0,55–0,87. Таким образом, в фитогенном поле одиночных деревьев возможности возобновления обратно пропорциональны расстоянию от ствола дерева. Вследствие радиальной концентрической структуры фитогенного поля, несмотря на хорошие аэродинамические свойства семян сосны, их основная масса аккумулируется в подкромовой зоне, так

как при удалении от ствола дерева, по принципу увеличения площади радиальных колец, происходит увеличение площади обсеменения в прямой квадратичной зависимости и, следовательно, кратное тому снижению объёмов обсеменения единицы площади. В результате во внешних зонах ФП одиночных деревьев спорадически появляющиеся всходы и самосев в основной массе не выдерживают конкуренции со стороны травянистых луговых и рудеральных видов, которые, в свою очередь, не испытывают подавления со стороны маточного дерева. ФП одиночного дерева остаётся моноцентричной консортой со сложившимся набором экологических свойств.

Таким образом, одиночные деревья сосны обыкновенной II класса возраста на техногенных элювиях не могут рассматриваться как источники естественного возобновления. Одной из причин такого состояния является формирование развитого травянистого покрова к моменту начала плодоношения деревьев – 15–20 лет. Луговые и рудеральные виды растений на отвалах Кузбасса формируют фитомассу, сопоставимую с величиной продуктивности естественных мезофильных травянистых сообществ [26], препятствующую возобновлению древесных видов, по крайней мере, до возникновения возмущающего фактора в виде пожара, антропогенного или техногенного воздействия [27]. Впоследствии, по мере взросления одиночных деревьев и усиления их ФП, условия периферийной внешней зоны, вероятно, станут более благоприятными для сохранения и формирования подроста без ухудшения режима освещённости до критического уровня.

В редирах, где имеет место перекрытие внешних зон ФП, напряжённость ФП многократно выше как вследствие физического и химического воздействия – изменение режима освещённости, усиления аллелопатического воздействия, повышения концентрации корневых выделений

сосны [28], так и в результате обильного обсеменения свободной поверхности несколькими плодоносящими деревьями. Под воздействием коллективного ФП древостоя травянистый покров «отступает», освобождая экологическую нишу для возобновления сосны.

В условиях редины формируется второе поколение деревьев, которое, демонстрируя высокие показатели сохранности и хода роста, способно в дальнейшем образовывать совместно с деревьями первого поколения сомкнутые древостои. Молодое поколение сосны на отвалах обладает большей устойчивостью по сравнению с маточными деревьями, так как обладает высокой способностью к самоизреживанию, о чём свидетельствует высокая ранжированность подроста по высоте. Важнейшим экологическим преимуществом подростка является ненарушенность корневых систем, которые у деревьев естественного семенного происхождения на техногенных элювиях Кузбасса развиваются по поверхностно-стержнево-якорному типу, характерному для сосны обыкновенной, произрастающей в благоприятных местообитаниях [29], в отличие от высаженных деревьев, так как при посадке неизбежно повреждается корневая система у 70–90 % сеянцев.

Исследование влияния фитогенных полей на естественное возобновление сосны обыкновенной показало, что на техногенных элювиях наибольшей экологической пластичностью обладают насаждения, имеющие в период второго класса возраста сомкнутость крон 20–30 % и густоту 250–400 деревьев на 1 га. Таким образом, создание устойчивых сосновых насаждений возможно с использованием адаптированных модификаций методов облесения, таких как метод плантационно-обсеменительных культур [30] с более редким размещением семенных деревьев, которые предназначены не для производства и

сбора семян, а для эффективного обсеменения техногенных элювиев. При таких параметрах не только создаются предпосылки для естественного возобновления сосны обыкновенной и формирования разновозрастной структуры насаждений, но и возможности для улучшения почвенно-экологических качеств техногенных элювиев, так как на первом этапе (0–20 лет) в редины происходит максимальное развитие сложных травянистых группировок, которые стимулируют почвообразовательный процесс, а на втором этапе (20–40 лет) подрост сосны постепенно вытесняет травянистые виды и к началу III класса возраста формируются сомкнутые древостои.

Выводы

1. Распределение подростка сосны обыкновенной по количеству и высоте в пределах влияния одиночных деревьев и в редины на отвалах происходит в соответствии с зонированием фитогенных полей деревьев.

2. В пределах влияния одиночных деревьев возобновление сконцентрировано в подкороновых зонах, условия которых способствуют сохранению подростка, но препятствуют его дальнейшему росту.

3. Одиночные деревья сосны обыкновенной второго класса возраста не могут рассматриваться как источники семян для естественного облесения средневозрастных (15–30 лет) отвалов вскрышных пород.

4. Сочетанное воздействие фитогенных полей деревьев в редины содействует естественному возобновлению сосны и способствует формированию дифференцированной возрастной и высотной структуры древостоев.

5. Наиболее благоприятные условия для естественного возобновления сосны на отвалах Кузбасса складываются при куртинном размещении маточно-обсеменительных деревьев в количестве 250–400 шт./га.

Список литературы

1. Чибрик Т.С., Войтенко И.В. Структурно-динамическая организация формирующихся лесных фитоценозов на промышленных отвалах Среднего Урала // Итоги интродукции и селекции травянистых растений на Урале. Екатеринбург: Издательство Уральского государственного университета, 2008. Вып. 2. С. 262-269.
2. Орлов А.Я., Кошельков С.П. Почвенная экология сосны. М.: Наука, 1977. 323 с.
3. Уфимцев В.И. Современное состояние и основные проблемы лесной рекультивации в Кузбассе // Известия Иркутского государственного университета. 2013. № 3. С. 63-69.
4. Уранов А.А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники. М.-Л.: Наука, 1965. Т. 1. С. 251-254.
5. Лащинский Н.Н. Структура и динамика сосновых лесов Нижнего Приангарья. Новосибирск: Наука, 1981. 272 с.
6. Котов С.Ф. Метод количественной оценки эдификаторной роли вида // Ботанический журнал. 1982. Т. 67. № 2. С. 235-240.
7. Демьянов В.А. Влияние *Larix gmelini* (Pinaceae) на режимы экологических факторов в редколесьях и редианах лесного массива "Ары-Мас" на Таймыре // Ботанический журнал. 1983. Т. 68. № 5. С. 618-625.
8. Норин Б.Н. Некоторые вопросы теории фитоценологии. Ценотическая система, ценотические отношения, фитогенное поле // Ботанический журнал. 1987. Т. 72. № 9. С. 1161-1174.
9. Двуреченский В.Г., Середина В.П. Характеристика почвенного покрова техногенных ландшафтов Красногорского каменноугольного разреза // Вестник Томского государственного университета. 2014. № 387. С. 257-265.
10. Рожков А.А., Козак В.Т. Устойчивость лесов. М.: Агропромиздат, 1989. 237 с.
11. Уфимцев В.И. Естественное возобновление и семеношение сосновых насаждений на отвалах Кузбасса // Сибирский лесной журнал. 2016. № 6. С. 84-93.
12. Андроханов В.А., Берлякова О.Г. Состояние лесных культур и почвенного покрова на рекультивированном отвале угольного разреза // Сибирский лесной журнал. 2016. № 2. С. 22-31.
13. Моделирование лесообразовательного процесса: феноменологический подход / А.С. Исаев, В.Г. Суходольский, Р.Г. Хлебопрос и др. // Лесоведение. 2005. № 1. С. 3-11.
14. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. 151 с.
15. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51-57.
16. Манаков Ю.А., Стрельникова Т.О., Куприянов А.Н. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2011. 167 с.
17. Уфимцев В.И., Беланов И.П., Бочаров Д.А. Зонирование фитогенных полей деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающих на породных отвалах угольной промышленности // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 1-2 (61). С. 44-48.
18. Корчагин А.А. Определение величины «обсеменения почвы» при помощи семеномеров // Полевая геоботаника. М.-Л.: издательство АН СССР, 1960. Т. II. С. 89-98.
19. Самойлов Ю.И. Поля воздействия и их функциональная структура // Проблемы биогеоценологии. Тезисы докладов 2-го Всесоюзного совещания. М.: Научный центр биологических исследований АН СССР в Пущине, 1986. Часть. 1. С. 126.
20. Демьянов В.А. Структура ценогенного поля на примере *Larix sibirica* (Pinaceae) // Ботанический журнал. Т. 74. № 9. С. 1309-1316.
21. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. М., 1966. 59 с.
22. Горелов А.М. Особенности освещения во внутрикороновом пространстве древесных растений // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15. № 3. С. 135-140.
23. Жукова Л.А. Концепция фитогенных полей и современные аспекты их изучения // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1(6). С. 1462-1465.
24. Ufimtsev V.I., Belanov I.P., and Kupriyanov O.A. Ecological-Cenotic Role of Phytogenous Fields of Scots Pine on Coal Dumps // Contemporary Problems of Ecology. 2016. Vol. 9. No. 1. P. 142-151.
25. Лебедева В.Х., Тиходеева М.Ю., Ипатов В.С. Оценка влияния деревьев на виды травяно-кустарничкового и мохового ярусов в сосняке чернично-зеленомошном // Ботанический журнал. 2006. Т. 91. № 2. С. 176-192.
26. Куприянов А.Н., Манаков Ю.А., Баранник Л.П. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2010. 124 с.
27. Уфимцев В.И., Куприянов О.А., Стрельникова Т.О. Влияние пожаров на продуктивность лесных лугов Караканского хребта // Вестник Кемеровского государственного университета. 2013. № 4 (56). С. 8-12.
28. Лаврова О.П., Петров Д.А., Аржаева Е.В., Мирошкина Д.Ю. [Электронный ресурс]. Аллелопатическое влияние деревьев на формирование травянистого покрова в их подкороновом пространстве. URL: <http://www.rae.ru/forum2012/266/2804> (дата обращения: 15.11.2015).

29. Калинин М.И. Формирование корневой системы деревьев. М.: Лесная промышленность, 1983. 185 с.
30. Тараканов В.В., Ильичев Ю.Н., Бушков Н.Т. Плантационно-обсеменительные культуры – новый метод восстановления хвойных лесов на крупных гарях // Сибирский лесной журнал. 2014. № 1. С 104-109.

Статья поступила в редакцию 21.12.16.

Информация об авторе

УФИМЦЕВ Владимир Иванович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН. Область научных интересов – техногенные экосистемы, лесовосстановление, технологии рекультивации. Автор 34 публикаций.

UDC 630*181.351+574.42

DOI: 10.15350/2306-2827.2017.2.15

INFLUENCE OF PHYTOGENOUS FIELDS OF SCOTS PINE (PINUS SYLVESTRIS L.) ON YOUNG TREES GROWTH ON THE KUZBAS DUMPS

V. I. Ufimtsev

SB RAS Kemerovo Science Center,
18, Sovetskiy av., Kemerovo, 650000, Russian Federation
E-mail: uwy2079@gmail.com

Keywords: dumps; technogenic eluvium; Scots pine; phytogenous field; natural reforestation; crown density; young trees.

ABSTRACT

Introduction. The phytogenous field of trees is the basic mechanism of endoecogenesis of young plantings of Scots pine on the dumps of coal industry. Stability of technogenic forest ecosystems is provided with their ability to reforestation which, in turn, depends on spatial structure of phytogenous fields in forest stands and at single trees. **The goal of the research** was to study natural regeneration under the influence of phytogenous fields of Scots pine growing in residual soils of Kuzbas coal industry. **Objects and methods.** The research was conducted in the pine plantings of the II class of age (27–28 years old) on dumps of Kedrovskiy Coal Mine, Kemerovo. 10 trial areas by the size of 10×10 m (5 trial areas with a density of crowns of 20–40 % and 5 – on the small meadows with a single model tree in the center) were established. Complete enumeration of undergrowth was carried out with the use of discount areas 0,5×0,5 m by the size (quantity and height of undergrowth were considered). Soil cover within each trial area was divided into under tree, close to tree, and external zones. The data of discount areas were distributed into groups according to their belonging to the zones. Accounting of distribution of seeds of pine was carried out by means of box seeds-meters 1×1 m by the size, established in each zone of phytogenous field in triple repetition. **Results.** Horizontal differentiation of space by quantity and height of undergrowth, matching zoning of phytogenous fields is registered. Average height of even-aged undergrowth consistently increases from the under tree to external zones in 2,5–5 times. The maximum number of undergrowth is grown in the under tree zones of single trees (2,5±0,28 trees per 1 accounting platform which is 6 times more, than in the under tree zones of plantings), the minimum number of undergrowth is grown in external zones of single trees (0,31±0,02 which is 6 times lower than in the external zones of plantings). In the close to crowns zones, the number of undergrowth makes 0,1±0,01, there is no essential distinctions between the trial areas. The quantity of the fallen-down seeds at single trees in the zones of phytogenous fields highly correlates with undergrowth distribution and it sharply decreases in the external zones. In plantings, the combined impact of trees on dissemination of external zones is observed, it promotes forming of a large number of undergrowth growth with high taxation rates. **Conclusion.** Single trees of Scots pine growing on dumps can't be considered as reforestation source, the rarefied structure of plantings renders assistance to natural regeneration of pine. Thus, it is desirable to establish plantation-seeding forest plantations on the dumps.

REFERENCES

1. Chibrik T.S., Voitenko I.V. Strukturno-dinamicheskaya organizatsiya formiruyushchikhsya lesnykh fitotsenozov na promyshlennykh otvalakh Srednego Urala [The Structural and Dynamic Organization of the Forming Forest Plant Community on the Industrial Dumps of the Middle Urals]. *Itogi introduktsii i selektsii travyanistykh rasteniy na Urale* [Results of Introduction and Selection of Grassy Plants in the Urals]. Yekaterinburg: Publishing house of the Ural State University, 2008. Issue 2. Pp. 262-269.
2. Orlov A.Ya., Koshelkov S.P. *Pochvennaya ekologiya sosny* [Soil Ecology of Pine]. Moscow: Nauka, 1977. 323 p.
3. Ufimtsev V.I. Sovremennoe sostoyanie i osnovnye problemy lesnoy rekultivatsii v Kuzbasse [The Current State and the Main Problems of Forest Recultivation in Kuzbas]. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta* [Izvestiya of the Irkutsk State University]. 2013. No 3. Pp. 63-69.
4. Uranov A.A. Fitogennoe pole [Phytogenous Field]. *Problemy sovremennoy botaniki* [Problems of Modern Botany]. Vol. 1. Moscow-Leningrad: Nauka, 1965. Pp. 251-254.
5. Lashchinskiy N.N. *Struktura i dinamika sosnovykh lesov Nizhnego Priangarya* [Structure and Dynamics of the Pinewoods of Low Angara Region]. Novosibirsk: Nauka, 1981. 272 p.
6. Kotov S.F. Metod kolichestvennoy otsenki edifikatornoy roli vida [A Method of Quantitative Assessment of a Species as an Edificator]. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical Journal]. 1982. Vol. 67. No 2. Pp. 235-240.
7. Demyanov V.A. Vliyanie *Larix gmelini* (*Pinaceae*) na rezhimy ekologicheskikh faktorov v redkolesyakh i redinakh lesnogo massiva "Ary-Mas" na Taimyre [Influence of *Larix gmelini* (*Pinaceae*) on the Modes of Ecological Factors in Light Forests and Open Forests of the Forest Area of Ary-Mas on Taimyr]. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical Journal]. 1983. Vol. 68. No 5. Pp. 618-625.
8. Norin B.N. Nekotorye voprosy teorii fitotsenologii. Tseenoticheskaya sistema, tseenoticheskie otnosheniya, fitogennoe pole [Some Problems of the Theory of Phytosociology. Cenotic System, Cenotic Relations, Phytogenous Field]. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical Journal]. 1987. Vol. 72. No 9. Pp. 1161-1174.
9. Dvurechenskiy V.G., Seredina V.P. Kharakteristika pochvennogo pokrova tekhnogennykh landshaftov Krasnogorskogo kamennougolnogo razreza [Characteristics of a Soil Cover of Technogenic Landscapes of the Krasnogorsk Coal Section]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of the Tomsk State University]. 2014. No 387. Pp. 257-265.
10. Rozhkov A.A., Kozak V.T. *Ustoychivost lesov* [Forest Stability]. Moscow: Agropromizdat, 1989. 237 p.
11. Ufimtsev V.I. Estestvennoe vozobnovlenie i semenoshenie sosnovykh nasazhdeniy na otvalakh Kuzbassa [Natural Renewal and Seeding of Pine Plantations on the Dumps of Kuzbas]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Journal of Forest Science]. 2016. No 6. Pp. 84-93.
12. Androkhanov V.A., Berlyakova O.G. Sostoyanie lesnykh kultur i pochvennogo pokrova na rekultivirovannom otvale ugolnogo razreza [Condition of Forest Plantations and Soil Cover at the Reclaimed Dump of Coalmine]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Journal of Forest Science]. 2016. No 2. Pp. 22-31.
13. Isaev A.S., Sukhodolskiy V.G., Khlebopros R.G., et al. Modelirovanie lesoobrazovatel'nogo protsessa: fenomenologicheskii podkhod [Simulation of Forest-Forming Process: Phenomenological Approach]. *Lesovedenie* [Sylviculture]. 2005. No 1. Pp. 3-11.
14. Androkhanov V.A., Kulyapina E.D., Kurachev V.M. *Pochvy tekhnogennykh landshaftov: genesis i evolutsiya* [Soils of Technogenic Landscapes: Genesis and Evolution]. Novosibirsk: Publishing house of SO RAN, 2004. 151 p.
15. Alekseev V.A. Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derevev i drevostoev [Diagnostics of a Vital Condition of Trees and Forest Stands]. *Lesovedenie* [Sylviculture]. 1989. No 4. Pp. 51-57.
16. Manakov Yu.A., Strelnikova T.O., Kupriyanov A.N. *Formirovanie rastitelnogo pokrova v tekhnogennykh landshaftakh Kuzbassa* [Forming of a Vegetable Cover in Technogenic Landscapes of Kuzbas]. Novosibirsk: Publishing House of SO RAN, 2011. 167 p.
17. Ufimtsev V.I., Belanov I.P., Bocharov D.A. Zonirovanie fitogennykh poley derevev sosny obyknovennoy (*Pinus sylvestris* L.) proizrastayushchikh na porodnykh otvalakh ugolnoy promyshlennosti [Zoning of Phytogenous Fields of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Growing on Refuse Dumps of Coal Industry]. *Vestnik kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of Kemerovo State University]. 2015. No 1-2 (61). Pp. 44-48.
18. Korchagin A.A. Opredelenie velichiny «obsemeneniya pochvy» pri pomoshchi semenomerov [Determination of the Size of "Seeding of Soil" by Means of Seeds Gaugers]. *Polevaya geobotanika* [Field Geobotany]. V. II. Moscow-Leningrad: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1960. Pp. 89-98.
19. Samoilov Yu.I. Polya vozdeystviya i ikh funktsionalnaya struktura [Fields of Impact and Their Functional Structure]. *Problemy biogeotsenologii. Tezisy dokladov 2-go Vsesoyuznogo soveshchaniya* [Biogeocenology Problems. Reports of the 2nd All-Union Meeting]. Part. 1. Moscow: Scientific Center of Biological Researches of the Academy of Sciences of the USSR in Pushchin, 1986. Pp. 126.

20. Demyanov V.A. Struktura tsenogenogo polya na primere *Larix sibirica* (Pinaceae) [Structure of the Heterogenic Field on the Example of *Larix sibirica* (Pinaceae)]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical Journal]. Vol. 74. No 9. Pp. 1309-1316.
21. Pobedinskiy A.V. *Izuchenie lesovosstanovitelnykh protsessov* [Studying of Reforestation Processes]. Moscow, 1966. 59 p.
22. Gorelov A.M. Osobennosti osveshcheniya vo vnutrikronovom prostranstve drevesnykh rasteniy [Peculiarities of Light in the Intra-Crown Space Wood Plants]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Izvestiya of the Samara Scientific Center of RAS]. 2013. Vol. 15. No 3. Pp. 135-140.
23. Zhukova L.A. Kontseptsiya fitogennykh poley i sovremennye aspekty ikh izucheniya [The Concept of Phytogenous Fields and Modern Aspects of Their Studying]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Izvestiya of Samara scientific center of RAS]. 2012. Vol. 14. No 1(6). Pp. 1462-1465.
24. Ufimtsev V.I., Belanov I.P., Kupriyanov O.A. Ecological-Cenotic Role of Phytogenous Fields of Scots Pine on Coal Dumps. *Contemporary Problems of Ecology*. 2016. Vol. 9. No 1. Pp. 142-151.
25. Lebedeva V.Kh., Tikhodeeva M.Yu., Ipatov V.S. Otsenka vliyaniya derevev na vidy travyano-kustarnichkovogo i mokhovogo yarusov v sosnyake chernichno-zelenomoshnom [An Impact Assessment of Trees on the Species in Grassy and Fruticulose and Moss Layers in *Mirtillus* and *Pleurocarpus* Moss Pine Forest]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical Journal]. 2006. Vol. 91. No 2. Pp. 176-192.
26. Kupriyanov A.N., Manakov Yu.A., Baranik L.P. *Vosstanovlenie ekosistem na otvalakh gornodobyvayushchey promyshlennosti Kuzbassa* [Recovery of Ecosystems on the Dumps of the Mining Industry of Kuzbas]. Novosibirsk: Academic Publishing House "Geo", 2010. 124 p.
27. Ufimtsev V.I., Kupriyanov O.A., Strelnikova T.O. Vliyanie pozharov na produktivnost lesnykh lugov Karakanskogo khrebtta [Influence of the Fires on Productivity of Forest Meadows of the Karakan Ridge]. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of Kemerovo State University]. 2013. No 4 (56). Pp. 8-12.
28. Lavrova O.P., Petrov D.A., Arzhaeva E.V., Miroshkina D.Yu. *Allelopatischeskoe vliyanie derevev na formirovanie travyanistogo pokrova v ikh podkronovom prostranstve* [Allelopathical Influence of Trees on Forming of a Grassy Cover in Their Under-Crown Space. URL: <http://www.rae.ru/forum2012/266/2804>. (Reference date: 15.11.2015.).
29. Kalinin M.I. *Formirovanie kornevoy sistemy derevev* [Forming of Root System of Trees]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1983. 185 p.
30. Tarakanov V.V., Ilichev Yu.N., Bushkov N.T. Plantatsionno-obsemenitelnye kultury – novyy metod vosstanovleniya khvoynykh lesov na krupnykh garyakh [Plantation-Seeding Forest Plantations - a New Method to Regenerate Coniferous Forests at Large Burned Lands]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Journal of Forest Science]. 2014. No 1. Pp. 104-109.

The article was received 21.12.16.

For citation: Ufimtsev V. I. Influence of Phytogenous Fields of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) on Young Trees Growth on the Kuzbas Dumps. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2017. No 2(34). Pp. 15–27. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.2.15

Information about the author

UFIMTSEV Vladimir Ivanovich – Candidate of Biological Sciences, leading research worker, SB RAS Kemerovo Science Center. Research interests – technogenic ecosystem, forest restoration, technologies of recultivation. The author of 34 publications.