

УДК 574.42

doi: 10.17223/19988591/44/3

**В.И. Уфимцев, Т.О. Стрельникова, О.А. Куприянов**

*Институт экологии человека ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово, Россия*

## **Структура живого напочвенного покрова в сосняках на участках рекультивации Кузбасса**

Исследование выполнено в рамках госзадания ФАНО России  
№ 0352-2016-0002, номер госрегистрации АААА-А17-117041410053-1.

*Изложены материалы исследований влияния сомкнутости крон насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на состояние растительного покрова рекультивированных отвалов вскрышных пород угольной промышленности. Определен зональный характер формирования травянистого яруса. Установлено, что во всех группах насаждений ведущими семействами выступают *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae*, *Poaceae*. В редицах по количеству видов доминируют эколого-ценотические группы растений с существенной долей рудерального компонента, в высокосомкнутых преобладают лесные виды. В среднегорной тайге формирование травянистого яруса происходит по лесному типу во всех грациях сомкнутости крон. Проективное покрытие имеет высокую корреляцию с плотностью лесного полога – при сомкнутости крон 90% формируются мертвопокровные насаждения. Во всех зонах велико участие мохового покрова, который имеет приуроченность к прикромовым пространствам.*

**Ключевые слова:** *Pinus sylvestris*; отвалы; сомкнутость крон; фитоценозы; эндозоогенез.

### **Введение**

Живой напочвенный покров выполняет важные функции в лесной экосистеме. В естественных климатических лесах нижние растительные ярусы существуют в условиях равновесного состояния, при котором за счет стабилизации ценотических связей обеспечивается постоянство видового состава и поддерживается устойчивое структурное разнообразие элементов. Находясь под влиянием вида-эдификатора, живой напочвенный покров обеспечивает стабильность биологического круговорота веществ, в том числе элементов питания, и повышает, таким образом, устойчивость экосистемы в целом [1].

В насаждениях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающих на участках лесной рекультивации отвалов вскрышных пород, живой напочвенный покров первоначально формируется под влиянием исключительно внешних факторов среды: состава и свойств горных пород отвалов, особенностей техногенного рельефа, типа растительного окружения,

зональных климатических условий и ряда других признаков [2]. По мере выхода деревьев из-под влияния травостоя и формирования их фитогенных полей происходит трансформация исходных параметров среды [3–5] и запускаются эндозоогенетические сукцессии формирования лесных сообществ.

Проблеме формирования травянистого покрова в сосновых насаждениях на техногенных породных образованиях посвящены работы известных российских [6, 7] и зарубежных [8] исследователей. Подробно рассмотрены вопросы создания благоприятных условий [9] и приведен ряд рекомендаций для успешного лесовосстановления [10, 11] с учетом современных подходов к проблеме биологического разнообразия экосистем [12]. Однако становление комплекса живого напочвенного покрова посттехногенных лесных экосистем остается одним из наименее изученных вопросов зарастания отвалов [13, 14]. Кроме того, несмотря на унифицированность подходов лесной рекультивации, к настоящему времени в Кузбассе сложились насаждения с достаточно разнообразными показателями густоты, полноты и сомкнутости лесного полога, которые могут различаться на порядок и более [15], что обуславливает высокую мозаичность и разнородность живого напочвенного покрова. В то же время крайне скудными остаются сведения о влиянии исходных параметров древостоев на формирование нижних растительных ярусов сосновых насаждений, произрастающих на техногенных субстратах. В связи с этим возникла необходимость изучения составляющих живого напочвенного покрова с учетом ранжирования насаждений по таксационным характеристикам древостоев.

Цель работы – исследование структуры нижних растительных ярусов в сосновых насаждениях II класса возраста, произрастающих на отвалах угольной промышленности.

### **Материалы и методики исследования**

Исследования выполнены в 2014–2015 гг. на участках лесной рекультивации с преобладанием сосны обыкновенной в 4 эколого-географических районах (ЭГР) Кузбасса: северном лесостепном (далее – СЛ) – разрез Кедровский, центральном остепненном (ЦО) – разрез Бачатский, южном лесостепном (ЮЛ) – разрез Бунгурский, среднегорном таежном (СГТ) – разрез Красногорский. Районы исследований подбирали с учетом различий общего увлажнения, которое смещается в сторону ксероморфности в ряду: СГТ – ЮЛ – СЛ – ЦО.

Растительное окружение отвалов СЛ района составляют березовые леса и остепненные луга, ЦО – луговые степи и остепненные луга, ЮЛ – остепненные луга и березово-пихтовые леса, СГТ – пихтовые кустарниково-широколистный леса [16].

Объектами исследования являются одновозрастные (25–28 лет) одновидовые культуры сосны обыкновенной I категории общего жизненного

состояния и I–II классов бонитета. В составе древостоев повсеместно присутствуют единичные взрослые экземпляры *Betula pendula* Roth., *Salix caprea* L., *Sambucus sibirica* Nakai и *Sorbus sibirica* Held. Почвенный покров представлен мозаичной структурой эмбриоземов, находящихся на различных почвенно-генетических стадиях: преобладают эмбриоземы органо-аккумулятивные и инициальные, меньшие площади занимают эмбриоземы дерновые [17]. На участках насаждений без нанесения почвоулучшителей техногенный субстрат состоит из смеси песчаников и алевролитов с различной степенью дезинтеграции, периодически с присутствием аргиллитов, суглинков, частиц угля, конгломератов.

В древостоях каждого из объектов заложены постоянные пробные площади, ранжированные по вариантам сомкнутости крон: 30, 50, 70 и 90% (табл. 1). Размер пробных площадей – 25×25 м. Для учета надземной фитомассы на каждой пробной площади проведены укусы с пяти учетных площадок размером 1×1 м, расположенных методом конверта.

Таблица 1 [Table 1]

**Таксационная характеристика древостоев в вариантах опыта**  
**[Taxation characteristics of forest stands in experimental variants] (M±m)**

Сомкнутость крон [Crown closure], %	Густота, шт./га [Density, ind./hectare]	Средняя высота, м [Average height, m]	Средний диаметр, см [Average diameter, cm]	Сумма площадей сечений, м²/га [Sum of the areas of sections, sq.m/hectare]	Полнота [Normality]
Северный лесостепной район [Northern forest-steppe area]					
30	328	8,0±0,3	15,6±0,41	9,78	0,42
50	675	9,5±0,1	14,2±0,48	8,61	0,37
70	938	9,7±0,1	13,4±0,72	13,25	0,57
90	2 345	9,1±0,2	11,1±0,61	25,08	1,09
Центральный остепненный район [Central steppe area]					
30	791	9,0±0,3	17,1±1,15	20,0	0,8
50	887	8,4±0,2	15,9±0,81	14,1	0,6
70	2128	10,4±0,1	14,2±1,35	29,1	1,2
90	5 132	9,5±0,5	12,5±1,43	56,5	2,45
Южный лесостепной район [Southern forest-steppe area]					
30	192	9,8±0,3	22,1±1,10	7,5	0,33
50	748	10,1±0,4	22,3±1,80	7,3	0,32
70	1 226	11,0±0,3	20,4±1,28	11,2	0,49
90	2 981	12,4±0,4	14,1±0,39	22,1	0,95
Среднегорный таежный район [Mid-mountain taiga area]					
30	337	10,9±0,2	19,3±0,77	9,2	0,39
50	753	9,8±0,1	16,1±0,88	17,8	0,77
70	1 735	11,1±0,3	13,8±0,59	26,3	1,14
90	2 793	11,0±0,2	10,6±0,31	26,7	1,16

В каждом опытном варианте сделаны геоботанические описания в пятикратной повторности по стандартным методикам [18]. Названия видов сосудистых растений даны по сводке С.К. Черепанова [19], мохообразных – по сводке «Список мхов Восточной Европы и Северной Азии» [20]. Камеральная обработка данных производилась на базе Кузбасского ботанического сада (KUZ) (ФИЦ УУХ СО РАН). Виды распределялись по экологической [21] и эколого-ценотической [22] принадлежности – обе шкалы апробированы при оценке развития напочвенного покрова под влиянием лесной растительности как в естественных местообитаниях [23], так и на отвалах [24]. Слияние видовых списков вариантов опыта в сводную таблицу производилось при помощи ПО IBIS [25]. Используя ПО PAST полученную таблицу кластеризировали по методу невзвешенного парного среднего (UPGMA), в качестве меры сходства использовался индекс Dice [26]. Обработка морфометрических данных проведена с использованием программ MS Excel® и The Untitled Scenes 1.0, данные представлены в виде средней арифметической со стандартной ошибкой средней.

### Результаты исследования и обсуждение

В ходе исследований в сосновых насаждениях обнаружено 95 видов высших сосудистых растений, относящихся к 77 родам и 28 семействам, в том числе 89 видов покрытосеменных, 4 вида голосеменных, 2 вида сосудистых споровых (табл. 2). По абсолютному числу видов, произрастающих в сосновых насаждениях на отвалах, лидируют варианты СГТ – 58 видов, превышая СЛ, ЦО и ЮЛ по данному показателю в 1,5–1,6 раза, – здесь обнаружено 36, 35 и 38 видов соответственно.

Таблица 2 [Table 2]

#### Таксономическая структура растительного покрова сосновых насаждений [Taxonomic structure of the vegetation cover of pine plantations]

Параметры сравнения [Comparison parameters]	Северный лесостепной район [Northern forest-steppe area]				Центральный остепненный район [Central steppe area]				Южный лесостепной район [Southern forest-steppe area]				Среднегорный таежный район [Mid-mountain taiga area]			
	30	50	70	90	30	50	70	90	30	50	70	90	30	50	70	90
Сомкнутость крон, % [Crown closure, %]	30	50	70	90	30	50	70	90	30	50	70	90	30	50	70	90
Видов, абс. число [Species, abs. number] (95)	23	21	18	19	24	29	24	14	23	16	17	16	31	26	31	29
Родов, абс. число [Genera, abs. number] (77)	18	20	16	17	23	27	23	12	20	16	15	16	29	23	28	26
Семейств, абс. число [Families, abs. number] (28)	7	10	9	8	9	10	8	9	11	10	9	12	12	13	13	11

Окончание табл. 2 [Table 2 (end)]

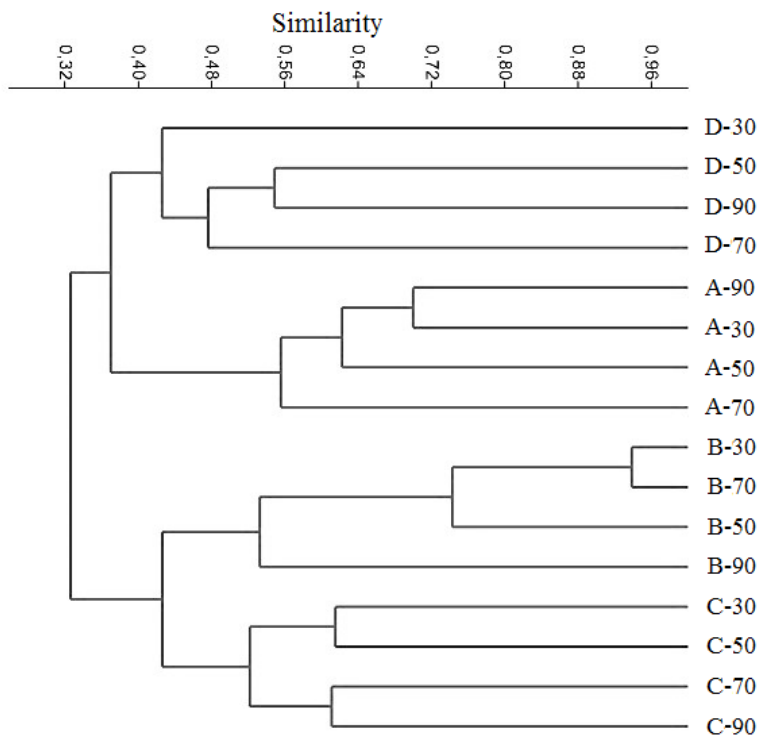
Параметры сравнения [Comparison parameters]	Северный лесостеп- ной район [Northern forest- steppe area]				Центральный остепнен- ный район [Central steppe area]				Южный лесос- тепной район [Southern forest- steppe area]				Среднегорный таежный район [Mid-mountain taiga area]			
Asteraceae, чис- ло видов [Number of species] (23)	8	6	5	3	8	7	8	1	7	5	4	1	9	5	7	9
Fabaceae (10)	6	2	3	5	3	5	4	3	2	1	1	1	4	3	3	5
Rosaceae (9)	2	3	1	2	3	2	3	1	2	1	3	3	3	2	6	4
Poaceae (8)	4	4	3	4	4	4	4	2	3	3	3	3	4	2	4	2
Caryophyllaceae (4)	–	1	1	–	1	1	1	–	–	–	1	–	1	–	–	–
Lamiaceae (4)	–	1	–	–	–	–	–	–	1	–	–	1	2	1	1	–
Pinaceae (4)	1	1	1	1	–	1	–	1	2	1	2	1	1	2	1	3
Apiaceae (3)	1	1	1	–	2	2	2	2	1	–	–	1	2	–	–	–
Boraginaceae (3)	–	–	–	–	–	1	–	–	1	1	–	1	–	–	–	–
Plantaginaceae (3)	–	–	–	–	1	–	–	1	–	–	–	–	–	1	–	1
Прочие семейства [Other families] (24)	1	2	2	4	2	5	2	3	4	4	3	4	5	8	9	6

По грациям сомкнутости крон в лесостепных ЭГР (СЛ, ЦО, ЮЛ) число видов варьирует от 13 до 29, наблюдается тенденция снижения числа видов в средне- и высокосомкнутых насаждениях. Это связано, очевидно, с несоответствием экологических условий высокой сомкнутости для поселения видов зональных растительных сообществ. В СГТ подобное снижение общего числа видов не отмечается и под покровом высокосомкнутых насаждений оно остается на прежнем уровне – 29–31.

Таксономический спектр свидетельствует, что фитоценозы сосновых насаждений находятся в динамическом состоянии, о чем говорит резкое превалирование *Asteraceae* – почти 25% видового состава, повышение ранга *Fabaceae* при снижении *Poaceae* со 2-го на 4-е место по сравнению с естественными лугово-лесными сообществами. Преобладание *Fabaceae* может служить признаком смещения водного режима в сторону мезофитизации [27]. В свою очередь, выпадение из ведущей десятки семейств *Brassicaceae* и *Onagraceae* является диагностическим признаком перехода к третьей стадии сукцессии в условиях техногенного ландшафта и характеризует формирующиеся фитоценозы как сложные растительные группировки на средне- и позднесукцессионном этапе.

Различия во флористическом составе насаждений отражают зональные особенности: на дендрограмме сходства четко выделяются 4 блока описаний, соответствующие разным ЭГР (рис. 1). Максимальная мера сходства отмечена между ЦО и ЮЛ – на уровне 0,43; средний уровень также характерен для СЛ и СГТ – 0,37, несмотря на географическую разобщенность двух последних. Минимальная мера сходства – 0,32 – отмечена между блоком «ЦО+ЮЛ» (для которого характерны остепнение и ксероморфизация

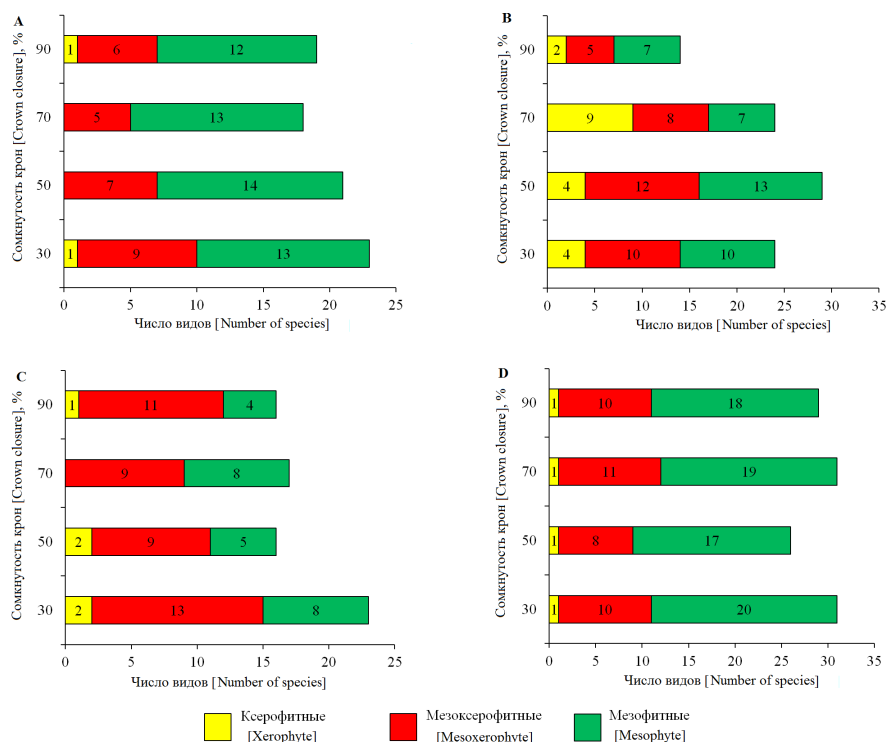
естественных местообитаний) и блоком «СЛ+СГТ» (который представляет собой зоны вторичной лесостепи и черневой тайги, формирующиеся в условиях достаточного и избыточного увлажнения).



**Рис. 1.** Дендрограмма флористического сходства (метод UPGMA, мера сходства Дайса). Варианты сомкнутости крон от 30 до 90%; эколого-географические районы: А – северный лесостепной, В – центральный остепненный, С – южный лесостепной, D – среднегорный таежный  
**[Fig. 1.** Dendrogram of floristic similarity (UPGMA, Dice similarity measure). Variants of the crown closure from 30 to 90%; ecological and geographical areas: A - Northern forest-steppe, B - Central steppe, C - Southern forest-steppe, D - Mid-mountain taiga]

В пределах каждого ЭГР между насаждениями с различной сомкнутостью крон мера сходства варьирует в достаточно широких пределах, от 0,43 до 0,74, при этом какой-либо корреляции между изменением сомкнутости и изменением меры сходства не обнаруживается. В целом низкая мера сходства между вариантами свидетельствует о преобладании фактора случайности при поселении травянистых видов, динамическом состоянии фитоценозов сосновых насаждений, начальном этапе их эволюции, на котором видовая структура сообществ зависит в большей степени от растительного окружения отвалов [28], чем от эндоэкогенетических сукцессий, протекающих под влиянием вида-эдификатора.

Важнейшим показателем экологических условий лесных насаждений является экологическая структура флоры. Экологический спектр видов травянистого яруса сосновых насаждений представлен группами мезо-, мезоксеро- и ксерофитов (рис. 2).

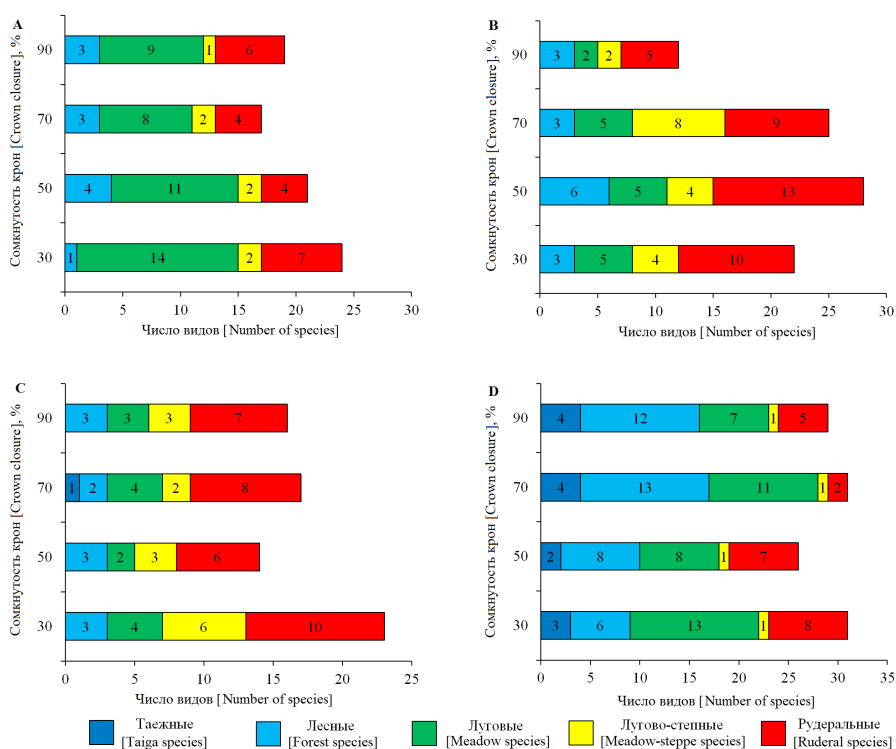


**Рис. 2.** Спектр экологических групп видов травянистого яруса по районам: А – северный лесостепной, В – центральный остепненный, С – южный лесостепной, D – среднегорный таежный  
**[Fig. 2.** Range of ecological groups of grass species for areas: A - Northern forest-steppe, B - Central steppe, C - Southern forest-steppe, D - Mid-mountain taiga]

Доля мезофитов в СГТ составляет подавляющее большинство – 61,3–73,6%, мало зависит от величины сомкнутости крон. В СЛ под покровом малосомкнутых древостоев доля мезофитов несколько ниже – 56,5%, но по мере увеличения сомкнутости крон ее значение возрастает до 66,6–76,4% (что сравнимо с уровнем СГТ). Второе место в этих двух ЭГР по количеству видов занимает группа мезоксерофитов, составляющая в различных вариантах 30,7–35,5% (СГТ) и 31,5–39,1% (СЛ). В ЦО и ЮЛ доля мезоксерофитов возрастает до 35,7–41,6 и 52,6–8,7% соответственно. Максимальное количество ксерофитов по всем вариантам сомкнутости крон отмечается в ЦО – 14,2–37,5%; в остальных районах их доля составляет 0–12,5%.

Таким образом, спектры экологических групп травянистого покрова изменяются в соответствии с зонально-климатическими особенностями исследованных участков – доля ксерофитных групп (ксеро-, мезоксерофитов) возрастает по мере снижения общего увлажнения ЭГР и соответственно ксероморфизации растительного окружения отвалов. Динамика видового участия ксеро- и мезоксерофитов по грациям сомкнутости крон прослеживается слабо и только в наименее увлажненных ЦО и ЮЛ. В свою очередь, повсеместное господство мезофитов под покровом насаждений свидетельствует о выравнивании условий увлажнения местообитаний по сравнению с исходным состоянием отвалов.

На графиках с накоплением приведены суммарные данные по количеству видов растений каждой из пяти выделенных в насаждениях эколого-ценотических групп (рис. 3). Эколого-ценотические группы, составляющие основной фон растительных группировок окружающих отвалы ландшафтов, преобладают и на участках рекультивации.



**Рис. 3.** Эколого-ценотические группы в составе травянистого яруса по районам: А – северный лесостепной; В – центральный остепненный, С – южный лесостепной; Д – среднегорный таежный

[Fig. 3. Proportions of ecological and cenotic groups in the grass layer for areas: A - Northern forest-steppe; B - Central steppe; C - Southern forest-steppe; D - Mid-mountain taiga]



В насаждениях СЛ первое место по количеству занимают луговые виды, составляющие в различных условиях сомкнутости крон 47,0–60,1%. На втором месте представлены рудеральные виды – 19–31,6%, лесные виды занимают третью позицию – 4,3–31,6%, затем следуют лугово-степные – 4,3–11,7%.

В ЦО преобладающей во всех вариантах сомкнутости крон является группа рудеральных видов – 35,7–44,8%. Лугово-степные, луговые и лесные виды составляют соответственно 13,7–33,3; 14,2–20,8 и 12,5–21,4%.

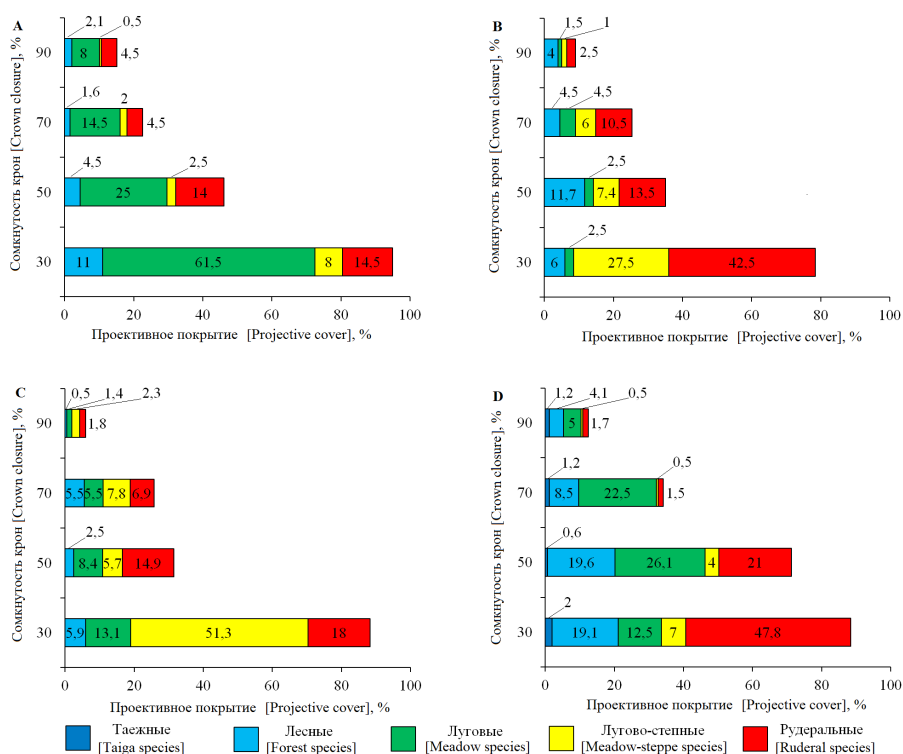
В насаждениях на отвалах ЮЛ отмечается аналогичная тенденция: первое место в составе травянистого яруса вне зависимости от сомкнутости крон занимают рудеральные виды – 37,5–47,0%. При 30%-ной сомкнутости крон второе место занимают луговые виды – 26,0%, далее следуют лугово-степные и лесные – 17,4 и 13,0%. При сомкнутости крон 50% и выше доля луговых видов снижается. При 70%-ной сомкнутости крон на второй план выходят лесные виды – до 23,5%, появляются таежные виды – 5,8%.

В насаждениях, расположенных в районе СГТ, на первые позиции при сомкнутости 30 и 50% выходят луговые виды – 41,9 и 30,7%, при сомкнутости 70 и 90% – лесные – 41,9 и 41,4% соответственно. Рудеральные виды занимают третью позицию – 6,4–25,8%. Во всех вариантах присутствует группа таежных видов – 7,6–13,7%.

Анализ эколого-ценотической структуры свидетельствует, что в каждом ЭГР преимущественную роль в формировании растительного покрова сосновых насаждений играет ландшафтное окружение отвалов, а сомкнутость крон имеет второстепенное значение. Высокая доля рудерального компонента, особенно в ЮЛ и ЦО, связана со значительной антропогенной трансформацией растительных сообществ в этих районах. Низкая доля рудеральных видов в СГТ, в свою очередь, объясняется относительно малой нарушенностью фитоценозов черневой тайги, окружающей отвалы. Постоянному внедрению рудеральных видов под покров лесных насаждений способствует соседство с разновозрастными участками отвалов, пребывающими (иногда длительное время) на сингенетической стадии простых растительных группировок, сформированных рудеральными раннесукцессионными видами [2].

Таким образом, в сосновых насаждениях качественные изменения эколого-ценотической структуры травянистого яруса отмечены при переходе от 30%-ной сомкнутости к 50%-ной: при сомкнутости 30% преобладает группа луговых, лугово-степных или рудеральных видов, при 50% – лесные виды становятся преобладающей группой.

Отмечено, что при увеличении сомкнутости крон общее проективное покрытие (ОПП) травянистого яруса снижается в 5–7 раз с незначительными вариациями по ЭГР: при 30%-ной сомкнутости ОПП травостоя 70–87%, 50%-ной – 30–61%, 70%-ной – 19–44%, 90%-ной – 8,5–14,5%. В сложении ОПП доли эколого-ценотических групп различаются как по ЭГР, так и по грациям сомкнутости крон (рис. 4).



**Рис. 4.** Доли эколого-ценотических групп в сложении общего проективного покрытия по районам: А – северный лесостепной; В – центральный остепненный; С – южный лесостепной; Д – среднегорный таежный

[Fig. 4. Proportions of ecological and cenotic groups in the composition of the total projective cover for areas: A - Northern forest-steppe; B - Central steppe; C - Southern forest-steppe; D - Mid-mountain taiga]

В районе СЛ при 30%-ной сомкнутости максимальное проективное покрытие имеют луговые растения – 43,3%, из них доминантами выступают позднесукцессионные виды *Achillea millefolium* L. (11%), *Inula salicina* L. (10%) и *Dactylis glomerata* L. (9%) – представители зональных луговых сообществ. На втором месте следуют рудеральные виды – 22,1%, в их числе максимальное проективное покрытие имеет *Amoria hybrida* (L.) C. Presl (11%). Единичными экземплярами представлены высокорослые виды – *Artemisia sieversiana* Willd., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Cirsium setosum* (Willd.) Bes., *Melilotus albus* Medicus и виды нижнего подъяруса – *Taraxacum officinale* F.H. Wigg. и *Tussilago farfara* L., в совокупности составляющие не более 2% проективного покрытия. Третье место занимают лесные виды – основная доля проективного покрытия этой группы представлена мелким подростом *Pinus sylvestris* (8%).

При увеличении сомкнутости крон пропорции всех эколого-ценотических групп в СЛ сохраняются. При 50%-ной сомкнутости преобладают руде-

рал *Melandrium album* (Mill.) Gars (10%), луговые виды *Medicago lupulina* L. (5%) и *Dactylis glomerata* (4%), затем следуют *Amoria hybrida* (4%) и подрост *Pinus sylvestris* (2,5%).

При сомкнутости крон 70% на первое место выходит *Medicago lupulina* (6%), *Amoria hybrida* занимает вторую позицию (2%), возрастает значение лугового злака *Agrostis gigantea* Roth (2%), а доля *Dactylis glomerata* существенно снижается (1,5%). В травянистом ярусе обнаружен редкий галофитный вид *Gypsophila perfoliata* L. (1%), присутствие которого отмечено только на одном участке в межкروновых пространствах среднесомкнутых насаждений (местонахождение – 55°32'38"N, 86°04'05"E). Также отмечены всходы и самосев инвазионного вида *Acer negundo* L. (1,5%), как и в других градах сомкнутости, но более обильно. До стадии подростка экземпляры *Acer negundo*, очевидно, не доживают, как и в других местообитаниях отвалов, а взрослые особи вообще не встречаются.

При 90%-ной сомкнутости травянистый ярус не формируется, присутствуют вышеописанные виды с покрытием до 1% или единичными экземплярами.

В районе ЦО основу проективного покрытия малосомкнутых насаждений формируют рудеральные виды – 34,5%, из которых чаще всего доминантом выступает *Melilotus officinalis* (L.) Pall. (30%) – типичный представитель техногенной флоры Кузбасса, поселяющийся на пионерной стадии развития фитоценозов и сохраняющийся в сложных растительных группировках на отвалах в течение десятков лет [28]. Высокое проективное покрытие составляют лугово-степные виды – 32,5%, среди которых ведущую роль играют *Calamagrostis epigeios* L. (20%), распространяющийся исключительно в пределах широких окон в пологе древостоев, и *Poa angustifolia* L. (10%), который, напротив, растет преимущественно в подкروновых пространствах при достаточной освещенности. Из видов степного разнотравья с долей проективного покрытия до 1% присутствуют *Artemisia glauca* Pall. ex Wil., *Fragaria viridis* Weston, *Plantago urvillei* Opiz, *Centaurea scabiosa* L. – характерные виды сложных растительных группировок отвалов. Значительная доля проективного покрытия лесных видов – 16,5% – обусловлена высокой встречаемостью мелкого и среднего подроста *Pinus sylvestris* (15%), остальные виды этой группы – *Crepis lyrata* (L.) Froel., *Bupleurum aureum* Fisch. ex Hoffm., самосев *Padus avium* Mill. – присутствуют спорадически.

В насаждениях с 50%-ной сомкнутостью крон ОПП травянистого яруса снижается на треть – 61% за счет уменьшения доли проективного покрытия рудеральных видов до 12,9%, в их составе *Convolvulus arvensis* L. (5%), *Melilotus officinalis* (2,7%) и *Tussilago farfara* (1%). Доля лугово-степных видов в составе травостоя не снижается – 32,1%, так как за счет увеличения площади подкroновых пространств при несущественном снижении их освещенности возрастает проективное покрытие *Poa angustifolia* (23,3%). В составе доминантов сохраняют позиции *Calamagrostis epigeios* (8,3%) и

мелкий подрост *Pinus sylvestris* (10%). Среди луговых видов выделяются *Vicia sepium* L. (2%) и *V. cracca* L. (1%).

При сомкнутости крон 70% в ЦО общее проективное покрытие составляет 44,5%. В составе доминантов вновь возрастает проективное покрытие *Melilotus officinalis* (15%), произрастание которого приурочено к прикромовым пространствам с высокой увлажненностью, что также связано с приспособительной реакцией этого вида к воздействию фитогенных полей взрослых особей *Pinus sylvestris* [29]. Среди лугово-степных видов сохраняется роль *Poa angustifolia* (10%) в подкромовых пространствах и *Calamagrostis epigeios* (2%) в прикромовых. Проективное покрытие мелкого подроста *Pinus sylvestris* составляет 3%.

Насаждения с 90%-ной сомкнутостью крон мертвопокровные, проективное покрытие 1–2% формируют только *Poa angustifolia* и мелкий подрост и самосев *Pinus sylvestris*, остальные виды представлены единично в том же составе, что и в насаждениях с меньшей сомкнутостью крон.

В районе ЮЛ при сохранении высокого проективного покрытия лугово-степных и рудеральных видов отмечено существенное увеличение проективного покрытия лесного компонента. При сомкнутости крон 30% проективное покрытие лугово-степных видов составляет 40,3%, в их составе преобладают *Calamagrostis epigeios* (34%) и *Phlomis tuberosa* (L.) Moench (6%). Основу проективного покрытия рудеральных видов также составляют *Melilotus officinalis* (14,5%), *Artemisia sieversiana* Willd. (1%), остальные виды этой группы – *Cirsium setosum*, *Linaria vulgaris* L., *Crepis tectorum* L., адвентивный вид *Solanum kitagawae* Schonb.-Tem. и др. – присутствуют единично и в совокупности закрывают 1,5%. Проективное покрытие лесных видов составляет 22,5%, из них ведущая роль принадлежит *Myosotis imitata* Serg. (7,7%), самосеву *Betula pendula* (7,5), которые расселяются на открытых участках, мелкому и среднему подросту *Pinus sylvestris* (6%), локализованному главным образом в подкромовых зонах. Участие луговых видов в проективном покрытии составляет 7%, из них преобладают *Achillea millefolium* (5%) и *Artemisia vulgaris* L. (1%), единичные экземпляры – *Dactylis glomerata*, *Geranium pratense* и *Verbascum thapsus* L.

В насаждениях с 50%-ной сомкнутостью крон ОПП снижается в 3 раза и составляет 30,5%. Почти половину его составляют рудеральные виды, из которых резко преобладает *Anthemis subtinctoria* Dobrocz. (13,5%), произрастающая в межкромовых пространствах, остальные виды присутствуют в прежнем составе, доля каждого составляет не более 1%. Второе место по проективному покрытию занимают лесные виды – 9%, среди которых существенно возрастает участие *Fragaria vesca* L. (5%), являющейся безусловным доминантом в подкромовых пространствах; доли *Pinus sylvestris* (3%) и *Betula pendula* (1%) уменьшаются за счет резкого снижения габитуса и жизненного состояния экземпляров. Проективное покрытие *Calamagrostis*

*epigeios* снижается до 4,5% – как и в районе ЦО, он присутствует только в межкروновых пространствах.

При сомкнутости крон 70% соотношение эколого-ценотических групп в сложении травостоя сохраняется. В подкروновых пространствах доминантами напочвенного покрова становятся *Fragaria vesca* (5%), проективное покрытие которой не снижается, и *Poa angustifolia* (3%), участие которого по сравнению с грациями меньшей сомкнутости возрастает. Существенное увеличение участия отмечено у *Geranium pratense* L. (4%), которая совместно с *Melilotus officinalis* (3%) формирует проективное покрытие прикروновых зон. Самосев и подрост *Pinus sylvestris* покрывает 1% общей площади, остальные виды представлены единичными экземплярами. Кроме того, в подкروновых пространствах встречаются представители таежной эколого-ценотической группы – *Abies sibirica* Ledeb. и *Picea obovata* Ledeb. в виде подроста высотой до 50 см.

В насаждениях с сомкнутостью крон 90% наибольшее участие в травостое принимают *Melilotus officinalis* (2,5%) и *Convolvulus arvensis* (2%); с проективным покрытием до 1% представлены *Dactylis glomerata*, *Geranium pratense*, *Fragaria vesca*, единично присутствует *Abies sibirica*. Подрост, самосев и всходы *Pinus sylvestris* представлены единично. На одном из исследуемых участков впервые для отвалов Кузбасса обнаружено несколько экземпляров *Neottiantha cuculata* (L.) Schltr. – вид занесен в Красные книги Российской Федерации и Кемеровской области (местонахождение – 53°39'37"N, 86°55'34"E).

В СГТ районе в насаждениях с сомкнутостью крон 30% основу проективного покрытия травостоя составляют растения рудеральной группы – 47,5%: *Melilotus officinalis* (30%), *Sonchus arvensis* L. (5%), *Taraxacum officinale* (5%), *Dracocephalum nutans* L. (2%), *Cirsium vulgare* (1%), *Pastinaca sylvestris* Mill. (1%), остальные – менее 1% или представлены единично. Второе место занимают луговые виды – 12,5%: *Hieracium umbellatum* L. (5%), *Achillea millefolium* (2%), *Lathyrus pratensis* L. (1%). Третья группа – лесные виды – 10%, из них преобладает *Fragaria vesca* (5%), в межкروновых пространствах присутствуют *Rubus idaeus* L. (2%) и возобновление *Populus tremula* L. (2%), остальные – единично. Группа лугово-степных видов представлена в подкروновых зонах, преобладает *Poa angustifolia* (7%). Таежные виды не отмечены. Средний подрост *Pinus sylvestris* присутствует единично.

В средне- и высокосомкнутых насаждениях по проективному покрытию преобладают лесные виды, затем следуют луговые и рудеральные. При 50%-ной сомкнутости крон лесные виды занимают 17,2%, из них преобладают *Prunella vulgaris* L. (10%), *Fragaria vesca* (2%), всходы и самосев *Betula pendula* и *B. pubescens* Ehrh. (в совокупности – 2%) и *Sorbus sibirica* (2%). В подкroновом пространстве обнаружено несколько экземпляров *Platanthera bifolia* (L.) Rich и *Athyrium filix-femina* (L.) Roth ex Mert. Проективное покрытие луговых видов составляет 14%, из них преобладают *Dactylis glomerata* (4%),

*Hieraceum umbellatum* L. (2%), *Trifolium pratense* L. (2%), в подкроновых пространствах произрастает *Agrostis gigantea* (4%). Группу рудеральных видов – 8% – составляют: *Amoria hybrida* (2%), *Cirsium setosum* (2%), *Melilotus albus* (2%), *Tussilago farfara* (2%), остальные – единично. Из лугово-степных видов отмечены *Plantago media* L. (2%), *Tanacetum vulgare* L. (1%) и *Galium verum* (1%). Таяжные виды представлены экземплярами *Abies sibirica* и *Picea obovata* (со встречаемостью 5–10%) и единичными куртинами мелкого подроста *Pinus sibirica* Du Tour зоохорного происхождения.

При 70%-ной сомкнутости крон лесные виды составляют 7%, из них по 1% имеют *Prunella vulgaris*, *Rubus idaeus*, самосев и мелкий подрост *Betula pubescens* и *Salix caprea* в угнетенном состоянии, единичными экземплярами представлены виды, встречающиеся на участках предыдущей градации. Из луговых преобладает *Agrostis gigantea* (2%), из рудеральных – *Amoria hybrida* (1%). Отмечен краснокнижный вид *Orthilia obtusata* (Turcz) Н. Нара – единственный из всех обнаруженных нами травянистых таяжных видов – в виде микрогруппировки, состоящей из 8–10 экземпляров (местонахождение – 53°40'06"N, 88°03'33"E). Единично присутствуют лесные виды *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Carex macroura* Meinsh., *Cerastium holosteoides* Fries.

В насаждениях с сомкнутостью крон 90% максимальное обилие (по 1% каждый) выражено у *Amoria hybrida*, *Agrostis gigantea* и *Epilobium palustre* L., произрастание которых приурочено к окнам в лесном пологе. В подкроновом пространстве отмечено присутствие *Gnaphalium sylvaticum* L. (0,5%), *Athyrium filix-femina* (единично), самосева и мелкого подроста *Sorbus sibirica* (1%) в виде куртин по 3–14 экземпляров, *Abies sibirica* и *Pinus sibirica* (единично). Всходы и самосев *Pinus sylvestris* также представлены единично, подрост отсутствует.

Таким образом, соотношение проективных покрытий эколого-ценотических групп и отдельных видов в целом свидетельствует о зональной направленности формирования травянистого яруса, которую определяет растительное окружение отвалов: в СЛ преобладают луговые виды, в ЦО – лугово-степные, в ЮЛ – лугово-степные и лесные, в СГТ – лесные. В то же время в разреженных насаждениях ведущая роль принадлежит интразональному компоненту – рудеральной растительности. Максимальное распространение среди видов этой группы принадлежит *Melilotus officinalis*, который поселяется еще на стадии пионерных растительных группировок. Этот вид обладает выраженной приспособительной реакцией по отношению к фитогенному полю сосны обыкновенной [29], вследствие которой он занимает экологическую нишу прикroновых зон насаждений, где большинство других видов представлено единичными экземплярами, и способен в течение длительного времени сохраняться в составе травостоя на протяжении нескольких стадий растительных сукцессий. Другие виды-рудералы с широкой экологической амплитудой, способные долго удерживать свои по-



зиции в ходе восстановительных сукцессий: *Artemisia sieversiana*, *Cirsium setosum*, *Lactuca serriola*, *Sonchus arvensis*, *Tussilago farfara* и др. – в структуре напочвенного покрова сосновых насаждений принимают второстепенное участие, происходит их замещение видами зональных сообществ.

Высокое проективное покрытие *Calamagrostis epigeios* в разреженных насаждениях ЮЛ и ЦО следует рассматривать как начальный этап развития фитоценозов. Хотя этот вид и относится к лугово-степной эколого-ценотической группе, доминирование представителей рода *Calamagrostis* в лесных сообществах является характерным признаком инициальной стадии восстановительных сукцессий [30]. В то же время в насаждениях с сомкнутостью крон 50% и более *Calamagrostis epigeios* не выдерживает воздействия фитогенных полей сосны, что также свидетельствует о переориентировании направления развития сообществ средне- и высокосомкнутых насаждений с лугового или лугово-степного на лесное. Некоторые лугово-степные виды, в частности, виды рода *Poa* L., положительно реагируют на присутствие фитогенных полей сосны в условиях малой и средней сомкнутости и формируют высокое проективное покрытие в подкروновых пространствах, что позволяет говорить о длительном сосуществовании степной и лесной растительности и формировании в степных экотопах сообществ сосны обыкновенной со степным травостоем в травянистом ярусе, что характерно, например, для ленточных боров степной зоны [31].

Как известно, в естественных сосновых лесах смыкание древесного полога приводит к существенным перестройкам в количественном соотношении растений, тогда как видовое разнообразие и состав доминантов сохраняются [32]. В сосновых насаждениях на отвалах преобладание проективных покрытий лесных видов отмечено только в СГТ, что в целом соответствует зональной направленности эндоэкогенетических сукцессий. Наличие выраженного проективного покрытия самосева и подроста древесных видов в СГТ также свидетельствует о лесной направленности формирования ценозов. В лесостепных ЭГР, однако, рост числа травянистых лесных видов, выраженный во всех ЭГР при сомкнутости крон 50% и выше, свидетельствует о том, что в будущем доля участия лесных видов в сложении напочвенного покрова средне- и высокосомкнутых насаждений может существенно вырасти и привести к формированию лесных экосистем в этих районах.

Важнейшей количественной характеристикой живого напочвенного покрова, аккумулирующей влияние вида-эдификатора, является величина живой надземной фитомассы. Эта величина в целом повторяет динамику общего проективного покрытия – по грациям сомкнутости крон различия величины надземной фитомассы отмечаются в существенно большей степени, чем по ЭГР (табл. 3). Так, при 30%-ной сомкнутости живая надземная фитомасса варьирует в пределах 284–471 г/м<sup>2</sup>, при 50%-ной – 69–148 г/м<sup>2</sup>, при 70%-ной – 24–73 г/м<sup>2</sup>, при 90%-ной – менее 10 г/м<sup>2</sup> или отсутствует. В наименее увлажненном ЦО величина надземной фитомассы во всех града-

циях сомкнутости существенно выше, чем в других ЭГР, вследствие преобладания в ее структуре высокопродуктивного *Calamagrostis epigeios*, а возможно и вследствие улучшения и водного режима под покровом сосняков.

Таблица 3 [Table 3]

**Величина живой надземной фитомассы в воздушно-сухом состоянии, г/м<sup>2</sup>**  
**[The quantity of the living above-ground phytomass in the air-dry state, g/m<sup>2</sup>] (M±m)**

Сомкнутость крон, % [Crown closure, %]	Северный лесостепной район [Northern forest-steppe area]	Центральный остепненный район [Central steppe area]	Южный лесостепной район [Southern forest-steppe area]	Среднегорный таежный район [Mid-mountain taiga area]
0	276,4±64,3	473,9±40,5	213,8±51,1	345,7±53,8
30	380,2±98,2	471,8±96,0	284,7±22,2	443,7±49,5
50	125,4±13,9	145,4±17,2	69,9±39,3	148,2±15,1
70	73,3±19,4	70,5±11,0	24,4±13,7	31,7±13,9
90	< 10–0	< 10–0	< 10–0	< 10–0

Существенную роль в сложении живого напочвенного покрова насаждений играют сообщества мхов. Всего под покровом насаждений обнаружено 7 видов, из них *Ceratodon purpureus* Brid., *Brachythecium velutinum* (Hedw.) Schimp. и *Bryum argenteum* Hedw. в том или ином соотношении встречаются в СЛ, ЦО и ЮЛ. *Politrichum juniperinum* Hedw., *Brachythecium salebrosum* (F. Weber & D. Mohr) Bruchetal., *Ceratodon purpureus*, *Eurhynchium hians* (Hedw.) San de Lac., *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra представлены в СГТ. *Ceratodon purpureus* – наиболее распространенный вид-космополит, встречающийся во всех ЭГР, при сомкнутости крон 30–50% формирует мозаичное проективное покрытие величиной 20–50%, которое увеличивается пропорционально общему увлажнению ЭГР, при сомкнутости крон 70–90% в СЛ, ЦО и ЮЛ образует сплошной моховой ярус в наиболее увлажненных межкروновых пространствах. В подкروновых пространствах покров *Ceratodon purpureus* сменяется подстилкой, состоящей преимущественно из опада хвои. *Brachythecium velutinum* чаще встречается в СЛ и почти исключительно поселяется на камнях в приствольных зонах в виде латок размером 10–30 см.

В межкروновых пространствах средне- и высокосомкнутых насаждений в СГТ моховой покров мозаичен по видовому составу, его основу составляют *Bryum argenteum*, *Politrichum juniperinum* и *Brachythecium salebrosum*. *Ceratodon purpureus* встречается реже, чем в лесостепных ЭГР, в виде вкраплений, а при высокой сомкнутости, благодаря повышенному дождевому стоку, обильно покрывает нижнюю часть стволов деревьев до высоты 0,5 м. *Eurhynchium hians* присутствует фрагментарно на обломках невыветрелых песчаников выше уровня почвы. *Niphotrichum canescens* спорадически присутствует в виде пятен в межкروновых пространствах малосомкнутых на-



саждений, на поверхностях, лишенных сплошного травянистого покрова и опада – в основном, крупноразмерных элювиоземах, формирует сплошной покров высотой до 15 см.

Эколого-ценотическая роль проективного покрытия мхов в сосновых насаждениях может рассматриваться с нескольких позиций. С одной стороны, высокая потребность большинства видов мхов в воде свидетельствует об устойчивом водном режиме под покровом насаждений. Мхи являются одними из первых высших растений, поселяющихся на литогенных поверхностях, лишенных растительного покрова, они принимают участие в первичных сукцессиях и обеспечивают первоначальное накопление органического материала [33]. С другой стороны, увеличение доли проективного покрытия мохового яруса служит индикатором замедления биокруговорота в местообитаниях отвалов [34]. Таким образом, наличие развитого мохового покрова в условиях средней и высокой сомкнутости крон в лесостепных районах и в ряде случаев при малой сомкнутости крон деревьев на отвалах черневой тайги свидетельствует о направленном лесном, но замедленном протекании под покровом сосновых насаждений эндозоогенетических растительных сукцессий.

### Выводы

1. Формирование живого напочвенного покрова сосновых насаждений на отвалах угольной промышленности протекает под влиянием зональных особенностей. Фактор растительного окружения играет первостепенную роль в формировании структуры и видового состава. Сомкнутость крон насаждений определяет количественные признаки: проективное покрытие и фитомассу.

2. В среднегорном таежном районе происходит поселение сопутствующих древесных пород под полог сосны, прослеживается исключительно лесная направленность эндозоогенетических сукцессий. Виды зональной флоры в целом преобладают во всех грациях сомкнутости крон. В сомкнутых насаждениях обнаружены редкие и исчезающие виды, занесенные в Красную книгу.

3. В лесостепных районах существенна роль рудерального компонента. В сомкнутых насаждениях наблюдается мезофитизация местообитаний, однако группа лесных видов как по количеству, так и по проективному покрытию не выделяется на фоне остальных эколого-ценотических групп.

4. Высокая мозаичность травянистого покрова обусловлена факторами эндозоогенеза, под действием которых внешние, прикромовые и подкромовые пространства обладают специфичным составом доминантов.

### Литература

1. Беляева Н.В., Пакконен Н.А. Структура живого напочвенного покрова после добровольно-выборочных и равномерно-постепенных рубок // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2010. № 26. С. 3–10.

2. Манаков Ю.А. Парциальные флоры техногенных экотопов Кузбасса // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 9 (103). С. 104–109.
3. 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.
4. Журавлева Е.Н., Ипатов В.С., Лебедева В.Х., Тиходеева М.Ю. Изменение растительности на лугах под влиянием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. 2012. Серия 3, Биология. Вып. 2. С. 3–12.
5. Gorelov A.M. The role of phytogenous field in the formation of woody plants space structure// Modern Phytomorphology. 2012. № 1. P. 137–141.
6. Трещевская Э.И., Андриющенко П.Ф., Боев В.Е., Дюков А.Н., Панков Я.В. Роль сосны обыкновенной при лесной рекультивации нарушенных земель // Сосновые леса России в системе многоцелевого лесопользования : материалы науч. конф. Воронеж, 1993. С. 106–108.
7. Чибрик Т.С., Лукина Н.В., Филимонова Е.И., Глазырина М.А. Структура и динамика лесных фитоценозов на нарушенных промышленностью землях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 1–5. С. 1403–1406.
8. Wade G.L. Grass competition and establishment of native species from forest soil seed banks // Landscape and Urban Planning. 1989. № 17. P. 135–149.
9. Skousen J., Zipper C., Burger J., Barton Ch., Angel P. Selecting materials for mine soil construction when establishing forests on Appalachian mine sites // Forest Reclamation Advisory. 2011. № 8. P. 1–8.
10. Залесов С.В., Оплетаев А.С., Терин А.А. Формирование искусственных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на рекультивированном золототвале // Аграрный вестник Урала. 2016. № 150 (8). С. 15–23.
11. Burger J.A. Reforestation Guidelines for Unused Surface Mined Lands in the Eastern United States // Virginia Cooperative Extension. 2011. PP. 460–144.
12. Панков Я.В., Гончаров А.Б., Голядкина И.В., Чуев С.А. Биологическое разнообразие как основа лесной рекультивации нарушенных ландшафтов // Биологическое разнообразие как основа существования и функционирования естественных и искусственных экосистем. М., 2015. С. 108–113.
13. Костина Е.Э. Формирование живого напочвенного покрова на отвалах пустой породы Костомукшского горнообогатительного комбината (Республика Карелия) // Антропогенная трансформация природной среды. 2013. № 1. С. 105–109.
14. Седых В.Н. Техногенные леса на нарушенных землях Западной Сибири // Сибирский лесной журнал. 2016. № 2. С. 43–50.
15. Уфимцев В.И. Современное состояние и основные проблемы лесной рекультивации в Кузбассе // Известия Иркутского государственного университета. 2013. № 3. С. 63–69.
16. Экологическая карта Кемеровской области. Масштаб 1:500 000. М. : Федеральная служба геодезии и картографии России, 1995.
17. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
18. Полевая геоботаника / ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. М., Л., 1976. Т. 5. 320 с.
19. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Русское издание. СПб. : Мир и семья, 1995. 992 с.
20. Игнатов М.С., Афонина О.М., Игнатова Е.А. и др. Список мхов Восточной Европы и Северной Азии // Arctoa. 2006. Т. 15. С. 1–130.
21. Двораковский М.С. Экология растений. М. : Высшая школа, 1983. 190 с.
22. Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Фитоценология. Принципы и методы. М. : Наука, 1978. 212 с.

23. Ковылина О.П., Ковылин Н.В., Сухенко Н.В. Развитие травянистой растительности в позахщитных полосах разного породного состава в условиях Ширинской степи Хакасии // Сибирский экологический журнал. 2009. № 5. С. 673–680.
24. Стрельникова Т.О., Манаков Ю.А. Особенности флоры отвалов угольных разрезов Кемеровской области // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. № 2 (10). С. 44–57.
25. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: учеб. пособие. Томск : ТМЛ-Пресс, 2007. 304 с.
26. Hammer Ø., Harper D.A. T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4 (1). URL: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) (дата обращения: 10.12.2016).
27. Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Снытко В.А., Дубынина С.С., Копотева Т.А., Магомедова Л.Н., Миронычева-Токарева Н.П., Нефедьева Л.Г., Семенюк Н.В., Тишков А.А., Ти Т., Хакимзянова Ф.И., Шагохина Н.Г., Шмакова Е.И. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. Новосибирск : Наука, 1988. 134 с.
28. Манаков Ю.А., Стрельникова Т.О., Куприянов А.Н. Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса. Новосибирск : Изд-во Сибирского отделения Российской академии наук, 2011. 167 с.
29. 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, is. 1. PP. 140–149. doi: [10.15372/SEJ20160116](https://doi.org/10.15372/SEJ20160116)
30. Ковалева Н.М., Жила С.В., Иванова Г.А. Формирование живого напочвенного покрова на начальной стадии пирогенной сукцессии в сосняках Нижнего Приангарья // Хвойные бореальной зоны. 2012. № 3–4. С. 265–269.
31. Куприянов А.Н., Заблочкий В.И., Хрусталева И.А., Стрелковский А.Н. Типы леса и лесорастительные условия юго-западной части ленточных боров // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2004. № 10. С. 3–11.
32. Комарова Т.А. Изменение синузильной структуры кустарничково-травяного яруса в ходе послепожарных сукцессий // Ботанический журнал. 1993. Т. 78, № 6. С. 86–95.
33. Бойко М.Ф. Мохообразные начальных стадий первичных сукцессий на субстратах антропогенного происхождения // Экология. 1991. № 2. С. 21–25.
34. Беляева Н.В., Грязькин А.В., Нгуен Т.Т.Х. Видовое разнообразие живого напочвенного покрова и подлеска на парцеллярном уровне // Научное обозрение. 2013. № 5. С. 13–19.

*Поступила в редакцию 16.02.2018 г.; повторно 07.05.2018 г.;  
принята 27.09.2018 г.; опубликована 27.12.2018 г.*

**Авторский коллектив:**

**Уфимцев Владимир Иванович** – канд. биол. наук, в.н.с. лаборатории рекультивации и биомониторинга, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН (650065, Россия, г. Кемерово, пр-т Ленинградский, 10).

E-mail: [uwuy@gmail.com](mailto:uwuy@gmail.com)

**Стрельникова Татьяна Олеговна** – канд. биол. наук, с.н.с. лаборатории экологической оценки и управления биоразнообразием, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН (650065, Россия, г. Кемерово, пр-т Ленинградский, 10).

E-mail: [strelnikova21@yandex.ru](mailto:strelnikova21@yandex.ru)

**Куприянов Олег Андреевич** – канд. биол. наук, н.с. лаборатории экологической оценки и управления биоразнообразием, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН (650065, Россия, г. Кемерово, пр-т Ленинградский, 10).

E-mail: [kuproa@gmail.com](mailto:kuproa@gmail.com)

**For citation:** Ufimtsev VI, Strelnikova TO, Kupriyanov OA. Structure of the living ground cover in pine forests on dumps of Kuzbass. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* = *Tomsk State University Journal of Biology*. 2018;44:36-58. doi: 10.17223/19988591/44/3 In Russian, English Summary

**Vladimir I Ufimtsev, Tatiana O Strelnikova, Oleg A Kupriyanov**

*Kuzbass Botanical Garden, Institute of Human Ecology, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation*

## **Structure of the living ground cover in pine forests on dumps of Kuzbass**

Revegetation of extensive damaged lands is a serious problem for areas of the Kuznetsk coal basin (Western Siberia). We considered the features of the living ground cover formation in pine plantings in the areas of mine dumps restoration. We conducted studies in 4 ecological and geographic zones: mid-mountain taiga, southern forest-steppe, northern forest-steppe and central steppe (here, the zones are presented according to the level of hydrothermic coefficient reduction). The aim of the research was to study the structure of the lower vegetative layer of age class II in pine stands growing on coal industry dumps.

The even-aged homotypical pine stands, category I of the general vital state and bonitet classes I-II, were the objects of the research. Tests in 5-fold frequency were carried out; in four variants of crown closure, from 30 to 90%, with a step of 20% (See Table 1). We analyzed such parameters as taxonomic structure and projective cover of grass layer and moss layer, ecological and ecological and cenotic structures, and the weight of the living ground mass. Accumulation and data processing of field studies (2014-2015) were carried out by means of application programs IBIS and PAST.

95 species, 77 genera and 28 families of higher vascular plants make the taxonomic wealth of the studied territory. There are 89 angiospermous species, 4 gymnospermous species and 2 species of vascular cryptogam plants among them (See Table 2). The variants of the mid-mountain taiga ecological and geographic region are leading in the absolute number of species (58), exceeding other regions in this factor 1.5 times. The analysis of taxonomic structure shows that plant associations of pine plantings are in a dynamic status. A strong Asteraceae predominance (25% of species composition), the growth of Fabaceae rank, and the lowering of Poaceae rank (in comparison with natural meadow and forest communities) indicate this. Fabaceae predominance can be a feature of mesophytization of ecotops at restoration sections (in comparison with open spaces of dumps). The differences in floristic composition of plantings are a consequence of zonal features (See Fig. 1). In general, the low measure of similarity between variants demonstrates predominance of the randomness factor in case of the settlement of grass types, a dynamic status of phytocenoses of pine plantings, and the initial stage of their evolution. There are 3 groups in the ecological structure which reflect the relation of species to moistening: xerophytes, mesoxerophytes, and mesophytes (See Fig. 2). Specific zonal features of species composition of the studied regions show the data of ecological and cenotic analysis (See Fig. 3 and 4), however unification of the appearance of grass stands occurs due to a high role of ruderal species, especially in little closed stands (crown closure is 30-50%). The important quantitative feature of the living ground cover which reflects the impact of an edificator plant is the size of living above-ground phytomass. On the whole, this characteristic repeats the dynamics of the total projective cover. The crown closure has a much stronger influence on the size of the above-ground phytomass than the ecological and geographic location of the research area (See Table 3). The essential role in composing the living ground

cover of plantings belongs to moss communities. In total, 7 species are found under the cover of plantings, *Ceratodon purpureus* is the most widespread cosmopolitan species. Formation of the living ground cover of pine plantings on coal industry dumps is influenced by zonal features. The factor of vegetative environment plays a predominant role in the formation of the structure and species composition. The crown closure of plantings defines quantitative characteristics: projective cover and phytomass.

*The paper contains 3 Tables, 4 Figures and 34 References.*

**Key words:** *Pinus sylvestris*; dumps, crown closure; phytocenosis; endoecogenesis.

**Funding:** The research was carried out within the state assignment of the Federal Agency of Scientific Organisations of Russia No 0352-2016-0002, state registration number 17-117041410053-1

### References

1. Belyaeva NV, Pakkonen NA. Struktura zhivogo napochvennogo pokrova posle dobrovol'no-vyborochnykh i ravnomerno-postepennykh rubok [Structure of the living ground cover after voluntary selective and uniformly gradual felling]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa = Current Problems of the Forest Complex*. 2010;26:3-10. In Russian
2. Manakov YuA. Partsiyal'nye flory tekhnogennykh ekotopov Kuzbassa [Partial floras of industrial ecotopes of Kuzbass]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta = Vestnik of the Orenburg State University*. 2009;9(103):104-109. In Russian
3. Lebedeva VKh, Tikhodeeva MYu, Ipatov VS. Estimation of tree layer influence on soil cover plants species in bilberry-moss pine forest. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical Journal*. 2006;91(2):176-192. In Russian, English Summary
4. Zhuravleva EN, Ipatov VS, Lebedeva VKh, Tikhodeeva MYu. Vegetation changes in meadows under the influence of Scotts pine (*Pinus sylvestris* L.). *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3. Biologiya = Vestnik of Saint-Petersburg State University. Series 3. Biology*. 2012;2:3-12. In Russian
5. Gorelov AM. The role of phylogenous field in the formation of woody plants space structure. *Modern Phytomorphology*. 2012;1:137-141.
6. Treshchevskaya EI, Andryushchenko PF, Boev VE, Dyukov AN, Pankov YaV. Rol' sosny obyknovennoy pri lesnoy rekul'tivatsii narushennykh zemel' [Role of the Scots pine in restoration of disturbed lands]. In: *Sosnovye lesa Rossii v sisteme mnogotsелеvogo lesopol'zovaniya. Materialy nauch. konf. [Pine stands of Russia in the system of multi-purpose forest exploitation. Proc. of the Sci. Conf. (Voronezh, Russia, 29 September-01 October, 1993). Lozovoy AD, editor. Voronezh: Voronezh State University of Forest and Technologies named after GF Morozov Publ.; 1993. pp. 106-108. In Russian*
7. Chibrik TS, Lukina NV, Filimonova EI, Glazyrina MA. The structure and dynamics of forest phytocenosis on the disturbed industrial lands. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk = Izvestia of Samara Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences*. 2012;14(1-5):1403-1406. In Russian
8. Wade GL. Grass competition and establishment of native species from forest soil seed banks. *Landscape and Urban Planning*. 1989;17:135-149.
9. Skousen JG, Zipper CE, Burger JA, Barton CD, Angel PN. Selecting materials for mine soil construction when establishing forests on Appalachian mine sites. *Forest Reclamation Advisory*. 2011;8:1-8. [Electronic resource]. Available at: [https://arri.osmre.gov/FRA/Advisories/FRA\\_No.8%20Soil%20Materials.pdf](https://arri.osmre.gov/FRA/Advisories/FRA_No.8%20Soil%20Materials.pdf) (access 12.02.2018)
10. Zalesov SV, Opletaev AS, Terin AA. Formation of artificial plantations of pine (*Pinus sylvestris* L.) during the remediation of the ash dump. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016;150(8):15-23. In Russian, English Summary
11. Burger JA, Zipper CE. Reforestation guidelines for unused surface mined lands in the Eastern United States. In: *Virginia Cooperative Extension*. Virginia: Virginia Polytechnic

- Institute and State University Publ.; 2011. pp. 460-144. [Electronic resource]. Available at: <https://www.prp.cses.vt.edu/Update-PrePubs/460-144-prepub.pdf> (access 12.02.2018)
12. Pankov YaV, Goncharov AB, Golyadkina IV, Chuev SA. Biologicheskoe raznoobrazie kak osnova lesnoy rekul'tivatsii narushennykh landshaftov [Biological diversity as the basis for forest restoration of disturbed landscapes]. In: *Biologicheskoe raznoobrazie kak osnova sushchestvovaniya i funktsionirovaniya estestvennykh i iskusstvennykh ekosistem*. Materialy nauch. konf. [Biological diversity as the basis for the existence and functioning of natural and artificial ecosystems. Proc. of a Sci. Conf. (Voronezh, Russia, 08-10 June, 2015)]. Moscow: Istoki Publ.; 2015. pp. 108-113. In Russian
  13. Kostina EE. The formation of the living ground cover on the waste dumps of the Kostomuksha mining and processing plant (Republic of Karelia). *Antropogennaya transformatsiya prirodnoy sredy = Anthropogenic Transformation of the Environment*. 2013;1:105-109. In Russian
  14. Sedykh VN. Technogenic forests on the disturbed lands of Western Siberia. *Sibirskiy Lesnoj Zhurnal = Siberian Journal of Forest Science*. 2016;2:43-50. In Russian
  15. Ufimtsev VI. Problems of reforestation in Kuzbass. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Biologiya. Ekologiya" = The Bulletin of Irkutsk State University. Series "Biology. Ecology"*. 2013;3:63-69. In Russian
  16. *Ekologicheskaya karta Kemerovskoy oblasti* [Ecological map of the Kemerovo region]. Scale 1:500000. Barannik LP, editor. Moscow: Federal Agency of Geodesy and Cartography of Russia; 1995. In Russian
  17. Kurachev VM, Androkhonov VA. Klassifikatsiya pochv tekhnogennykh landshaftov [Classification of soils of techogenic landscapes]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal = Contemporary Problems of Ecology*. 2002;3:255-261. In Russian
  18. *Polevaya geobotanika* [Field geobotany]. Vol. 5. Lavrenko EM, Korchagin AA, editors. Moscow: RS USSR Publ.; 1976. 320 p. In Russian
  19. Czerepanov SK. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR)]. St. Petersburg: Mir & Sem'ya-95 Publ.; 1995. 992 p. In Russian
  20. Ignatov MS, Afonina OM, Ignatova EA et al. Check-list of mosses of East Europe and North Asia. *Arctoa*. 2006;15:1-130.
  21. Dvorakovskiy MS. Ekologiya rasteniy [Plant Ecology]. Moscow: Vysshaya shkola Publ.; 1983. 190 p. In Russian
  22. Mirkin BM, Rozenberg GS. Fitocenologiya. Principy i metody [Phytocenology. Principles and methods]. Moscow: Nauka Publ.; 1978; 212 p. In Russian
  23. Kovylin OP, Kovylin NV, Suhenko NV. Development of grass vegetation in field-protective belts of different species composition under the conditions of the Shira Steppe in Khakasia. *Sibirskiy Ekologicheskiy Zhurnal = Contemporary Problems of Ecology*. 2009;16(5):673-680. In Russian
  24. Strelnikova TO, Manakov YuA. Features of coal mines dumps flora of Kemerovo region. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2010;2(10):44-57. In Russian
  25. Zverev AA. Informatsionnye tekhnologii v issledovaniyakh rastitel'nogo pokrova: Uchebnoe posobie [Information technologies in studies of vegetation: Text-book]. Tomsk: TML-Press Publ.; 2007. 304 p. In Russian
  26. Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. Paleontological statistics software package for education and data analysis. Vol. 4. In: *Palaeontologia Electronica*. 2001;4(1):1-9. [Electronic resource]. Available at: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) (accessed 10.12.2016).
  27. Titlyanova AA, Bazilevich NI, Snytko VA, Dubynina SS, Kopoteva TA, Magomedova LN, Mironycheva-Tokareva NP, Nefed'eva LG, Semenyuk NV, Tishkov AA, Ti T, Khakimzyanova FI, Shatokhina NG, Shmakova EI. Biologicheskaya produktivnost'



- travyanykh ekosistem. Geograficheskie zakonomernosti i ekologicheskie osobennosti [Biological productivity of grass ecosystems. Geographical patterns and ecological features]. Il'in VB, editor. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1988. 134 p. In Russian
28. Manakov YuA, Strel'nikova TO, Kupriyanov AN. Formirovanie rastitel'nogo pokrova v tekhnogennykh landshaftakh Kuzbassa [Formation of vegetation in man-made landscapes of Kuzbass]. Mironova SA, editor. Novosibirsk: Siberian Branch of the RAS Publ.; 2011. 166 p. In Russian
29. Ufimtsev VI, Belanov IP, Kupriyanov OA. Ecological-cenotic role of phytogenous fields of Scots pine on coal dumps. *Contemporary Problems of Ecology*. 2016;9(1):140-149. doi: [10.15372/SEJ20160116](https://doi.org/10.15372/SEJ20160116)
30. Kovaleva NM, Zhila SV, Ivanova GA. Formirovanie zhivogo napochvennogo pokrova na nachal'noy stadii pirogennoy suksessii v sosnyakh Nizhnego Priangar'ya [Formation of live ground cover at the initial stage of pyrogenic succession in pine forests of the Lower Angara region]. *Khvoynye boreal'noy zony = Conifers of the Boreal Area*. 2012;3-4:265-269. In Russian
31. Kupriyanov AN, Zablotkiy VI, Khrustaleva IA, Strelkovskiy AN. Tipy lesa i lesorastitel'nye usloviya yugo-zapadnoy chaste lentochnykh borov [Forest types and forest conditions of the south-western part of ribbon forests]. In: *Botanicheskie issledovaniya Sibiri i Kazakhstana* [Botanical Research in Siberia and Kazakhstan]. Vol. 10. Kupriyanov AN, editor. Barnaul: Altay State University Publ.; 2004. pp. 3-10. In Russian
32. Komarova TA. Izmenenie sinuzial'noy struktury kustarnichkovo-travyanogo yarusy v khode poslepozhar'nykh suksessiy. [Changes in the synusial structure of the shrub-grass layer during post-fire successions]. *Botanicheskiy zhurnal = Botanical Journal*. 1993;78(6):86-95. In Russian
33. Boyko MF. Mokhoobraznye nachal'nykh stadiy pervichnykh suksessiy na substratakh antropogennogo proiskhozhdeniya [Bryophytes of the initial stages of primary successions on substrates of anthropogenic origin]. *Ekologiya = Soviet Journal of Ecology*. 1991;2:21-25. In Russian
34. Belyaeva NV, Gryazkin AV, Nguen TTKh. Vidovoe raznoobrazie zhivogo napochvennogo pokrova i podleska na partsellyarnom urovne [Species diversity of live ground cover and undergrowth on parcel level]. *Nauchnoe obozrenie = Science Review*. 2013;5:13-19. In Russian

Received 16 February 2018; Revised 07 May 2018;

Accepted 27 September 2018; Published 27 December 2018

**Author info:**

**Ufimtsev Vladimir I**, Cand. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Laboratory of Reclamation and Biomonitoring, Kuzbass Botanical Garden, Institute of Human Ecology, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 10 Leningradskiy Ave., Kemerovo 650065, Russian Federation.

E-mail: [uw2079@gmail.com](mailto:uw2079@gmail.com)

**Strelnikova Tatiana O**, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Laboratory for Environmental Assessment and Management of Biodiversity, Kuzbass Botanical Garden, Institute of Human Ecology, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Kemerovo), 10 Leningradskiy Ave., Kemerovo 650065, Russian Federation.

E-mail: [strelnikova21@yandex.ru](mailto:strelnikova21@yandex.ru)

**Kupriyanov Oleg A**, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Laboratory for Environmental Assessment and Management of Biodiversity, Kuzbass Botanical Garden, Institute of Human Ecology, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Kemerovo), 10 Leningradskiy Ave., Kemerovo 650065, Russian Federation.

E-mail: [kuproa@gmail.com](mailto:kuproa@gmail.com)