

СТЕПЕНЬ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В РАЗНЫХ ТИПАХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НА ГАРЯХ В ЛЕНТОЧНЫХ БОРАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

А.А. Малиновских

ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, 656049, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Красноармейский, д. 98

almaa1976@yandex.ru

Рассмотрена степень развития растительного покрова на горях в ленточных борах Алтайского края по типам лесорастительных условий. Выявлено неравномерное развитие растительного покрова на пройденных верховым пожаром участках, обусловленное различными режимами температуры и влажности почвы в зависимости от мезорельефа. Вершины пологих дюнных всхолмлений отличаются сухими лесорастительными условиями (A_1) с постоянным дефицитом влаги, значительным нагревом почвы, глубоким залеганием грунтовых вод. Низины и западины имеют свежие (A_2) или влажные (A_3) лесорастительные условия с достаточным увлажнением, умеренным нагревом почвы и поверхностным залеганием грунтовых вод. Установлено преобладание в сухих лесорастительных условиях ксерофитных псаммофитных видов — ковыля песчаного, тонконога сизого, овсяницы полесской, осоки приземистой; в свежих (A_2) и влажных (A_3) лесорастительных условиях — вейника наземного. Определена зависимость обилия видов на горях от типа лесорастительных условий. Так, в свежем и влажном типе лесорастительных условий число видов, проективное покрытие и средняя высота в среднем в 1,7 раза больше чем в сухом типе лесорастительных условий. С помощью коэффициента Сьеренсена — Чекановского установлена низкая степень флористического сходства (0,07–0,40) пирогенных и контрольных сообществ всех изученных местообитаний. Показано, что кроме трансформации растительного покрова пожар привел к изменению гидротермического режима почв на горях, определяющему ход естественного возобновления главной породы. Обозначен лимитирующий экологический фактор в ленточных борах: влажность почв, значения которой достоверно коррелируют с густотой подроста сосны ($r = 0,729$).

Ключевые слова: ленточные боры, тип лесорастительных условий, гарь, живой напочвенный покров, видовой состав, обилие видов, сосна обыкновенная

Ссылка для цитирования: Малиновских А.А. Степень развития растительного покрова в разных типах лесорастительных условий на горях в ленточных борах Алтайского края // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 4. С. 43–51. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-4-43-51

Ленточные боры Алтайского края — уникальное природное образование, не встречающееся нигде в мире. Выполняя прежде всего защитные, социальные, а также сырьевые функции, эти леса обеспечивают экологическую безопасность степной части края [1, 2]. Повышенная горимость сосновых насаждений в ленточных борах Алтайского края приводит к образованию горельников и гарей, в большинстве случаев требующих проведения мер по воспроизводству леса [3–7]. Сухие и очень сухие лесорастительные условия, сложный мезорельеф, изменчивый микроклимат почв на горях замедляют естественное и искусственное лесовозобновление. Создание лесных культур сосны в данных лесорастительных условиях представляет собой нерешенную лесоводственную проблему, поскольку крупноплощадные гари 1997–1999 гг. в юго-западной части ленточных боров Алтайского края не восстановлены до сих пор. Одной из причин, препятствующих этому, является проведение лесовосстановительных мероприятий без учета влияния всего комплекса лесорастительных условий, особенностей застарения гарей на разных стадиях после пожара.

Тип лесорастительных условий наилучшим образом подходит для характеристики безлес-

ных участков (вырубок, гарей) на территории лесного фонда. Растительный покров на горях развивается преимущественно под влиянием факторов внешней среды «открытого места», а не под влиянием микроклимата материнского полога леса, и имеет некоторые отличия от допожарного (контрольного) участка леса. По мнению различных исследователей [8, 9], растительный покров после пожара оказывает существенное влияние на процесс естественного возобновления леса, рост и развитие самосева и подроста целевых пород. Несмотря на большое практическое значение, эта проблема относительно лесорастительных условий ленточных боров Алтайского края в полной мере пока не решена.

Цель работы

Цель работы — изучение степени развития растительного покрова в разных типах лесорастительных условий на горях в ленточных борах Алтайского края.

Задачи исследования

Рассматриваются следующие задачи: изучение состава и структуры растительного покрова гарей в разных типах лесорастительных условий;

Т а б л и ц а 1

Таксационная характеристика древостоев до пожара (контрольный участок)

Taxation characteristics of stands before the fire (control plot)

Номер пробной площади	Элемент рельефа	Тип лесорастительных условий	Состав	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Класс бонитета	Полнота, ед.	Запас на 1 га, м ³
Коростелевский бор (Озеро-Кузнецовское лесничество)									
3	Вершина	Сбп (А ₁)	4С3С2С1С	105	18	28	IV	0,4	100
4	Низина	Трб (А ₃)	6С3С1Б	105	22	28	III	0,5	160
Сростинский бор (Волчихинское лесничество)									
7	Вершина	Сбп (А ₁)	10СР	90	20	28	III	0,4	150
8	Низина	Свб (А ₂)	10С+С	90	22	24	II	0,7	240
Барнаульский бор, юго-западная часть (Новичихинское лесничество)									
11	Вершина	Сбп (А ₁)	4С3С2С1С	135	23	52	III	0,3	100
12	Низина	Трб (А ₃)	8С2С	120	27	36	II	0,7	250
Барнаульский бор, северо-восточная часть (Барнаульское лесничество)									
15	Вершина	Сбп (А ₁)	6С2С2С	85	21	24	III	0,7	190
16	Низина	Свб (А ₂)	8С2С+С	95	23	32	II	0,8	260

изучение влияния природной зоны на состав и структуру растительного покрова после пожара; оценка степени сходства растительного покрова на гарях и в контрольных участках леса; влияние гидротермического режима почв гарей на степень развития растительного покрова и густоту естественного возобновления сосны обыкновенной.

Представленный материал следует рассматривать как часть общих исследований пирогенных сукцессий в равнинных сосновых лесах южной части Западной Сибири [10].

Материалы и методы

Объекты исследования — гари разных лет, на которых происходит сукцессионный и лесовосстановительный процессы, расположенные в пределах степной и лесостепной зон в лесном фонде ленточных боров Алтайского края. Гари образовались в результате прохождения устойчивых верховых пожаров:

– в сухой степи — Коростелевский бор (Озеро-Кузнецовское лесничество), гарь 1997 г. общей площадью 25 800 га;

– в засушливой степи — Сростинский бор (Волчихинское лесничество), гарь 1997 г. общей площадью 10 414 га;

– в засушливой степи — южная часть Барнаульской ленты (Новичихинское лесничество), гарь 1999 г. общей площадью 16 га;

– в южной лесостепи — северная часть Барнаульской ленты (Барнаульское лесничество), гарь 2006 г. общей площадью 4 га.

Наибольший научный интерес представляют крупноплощадные гари в степной зоне. В то же время гари меньшей площади, расположенные в

лесостепной зоне, важны для понимания и сопоставления результатов лесовосстановительного процесса в целом по ленточным борам. Исследования на гарях в Коростелевском и Сростинском борах проводятся с 1998 г., на гарях в южной и северной частях Барнаульской ленты — с 2008 г.

Для достижения цели и получения достоверных результатов выбраны следующие методы исследований: метод пробных площадей; метод учетных площадок и геоботанических описаний; метод учета подроста; определение температуры и влажности почвы – метод определения температуры почвы с помощью технологии i-Wire; весовой метод определения влажности почвы [11–15]. Определение видового сходства послепожарных сообществ и контрольных участков леса проводили с помощью коэффициента флористического сходства Сьеренсена — Чекановского [16].

Схема проведения полевых работ. На гарях (опытный участок) и в живом лесу (контрольный участок) были изучены вершины (сухие лесорастительные условия) и низины (свежие или влажные лесорастительные условия), где заложены временные пробные площади (ПП) размером 0,25 га прямоугольной формы, не выходящие за «границы» элемента мезорельефа (табл. 1).

Сгоревшие насаждения аналогичны контрольным участкам по местоположению, типу лесорастительных условий, составу и структуре древостоев, подлеска, подроста, напочвенному покрову. На каждой ПП в начале, середине и в конце вегетационного периода изучали растительный покров, брали пробы почвы на влажность, измеряли температуру почвы, выполняли учет подроста главной и второстепенной пород.

**Краткая характеристика послепожарных фитоценозов на гарях разных лет
в ленточных борах Алтайского края**

Brief description of post-fire phytocenoses in burnt places of different years in the belt forests of Altai region

Номер пробной площади	Элемент рельефа, тип лесорастительных условий	Число видов на 625 м ² , шт.	Общее проективное покрытие, %	Средняя высота травяного яруса, см	Доминанты живого напочвенного покрова
Коростелевский бор (Озеро-Кузнецовское лесничество)					
1	Гарь, вершина (А ₁)	23	30	30	<i>Carex supina</i> Willd. Ex Wahlenb., <i>Stipa pennata</i> ssp. <i>sabulosa</i> (Pacz.) Tzvel., <i>Koeleria glauca</i> (Spreng.) DC.
2	Гарь, низина (А ₂)	34	60	80	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth, <i>Carex supina</i>
3	Контрольный участок леса, вершина, Сбп (А ₁)	26	20	25	<i>Carex supina</i> , <i>Festuca beckeri</i> ssp. <i>polesica</i> (Zapal.) Tzvel.
4	Контрольный участок леса, низина, Трб (А ₃)	25	10	15	<i>Carex supina</i>
Сростинский бор (Волчихинское лесничество)					
5	Гарь, вершина (А ₁)	22	30	25	<i>Koeleria glauca</i> , <i>Stipa pennata</i> ssp. <i>sabulosa</i> , <i>Festuca polesica</i>
6	Гарь, низина (А ₂)	36	80	80	<i>Calamagrostis epigeios</i>
7	Контрольный участок леса, вершина, Сбп (А ₁)	16	55	15	<i>Carex ericetorum</i> Poll., <i>Cladonia arbuscula</i> (Wallr.) Flot.
8	Контрольный участок леса, низина, Свб (А ₂)	12	60	17	<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt., <i>Dicranum polysetum</i> Sw.
Барнаулский бор, юго-западная часть (Новичихинское лесничество)					
9	Гарь, вершина (А ₁)	23	35	45	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Koeleria glauca</i> , <i>Carex supina</i>
10	Гарь, низина (А ₃)	28	50	60	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Carex supina</i> , <i>Poa angustifolia</i> L.
11	Контрольный участок леса, вершина, Сбп (А ₁)	22	60	18	<i>Carex supina</i> , <i>Carex ericetorum</i>
12	Контрольный участок леса, низина, Трб (А ₃)	27	70	30	<i>Poa angustifolia</i> , <i>Carex supina</i>
Барнаулский бор, северо-восточная часть (Барнаулское лесничество)					
13	Гарь, вершина (А ₁)	28	40	65	<i>Calamagrostis epigeios</i>
14	Гарь, низина (А ₂)	34	50	80	<i>Calamagrostis epigeios</i>
15	Контрольный участок леса, вершина, Сбп (А ₁)	19	10	15	<i>Carex ericetorum</i>
16	Контрольный участок леса, низина, Свб (А ₂)	23	85	20	<i>Pleurozium schreberi</i>

Изучено три основных типа лесорастительных условий, характерных для ленточных боров Алтайского края: сухие лесорастительные условия (А₁), тип леса — сухой бор пологих всхолмлений (Сбп); свежие лесорастительные условия (А₂), тип леса — свежий (западинный) бор (Свб); влажные лесорастительные условия (А₃), тип леса — травяной (влажный) бор (Трб). Данные приводятся за вегетационный период 2018 г. В исследованиях принимали участие М.А. Савин, И.В. Гефке, Е.П. Чугузов, А.Г. Болотов, студенты Алтайского ГАУ.

Результаты исследования

Вершины и склоны южной экспозиции на гарях — более сухие и прогреваемые, низины и склоны северной экспозиции накапливают больше влаги и слабее прогреваются. Степень развития растительного покрова выражается в разной емкости сообществ, общем проективном покрытии (ОПП), средней высоте травяного яруса, видовом составе. На разных элементах мезорельефа гарей формируются разные микроклиматические условия с отличающимся один от другого живым напочвенным покровом (ЖНП) (табл. 2).

**Таксономическое разнообразие послепожарных фитоценозов
в ленточных борах Алтайского края по элементам мезорельефа**

Taxonomic diversity of post-fire phytocenoses in the tape forests of Altai region according to mesorelief elements

Местонахождение	Номер пробной площади	Вариант, тип лесорастительных условий	Количество видов	Количество родов	Количество семейств
Степная зона, подзона сухой степи					
Коростелевский бор (Озеро-Кузнецовское лесничество)	1	Гарь, вершина (A ₁)	23	20	9
	2	Гарь, низина (A ₃)	34	29	16
	3	Контрольный участок леса, вершина (A ₁)	26	24	11
	4	Контрольный участок леса, низина (A ₃)	25	23	17
Степная зона, подзона засушливой степи					
Сростинский бор (Волчихинское лесничество)	5	Гарь, вершина (A ₁)	22	18	10
	6	Гарь, низина (A ₂)	36	31	17
	7	Контрольный участок леса, вершина (A ₁)	16	15	9
	8	Контрольный участок леса, низина (A ₂)	12	12	11
Барнаулский бор, юго-западная часть (Новичихинское лесничество)	9	Гарь, вершина (A ₁)	23	20	11
	10	Гарь, низина (A ₃)	28	24	16
	11	Контрольный участок леса, вершина (A ₁)	22	19	8
	12	Контрольный участок леса, низина (A ₃)	27	25	16
Лесостепная зона, подзона южной лесостепи					
Барнаулский бор, северо-восточная часть (Барнаулское лесничество)	13	Гарь, вершина (A ₁)	28	26	15
	14	Гарь, низина (A ₂)	34	30	19
	15	Контрольный участок леса, вершина (A ₁)	19	17	11
	16	Контрольный участок леса, низина (A ₂)	24	24	18

В сухих лесорастительных условиях (A₁) на гарях в ленточных борах в степной зоне сформированы вторично-степные растительные сообщества. Они представляют собой ассоциации с преобладанием в их составе плотнодерновинных псаммофитных ксерофитных злаков. В лесостепной зоне эти сообщества на вершинах замещаются вейниковыми и разнотравно-вейниковыми с отдельными луговыми и степными видами.

В свежих (A₂) и влажных (A₃) лесорастительных условиях на гарях в степной и лесостепной зонах сформированы разнотравно-луговые сообщества. Доминант и эдификатор большинства ассоциаций — вейник наземный. Ассоциации степного и лугового ряда относятся к нелесному этапу пирогенной сукцессии. По нашим предыдущим наблюдениям [10, 17], на крупных гарях эти сообщества, придя на смену пионерным простым сообществам и сообществам однолетних видов, могут существовать десятки лет без особых изменений. Развитие вейника наземного препятствует

естественному возобновлению леса на гарях, его встречаемость достигает 60 % на гарях в сухой степи, 80 % на гарях в засушливой степи, 100 % на гарях в южной лесостепи. Несмотря на очевидное препятствие со стороны вейника именно в свежих (A₂) и влажных (A₃) лесорастительных условиях наблюдается возобновление, а затем рост и формирование сосновых и смешанных молодняков. Молодняки формируются биогруппами и куртинами различных форм и площадей на фоне разнотравно-вейниковых лугов. Это — начало стадии «молодняков», которая относится к лесному этапу пирогенной сукцессии.

Таксономическое разнообразие позволяет оценить направление и скорость восстановительного процесса после пожара (табл. 3).

Таксономическое разнообразие ценофлоры гарей в ленточных борах Алтайского края зависит от типа лесорастительных условий и природной зоны и возрастает по мере продвижения из сухостепной подзоны в южно-лесостепную.

**Индексы сравнения видового состава на горях разных лет
в ленточных борах Алтайского края**

Comparison indices of species composition on burnt forest areas of different years in the tape burs of Altai region

Местонахождение	Номер пробной площади на гари	Вариант, тип лесорастительных условий	Контроль, вершина	Контроль, низина
Степная зона, подзона сухой степи				
Коростелевский бор (Озеро-Кузнецовское лесничество)	1	Вершина (A ₁)	0,4000	0,0769
	2	Низина (A ₃)	0,2739	0,3058
Степная зона, подзона засушливой степи				
Сростинский бор (Волчихинское лесничество)	5	Вершина (A ₁)	0,4062	0,1904
	6	Низина (A ₂)	0,3500	0,2727
Барнаульский бор, юго-западная часть (Новичихинское лесничество)	9	Вершина (A ₁)	0,3835	0,1967
	10	Низина (A ₃)	0,3902	0,2500
Лесостепная зона, подзона южной лесостепи				
Барнаульский бор, северо-восточная часть (Барнаульское лесничество)	13	Вершина (A ₁)	0,2985	0,2898
	13	Низина (A ₂)	0,2739	0,2857

Так, количество видов на сухих вершинах на горях составляет: в Коростелевском бору — 23; в Сростинском — 22; в юго-западной части Барнаульского бора — 23; в северо-восточной части Барнаульского бора — 28 видов. В низинах на горях эта зависимость прослеживается слабо, очевидно, за счет увлажнения и более благоприятного микроклимата. Число родов и семейств на горях в составе ценофлоры на вершинах и низинах уверенно увеличивается по мере продвижения из степной зоны в лесостепную. Можно сделать обоснованное предположение о том, что на общий фон лесорастительных условий на горях и в контрольных участках леса оказывают непосредственное влияние зональные климатические особенности: количество осадков, температура воздуха, ветровой режим и др. Сухие лесорастительные условия (A₁) в подзоне сухой степи отличаются от таковых в подзоне засушливой степи и в подзоне южной лесостепи. То же самое касается свежих (A₂) и влажных (A₃) лесорастительных условий. Таксономическое разнообразие ценофлоры и послепожарных растительных сообществ позволяет «зафиксировать» эти различия применительно к стадиям пирогенной сукцессии в разных природных зонах и подзонах в ленточных борах. Отсутствие/присутствие отдельных видов, родов и семейств указывает либо на более «жесткие», либо на более «мягкие» лесорастительные условия в пределах конкретной гари.

Используя коэффициент Сьеренсена — Чекановского [14], мы рассчитали степень флористического сходства растительного покрова на горях и контрольных участках леса, расположенных в разных типах лесорастительных условий и природных зонах (табл. 4).

Установлено наименьшее флористическое сходство между сообществами на сухих вершинах на горях и контрольными участками леса в низинах (0,0769–0,2898). Выше сходство между пирогенными сообществами в низинах и контрольными участками леса на вершинах и в низинах (0,2500–0,3902). Наибольшее сходство имеют пирогенные сообщества на сухих вершинах и контрольные участки леса на вершинах (0,2985–0,4062). Сходство выше в степной зоне, ниже в лесостепной, что связано с выраженным остепнением напочвенного покрова в ленточных борах с севера на юг. Оценка флористического сходства послепожарных сообществ с использованием коэффициента Сьеренсена — Чекановского демонстрирует прежде всего низкий уровень сходства видового состава в целом, что связано с отсутствием лесных видов растений на горях и, наоборот, присутствием на горях степных, луговых и даже прибрежно-водных видов растений.

Формирование устойчивого естественного возобновления после пожара зависит от целого комплекса экологических факторов: типа почвы; режимов увлажнения, освещения и температуры почвы [18–22]. Однако за счет выраженного мезорельефа в ленточных борах — песчаных увалов и дюн высотой от 5 до 40 м происходит неравномерное распределение почвенной влаги с одновременным изменением режима температуры почвы и освещенности. Влажность и температура почвы в корнеобитаемом слое (20 см) в середине вегетационного периода (июль) значительно различаются по типам лесорастительных условий, оказывая влияние на появление всходов, выживаемость и густоту подроста сосны (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

**Густота подроста сосны в различных лесорастительных условиях на гарях
в ленточных борах Алтайского края**

The density of pine undergrowth in various forest conditions on burned areas in the belt forests of Altai region

Местонахождение	Номер пробной площади	Вариант, тип лесорастительных условий	Влажность почвы, %	Температура почвы, °С	Густота, тыс. шт./га
Степная зона, подзона сухой степи					
Коростелевский бор (Озеро-Кузнецовское лесничество)	1	Гарь, вершина (А ₁)	1,79	29,7	–
	2	Гарь, низина (А ₃)	15,57	17,2	0,08
	3	Контрольный участок леса, вершина (А ₁)	2,41	25,6	7,16
	4	Контрольный участок леса, низина (А ₃)	3,41	16,3	5,72
Степная зона, подзона засушливой степи					
Сростинский бор (Волчихинское лесничество)	5	Гарь, вершина (А ₁)	1,34	26,1	0,10
	6	Гарь, низина (А ₂)	16,36	18,7	37,01
	7	Контрольный участок леса, вершина (А ₁)	2,37	21,2	25,36
	8	Контрольный участок леса, низина (А ₂)	4,91	14,8	54,53
Барнаулский бор, юго-западная часть (Новичихинское лесничество)	9	Гарь, вершина (А ₁)	1,29	24,2	0,46
	10	Гарь, низина (А ₃)	5,71	15,8	3,43
	11	Контрольный участок леса, вершина (А ₁)	1,94	18,5	21,86
	12	Контрольный участок леса, низина (А ₃)	2,29	16,5	3,58
Лесостепная зона, подзона южной лесостепи					
Барнаулский бор, северо-восточная часть (Барнаулское лесничество)	13	Гарь, вершина (А ₁)	3,51	18,0	8,04
	14	Гарь, низина (А ₂)	6,62	18,3	13,20
	15	Контрольный участок леса, вершина (А ₁)	8,16	16,4	80,76
	16	Контрольный участок леса, низина (А ₂)	8,63	14,2	52,02

В каждом типе лесорастительных условий на гарях складывается собственный почвенный гидротермический режим. Влажность почвы в сухих лесорастительных условиях на гарях в степной зоне ниже в 4,4–12,2 раза, чем в свежих (влажных), на гарях в лесостепной зоне — в 1,9 раза. Температура почвы в разных лесорастительных условиях не имеет таких больших различий, как влажность почвы: в пределах степной зоны температура почвы на гарях в сухих лесорастительных условиях в 1,4–1,7 раза выше, чем в свежих (влажных), в лесостепной зоне в 0,9 раза. Очевидно, с продвижением из степной зоны в лесостепную, общий фон лесорастительных условий на гарях и контрольных участках леса становится более благоприятным. Обнаружена высокая прямая корреляционная связь между влажностью почвы и густотой подроста ($r = 0,729$) и средняя обратная связь между температурой почвы и густотой подроста ($r = -0,474$). Корреляционная связь между изучаемыми показателями является статистически значимой (уровень значимости $p < 0,05$).

Густота подроста сосны на гарях зависит не только от параметров гидротермического режима, а также от наличия источников семян, площади самой гари, ЖНП, периодического поднятия/опускания уровня грунтовых вод и других факторов. В частности выявлена сильная прямая корреляционная связь между ОПП живого напочвенного покрова и густотой подроста сосны обыкновенной на гарях ($r = 0,798$) по типам лесорастительных условий. По всей видимости, развитие ЖНП так же, как и появление, рост и развитие естественного возобновления на гарях изначально и впоследствии имеет зависимость от типа лесорастительных условий: чем лучше общий фон лесорастительных условий, тем лучше развит ЖНП и интенсивнее происходит возобновление леса. Лесной пожар приводит к пирогенной трансформации как растительного покрова, так и самого комплекса микроклиматических условий (комплекса лесорастительных условий) на всей площади гари. Ориентируясь на полученные данные можно утверждать, что процесс лесовосста-

новления на горях в ленточных борах происходит успешнее в свежих (A_2) и влажных (A_3) лесорастительных условиях, нежели в сухих (A_1), где он значительно замедляется либо прерывается.

Выводы

1. В сухих лесорастительных условиях (A_1) на горях в ленточных борах Алтайского края в степной зоне сформированы сообщества с преобладанием ксерофитных злаков и осок. В лесостепной зоне эти сообщества на вершинах замещаются вейниковыми и разнотравно-вейниковыми с отдельными луговыми и степными видами. В свежих (A_2) и влажных (A_3) лесорастительных условиях на горях в степной и лесостепной зонах сформированы вейниковые сообщества.

2. Обилие видов (число видов, общее проективное покрытие, средняя высота) в пирогенных сообществах выше в свежих (A_2) и влажных (A_3) лесорастительных условиях чем в сухих (A_1) в среднем в 1,7 раза.

3. Таксономическое разнообразие ценофлоры гарей в ленточных борах Алтайского края зависит от типа лесорастительных условий и природной зоны и возрастает по мере продвижения из сухостепной подзоны в южно-лесостепную. На общий фон лесорастительных условий на горях и в контрольных участках леса оказывают непосредственное влияние зональные климатические особенности.

4. Наибольшее флористическое сходство имеют пирогенные сообщества на сухих вершинах и контрольные участки леса на вершинах (0,2985–0,4062), наименьшее — сообщества на сухих вершинах на горях и контрольные участки леса в низинах (0,0769–0,2898). Низкая степень сходства в целом связана с отсутствием лесных видов растений на горях и, наоборот, присутствием на горях степных, луговых и даже прибрежно-водных видов растений.

5. Пожар привел к изменению гидротермического режима почв в конкретных типах лесорастительных условий, что повлияло на развитие растительного покрова и ход естественного возобновления сосны обыкновенной. Густота подроста сосны достоверно коррелирует с влажностью ($r = 0,729$) и температурой ($r = -0,474$) почвы на горях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Алтайского края в рамках научного проекта № 18-44-220007 p_a.

Список литературы

[1] Грибанов Л.Н. Ленточные боры Алтайского края и Казахстана. М.: Сельхозгиз, 1954. 151 с.

- [2] Бугаев В.А., Косарев Н.Г. Лесное хозяйство ленточных боров Алтайского края. Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1988. 312 с.
- [3] Черных В.А., Фуряев В.В. Лесные пожары в ленточных борах Кулундинской степи. Новосибирск: Наука, 2011. 176 с.
- [4] Rulcker C., Angelstam P., Rosenberg P. Natural forest fire dynamics can guide conservation and silviculture in boreal forests // SkogForsk, 1994, v. 2, pp. 1–4.
- [5] Bond W.J., Keeley J.E. Fire as a global «herbivore»: the ecology and evolution of flammable ecosystems // Trends Ecological Evolution, 2005, v. 20, pp. 387–394.
- [6] Grandstrom A. Fire management for biodiversity in the European boreal forest // Scandanavian J. Forest Research, 2001, no. 3, pp. 62–69.
- [7] Цветков П.А., Буряк Л.В. Исследование природы пожаров в лесах Сибири // Сибирский лесной журнал, 2014. № 3. С. 25–42.
- [8] Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. М.: Наука, 1992. 264 с.
- [9] Калинин К.К. Сукцессии растительного покрова на крупных горях Среднего Заволжья // Вестник Марийского государственного технического университета, 2008. № 1. С. 19–28.
- [10] Малиновских А.А., Куприянов А.Н. Пирогенные сукцессии в равнинных сосновых лесах южной части Западной Сибири. Новосибирск: СО РАН, 2015. 208 с.
- [11] Андреева Е.Н., Бакал И.Ю., Горшков В.В., Лянгузова И.В., Мазная Е.А., Нешатаев В.Ю., Нешатаева В.Ю., Ставрова Н.И., Ярмишко В.Т., Ярмишко М.А. Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
- [12] Понятовская А.А. Учет обилия и характера размещения растений в сообществах // Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. С. 209–285.
- [13] Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов М.: Наука, 1966. 64 с.
- [14] Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- [15] Болотов А.Г. Измерение температуры почвы с помощью технологии 1-Wire // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2012. № 11. С. 29–30.
- [16] Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М.: Мир, 1967. С. 204.
- [17] Малиновских А.А., Куприянов А.Н. Экологическая структура флоры гарей и этапы их зарастания в равнинных сосновых лесах Алтайского края // Сибирский экологический журнал, 2013. № 5. С. 653–660.
- [18] Макарычев С.В., Малиновских А.А., Болотов А.Г., Беховых Ю.В. Послепожарные изменения почв и особенности флоры гарей равнинных сосновых лесов Алтайского края // Ползуновский вестник, 2011. № 4–2. С. 107–110.
- [19] Attiwill P.M. The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management // Forest Ecology and Management, 1994, v. 63 (23), pp. 247–300.
- [20] Bergeron Y., Leduc A., Harvey B.D., Gauthier S. Natural fire regime: a guide for sustainable management of the Canadian boreal forest // Silva Fennica, 2002, v. 36, no. 1, pp. 81–95.
- [21] Kuuluvainen T. Natural variability of forests as a reference for restoring and managing biological diversity in boreal Fennoscandia // Silva Fennica, 2002, v. 36, pp. 97–125.
- [22] Angelstam P., Kuuluvainen T. Boreal forest disturbance regimes, successional dynamics and landscape structures – a European perspective // Ecological Bulletins, 2004, v. 51, pp. 117–136.

Сведения об авторе

Малиновских Алексей Анатольевич — канд. биол. наук, доцент кафедры лесного хозяйства, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, almaa1976@yandex.ru

Поступила в редакцию 06.03.2020.

Принята к публикации 25.03.2020.

PLANT COVER DEVELOPMENT DEGREE UNDER DIFFERENT TYPES OF FOREST GROWTH CONDITIONS ON BURNT AREAS IN THE BELT PINE FORESTS OF THE ALTAI REGION

A.A. Malinovskikh

Altai State Agricultural University, 98, Krasnoarmeyskiy prospect, 656049, Altai Region, Barnaul, Russia

almaa1976@yandex.ru

The plant cover development degree in the burnt areas of the belt pine forests of the Altai Region in the context of forest growth conditions was studied. It was found that the plant cover in the areas affected by a crown fire developed unevenly; that was determined by different thermal and moisture regimes in the soil because heat and moisture distribution depended on the mesorelief of the burnt areas. The tops of gentle dune hills are characterized by dry forest growth conditions (A_1) with continuous moisture deficiency, significant soil heating and deep groundwater occurrence. The lowlands and depressions have fresh (A_2) or wet (A_3) forest growth conditions with sufficient moisture, temperate soil heating and surface groundwater occurrence. It has been found that the following xerophytic psammophytic species predominate under dry forest growth conditions: *Stipa pennata* ssp. *sabulosa* (Pacz.) Tzvel.; *Koeleria glauca* (Spreng.) DC.; *Festuca beckeri* ssp. *polesica* (Zapal.) Tzvel.; *Carex supina* Willd. ex Wahlenb.; under fresh (A_2) and wet (A_3) forest growth conditions, the dominant species is the *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth. It has been revealed that the abundance of species on burnt areas depends on the type of forest growth conditions: under fresh and wet type of forest growth conditions, the number of species, projective cover and average height are 1,7 times more on average than those under the dry type of forest growth conditions. Using the Chekanovsky-Sørensen index, it has been determined that the pyrogenic and control communities of all the studied habitats have a low degree of floristic similarity (0,07–0,40). In addition to plant cover transformation, the fire has caused the changes of the soil hydrothermal regimes in the burnt areas, which in turn determines the course of natural regeneration of the main species. Soil moisture is the limiting environmental factor in the belt pine forests; moisture values correlate significantly with the density of pine undergrowth ($r = 0,729$).

Keywords: belt pine forests, type of forest growth conditions, burnt forest area, forest live cover, species composition, abundance of species, *Pinus sylvestris* L.

Suggested citation: Malinovskikh A.A. *Stepen' razvitiya rastitel'nogo pokrova v raznykh tipakh lesorastitel'nykh usloviy na garyakh v lentochnykh borakh Altayskogo kraya* [Plant cover development degree under different types of forest growth conditions on burnt areas in the belt pine forests of the Altai region]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 4, pp. 43–51. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-4-43-51

References

- [1] Gribanov L.N. *Lentochnye bory Altayskogo kraya i Kazakhstana* [Belt pine forests of the Altai Region and Kazakhstan]. Moscow: Selkhozgiz, 1954, 151 p.
- [2] Bugaev V.A., Kosarev N.G. *Lesnoe khozyaystvo lentochnykh borov Altayskogo kraya* [Forest management of the belt pine forests of the Altai Region]. Barnaul: Alt. kn. izd-vo, 1988, 312 p.
- [3] Chernykh V.A., Furyaev V.V. *Lesnye pozhary v lentochnykh borakh Kulundinskoy stepi* [Forest fires in the belt pine forests of the Kulundinskaya steppe]. Novosibirsk: Nauka, 2011, 176 p.
- [4] Rulcker C., Angelstam P., Rosenberg P. Natural forest fire dynamics can guide conservation and silviculture in boreal forests. *SkogForsk*, 1994, v. 2, pp. 1–4.
- [5] Bond W.J., Keeley J.E. Fire as a global «herbivore»: the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends Ecological Evolution*, 2005, v. 20, pp. 387–394.
- [6] Grandstrom A. Fire management for biodiversity in the European boreal forest. *Scandinavian J. Forest Research*, 2001, no. 3, pp. 62–69.
- [7] Tsvetkov P.A., Buryak L.V. *Issledovanie prirody pozharov v lesakh Sibiri* [The study of the nature of fires in the forests of Siberia]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Journal of Forest Science], 2014, no. 3, pp. 25–42.
- [8] Sannikov S.N. *Ekologiya i geografiya estestvennogo vozobnovleniya sosny obyknovennoy* [Ecology and geography of natural regeneration of Scots pine]. Moscow: Nauka, 1992, 264 p.
- [9] Kalinin K.K. *Suktsessii rastitelnogo pokrova na krupnykh garyakh Srednego Zavolzhya* [Plant cover successions on large burnt areas of the Middle Volga region]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Mari State Technical University], 2008, no. 1, pp. 19–28.

- [10] Malinovskikh A.A., Kupriyanov A.N. *Pirogennyye suksessii v ravninnykh sosnovykh lesakh yuzhnoy chasti Zapadnoy Sibiri* [Pyrogenic successions in the plain pine forests of the southern part of Western Siberia]. Novosibirsk: SO RAN, 2015, 208 p.
- [11] Andreeva E.N., Bakkal I.Yu., Gorshkov V.V., Lyanguzova I.V., Maznaya E.A., Neshataev V.Yu., Neshataeva V.Yu., Stavrova N.I., Yarmishko V.T., Yarmishko M.A. *Metody izucheniya lesnykh soobshchestv* [Forest community research methods]. St. Petersburg: NIIKhimii SPbGU, 2002, 240 p.
- [12] Ponyatovskaya A.A. *Uchet obiliya i kharaktera razmeshcheniya rasteniy v soobshchestvakh* [Accounting the abundance and nature of plant distribution in communities]. Poleyaya geobotanika. Moscow–Leningrad: Nauka, 1964, vol. 3, pp. 209–285.
- [13] Pobedinskiy A.V. *Izucheniye lesovosstanovitelnykh protsessov* [The study of reforestation processes]. Moscow: Nauka, 1966, 64 p.
- [14] Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [The methods of soil physical property research]. Moscow: Agropromizdat, 1986, 416 p.
- [15] Bolotov A.G. *Izmereniye temperatury pochvy s pomoshchyu tekhnologii I-Wire* [Soil temperature measurement by means of one wire technology]. Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Altai State Agricultural University], 2012, no. 11, pp. 29–30.
- [16] Greig-Smith P. *Kolichestvennaya ekologiya rasteniy* [Quantitative plant ecology]. Moscow: Mir, 1967, p. 204.
- [17] Malinovskikh A.A., Kupriyanov A.N. *Ekologicheskaya struktura flory garey i etapy ikh zarastaniya v ravninnykh sosnovykh lesakh Altayskogo kraya* [The ecological structure of burnt areas' flora and the stages of their regeneration in the plain pine forests of the Altai Region]. Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal [Contemporary Problems of Ecology], 2013, no. 5, pp. 653–660.
- [18] Makarychev S.V., Malinovskikh A.A., Bolotov A.G., Bekhovykh Yu.V. *Poslepozharnye izmeneniya pochv i osobennosti flory garey ravninnykh sosnovykh lesov Altayskogo kraya* [Post-fire changes in soils and features of the burnt areas of plain pine forests of the Altai Region]. Polzunovskiy Vestnik [Polzunov Vestnik], 2011, no. 4–2, pp. 107–110.
- [19] Attiwill P.M. The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *Forest Ecology and Management*, 1994, v. 63 (23), pp. 247–300.
- [20] Bergeron Y., Leduc A., Harvey B.D., Gauthier S. Natural fire regime: a guide for sustainable management of the Canadian boreal forest. *Silva Fennica*, 2002, v. 36, no. 1, pp. 81–95.
- [21] Kuuluvainen T. Natural variability of forests as a reference for restoring and managing biological diversity in boreal Fennoscandia. *Silva Fennica*, 2002, v. 36, pp. 97–125.
- [22] Angelstam P., Kuuluvainen T. Boreal forest disturbance regimes, successional dynamics and landscape structures – a European perspective. *Ecological Bulletins*, 2004, v. 51, pp. 117–136.

Author's information

Malinovskikh Aleksey Anatol'evich — Cand. Sci. (Biology), Associate Professor of the Altai State Agricultural University, almaa1976@yandex.ru

Received 06.03.2020.

Accepted for publication 25.03.2020.