

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 911.52+574.474 (571.54)

doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-6-18

ПОСТПИРОГЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОДТАЕЖНЫХ СВЕТЛОХВОЙНЫХ ГЕОСИСТЕМ ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ, ЮГО-ЗАПАДНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ (НА ПРИМЕРЕ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ УРОЧИЩА БАДАРЫ)

Жанна Владимировна Атутова

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г.Иркутск, Россия

atutova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4609-1123>, Scopus Author ID 55949888200, Researcher ID J-1844-2017, WoS Researcher ID J-1844-2017, РИНЦ SPIN 6364-5524, РИНЦ Author ID 61866

Аннотация. На примере сосновых лесов урочища Бадары национального парка «Тункинский», периодически подвергающихся лесным пожарам, проведен анализ особенностей их постпирогенного восстановления. Исследования опирались на мониторинговые данные геоботанических наблюдений на двух участках гарей, отличающихся степенью и площадью огневого поражения в результате низового пожара 2010 г. За период 2014–2020 гг. рассмотрена разновременная специфика породного состава древостоя, кустарникового яруса и живого напочвенного покрова. Отмечен период появления первых всходов подроста и подлеска; установлены величина проективного покрытия и динамика обилия видов всех лесорастительных ярусов. В ходе анализа динамики естественного лесовосстановления выявлена схожесть основных геоботанических показателей. В подросте рассматриваемых площадок доминировали всходы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), лишь небольшой процент приходился на долю березы повислой (*Betula pendula*). Кустарниковый ярус состоял из шиповника иглистого (*Rosa acicularis*), среди которого на поздних этапах наблюдения был отмечен рододендрон даурский (*Rhododendron dauricum*). В травяном ярусе наибольшую долю составляли луговые виды с небольшим участием лесных. Различия выявлены во времени появления первых всходов подроста и подлеска, а также в величине проективного покрытия видов во всех лесорастительных ярусах. Первые всходы сосны обыкновенной на сильно выгоревшем ключевом участке зафиксированы годом ранее, чем на менее трансформированной территории. Тем не менее прирост по высоте и проективное покрытие подроста были значительно больше в пределах гари средней степени поражения. На сильно пострадавшей от пожара территории сотрудниками национального парка проведено наблюдение за посаженными всходами сосны обыкновенной. Отмечены удовлетворительная приживаемость сеянцев на начальном этапе и дальнейшее замедление параметров роста. Полученные результаты свидетельствуют об успешности лесовосстановления и, как следствие, о благоприятном прогнозе послепожарного восстановления светлохвойных лесов урочища Бадары.

Ключевые слова: гарь, естественное восстановление, искусственные лесопосадки, сукцессия, мониторинг

Сведения о финансировании: исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ АААА-А21-121012190017-5).

Для цитирования: Атутова Ж.В. Постпирогенное восстановление подтаежных светлохвойных геосистем Тункинской котловины, Юго-Западное Прибайкалье (на примере сосновых лесов урочища Бадары) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2022. № 4(63). С. 6–18. doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-6-18.



PHYSICAL GEOGRAPHY, LANDSCAPES AND GEOMORPHOLOGY

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-6-18

POST-PYROGENIC REFORESTATION OF SUBTAIGA LIGHT CONIFEROUS GEOSYSTEMS OF THE TUNKINSKAYA DEPRESSION, SOUTH-WESTERN CISBAIKALIA (THE STUDY OF PINE FORESTS OF THE BADARY UROCHISHCHE)

Zhanna V. Atutova

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

atutova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4609-1123>, Scopus Author ID: 55949888200, ResearcherID: J-1844-2017

Abstract. We analyzed the post-pyrogenic demutation processes in pine forests of the Badary urochishche in the Tunkinsky National Park, which are periodically exposed to wildfires. The research was based on the geobotanical monitoring in two burnt-out areas, differing in the degree and area of damage due to a creeping fire in 2010. We studied the species composition of the stand, shrub layer and plant communities at different time periods between 2014 and 2020. The emergence of the first shoots of undergrowth and new growth was noted; the size of the projective cover and the abundance dynamics of the species of all forest layers were established. The analysis of the dynamics of natural reforestation revealed the similarity of the main geobotanical indicators. Pine (*Pinus sylvestris*) sprouts dominated in the undergrowth of the sites under consideration, and only a small percentage fell to the share of silver birch (*Betula pendula*). The shrub layer consisted of prickly wild rose (*Rosa acicularis*); daurian rhododendron (*Rhododendron dauricum*) was noted there only at the late observation stages. In the herbaceous layer, meadow species with a small participation of forest species made up the largest share. There were revealed differences in the time of emergence of the first sprouts of undergrowth and new growth, as well as in the size of the projective cover of species in all forest layers. The first sprouts of pine on a heavily burnt-out key plot were noted a year earlier than on the less transformed area. Nevertheless, the height increment and the projective cover of the undergrowth were significantly greater within the burnt-out area with the medium-degree damage. On the territory heavily damaged by wildfire, we observed pine seedlings planted by the staff of the National Park. Satisfactory survival rate of the seedlings at the initial stage and further deceleration of growth parameters were noted. The results obtained indicate the reforestation success and, therefore, a favorable forecast for post-fire recovery of light coniferous forests in the Badary urochishche.

Keywords: burnt-out area, natural regeneration, artificial forest plantations, succession, monitoring

Financial support: the study was conducted as part of state assignment (topic No.AAAA-A21-1210190017-5).

For citation: Atutova Z.V. (2022). Post-pyrogenic reforestation of subtaiga light coniferous geosystems of the Tunkinskaya depression, South-Western Cisbaikalia (the study of pine forests of the Badary urochishche). *Geographical Bulletin*. No. 4(63). Pp. 6–18. doi: 10.17072/2079-7877-2022-4-6-18.

Введение

Пирогенное воздействие – один из мощнейших факторов динамики геосистем. Пожары способствуют усилению полихронности ландшафтной структуры, дискретность которой обусловлена степенью пирогенной трансформации биогеоценозов и, как следствие, характером восстановительных процессов и особенностями смены переменных состояний. Территория юга Восточной Сибири отличается обширными площадями, занятыми вторичными послепожарными лесами [9; 18; 21]. Масштабы нарушения сибирской тайги возгораниями составляют от 30 до 85% лесопокрытой площади [5]. Становится очевидной необходимость минимизации риска утраты ландшафтообразующих биотических компонентов геосистем.

Урочище Бадары – уникальный ландшафтный объект, находящийся в границах национального парка «Тункинский». Распространенные здесь сосновые боры – природный эталон горно-котловинных светлохвойных лесов региона (рис. 1). Являясь местом обитания и гнездования многих представителей фауны, они обозначены как воспроизводственный участок зоны заказного режима, поэтому одними из приоритетных задач выступают охрана уникальных и эталонных естественных участков и объектов, реализация мероприятий по охране, защите лесного фонда и воспроизводству лесов. Необходимость их решения

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Атутова Ж.В.

связана с частой горимостью сосновых боров – наиболее крупные возгорания были здесь в 1996, 2001, 2003, 2010, 2015 и 2016 гг.; масштаб трансформации достигал 32% площади урочища [2; 12].

Интерес к данной проблеме приумножил обширный материал о причинах возникновения лесных пожаров в Тункинской котловине и масштабах огневого поражения светлохвойных лесов, позволивший определить особенности протекания вторичных сукцессий на месте утраченных сосновых лесов урочища [2; 10; 11; 24]. Актуальными становятся вопросы прогноза успешности их воспроизводства с целью восстановления и сохранения ландшафтной уникальности и биологического разнообразия, поскольку зачастую реалии ставят под сомнение уверенность в благонадежности перспектив проходящих процессов демутиации. Примером служит проведенная сотрудниками национального парка в 2016 г. искусственная лесопосадка 390 тыс. семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) по причине низких показателей появления естественных всходов [19].

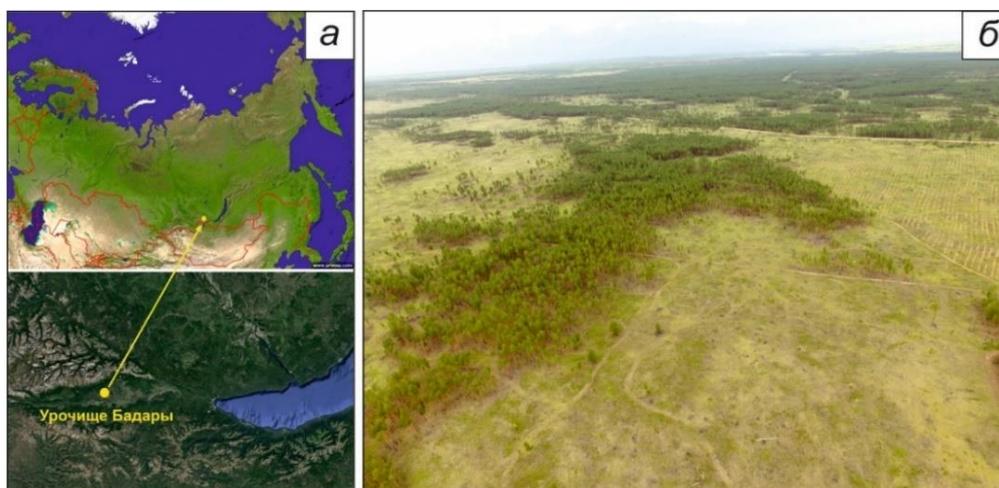


Рис. 1. Урочище Бадары: а – ситуационная схема (составлено с использованием геоизображений ресурсов www.primap.com, *Google Earth*), б – сосновые леса, нарушенные пожаром 2010 г. (фото С.А. Макарова, 2017 г.)

Fig. 1. The Badary urochishche: а – a situational diagram (compiled using geo images from www.primap.com, *Google Earth*), б – pine forests disturbed by a wildfire in 2010 (photo by S.A. Makarov, 2017)

Особо актуальным в сложившихся условиях становится проведение мониторинговых наблюдений за послепожарным лесовозобновлением, результаты которых позволят повысить достоверность прогнозов восстановления уникальных сосновых боров. Цель данного исследования – выявление особенностей постпирогенного воспроизводства подтаежных светлохвойных геосистем на участках с различными экологическими условиями. Приоритетной задачей исследования является отслеживание динамики естественного возобновления растительного покрова на участках разной степени пирогенной трансформации. Кроме этого, на полигоне сильной степени огневого поражения выявляется специфика возобновления искусственно посаженных семян. Итогом является сравнительный анализ особенностей постпирогенных сукцессий при различных условиях возобновления, результаты которого позволят судить о перспективах дальнейшего протекания процесса лесовосстановления.

Материалы и методы

Урочище Бадары – это песчаный массив центральной части Тункинской котловины с высотами 780–855 м, возвышающийся в виде пологого купола, поверхность которого

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Атутова Ж.В.

представлена грядами и ложбинами, образованными в ходе интенсивного воздействия эоловых процессов. Ландшафтообразующими единицами урочища являются подгорные подтаежные сосновые геомы на серых лесных и дерново-слабоподзолистых супесчаных почвах [1]. Однако в современной ландшафтной структуре не находят своего присутствия естественные сосновые боры, причиной чему являются периодически повторяющиеся лесные пожары, уничтожающие до 8000 га лесонасаждений за один пожароопасный сезон [11]. Наиболее распространенные лесорастительные комплексы представлены производными сосновыми с примесью мелколиственных травяных с кустарниковым подлеском лесами.

Исследования проводились на трех ключевых участках. Площадка А расположена в восточной оконечности урочища; краевой участок прохождения пожара 2010 г.; гарь со средней степенью огневого поражения; мониторинговое изучение начато в 2014 г. Площадка Б расположена северо-восточнее площадки А, в 437 м от нее; основная зона прохождения пожара 2010 г., уничтожившего свыше 130 га лесопокрытой площади [19]; гарь с сильной степенью огневого поражения; наблюдения начаты в 2016 г. после произведенной здесь посадки сеянцев сосны обыкновенной. Площадка В – участок, не затронутый недавними пожарами, геоботаническая характеристика которого является эталоном (фоном), приближение к которому свидетельствует о благоприятном течении процесса лесовосстановления на пирогенно трансформированных территориях. Полигон расположен в восточной оконечности урочища на высоте 786 м, в 3,3 и 3,0 км от площадок А и Б соответственно. Пологий склон восточной экспозиции. Включение древесного угля в почвенные горизонты и небольшая толщина лесной подстилки (до 3 см) указывают на частоту повторяющихся здесь пожаров [24]. Растительность представлена сосновыми средневозрастными лесами (45–50 лет) с подлеском из рододендрона даурского (*Rhododendron dauricum*) и зеленомошно-травяно-кустарничковым напочвенным покровом. Это производные леса, восстанавливаемые после прошедших здесь около полувека назад лесных пожаров.

В ходе мониторинговых исследований в период 2014–2020 гг. на пробных площадках размером 20×20 м определялись особенности древостоя и подроста (формула насаждений в каждом ярусе, обилие по Друде, средняя высота), а также специфика травяно-кустарничкового покрова (обилие по Друде, средняя высота и проективное покрытие). Индикатором успешности сукцессионного процесса являлось присутствие в подросте сосны обыкновенной, высота всходов, распределение по площади [16; 18]. Принималось во внимание стимулирующее воздействие пожаров на лесовозобновление за счет появления на гарях большего числа всходов по сравнению с их количеством под пологом древостоя в отсутствие огневого поражения [13; 14; 20; 23; 30]. В итоге был получен ряд совокупностей зарастания, характеризующий особенности постпирогенного восстановления геосистем в определенных ландшафтно-экологических условиях.

На основе полученных данных проведена оценка степени пирогенной трансформации геосистем. Согласно классификации Н.Р. Сухомлинова [18] в зависимости от периодичности возникновения возгораний зональная растительность на уровне ландшафта подразделяется на зону максимальной трансформации (преднамеренная пирогенная регуляция), зону параклиматса (контролируется пожарами, происходящими с определенной периодичностью), зону раннего омоложения (междупожарный интервал позволяет происходить процессу демутации) и зону естественного климатса (без существенного воздействия пирогенного фактора). Таким образом, частотой огневого поражения объясняется стадийность производных ассоциаций и их пространственная мозаичность [6; 7; 9; 22; 28; 30]. Учитывая вышесказанное, а также используя геосистемный подход [17] в определении ландшафтной структуры [1], индикатором степени трансформации обозначены возникшие под воздействием внешнего (в данном случае, пирогенного) фактора

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Атутова Ж.В.

производные группировки биоценоза. В результате выделяются кратковременно- и длительнопроизводные ассоциации, первые из которых представляют собой ряды быстросменяющихся друг друга восстановительных растительных сообществ; для вторых – периодически возникающие пожары являются длительно действующим фактором, препятствующим лесовозобновлению [17].

Результаты исследования и их обсуждение

До 2014 г. посещение площадки А носило рекогносцировочный характер; выявлено, что в первый послепожарный 2011 год на корню сохранена большая часть древостоя, который был спилен и местами здесь же складирован или хаотично повален. Травостой состоял преимущественно из вейников (вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis Langsdorffii*)) и иван-чая узколистного (*Chamerion angustifolium*). Через год, в сентябре 2012 г., в травостое наблюдалось значительное присутствие полыни шелковистой (*Artemisia sericea*). При осмотре площадки в июне 2013 г. выявлено участие в травяном покрове, помимо вышеназванных видов, герани луговой (*Geranium pratense*), горошка мышиного (*Vicia cracca*), костяники обыкновенной (*Rubus saxatilis*); из кустарничков замечена брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), из кустарников – шиповник иглистый (*Rosa acicularis*). Проективное покрытие травяного покрова возросло с 30 до 40%.

В 2014 г. был заложен полигон для проведения геоботанических мониторинговых исследований. В местах произрастания до пожара единичных экземпляров березы повислой (*Betula pendula*) отмечена ее поросль. Также на начальном этапе были зафиксированы годовичные всходы сосны обыкновенной, интенсивное увеличение средних высот и проективного покрытия которой наблюдалось в последующие периоды (табл. 1). Из кустарников в небольшом количестве встречены рододендрон даурский и шиповник иглистый, обилие последнего на завершающем этапе наблюдений незначительно увеличилось.

В напочвенном покрове доминировали брусника, вейник Лангсдорфа, иван-чай узколистный, герань луговая, костяника обыкновенная, полынь шелковистая, клевер средний (*Trifolium medium*) и кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*). Позднее редкими островками выявлено появление осок и зеленых мхов, обилие которых имело тенденцию увеличения. Весь мониторинговый период на площадке А отмечался процесс усыхания и вывала древостоя.

Таблица 1

Данные мониторинговых наблюдений за основными геоботаническими параметрами на площадке А
Monitoring data for main geobotanical parameters at site A

	Дата наблюдения	05.06.2014	25.07.2016	12.07.2017	17.07.2018	08.08.2020
1	2	3	4	5	6	7
Подрост	Формула	1С9Б	2Б8С	2Б8С	1Б9С	1Б9С
	Средняя высота, м					
	Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)	0,9–1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	0,06–0,10	0,25–0,30	0,5	0,7	1,5
	Проективное покрытие, %					
	Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)	5	5	5	5	5
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	5	30	40	50	70	
Кустарни- ковый ярус	Средняя высота, м	0,20	0,25	0,25–0,35	0,4	0,40
	Проективное покрытие, %	15	20	20	25	30
	Основные виды с обилием по Друде					
	Шиповник иглистый (<i>Rosa acicularis</i>)	sp.	sp.	sp.	sp.	sp.
	Рододендрон даурский (<i>Rhododendron dauricum</i>)	sol.	sol.	sol.	sp.	sp.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Атутова Ж.В.

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	
Травяно-кустарничковый ярус	Средняя высота, м	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	
	Проективное покрытие, %	40	50	60	60	70	
	Основные виды с обилием по Друде						
	Брусника (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>)	sol.	sp.	cop. ₁	cop. ₁	cop. ₁	
	Вейник Лангсдорфа (<i>Calamagrostis Langsdorfii</i>)	cop. ₂	cop. ₃	cop. ₃	cop. ₃	cop. ₃	
	Иван-чай узколистный (<i>Chamerion angustifolium</i>)	cop. ₂	cop. ₂	cop. ₁	cop. ₁	sp.	
	Герань луговая (<i>Geranium pratense</i>)	cop. ₁	cop. ₂	cop. ₂	cop. ₂	cop. ₂	
	Костяника обыкновенная (<i>Rubus saxatilis</i>)	sol.	sp.	cop. ₁	cop. ₁	cop. ₁	
	Полынь шелковистая (<i>Artemisia sericea</i>)	sp.	cop. ₂	cop. ₂	cop. ₂	cop. ₂	
	Клевер средний (<i>Trifolium medium</i>)	sp.	cop. ₂	cop. ₂	cop. ₂	cop. ₂	
	Кровохлебка лекарственная (<i>Sanguisorba officinalis</i>)	cop. ₁					
	Горошек мышиный (<i>Vicia cracca</i>)	sp.	cop. ₁	cop. ₁	cop. ₁	cop. ₁	
	Осока твердоватая (<i>Carex duriuscula</i>)	–	sp.	cop. ₁	cop. ₁	cop. ₁	
	Лютик близкий (<i>Ranunculus propinquus</i>)	–	sol.	sp.	sp.	sp.	
	Хризантема Завадского (<i>Chrysanthemum zawadskii</i>)	–	sp.	sp.	sp.	sp.	
	Астра альпийская (<i>Aster alpinus</i>)	–	–	sp.	sp.	sp.	
	Плевроциум Шребера (<i>Pleurozium schreberi</i>)	–	–	–	sol.	sp.	
Ястребка зонтичная (<i>Hieracium canadense</i>)	–	–	–	–	sp.		

Примечание: обилие по Друде: cop.₃ – растение встречается очень обильно; cop.₂ – особой много; cop.₁ – особой довольно много; sp. – растение встречается в небольшом количестве, рассеянно; sol. – растение встречается в очень малом количестве, редкими экземплярами.

Note: abundance according to Drude: cop.₃ – the plant occurs very abundantly; cop.₂ – many specimens; cop.₁ – quite many specimens; sp. – the plant occurs in small numbers, scatteredly; sol. – the plant occurs in very small numbers, rare specimens.

В целом, лесовосстановление на площадке А происходит вполне успешно. С момента появления первых всходов соснового подроста в 2013 г. его максимальные высоты в 2020 г. достигли 2,5 м. Около 3,0 м имеет высоту редкий подрост березы повислой. О благополучном протекании процесса демуляции свидетельствует увеличение обилия лесных видов растительности вслед за распространенным здесь на начальном этапе луговым разнотравьем. Сдерживающим фактором более интенсивного восстановительного процесса во всех лесорастительных ярусах являются медленно разлагаемый и твердый хвойный опад, а также ветви и стволы поваленных деревьев. Образующие ими захламленные участки являются причиной пространственной неравномерности развития подпологовой растительности [25–27].

На площадке Б на старте наблюдений в июле 2016 г. отмечены складированные остатки выпавших стволов и ветвей. Территория нарушена тяжелой техникой для нарезки лесопосадочных борозд, в которые в мае того же года были высажены двухлетние сеянцы сосны обыкновенной. Отмечены естественные сосновые всходы, значительное увеличение высоты и проективного покрытия которых наблюдалось на заключительном этапе (табл. 2). По подсчетам мутовок семенное восстановление начато на второй послепожарный год. Отмечена прикорневая поросль березы повислой, показатели высоты и проективного покрытия которой изменялись менее интенсивно. Из кустарников встречен шиповник иглистый, кроме которого на поздних этапах был зафиксирован рододендрон даурский.

В травяном ярусе доминировали вейники с небольшим участием осок. За пятилетний

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Атутова Ж.В.

период наблюдений обилие иван-чая узколистного, горошка мышиного, астры альпийской (*Aster alpinus*) и подмаренника настоящего (*Galium verum*) несколько уменьшилось; брусники, кровохлебки лекарственной, клевера среднего, костяники обыкновенной, полыни шелковистой и астрагала приподнимающегося (*Astragalus adsurgens*) – увеличилось. Обилие полыни обыкновенной (*Artemisia vulgaris*), герани луговой, ястребки зонтичной (*Hieracium canadense*), тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium*) не изменялось. На затененных участках в местах выпавшего древостоя на более поздних этапах наблюдений были отмечены зеленые мхи.

Таблица 2

Данные мониторинговых наблюдений за основными геоботаническими параметрами на площадке Б
Monitoring data for main geobotanical parameters at site Б

	Дата наблюдения	25.07.2016	12.07.2017	17.07.2018	08.08.2020					
Подрост	Формула	2Б8С		1Б9С		1Б9С		1Б9С		
	Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)									
	Средняя высота, м	0,8		1,0–1,1		1,1		1,2		
	Проективное покрытие, %	3		3		5		5		
	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>): естественные всходы (*), искусственно посаженная (**)	*	**	*	**	*	**	*	**	
	Средняя высота, м	0,3	0,08	0,5	0,1	0,7	0,1–0,2	1,3	0,4	
	Проективное покрытие, %	15	5	25	3	30	3	40	5	
	Кустарни- ковый ярус	Средняя высота, м	0,3		0,3		0,5		0,7	
Проективное покрытие, %		30		30		30–35		40		
Основные виды с обилием по Друде:										
Шиповник иглистый (<i>Rosa acicularis</i>)		cop.1		cop.1		cop.1		cop.1		
Рододендрон даурский (<i>Rhododendron dauricum</i>)	–		–		sol.		sol.			
Травяно-кустарничковый ярус	Средняя высота, м	0,4		0,4–0,5		0,5		0,5		
	Проективное покрытие, %	60		70		70		90		
	Основные виды с обилием по Друде:									
	Вейник Лангсдорфа (<i>Calamagrostis Langsdorfii</i>)	cop.2		cop.2		cop.2		cop.2		
	Осока твердоватая (<i>Carex duriuscula</i>)	sp.		sp.		cop.1		cop.1		
	Иван-чай узколистый (<i>Chamerion angustifolium</i>)	cop.2		cop.2		cop.2		cop.1		
	Полынь обыкновенная (<i>Artemisia vulgaris</i>)	cop.2		cop.2		cop.2		cop.2		
	Герань луговая (<i>Geranium pratense</i>)	cop.2		cop.2		cop.2		cop.2		
	Кровохлебка лекарственная (<i>Sanguisorba officinalis</i>)	cop.1		cop.1		cop.1		cop.2		
	Клевер средний (<i>Trifolium medium</i>)	cop.1		cop.1		cop.1		cop.2		
	Подмаренник настоящий (<i>Galium verum</i>)	cop.1		cop.1		cop.1		sp.		
	Ястребка зонтичная (<i>Hieracium canadense</i>)	cop.1		cop.1		cop.1		cop.1		
	Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i>)	cop.1		sp.		sp.		sp.		
	Горошек мышиный (<i>Vicia cracca</i>)	sp.		sp.		sp.		sol.		
	Астра альпийская (<i>Aster alpinus</i>)	sp.		sp.		sp.		sol.		
	Костяника обыкновенная (<i>Rubus saxatilis</i>)	sp.		sp.		sp.		cop.1		
	Полынь шелковистая (<i>Artemisia sericea</i>)	sp.		sp.		sp.		cop.1		
	Астрагал приподнимающийся (<i>Astragalus adsurgens</i>)	sol.		sol.		sp.		cop.1		
	Брусника (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>)	–		–		sol.		sp.		
	Хризантема Завадского (<i>Chrysanthemum zawadskii</i>)	–		–		sol.		sol.		
Плевроциум Шребера (<i>Pleurozium schreberi</i>)	–		–		sol.		sol.			

В целом, на площадке Б отмечена низкая скорость прироста у искусственно посаженной сосны обыкновенной – средняя высота сеянцев возросла с 8 до 40 см.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Атутова Ж.В.

Хотя искусственную посадку можно считать эффективной, однако процент выживаемости саженцев оценивается на уровне 70–80%. Захламление территории невывезенными остатками древостоя, а также нарезанные лесопосадочные борозды способствовали снижению количества всходов самосева; на момент последних наблюдений проективное покрытие естественно возобновляемого соснового подроста не превышало 30%. Тем не менее динамика средневысотных показателей характеризовалась высокими значениями, изменившись за пятилетний период с 30 см до 1,3 м.

Для выявления перспектив дальнейшего протекания процесса лесовосстановления выявлена характеристика естественных, не трансформированных пожарами биоценозов. На фоновой площадке В средняя высота деревьев составляет 15 м, сомкнутость крон – 0,8. Последний факт, лимитирующий доступ солнечной радиации к поверхности, объясняет отсутствие здесь светолюбивого соснового подроста. Из кустарников обильно представлены рододендрон даурский со средними высотами 40–60 см, а также редко встречающийся шиповник иглистый высотой 15–25 см.

Скудный напочвенный покров, развитие которого сдерживает широко распространенный здесь хвойный опад, имеет проективное покрытие 30%. Зеленые мхи представлены фрагментарно. Из кустарничков довольно обильно встречается брусника. Обильно произрастает костяника обыкновенная, остальные травянистые встречаются рассеянно, в небольшом количестве. Это вейники, василистник малый (*Thalictrum minus*), чина приземистая (*Lathyrus humilis*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), полынь обыкновенная, подмаренник северный (*Galium boreale*).

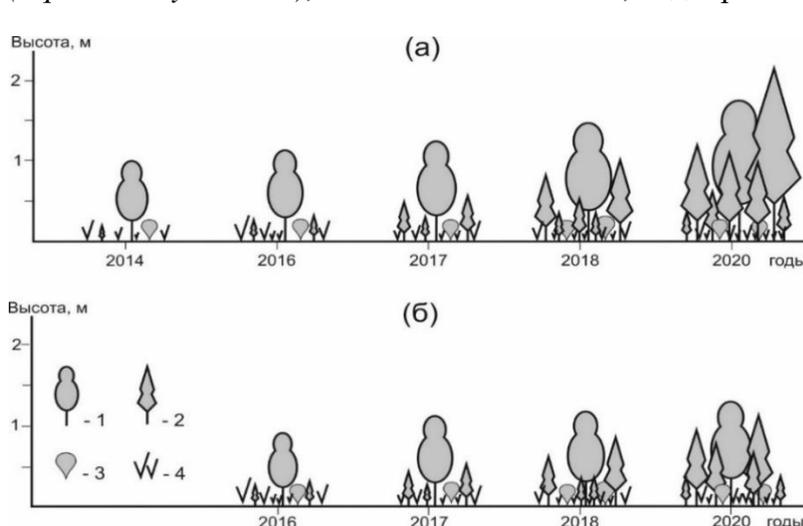


Рис. 2. Схема естественного постпирогенного восстановления лесов урочища Бадары: а – площадка А;

б – площадка Б (1 – подрост березы повислой (*Betula pendula*), 2 – подрост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), 3 – кустарники, 4 – травяно-кустарничковая растительность)

Fig. 2. Scheme of natural post-pyrogenic reforestation in the Badary urochishche at sites A (a) and Б (b).

Designations: 1 – undergrowth of *Betula pendula*,
2 – undergrowth of *Pinus sylvestris*, 3 – shrubs,
4 – grass-subshrub vegetation

Сравнивая полученные результаты, можно выделить следующие особенности постпирогенных сукцессий. Подтверждено, что послепожарное естественное лесовозобновление происходит без смены пород [13; 14; 20]; 10% естественно возобновляемого подроста приходится на прикорневую поросль березы повислой, остальные 90% принадлежат сосне обыкновенной. За семилетний период наблюдалось постоянное увеличение проективного покрытия соснового подроста (рис. 2), сдерживающим фактором роста которого являются захламление территории складированными и неубранными остатками сгоревшего древостоя, «нарезка» лесопосадочных полос тяже-

лой техникой; также неудовлетворительность лесовозобновления связана со значительной долей отпада древостоя после прогорания и вывала. Это хорошо прослеживается на сильно прогоревшей площадке Б, где проективное покрытие подроста неравномерное и составляет всего 30%.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Атутова Ж.В.

Возобновление через доминирование сосны обыкновенной связано с ее светолюбием; на открытых безлесных участках сильно прогоревшей площадки Б появление естественно возобновляемых всходов отмечено на второй послепожарный год. На площадке А, нарушенной пожаром средней степени интенсивности, в результате которого на корню осталась значительная часть древостоя, а также сохранившийся местами плотный и медленно разлагающийся хвойный опад, возобновление сосны обыкновенной началось годом позже.

Удовлетворительная приживаемость сосновых сеянцев отмечена в свежевскопанных, лишенных напочвенного покрова, а потому хорошо освещенных лесопосадочных бороздах (рис. 3, а). И в то же время, предположительно, отсутствие в лесопосадочных бороздах подстилки, являющейся биологически высокоактивным образователем [15; 20], объясняет низкую интенсивность роста всходов на начальном этапе. Позднее зарастание лесопосадочных борозд хорошо развитым травяным покровом с доминированием высокорослых вейников также не способствовало росту сеянцев за счет излишнего затенения и корневой конкуренции за влагу и питательные вещества (см. рис. 3, б). В этом аспекте, наряду с прополкой и рыхлением, эффективным способом содействия послепожарному лесовозобновлению сосняков может стать контролируемое выжигание [3; 8].

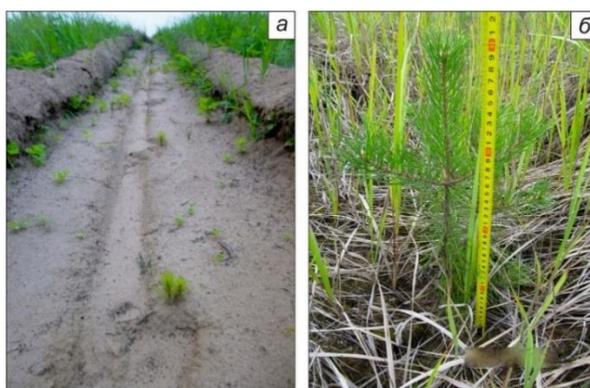


Рис. 3. Состояние искусственно посаженных саженцев сосны обыкновенной (площадка Б):

а – июль 2016 г., б – август 2020 г.

Fig. 3. The state of artificially planted *Pinus sylvestris* seedlings (site Б):

а – July 2016; б – August 2020

Весенний пал, отмеченный в ходе наблюдений в 2018 г. на площадке А, не имел негативных последствий в развитии древесного подроста, но способствовал изреживанию травяного покрова, в результате чего в период 2018–2020 гг. не был зафиксирован наблюдавшийся до этого рост проективного покрытия травостоя. И в то же время выявлено увеличение проективного покрытия соснового подроста с 50% в 2018 г. до 70% в 2020 г. Таким образом, контролируемый отжиг сухого напочвенного покрова является дополнительным стимулом успешности лесовозобновления.

Степенью огневого поражения объясняется стадийность производных ассоциаций травяно-кустарничкового яруса [8; 22; 28; 29]. На полигоне Б с сильной степенью прогорания на пятый послепожарный год отмечена кипрейно-вейниковая постпирогенная стадия развития, часто наблюдаемая на горях в схожих экологических условиях [4; 8]. Зеленых мхов и кустарничков зафиксировано не было. Через пять лет, на десятый послепожарный год, установилась вейниково-разнотравная стадия с мохово-бруснично-разнотравными микрогруппировками. На этом этапе развития проявляется кустарничковый ярус с рододендроном даурским и шиповником иглистым. Весь период наблюдений на площадке А со средней степенью горения и со значительной степенью сохранения части древостоя отмечалась вейниково-разнотравная стадия с бруснично-разнотравными

микроруппировками с появлением мохово-бруснично-разнотравных микроассоциаций на более поздних стадиях развития гари. По мере изменения экологических условий (увеличение высоты древесного подроста, снижение степени освещенности, повышение увлажненности почвенного горизонта) доминирующие на начальном этапе восстановления луговые разнотравные ассоциации на более поздних сроках были дополнены лесными видами.

Таким образом, на данном этапе наблюдений возможен прогноз успешного послепожарного восстановления сосняков урочища Бадары, индикатором чего является значительный процент сосны обыкновенной в подросте независимо от степени выгорания участка и доли уцелевшего древостоя. Условия произрастания (уровень освещенности и затенения, наличие или отсутствие лесной подстилки, подверженность территории антропогенному воздействию) вносят коррективы в процесс демуляции, отражаясь в характере особенностей восстановления естественных и искусственных насаждений. Несмотря на невысокий прирост высоты у искусственно посаженных сеянцев, процент их приживаемости удовлетворительный, что при должных мероприятиях ухода позволит более уверенно говорить о положительной направленности лесовозобновления.

Выявлено, что нахождение объектов исследования в различных зонах прохождения фронтов пожаров, особенности лесовосстановления, повторные пожары, вызывающие появление новых поколений подроста, проведенная искусственная лесопосадка – все эти факторы обусловили формирование ступенчатого возрастного строения древостоев. Исследуемая юго-восточная часть урочища Бадары отличается мозаичностью ландшафтной структуры. Только здесь произрастают сосновые с единичными экземплярами лиственницы и березы с подлеском из рододендрона даурского зеленомошно-травяно-кустарничковые леса, состояние которых можно считать максимально схожим с естественным (площадка С). В настоящее время они окружены редкостойными лиственнично-березово-сосновыми разнотравными лесами с березово-сосновым подростом (площадка А), а также безлесными территориями, занятыми послепожарным разнотравьем с березово-сосновым редким подростом (площадка Б). Полученные результаты подтверждают влияние пожаров на образование мозаично-ступенчатой возрастно-высотной гетерогенной структуры лесорастительных популяций с разрывом поколений во времени не менее 30–60 лет, благодаря чему сосновые леса сохраняют непрерывную способность к самовоспроизводству [14]. Учитывая охранный статус территории и проводимые сотрудниками национального парка лесовосстановительные и противопожарные мероприятия, можно предположить, что трансформированные пирогенным влиянием ландшафтные комплексы являются кратковременнопроизводными ассоциациями подгорных подтаежных сосновых геомов – основных ландшафтообразующих единиц урочища Бадары. Наши данные, показавшие успешность протекания послепожарных восстановительных сукцессий, позволяют предположить, что в условиях отсутствия повторных возгораний площадь сосновых лесов урочища Бадары может быть увеличена на 1/5 через 40–50 лет [1].

Заключение

В ходе исследования особенностей восстановления подтаежных светлохвойных геосистем Тункинской котловины на гарях с различной степенью пирогенной нарушенности выявлена схожесть сукцессионных процессов как естественно возобновляемых насаждений, так и искусственно посаженных саженцев. Естественное лесовосстановление проходит со значительным доминированием в подросте сосны обыкновенной, чаще всего характеризующейся высокими показателями прироста по высоте и проективного покрытия, что, в целом, можно считать маркером успешности лесовосстановления. Искусственно возобновляемый сосновый подрост, несмотря на сдерживающие факторы развития, в целом, также характеризуется перспективностью успешного восстановления.

Положительная динамика подтверждается появлением в подлеске кустарников, имевших место до пожаров, и их удовлетворительным развитием. Увеличение обилия лесных видов напочвенного покрова среди распространенного здесь на начальном этапе лугового разнотравья также можно считать убедительным показателем эффективного восстановления предшествующих сосновых зеленомошно-травяно-кустарничковых лесов.

В целом, гари урочища Бадары характеризуются морфологическим многообразием пирогенных трансформаций – от пожарниц с частично сохранившимся на корню древостоем до безлесных пространств в десятки гектаров. Однако, несмотря на значительную пирогенную нарушенность, в междупожарный интервал процесс демутации в сосняках урочища протекает достаточно интенсивно. Выделенные ландшафтные комплексы в пределах исследуемых площадей представлены кратковременнопроизводными ассоциациями растительных сообществ, быстро сменяющимися друг друга в процессе лесовосстановления.

Список источников

1. Атутова Ж.В. Современные ландшафты Тункинской котловины // География и природные ресурсы. 2018. № 1. С. 103–114.
2. Ахаржанова Т.В. Сосновый бор Бадары – особо ценный ландшафт Тункинского национального парка // Вестник БГУ. Серия 3: География, геология. Вып. 3. Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2004. С. 207–212.
3. Белов С.В. Управляемый огонь в лесу – средство восстановления сосняков и лиственничников таежной зоны // Горение и пожары в лесу: сб. статей. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1973. С. 213–232.
4. Гонгальский К.Б. Закономерности восстановления сообществ почвенных животных после лесных пожаров: автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: Изд-во Института проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, 2015. 44 с.
5. Дожиев Ц.З., Бао Юхай, Бадмаева Е.Н., Ванчиндорж Б., Урбазеев Ч.Б., Юшань Ю. Лесные пожары в Республике Бурятия за 2002–2016 гг. // Природа Внутренней Азии. 2017. № 3(4). С. 22–37.
6. Евдокименко М.Д., Краснощекоев Ю.Н. Лесоэкологические последствия пирогенных аномалий в бассейне озера Байкал // Сибирский экологический журнал. 2017. № 4. С. 66–77.
7. Жарникова М.А., Алымбаева Ж.Б. Сукцессионные стадии пирогенных ландшафтов Байкальского региона // Безопасность природопользования в условиях устойчивого развития: мат. Межд. науч.-практ. конф. Иркутск, 25–29 сентября 2017 г. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2017. С. 176–183.
8. Ковалева Н.М., Жила С.В., Иванова Г.А. Формирование живого напочвенного покрова на начальной стадии пирогенной сукцессии в сосняках Нижнего Приангарья // Хвойные бореальные зоны. 2012. Вып. XXX. № 3. С. 265–269.
9. Краснощекоев Ю.Н., Евдокименко М.Д., Чередникова Ю.С., Болоньева М.В. Послепожарное функционирование лесных экосистем в Восточном Прибайкалье // Сибирский экологический журнал. 2010. № 2. С. 221–230.
10. Лазарева А.А., Афонина Т.Е. Лесопожарный мониторинг лесов национального парка «Тункинский» // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА». 2014. Вып. 63. С. 29–36.
11. Лехатинов А.М., Лехатинова Э.Б. Состояние лесов и краснокнижных видов сосудистых растений Тункинской долины // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее: мат. Второй межд. конф., 20–24 сентября 2010. Горно-Алтайск: РИО ГАТУ, 2010. С. 201–206.
12. Максютова Е.В., Макаренко Е.Л., Силаев А.В. Активность лесных пожаров и пожароопасность в Байкальском регионе в современных условиях // География и природные ресурсы. 2019. № 5. С. 52–58.
13. Платонова И.А., Иванова Г.А. Оценка естественного возобновления после низовых пожаров в сосняках Селенгинского среднегорья // Вестник КрасГАУ. 2014. № 8. С. 168–175.
14. Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. М.: Наука, 1992. 264 с.
15. Соловьева А.А. Особенности лесовосстановления сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в Приангарском таежном районе автореф. дис. ... канд. сельскохозяйств. наук. Красноярск, 2018. 20 с.
16. Софронов М.А., Волокитина А.В., Софронова Т.М. Пожары и пирогенные сукцессии в лесах Южного Прибайкалья // Сибирский экологический журнал. 2008. № 3. С. 381–388.
17. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 320 с.
18. Сухомлинов Н.Р. Мониторинг пирогенной трансформации экосистем: проблемы, методы, подходы // Мониторинг и биоразнообразие экосистем Сибири и Дальнего Востока: сб. науч. ст. Находка: Изд-во Института технологии и бизнеса, 2012. С. 46–52.
19. Тункинский национальный парк. Лесные культуры сосны обыкновенной [Электронный ресурс].

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология

Атутова Ж.В.

- URL: <http://www.tunkapark.ru/about/92-novosti/147-lesnye-kultury-sosny-obyknovennoy.html> (дата обращения: 23.10.2020).
20. Цветков П.А. Влияние пожаров на начальный этап лесообразования в среднетаежных сосняках Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. XXXI. № 1–2. С. 15–21.
 21. Черных Д.В., Золотов Д.В. Пирогенная трансформация ландшафтов и организация охраны природы // Ползуновский вестник. 2006. № 4. С. 145–150.
 22. Groot W.J., Bothwell P.M., Taylor S.W., Wotton B.M., Stocks B.J., Alexander M.E. Jack pine regeneration and crown fires // Canadian Journal of Forest Research. 2004. Vol. 34. No. 8. P. 1634–1641.
 23. Heras J., Moya D., Vega J. A., Daskalidou E., Vallejo R., Grigoriadis N., Tsitsoni T., Baeza J., Valdecantos A., Fernandez C., Espelta J., Fernandes P. Post-fire management of serotinous pine forests // Post-fire management and restoration of Southern European forests. London, New York: Springer Science+Business Media B.V., 2012. P. 121–150.
 24. Kiselev M.V., Voropay N.N., Cherkashina A.A. Influence of anthropogenic activities on the temperature regime of soils of the South-Western Baikal region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 381. P.012043.
 25. Kuuluvainen T., Pukkala T. Effect of crown shape and tree distribution on the spatial distribution of shade // Agricultural and Forest Meteorology. 1987. No. 40. P. 215–231.
 26. Leverkus A.B., Puerta-Pinero C., Guzman-Alvarez J.R., Navarro J., Castro J. Post-fire salvage logging increases restoration costs in a Mediterranean mountain ecosystem // New Forests. 2012. No. 43. P. 601–613.
 27. Maranon-Jimenez S., Castro J., Querejeta J.I., Fernandez-Ondono E., Allen C.D. Post-fire wood management alters water stress, growth, and performance of pine regeneration in a Mediterranean ecosystem // Forest Ecology and Management. 2013. Vol. 308. P. 231–239.
 28. Roberts C.P., Donovan V.M., Wonkka C.L., Powell L.A., Allen C.R., Angeler D.G., Wedin D.A., Twidwell D. Fire legacies in eastern ponderosa pine forests // Ecology and Evolution. 2019. Vol. 9(4). P. 1869–1879.
 29. Suleymanova G.F., Boldyrev V.A., Savinov V.A. Post-fire restoration of plant communities with *Paeonia tenuifolia* in the Khvalynsky National Park (Russia) // Nature Conservation Research. 2019. Vol. 4(1). P. 57–77.
 30. Vallejo V.R., Arianoutsou M., Moreira F. Fire ecology and post-fire restoration approaches in Southern European forest types // Post-fire management and restoration of Southern European forests. London, New York: Springer Science+Business Media B.V., 2012. P. 93–119.

References

1. Atutova, Zh.V. (2018), Modern landscapes of the Tunkinskaya depression, *Geografija i prirodnye resursy*, no. 1, pp.103–114.
2. Aharzhanova, T.V. (2004), The pine forest of Badary is a particularly valuable landscape of the Tunkinsky National Park, *Vestnik BGU. Serija 3: Geografija, geologija*, vol. 3. pp. 207–212.
3. Belov, S.V. (1973), Controlled fire in the forest as a means of restoring pine and larch forests in the taiga zone, *Gorenje i požary v lesu: sbornik statej* [Burning and fires in the forest: a collection of articles], ILiD SO AN SSSR, Krasnoyarsk, USSR, pp. 213–232.
4. Gongal'skiy, K.B. (2015), Patterns of restoration of soil animal communities after forest fires. Abstract of D.Sc. dissertation, Biological Sciences, A.N. Severtsov Institute of ecology and evolution RAS, Moscow.
5. Dozhiev, C.Z., Bao, Juhaj, Badmaeva, E.N., Vanchindorz, B., Urbazaev, Ch.B., Jushan', Ju. (2017), Forest fires in the Republic of Buryatia in 2002–2016, *Priroda Vnutrennej Azii*, no. 3(4), pp. 22–37.
6. Evdokimenko, M.D., Krasnoshhekov, Ju.N. (2017), Forest-ecological consequences of pyrogenic anomalies in the Baikal basin, *Sibirskij jeologicheskij zhurnal*, no. 4, pp. 66–77.
7. Zharnikova, M.A., Alymbaeva, Zh.B. (2017), Succession stages of pyrogenic landscapes of the Baikal region, *Bezopasnost' prirodopol'zovaniya v usloviyah ustojchivogo razvitiya* [Safety of nature management in conditions of sustainable development], *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferencija* [International scientific and practical conference], Irkutsk, Russia, September 25–29, pp. 176–183.
8. Kovaleva, N.M., Zhila, S.V., Ivanova, G.A. (2021), The formation of living ground cover at the initial stage of pyrogenic succession in pine forests of the Lower Angara region, *Hvojnye boreal'nye zony*, vol. XXX, no. 3, pp. 265–269.
9. Krasnoshhekov, Yu.N., Evdokimenko, M.D., Cherednikova, Yu.S., Boloneva, M.V. (2010), Post-fire functioning of forest ecosystems in the Eastern Baikal region, *Sibirskij jeologicheskij zhurnal*, no. 2, pp. 221–230.
10. Lazareva, A.A., Afonina, T.E. (2014), Forest fire monitoring of forests in the Tunkinsky National Park, *Nauchno-prakticheskij zhurnal "Vestnik IrGSHA"*, no. 63, pp. 29–36.
11. Lehatinov, A.M., Lehatinova, Je.B. (2010), The state of forests and species of vascular plants in the Red Book of the Tunkinskaya valley, *Bioraznoobrazie, problemy jeologii gornogo Altaja i sopredel'nyh regionov: nastojashhee, proshloe, budushhee* [Biodiversity, problems of ecology of Altai and adjacent regions: present, past, future], *Vtoraja mezhdunarodnaya konferencija* [The Second international conference], Gorno-Altajsk, Russia, September 20–24, pp. 201–206.
12. Maksjutova, E.V., Makarenko, E.L., Silaev, A.V. (2019), Forest fire activity and fire hazard in the Baikal region in modern conditions, *Geografija i prirodnye resursy*, no. 5, pp.52–58.
13. Platonova, I.A., Ivanova, G.A. (2014), Assessment of natural regeneration after ground fires in the pine

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Атутова Ж.В.

forests of the Selenginsky middle mountains, *Vestnik KrasGau*, no. 8, pp. 168–175.

14. Sannikov, S.N. (1992), *Jekologija i geografija estestvennogo vozobnovlenija sosny obyknovennoj* [Ecology and geography of natural regeneration of Scots pine], Nauka, Moscow, Russia.

15. Solovieva, A.A. (2018), Features of Scots pine (*Pinus sylvestris*) reforestation in the Priangarsky taiga region. Abstract of Ph.D. dissertation, Agricultural Sciences, Krasnoyarsk, Russia.

16. Sofronov, M.A., Volokitina, A.V., Sofronova, T.M. (2008), Fires and pyrogenic successions in the forests of the Southern Baikal region, *Sibirskij jekologicheskij zhurnal*, no. 3, pp. 381–388.

17. Sochava, V.B. (1978), *Vvedenie v uchenie o geosistemah* [Introduction to the doctrine of geosystems], Nauka, Novosibirsk, USSR.

18. Sukhominov, N.R. (2012), Monitoring pyrogenic transformation of ecosystems: problems, methods, approaches, *Monitoring i bioraznoobrazie jekosistem Sibiri i Dal'nego Vostoka: sbornik nauchnyh statej* [Monitoring and biodiversity of ecosystems in Siberia and the Far East: a collection of scientific articles], Institute of Technology and Business, Nakhodka, Russia, pp. 46–52.

19. Tunkinsky national park. Scotch pine forest plantations (2017), available at: <http://www.tunkapark.ru/about/92-novosti/147-lesnye-kultury-sosny-obyknovennoj.html> (Accessed: 23 October 2020).

20. Cvetkov, P.A. (2013), The influence of fires on the initial stage of forest formation in the middle taiga pine forests of Siberia, *Hvojnye boreal'nye zony*, vol. XXXI, no. 1–2, pp. 15–21.

21. Chernykh, D.V., Zolotov, D.V. (2006), Pyrogenic transformation of landscapes and organization of nature conservation, *Polzunovskij vestnik*, no. 4, pp. 145–150.

22. Groot, W.J., Bothwell, P.M., Taylor, S.W., Wotton, B.M., Stocks, B.J., Alexander, M.E. (2004), Jack pine regeneration and crown fires, *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 34, no. 8, pp. 1634–1641.

23. Heras, J., Moya D., Vega, J.A., Daskalidou, E., Vallejo, R., Grigoriadis, N., Tsimoni, T., Baeza, J., Valdecantos, A., Fernandez, C., Espelta, J., Fernandes, P. (2012), Post-fire management of serotinous pine forests, *Post-fire management and restoration of Southern European forests*, Springer Science+Business Media B.V., London, New York, pp. 121–150.

24. Kiselev, M.V., Voropay, N.N., Cherkashina, A.A. (2019), Influence of anthropogenic activities on the temperature regime of soils of the South-Western Baikal region, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 381, p. 012043.

25. Kuuluvainen, T., Pukkala, T. (1987), Effect of crown shape and tree distribution on the spatial distribution of shade, *Agricultural and Forest Meteorology*, no. 40, pp. 215–231.

26. Leverkus, A.B., Puerta-Pinero, C., Guzman-Alvarez, J.R., Navarro, J., Castro, J. (2012), Post-fire salvage logging increases restoration costs in a Mediterranean mountain ecosystem, *New Forests*, no. 43, pp. 601–613.

27. Maranon-Jimenez, S., Castro, J., Querejeta, J.I., Fernandez-Ondono, E., Allen, C.D. (2013), Post-fire wood management alters water stress, growth, and performance of pine regeneration in a Mediterranean ecosystem, *Forest Ecology and Management*, vol. 308, pp. 231–239.

28. Roberts, C.P., Donovan, V.M., Wonkka, C.L., Powell, L.A., Allen, C.R., Angeler, D.G., Wedin, D.A., Twidwell, D. (2019), Fire legacies in eastern ponderosa pine forests, *Ecology and Evolution*, vol. 9(4), pp. 1869–1879.

29. Suleymanova, G.F., Boldyrev, V.A., Savinov, V.A. (2019), Post-fire restoration of plant communities with *Paeonia tenuifolia* in the Khvalynsky National Park (Russia), *Nature Conservation Research*, vol. 4(1), pp. 57–77.

30. Vallejo, V.R., Arianoutsou, M., Moreira, F. (2012), Fire ecology and post-fire restoration approaches in Southern European forest types, *Post-fire management and restoration of Southern European forests*, Springer Science+Business Media B.V., London, New York, pp. 93–119.

Статья поступила в редакцию: 31.05.2022; одобрена после рецензирования: 06.06.2022; принята к опубликованию: 13.12.2022.

The article was submitted: 31 May 2022; approved after review: 6 June 2022; accepted for publication: 13 December 2022.

Информация об авторе

Жанна Владимировна Атутова

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН;

664033, Россия, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1

Information about the author

Zhanna V. Atutova

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, V.B. Sochava Institute of Geography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;

1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033, Russia

e-mail: atutova@mail.ru