

DOI: 10.12737/article_5b97a15fef48c2.81793778

УДК [630*902+630*431+574.42](1-924.93)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ ЗАПОВЕДНИКА «ДЕНЕЖКИН КАМЕНЬ» (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ), ПОВРЕЖДЕННЫХ ПОЖАРОМ 2010 ГОДА

кандидат биологических наук **А. А. Алейников**¹

кандидат сельскохозяйственных наук **Л. П. Балухта**²

Н. А. Владимирова³

А. Е. Квашнина³

1 – ФГБУН Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», г. Брянск, Российская Федерация

3 – Государственный природный заповедник «Денежкин Камень», г. Североуральск, Российская Федерация

Исследование выполнено в рамках госзадания ЦЭПЛ РАН на тему «Экосистемные функции природного и антропогенно преобразованного лесного покрова (0110-2014-0003) и при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-00395)

Пожары – один из самых значимых факторов преобразования природного лесного покрова. Воздействуя на лесные экосистемы, пожары запускают долговременные сукцессионные процессы. Исследование причин возникновения, особенностей распространения и последствий пожаров вносит существенный вклад в понимание структурно-функциональной организации современных лесов, а также представляет необходимую основу для построения моделей пожаров. Летом 2010 года европейская часть России характеризовалась экстремально высокими температурами воздуха, которые привели к многочисленным лесным пожарам как в эксплуатационных, так и в защитных лесах. Лесные пожары были зафиксированы во многих ООПТ России. В августе 2010 года в заповеднике «Денежкин Камень», расположенном на севере Свердловской области, произошел пожар, затронувший более 4 тыс. га. В статье приведены первые результаты обследования лесных сообществ спустя 5 лет после пожара. На основе анализа космоснимков разного пространственного разрешения реконструирована допожарная растительность, которая была очень неоднородна за счет сложных орографических условий и прошлых антропогенных нарушений. Маршрутные обследования и закладка пробных площадей позволили типизировать сообщества по степени повреждения. Выделено 5 классов сообществ, отличающихся сохранностью древостоя, подростом и напочвенного покрова. Гари с полностью погибшим древостоем, подростом и напочвенным покровом в 2015 году занимали 20 % от всей площади пожарища, 80 % – сообщества с живым, но частично поврежденным древостоем. Степень повреждения и современное состояние лесных сообществ напрямую зависит от допожарного состава растительности: во всех сообществах в результате пожара погибли темнохвойные виды деревьев (кедр, ель, пихта). На большей части исследованных сообществ напочвенный покров сильно поврежден: доминируют сообщества с кипреем узколистым, который сдерживает естественное возобновление деревьев.

Ключевые слова: бореальные леса, Северный Урал, заповедник «Денежкин Камень», лесные пожары, история пожаров, история природопользования, аутогенная сукцессия, засуха 2010 года.

ESTIMATION OF THE STATE OF THE FOREST OF DENEZHKIN KAMEN RESERVES (NORTH URAL), DAMAGED BY FIRE OF 2010

PhD in Biology **A. A. Aleinikov**¹

PhD in Agriculture **L. P. Balukhta**²

N. A. Vladimirova³

A. E. Kvashnina³

1 – Center for Problems of Ecology and Productivity of Forests Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

2 – FSBEI HE «Bryansk State Technological University of Engineering», Bryansk, Russian Federation

3 – Denezhkin Kamen Preserve, Severouralsk, Russian Federation

The research is carried out within the framework of the state assignment of the Central Electrotechnical University of the Russian Academy of Sciences on the theme "Ecosystem functions of natural and anthropogenically transformed forest cover (0110-2014-0003) and with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research (project No. 16-04-00395)

Abstract

Fires are one of the most significant factors in the transformation of natural forest cover. By acting on forest ecosystems, fires trigger long-term succession processes. The study of the causes of the occurrence, peculiarities of the distribution and consequences of fires makes a significant contribution to understanding structural and functional organization of modern forests, and also provides the necessary basis for building fire models. In the summer of 2010, the European part of Russia was characterized by extremely high air temperatures, which led to numerous forest fires in both operational and protective forests. Forest fires were recorded in many Russian protected areas. There was a fire that affected more than 4 thousand hectares in the reserve "Denezhkin Kamen", located in the north of the Sverdlovsk region in August 2010. The article presents the first results of a survey of forest communities, 5 years after the fire. Based on the analysis of space images of different spatial resolution, pre-fire vegetation has been reconstructed, which was very heterogeneous due to complex orographic conditions and past anthropogenic disturbances. Route surveys and trial plots lying have allowed classifying communities according to the degree of damage. Five classes of communities are distinguished, taking into account conservation of the stand, undergrowth and ground cover. Burnt areas with completely destroyed stand, undergrowth and ground cover in 2015 occupied 20% of the entire area of the conflagration; 80% – communities with living but partially damaged stand. The degree of damage and the current state of forest communities directly depends on pre-fire composition of the vegetation: dark coniferous tree species (cedar, spruce, fir) died as a result of the fire in all communities. Ground cover is severely damaged in the most of studied communities: communities with *angustifolia*, which restrains the natural regeneration of trees, are dominating ones.

Keywords: boreal forests, the Northern Urals, Denezhkin Kamen reserve, forest fires, history of fires, history of nature management, autogenous succession, drought of 2010.

Антропогенные лесные пожары – мощный фактор формирования лесных экосистем на протяжении тысячелетий, имеющий долгосрочные последствия [23, 18]. Пожары, в зависимости от силы и интенсивности, влияют на структурно-функциональную организацию лесов, надолго определяя их видовой состав, морфологическое и возрастное строение древостоев, особенности возобновительного процесса и разнообразие травяного покрова. Кроме того, лесные пожары влияют на процесс депонирования углерода, круговорот питательных элементов и экотопические условия местообитания [17, 27, 15, 25].

Еще в середине XX века была предсказана тенденция увеличения числа лесных пожаров по мере рос-

та плотности населения и хозяйственного освоения лесов [8]. Ежегодно в российских лесах происходят сотни тысяч пожаров (<http://wiki-fire.org/>). Большая часть этих пожаров происходит в эксплуатационных лесах, которые активно посещаются людьми и вовлечены в лесное хозяйство. Недавние исследования подтвердили связь современных пожаров с близким расположением рубок, дорог и населенных пунктов. Результаты анализа подтвердили гипотезу о том, что наличие развитой лесной инфраструктуры (прежде всего, лесных дорог) повышает риск возникновения пожаров: в таежной зоне вероятность гибели леса от пожаров в зоне 0-4 км от дороги в 2 раза выше, чем на более дальнем расстоянии [4]. А на малоосвоенных террито-

риях Северного Предуралья, где отсутствуют дороги, подобная связь обнаружена со сплавными реками, играющими роль транспортных магистралей.

В лесах особо охраняемых природных территорий (ООПТ) пожаров происходит значительно меньше, благодаря строгой охране территории и абсолютному невмешательству в ход естественных процессов. Тем не менее, помимо природных пожаров, возникающих из-за сухих гроз, антропогенные пожары на ООПТ случаются из-за неосторожного обращения с огнем на сопредельных территориях. Подобные пожары, в отличие от природных, могут отличаться значительными масштабами [1]. Экстремально засушливые годы, высокая горимость отдельных участков леса (особенно с преобладанием хвойных лесов) способствуют распространению пожаров, а отсутствие действующих дорог на ООПТ затрудняет его тушение. За последние 65 лет наиболее масштабная засуха зафиксирована в 2010 году [10], и она привела к массовым пожарам, в том числе и на ООПТ (Мордовский, Керженский и др. заповедники). Признавая высокую природоохранную и научную ценность старовозрастных лесов, мы считаем, что охрана лесов ООПТ от пожаров – первоочередная задача. При этом качественная охрана должна использовать карты растительных горючих материалов [12] и современные модели прогнозирования поведения пожаров в лесу [20, 26].

В случае, если на ООПТ произошел пожар, то перед исследователями появляется возможность изучить особенности естественного возобновления и заложить основы дальнейшего мониторинга за всеми компонентами экосистем. Важное значение приобретают данные о санитарном состоянии древесного яруса, поврежденного в результате пожара и выявление сохранившихся участков, которые не были повреждены пожаром. В англоязычной литературе такие участки называются «residual patches», и к ним относятся участки, которые полностью или частично избежали огня [21, 22]. Эти участки обладают уникальными экологическими свойствами и могут служить источниками обсеменения гари, а также в качестве убежищ для видов, чувствительных к пожарам. В последующие годы эти участки способствуют усложнению структурной организации лесных экосистем.

Цель работы заключалась в оценке состояния лесных насаждений разного состава, поврежденных

пожаром в 2010 году, спустя 5 лет. На начальном этапе пирогенной сукцессии крайне важна оценка состояния и типизация лесов с учетом степени повреждения. Результаты этой работы позволят в первом приближении оценить степень повреждения растительного покрова этого участка, а также выявить участки, которые меньше всего были повреждены огнем.

Материалы и методы. Исследования проведены в заповеднике «Денежкин Камень», расположенном на севере Свердловской области, в южной части Северного Урала. Заповедник был образован в 1946 г. на территории 121 800 га. В 1951 г. площадь была сокращена до 35 349 га, однако в 1959 г. увеличена до 146 719 га, но в 1961 г. заповедник был ликвидирован. В 1991 г. он был вновь образован на территории 78 192 га в пределах Свердловской области. В настоящее время общая площадь заповедника составляет 80 135 га.

Климат территории континентальный с длительной холодной зимой и непродолжительным теплым летом. Уральские горы, несмотря на небольшую их высоту, оказывают значительное влияние на климатические условия заповедника. Среднемесячные температуры января $-20,3$ °С, июля $+12,0$ °С. Преобладают западные и северо-западные ветры. Осадков на восточных склонах гор выпадает меньше, чем на западных. Годовое количество осадков у подножия гор выпадает до 650 мм, в горах – до 900 мм и более. Снежный покров держится 6-7 месяцев, толщина его у подножий гор достигает 130 см. Лето – короткое, умеренно-теплое. Продолжительность периодов с постоянной среднесуточной температурой воздуха выше 0 °С – около 190 дней, $+5$ °С – около 110 дней, $+10$ °С – около 80 дней, при этом ни один из летних месяцев не гарантирован от заморозков, при этом в горах климат еще более суровый [2, 7]. Таким образом, климатические характеристики заповедника способствуют возникновению только летнего максимума пожарной опасности по погодным условиям, весенний и осенний максимумы чаще всего отсутствуют.

Состав растительности заповедника неоднороден и обусловлен сложными орографическими условиями и прошлыми антропогенными воздействиями. В горах заповедника хорошо видна вертикальная поясность: с постепенным увеличением высоты встречаются все более разреженные леса, которые постепенно

сменяются криволесьем, фрагментами горных лугов и горных тундр, участками каменных россыпей – курумниками. Вершины покрыты сплошными гольцами. По геоботаническому районированию территория отнесена к Восточноуральско-Западносибирской подпровинции Урало-Западносибирской таежной провинции Евразийской таежной (хвойно-лесной) области [11], по региональной схеме лесорастительного районирования – к северотаежной подзоне Уральской горно-лесной области [5]. Наиболее предрасположены к пожарам однородные хвойные леса с преобладанием сосны и кедра, с обедненным видовым составом, упрощенной вертикальной и горизонтальной сомкнутостью, не сформированными микросайтами (микростообитаниями).

Летом 2010 года над европейской территорией России установился экстремальный блокирующий антициклонический режим. В результате лето было рекордным по погодно-климатическим характеристикам: аномально высокая температура в сочетании с низкой влажностью в атмосфере привела к формированию обширной засухи и как следствие – к пожарам [10]. В 2010 году на территории заповедника произошел пожар площадью более 4 000 га, полностью охвативший окрестности гор Чурук, Журавлёв Камень, территорию по левому берегу р. Шарп и правому берегу р. Шегультан. Под пожарищем мы понимаем всю площадь, пройденную огнем, со следами горения на деревьях и почве. Подобные пожарища представляют собой ценный научный объект для мониторинга и оценки горимости различных лесных сообществ.

Допожарная карта растительности (по состоянию на 2009 г.) составлена по данным лесоустройства с визуальной экспертной проверкой тестовых участков и спутниковым снимкам Landsat Lt51650182009239kis01 и Lt51660182009230kis01 (на облачные участки предыдущего снимка). Классификация проводилась в среде Scanex NERIS методом нейронных сетей. Этот метод получил широкое распространение для анализа данных ДЗЗ, поскольку имеет такое преимущество перед традиционными статистическими методами, как возможность обучения нейронной сети, благодаря чему выявляются сложные зависимости между входными и выходными данными. Таким образом, сеть может вернуть верный результат на основании данных, отсутствовавших в обучающей выборке, а также неполных и/или

частично искажённых данных [13, 19]. На начальном этапе классификации на основе экспертных знаний, в отдельных случаях подкрепленных данными полевых описаний, средствами программы ERDAS Imagine строились спектральные профили для каждого класса растительного покрова. С помощью спектрального профиля определялся вес каждого канала в предстоящей классификации. Так, наиболее заметные различия между растительным покровом и минеральной поверхностью отмечались во всех каналах, за исключением 4 (ближнего инфракрасного), а различные типы растительного покрова, в свою очередь, хорошо дифференцировались по 4 (ближнему инфракрасному) и 5 (среднему инфракрасному) каналам.

Перед собственно классификацией была проведена оценка разделимости классов для тестовых участков. Разделимость – это статистическая мера расстояния между двумя сигнатурами классов, и она может быть рассчитана для любой комбинации диапазонов, которые используются в классификации, что позволяет исключить диапазоны, которые не являются значимыми, а также тестовые участки, недостаточно хорошо представляющие данный класс [24]. Для оценки разделимости нами была рассчитана трансформированная дивергенция. Эта статистика дает экспоненциально убывающий вес увеличивающемуся расстоянию между классами. Значения трансформированной дивергенции могут колебаться от 0 до 2. Если результат больше 1,9, то классы хорошо разделимы. При значении 1.7-1.9 разделимость является достаточно хорошей. При трансформированной дивергенции ниже 1.7 разделимость классов считается недостаточной. Расчеты показали, что хуже всего разделяются между собой смешанные насаждения с преобладанием хвойных и все классы хвойных насаждений. Минимальное значение разделимости оказалось равным 1.2 (т.е. неудовлетворительное), и поэтому было принято решение задействовать для реконструкции допожарной растительности спутниковую съемку Landsat 1988 г. (LT51660181988173KIS00) и материалы лесоустройства. В качестве тестовых участков для составления карты использовались выбранные из базы данных лесоустройства выделы, в составе которых доля главной породы была не меньше 9 баллов (для однопородных насаждений), доля всех пород не менее 3 (для смешанных), а также участки вырубков. Оценка точности клас-

сификации с материалами лесоустройства в качестве контрольных участков показала достаточно высокую точность (общая точность – 73,26 %, статистика кап-па = 0,6801). Натурную же оценку точности произвести невозможно, т.к. участок уничтожен пожаром, но поскольку алгоритм нейронных сетей показал удовлетворительную точность на снимке 1988 г. [3], мы принимаем, что надежность итоговой карты для нас достаточна.

В результате было выделено 8 классов растительности: голыцы и курумники, лиственные насаждения, светлохвойные насаждения, смешанные с преобладанием лиственных, смешанные с преобладанием светлохвойных, смешанные с преобладанием темнохвойных, темнохвойные и старые гари.

Анализ поврежденности растительного покрова в результате пожара 2010 года проводили в несколько этапов. На первом этапе по снимку Pleiades за 20.09.2013 г., RapidEye 31 мая 2013 года, а также по снимкам Landsat, была выявлена территория, пройденная пожаром в 2010 г. и сделан общий контур гари. На втором этапе по снимкам низкого и среднего разрешения (данные со спутников Terra, Aqua, камера MODIS, разрешение снимка 250 м и Landsat 5 камера TM, Landsat 7, камера ETM+, разрешение снимков 30 м) выявлены места возникновения пожара, смоделированы развитие пожара и его интенсивность (на уровне верховой пожар/низовой пожар), на выгоревшей территории выделены участки, различные по степени повреждения (сильно поврежденные верховым пожаром, среднеинтенсивным низовым пожаром, слабым низовым пожаром, возможно неповрежденные). На третьем этапе работы выполнена более детальная классификация выгоревшего участка по снимку Pleiades высокого разрешения (2,5 м) за 13.09.2013 г.

Состояние лесной растительности было исследовано с помощью двух методов: (1) на маршрутных профилях; (2) на постоянных пробных площадях, заложенных для мониторинга состояния древесной синузии. Маршрутные профили (трансекты) закладывали при обследовании крупных участков пожарищ, горельников и гарей. Предварительно маршруты были намечены на космоснимке. Одновременно описывали пирогенную характеристику объектов вдоль профиля. Если трансекта пересекала несколько выделов (участков с разной степенью поврежденности), то каждому из выделов (участков) давалась отдельная характеристика.

На пробных площадях описывали сохранившийся древостой, подрост и подлесок с указанием следов горения. Вид пожара определяли по характеру повреждения древостоя. После верховых пожаров деревья имеют обгоревшие кроны. При почвенных (особенно торфяных) пожарах происходит вывал древостоя. При низовых беглых пожарах сгорают травяная ветошь, опад, верхний слой мха и/или лишайников, мелкий валежник, самосев, травы, но подстилка почти не горит. Низовые устойчивые пожары сопровождаются достаточно активным горением подстилки, ее толщина уменьшается, а следы тления сохраняются достаточно долго.

Сила (интенсивность пожара) определяется средней высотой пламени на кромке пожара [8]: до 0,5 м – слабый пожар; 0,5-1,5 м – пожар средней силы; более 1,5 м – сильный пожар. В работе М.А. Софронова и А.В. Волокитиной (2007) поврежденность древостоя пожаром в целом предлагается оценивать долей отпада (%) по количеству деревьев или по запасу. В нашей работе для определения класса поврежденности древостоя мы использовали только число деревьев, а не запас.

Результаты и обсуждение. На предварительном этапе была составлена карта растительности по состоянию на 2009 г. по данным лесоустройства и космической съемки двух временных срезов: 1988 и 2009. В результате были выделены 6 классов наземной растительности. Карта растительности участка гари по состоянию на 2009 г. показана на рис. 1.

Реконструкция допожарной растительности показала, что исследуемый участок, поврежденный пожаром в 2010 году, был неоднороден по растительности за счет рельефа и прошлых антропогенных нарушений. Детальные исследования истории природопользования на этой территории не проводили, но можно предположить, что доминирование смешанных лесов (62,5 %) обусловлено прошлыми рубками и пожарами. Вместе с лиственными лесами они занимают 69,0 %. Значительно меньшую площадь занимают темнохвойные и светлохвойные леса.

По спутниковому снимку (рис. 2, А), сделанному спустя 3 года, видно, что от пожара, в той или иной степени, пострадала растительность на всем участке особенно при сравнении с соседними территориями. На снимке отчетливо видны старые вырубki в северной части участка.

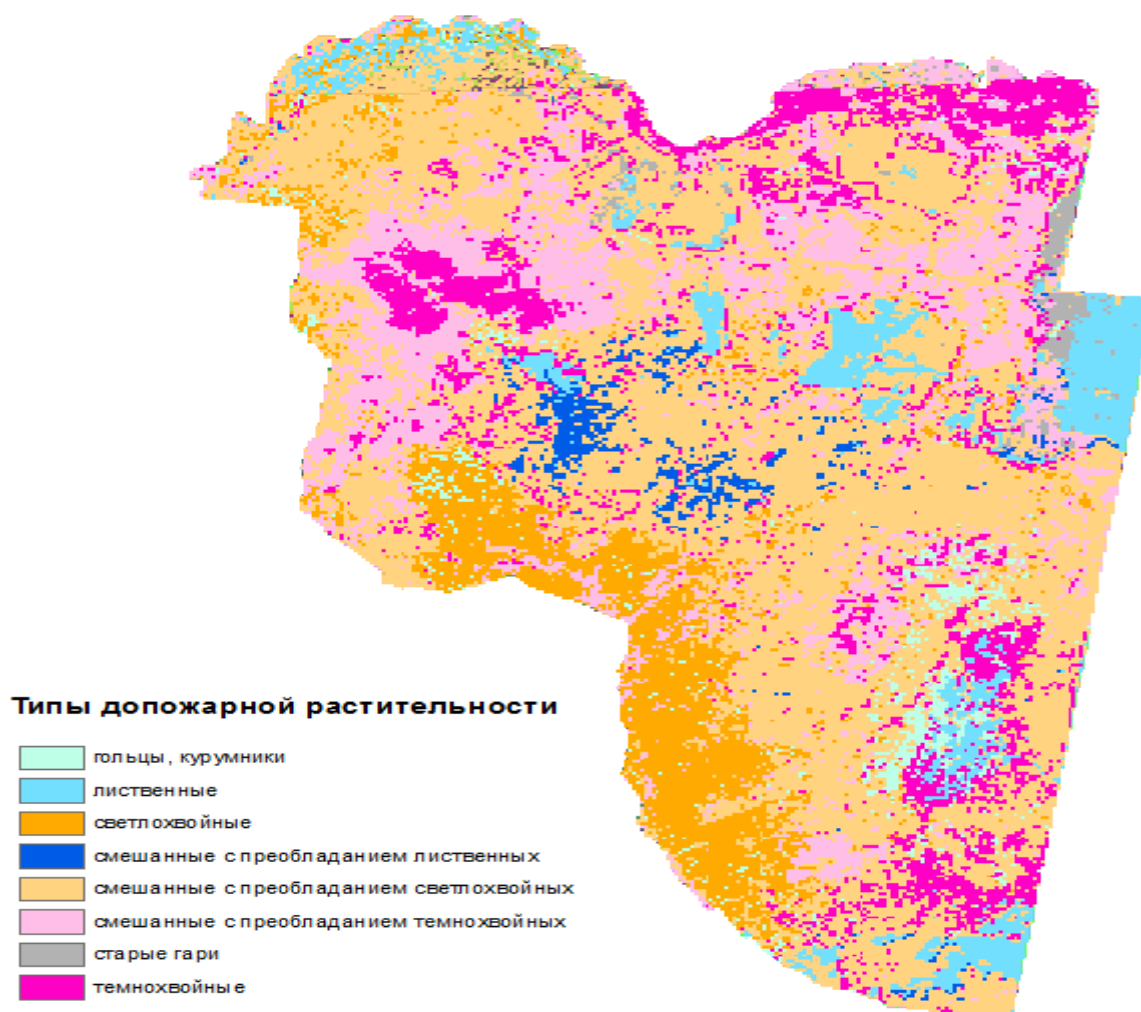


Рис. 1. Допожарная растительность участка заповедника «Денежкин Камень», поврежденная в результате пожара 2010 года, по состоянию на 2009 год

Таблица 1

Распределение лесов по площадям

типы формаций	площадь, га	доля от общей площади, %
голыцы, курумники	134,908	2,9
лиственные	285,928	6,1
светлохвойные	507,598	10,9
смешанные с преобладанием лиственных	113,398	2,4
смешанные с преобладанием светлохвойных	2185,108	46,9
смешанные с преобладанием темнохвойных	787,408	16,9
старые гари	72,358	1,6
темнохвойные	569,788	12,2
Общий итог	4656,494	100,0

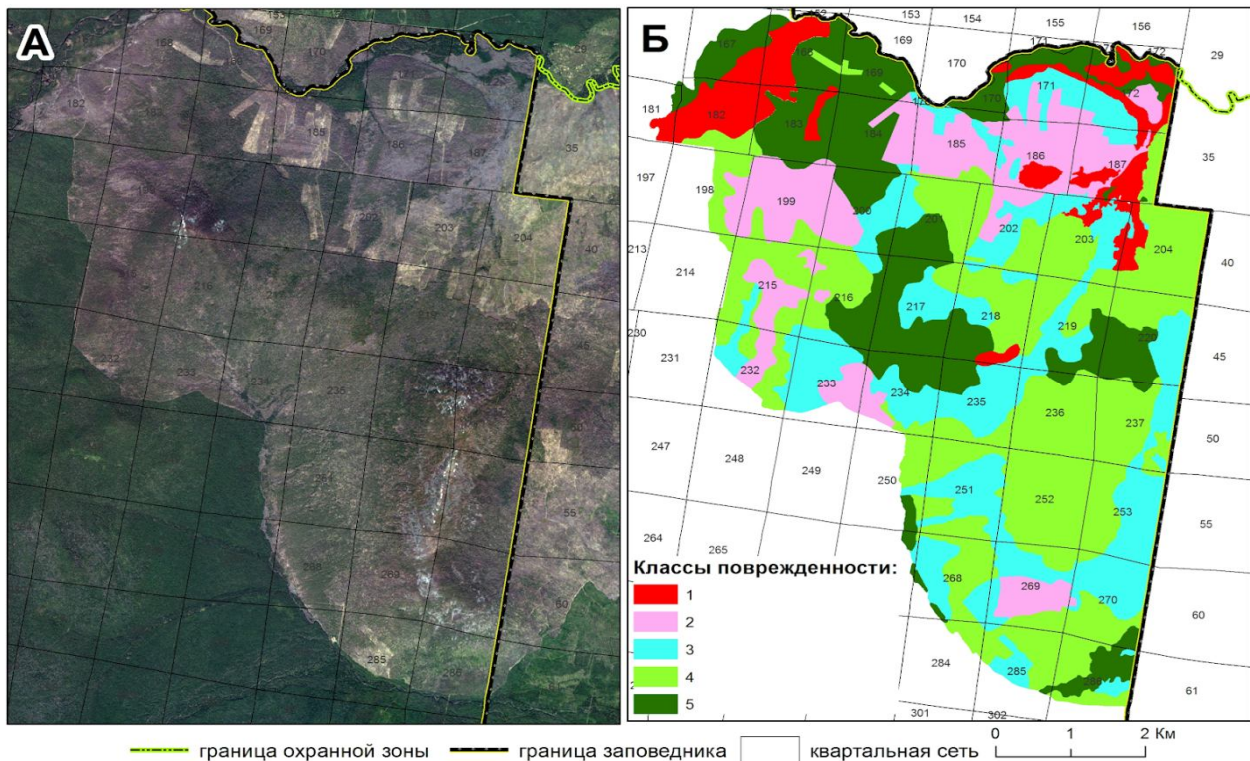


Рис. 2. Пожарище 2010 года. А – на снимке RapidEye 31 мая 2013 года. Отчетливо видны старые вырубки, каменистые россыпи (гольцы) и лесные сообщества с разным составом и сомкнутостью древостоя. Б – карта сообществ разной степени поврежденности

Сравнивая этот снимок с картой допожарной растительности (рис. 1), можно предположить, что все леса на участке пострадали в равной степени. Однако маршрутные исследования и работа на пробных площадях показали, что наиболее сильно пострадали темнохвойные леса и смешанные леса на старых вырубках. Мелколиственные леса были повреждены меньше всего. В результате проведенных исследований, сообщества были разделены на 5 классов по степени поврежденности.

Класс 1 – сообщества, в которых древостой полностью погиб и в течение первых 5 лет вывалился. Крайне редко встречаются одиночные сухостойные деревья. Абсолютная полнота сохранившихся деревьев < 0,1. Второй ярус, подрост, подлесок полностью погибли. Допожарный травяной и моховой покровы уничтожены. Спустя 5 лет после пожара сформировались травяные сообщества с абсолютным доминированием *Chamaenerion angustifolium* L.

На большей части этих участков древостой полностью погиб в результате верховых и низовых пожаров сильной интенсивности. Значительная часть

деревьев повалена и начала разлагаться. Некоторая часть деревьев осталась в виде сухостоя (полнота менее 0,2). Единично встречаются живые, но усыхающие лиственницы, березы, сосны (полнота менее 0,2), которые в ближайшие годы либо усохнут, либо вывалятся. Подрост уничтожен полностью, в настоящее время возобновления затруднено, редко встречается подрост березы *Betula* spp., ивы козьей *Salix caprea* L. и очень редко кедра *Pinus sibirica* DuRoi. Подрост ели сибирской *Picea obovata* Ledeb. и пихты *Abies sibirica* Ledeb. на 4 год пожара отсутствовал. В травяном покрове преобладает кипрей узколистный *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. (обилие 4-5), *Rubus idaeus* L. (0,5-1), *Carex cespitosa* L. (0,5-1), *Equisetum sylvaticum* L. (0,5-1), *Gymnocarpium dryopteris* (L. Newm) (0,5-1). Общее проективное покрытие мохового покрова достигает 20 %, среди мхов доминирует *Peltigera* (2-3) sp., *Polytrichum commune* Hedw. (0,5-1). Общая площадь сообществ этого класса повреждений составляет 358 га.

Класс 2 – сообщества, в которых древостой погиб, но не вывалился, а остался стоять в виде сухостоя.

Также, как и в сообществах предыдущего типа, крайне редко отмечены единичные живые деревья сосны, лиственницы и березы. Дожарные подрост, подлесок, травяной и моховой покровы погибли полностью. В настоящее время доминируют сообщества с *Chamaenerion angustifolium* L.

Насаждения этого класса очень близки по своим характеристикам к насаждениям предыдущего класса: древостой и подрост полностью погибли в результате сильных низовых пожаров. В настоящее время, единично встречаются живые, но усыхающие деревья *Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb. и *Betula* spp. Полнота живых деревьев не превышает 0,2. Состав травяного покрова также очень сходен с составом травяного покрова сообществ предыдущего класса повреждения: после пожара абсолютное доминирование принадлежит кипрею узколистному *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. (обилие – 4-5), остальные виды травяного покрова с очень низким обилием встречаются внутри его полога: *Rubus idaeus* L. (0,5-1), *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth (0,5-1), *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm. (0,5-1), *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt (0,5-1), *Rosa acicularis* Lindl. (0,5-1), *Vaccinium vitis-idaea* L. (0,5-1). В моховом покрове при общем проективном покрытии 20 % доминирует *Peltigera* sp. (1-2) и *Polytrichum commune* Hedw. (0,5-1).

К этому же классу отнесены сообщества некоторых вырубок, на которых до пожара успели возобновиться деревья хвойных видов, однако, в результате пожара эти молодые деревья полностью погибли. В травяном покрове – абсолютный доминант кипрей узколистный *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. (обилие – 4-5), в подросте начинают возобновляться *Betula* spp и *Salix caprea* L. Общая площадь сообществ этого класса составляет около 658 га.

Класс 3 – сообщества с сильной степенью повреждения. Это участки, поврежденные сильным низовым пожаром. Древостой погиб только частично: полнота живых деревьев – более 0,2, но менее 0,5. Большая часть подроста, подлеска, травяного и мохового покровов погибли, но очень редко могут встречаться небольшие фрагменты дожарного травяного покрова с единичным подростом.

В древостоях сообществ этого класса, значительная часть деревьев темнохвойных и лиственных

видов погибла, однако помимо них живыми, но сильно ослабленными остались деревья *Pinus sylvestris* L. и *Larix sibirica* Ledeb., которые, благодаря своей толстой коре, могут переживать пожары. Высота нагара на деревьях достигает 1,5-2 м. Подрост, состоящий, в основном, из деревьев темнохвойных видов (*Picea obovata* Ledeb., *Pinus sibirica* DuTour, *Abies sibirica* Ledeb.) уничтожен полностью. В настоящее время успешное возобновление отмечено только для деревьев *Betula* spp. и *Salix caprea* L.

В травяном покрове, также как и в сообществах двух предыдущих классов, абсолютное доминирование принадлежит *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. (обилие – 4-5). Остальные виды травяного покрова встречаются в его пологе: *Rubus idaeus* L. (1), *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth (0,5), *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm. (0,5), *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt (0,5), *Rosa acicularis* Lindl. (0,5), *Vaccinium vitis-idaea* L. (0,5). В моховом покрове при общем проективном покрытии 20 % доминирует *Peltigera* sp. (2) и *Polytrichum commune* Hedw. (0,5-1). Площадь сообществ этого класса повреждения составляет около 1017 га.

Класс 4 – сообщества со средним уровнем повреждений, пройденные сильным низовым пожаром. Большая часть древостоя – живая, но высока доля ослабленных и сильно ослабленных деревьев, которые со временем, скорее всего, усохнут. Большинство подроста и подлеска погибли. Встречаются куртины сохранившегося дожарного травяного покрова. Это наиболее мозаичные сообщества, в которых могут встречаться участки и 3, и 5 классов повреждения. Такая степень повреждения отмечена в большинстве сосновых чернично-брусничных лесов, которые до этого уже были многократно пройдены низовыми пожарами, о чем свидетельствуют многочисленные пожарные подсушины на стволах.

В древостое, помимо генеративных деревьев *Pinus sylvestris* L., встречаются генеративные деревья *Larix sibirica* Ledeb. и *Betula* spp. Однако практически все деревья – ослаблены и сильно ослаблены (II и III категория санитарного состояния), поэтому в ближайшие годы, вероятно, следует ожидать дальнейшего ухудшения их состояния. Деревья остальных видов полностью погибли. Большая часть подроста темнохвойных видов погибла. В настоящее время наиболее

успешно возобновляются деревья *Betula* spp и *Salix caprea* L.

Большая часть травяного покрова сгорела, но не полностью, кое-где сохранились парцеллы допожарного покрова. Общее проективное покрытие яруса С колеблется от 60 до 80 %, яруса D – от 10 до 20 %. Общая площадь сообществ этого класса составляет около 1642 га.

Класс 5 – сообщества, древостой, подрост и напочвенный покров в которых, не были затронуты пожаром или затронуты слабым низовым. Допожарный древостой практически не поврежден, в нижней части стволов некоторых деревьев могут встречаться слабые следы нагара, никак не влияющие на его жизнеспособность. Тем не менее, на некоторых участках возможно снижение плотности подроста и подлеска, которые не выдерживают даже самый слабый низовой пожар. Травяной и моховой покровы сохранены в допожарном состоянии.

В соответствии с лесоводственными нормативами [16], сообщества первых двух классов относятся к гарям – погибшие во время пожара леса. Сообщества остальных трех классов – горельники – участки, где лесные насаждения только частично погибли в результате пожара, при этом полнота живых деревьев больше 0,2.

Древостой этих участков самый разнообразный: от осинников до сосняков разного возраста, сомкнутости и состава либо без следов горения, либо со слабы-

ми следами, оставленными низовым пожаром. В подросе, в зависимости от состава верхнего полога, эко-топа и предшествующих воздействий отмечены деревья основных лесообразующих видов. Ненарушенный травяной покров состоит из большого числа видов, однако в нем присутствует и пирофильный вид – *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop, который в отличие от предыдущих классов сообществ перестает доминировать. Общая площадь таких участков составляет около 929 га.

Нами в среде Arcgis 10.4 был проведен анализ участия классов повреждения по типам формаций (табл. 2) и определен индекс соотношения классов с сильной степенью повреждения (1, 2 и 3 классы) с классами со слабой степенью (4 и 5 классы) (рис. 3).

Таким образом, наименее поврежденными оказались древостои лиственные (индекс поврежденности - 0,18) и смешанные с преобладанием лиственных (0,23), а также старые гары (по сути дела, это участки, также заросшие молодым лиственным лесом) и гольцы и курумники. Наиболее повреждены оказались чистые светло- и темнохвойные древостои (1,12; 1,19) и смешанные древостои с преобладанием темнохвойных (1,41). Однако надо отметить, что поврежденность пожаром по участку весьма неоднородна и зависит не только от состава древостоя, но и от, по видимости, гидрологии (например, остались почти неповрежденные куртинки по речкам – притокам Шегультана).

Таблица 2

Распределение формаций по классам повреждений (площадь, га / %)

тип формации/класс повреждения	1		2		3		4		5		всего	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
гольцы, курумники	9,2	6,8	10,0	7,4	27,3	20,1	80,7	59,3	8,7	6,4	135,9	100
лиственные	5,4	1,9	16,4	5,7	22,5	7,9	201,0	70,3	40,7	14,2	286,0	100
светлохвойные	22,9	4,5	44,4	8,8	208,4	41,1	191,2	37,6	40,5	8,0	507,4	100
смешанные с преобладанием лиственных	5,3	4,6	5,0	4,3	11,1	9,7	28,0	24,4	65,4	57,0	114,8	100
смешанные с преобладанием светлохвойных	150,0	6,9	271,6	12,4	554,0	25,4	748,1	34,3	458,4	21,0	2182,1	100
смешанные с преобладанием темнохвойных	90,0	11,4	205,6	26,1	165,0	21,0	203,7	25,9	122,7	15,6	787,0	100
старые гары	6,0	8,2	13,5	18,4	5,3	7,2	42,3	57,6	6,4	8,7	73,5	100
темнохвойные	56,5	9,9	129,7	22,8	114,6	20,1	177,3	31,1	91,7	16,1	569,8	100
Общий итог	345,2	7,4	696,2	15,0	1108,1	23,8	1672,4	35,9	834,5	17,9	4656,4	100

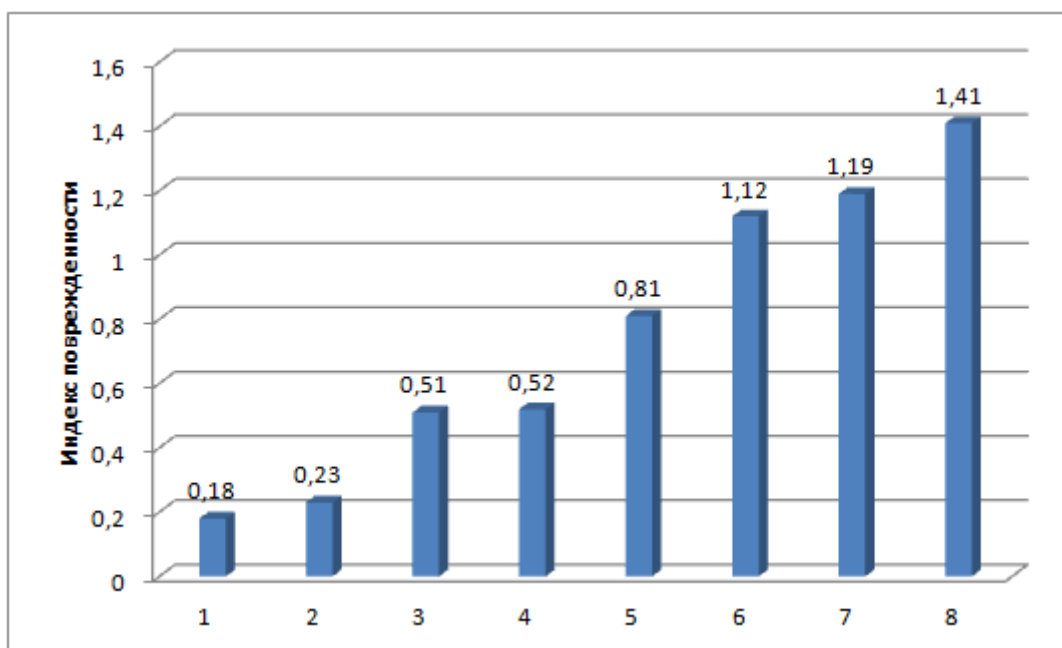


Рис. 3. Соотношение классов повреждений по типам формаций:

1 – лиственные; 2 – смешанные с преобладанием лиственных; 3 – старые гари; 4 – гольцы, курумники; 5 – смешанные с преобладанием светлохвойных; 6 – темнохвойные; 7 – светлохвойные; 8 – смешанные с преобладанием темнохвойных

Выводы

В 2010 году в заповеднике «Денежкин Камень» произошел пожар, которым было повреждено более 4 тыс. га. Причина пожара не установлена, но, поскольку рядом с пожарищем проходит дорога общего пользования, активно посещаемая населением, и на территории заповедника сохранились старые лесовозные дороги, можно предположить, что причина пожара – антропогенная.

Детальное обследование участка подтвердило значительную гетерогенность растительности, обусловленную особыми орографическими, гидрологическими условиями (гольцы, болота) и предшествующим природопользованием (вырубки, пожары). В результате маршрутных обследований и закладки пробных площадей была проведена типизация сообществ по степени повреждения. Если на предварительном этапе было выделено 10 классов, то после натурного обследования наземные экосистемы участка были разделены на 5 классов в зависимости от сохранности древостоя, подроста и напочвенного покрова. Гари с полностью погибшим древостоем, подростом и напочвенным покровом в 2015 году занимали 20 % от всей площади пожарища, 80 % – сообщества с живым, но час-

точно поврежденным древостоем.

Степень повреждения и современное состояние лесных сообществ напрямую зависит от допожарного состава растительности: во всех сообществах в результате пожара погибли темнохвойные виды деревьев (кедр, ель, пихта), которые на одних участках доминировали в составе древостоя, а на других – встречались в виде примеси. Кроме того, на большей части исследованных сообществ напочвенный покров сильно поврежден. В настоящее время на большей части территории доминируют сообщества с кипреем узколиственным, который может господствовать до 15 лет, сдерживая естественное возобновление деревьев. На четвертый год после пожара подрост темнохвойных видов еще полностью отсутствовал, единично встречались ювенильные растения кедра сибирского, но в то же время отмечен обильный подрост березы и ивы козьей.

Как уже было отмечено, допожарная растительность была представлена мозаикой сукцессионных сообществ, находящихся на разных стадиях восстановления. Практически во всех сообществах в подросте были темнохвойные виды, которые постепенно должны были сформировать естественные

темнохвойные леса. Однако, уничтожение этого подраста привело к очередному нарушению естественного хода аутогенной сукцессии, пожар в очередной раз «вернул» сообщества (особенно с доминированием сосны) на «исходную» позицию, подтвердив их аллогенное развитие.

В работе был применен метод реконструкции допожарной растительности по космическим снимкам двух временных срезов (1988 и 2009), что позволило

существенно уточнить состав древостоев и определить закономерности в степени повреждения пожаром и в восстановлении послепожарных сообществ. Благодаря открытию всего архива данных спутниковой съемки Landsat, такая методика становится очень важным дополнением к архивным материалам лесоустройства и полевых обследований, а зачастую снимки являются и единственным источником информации о лесных экосистемах за прошедшие 40 лет.

Библиографический список

1. История пожаров в темнохвойных лесах Печоро-Ильчского заповедника со второй половины XIX века по настоящее время [Текст] / А. А. Алейников, А. В. Тюрин, Л. В. Симакин, А. С. Ефименко, А. А. Лазников // Сибирский лесной журнал. – 2015. – № 6. – С. 31-42.
2. Виноградов, В. В. Государственный заповедник «Денежкин Камень» [Текст] / В. В. Виноградов, И. В. Семечкин // Труды государственного заповедника «Денежкин Камень». – Свердловск, 1959. – Вып. 1. – С. 5-21.
3. Владимирова, Н. А. Методика реконструкции допожарной растительности участка ГПЗ «Денежкин Камень», поврежденного пожаром 2010 г., по данным космической съемки LANDSAT [Текст] / Н. А. Владимирова, А. А. Алейников // Научные основы устойчивого управления лесами: материалы Всерос. науч. конф. – М. : ЦЭПЛ РАН, 2014. – С. 95-96.
4. Влияние дорог и рубок на гибель лесов от пожаров на юге Дальнего Востока [Текст] / Н. Владимирова, А. Крылов, Б. Милаковский, А. Пуреховский // Устойчивое лесопользование. – 2017. – № 2 (50). – С. 5-9.
5. Колесников, Б. П. Леса Свердловской области [Текст] / Б. П. Колесников // Леса СССР. – Т. 4. – М. : Наука, 1969. – С. 64-124.
6. Кулешова, Л. В. Пожары в заповедниках Российской Федерации: многолетняя динамика и географические особенности [Текст] / Л. В. Кулешова, В. Н. Коротков // Антропогенные воздействия на природные комплексы заповедников. – Т. 9. Проблемы заповедного дела; Комиссия РАН по заповедному делу. – М., 1998. – С. 4-37.
7. Куликов, П. В. Сосудистые растения заповедника «Денежкин Камень» (Аннотированный список видов) [Текст] / П. В. Куликов, О. Ф. Кирсанова. – М., 2012. – 139 с.
8. Курбатский, Н. П. Проблема лесных пожаров [Текст] // Возникновение лесных пожаров / под ред. Н. П. Курбатского. – М. : Наука, 1964. – С. 5-60.
9. Мониторинг сообщества на горячих и управление пожарами в заповедниках [Текст] / отв. ред. Л. В. Кулешова. – М. : ВНИИприроды, 2002. – 276 с.
10. Мохов, И. И. Особенности формирования летней жары 2010 г. на европейской территории России в контексте общих изменений климата и его аномалий [Текст] / И. И. Мохов // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 47. – № 6. – С. 1-8.
11. Растительность европейской части СССР [Текст] / под ред. С. А. Грибовой, Т. И. Исаченко, Е. М. Лавренко. – Л. : Наука, 1980. – 429 с.
12. Редькин, А. Ю. Составление карт растительных горючих материалов при лесоустройстве заповедников [Текст] / А. Ю. Редькин, А. В. Волокитина, М. А. Софронов // J. Sib. Fed. Univ. Eng. Technol. – 2009. – Т. 2. – № 4. – С. 368-375.
13. Романов, А. А. Сравнение методов объектно-ориентированной и нейросетевой классификации данных дистанционного зондирования Земли на основе материалов систем Landsat-5 и Orbview-3 [Текст] / А. А. Романов, К. А. Рубанов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9. – № 4. – С. 29-36.
14. Софронов, М. А. Методика обследования и описания лесных участков, пройденных пожарами [Текст] / М. А. Софронов, А. В. Волокитина. – Красноярск : Ин-т леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, 2007. – 71 с.

15. Фуряев, В. В. Исследование роли пожаров в формировании бореальных лесов [Текст] / В. В. Фуряев, С. Д. Самсоненко // Лесоведение. – 2011. – № 3. – С. 73-79.
16. Энциклопедия лесного хозяйства [Текст] : в 2 т. Т. 1. – М. : ВНИИЛМ, 2006. – 424 с.
17. Ahlgren, I. F. Ecological effects of forest fires [Text] / I. F. Ahlgren, C. E. Ahlgren // Bot. Rev. – 1960. – Vol. 26. – No. 4. – P. 483-533.
18. Guyette, R. P. Dynamics of an anthropogenic fire regime [Text] / R. P. Guyette, R. M. Muzika, D. C. Dey // Ecosystems. – 2002. – Vol. 5. – P. 472-486.
19. Imada, A. A Literature Review: Forest Management with Neural Network and Artificial Intelligence / A. Imada // ICNNAI 2014: Neural Networks and Artificial Intelligence. Vol. 440. – Springer, 2014. – P. 9-21.
20. Karafyllidis, I. A model for predicting forest fire spreading using cellular automata [Text] / I. Karafyllidis, A. Thanailakis // Ecol. Modell. – 1997. – Vol. 99. – No. 1. – P. 87-97.
21. Ouarmim, S. Evaluating the persistence of post-fire residual patches in the eastern Canadian boreal mixedwood forest [Text] / S. Ouarmim, A. A. Ali, H. Asselin, C. Hély, Y. Bergeron // Boreas. – 2015. – Vol. 44. – No. 1. – P. 230-239.
22. Perera, A. H. Ecology of Wildfire Residuals in Boreal Forests [Text] / A. H. Perera, L. J. Buse. – New Jersey : Wiley, 2014. – 272 p.
23. Pyne, S. J. World fire : the culture of fire on earth [Text] / S. J. Pyne. – New-York : Henry Holt and Co, 1995. – 379 p.
24. Richards, John A., Jia, Xiuping. Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction. – 4th Edition. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
25. Boreal forests [Text] / O. V. Smirnova [et al.] // European Russian forests. Their current state and features of their history. – Springer Netherlands, 2017. – P. 59-203.
26. Forest fire risk assessment using point process modelling of fire occurrence and Monte Carlo fire simulation / H. Woo, W. Chung, J. M. Graham, B. Lee // Int. J. Wildl. Fire. – 2017. – Vol. 26. – No. 9. – P. 789-805.
27. Zackrisson, O. Influence of Forest Fires on the North Swedish Boreal Forest [Text] / O. Zackrisson // Oikos. – 1977. – Vol. 29. – No. 1. – P. 22-32.

References

1. Aleynikov A.A. et al. *Istoriyapozharov v temnokhvoynykh lesakh Pechoro-Ilychskogo zapovednika so vtoroy poloviny XIX veka po nastoyashcheye vremya* [History of fires in dark coniferous forests of the Pechoro-Ilychsky Reserve from the second half of the XIX century to the present time]. *Sibirskiylesnoy zhurnal* [Siberian Forest Journal], 2015, no. 6, pp. 31-42.
2. Vinogradov V.V., Semechkin I.V. *Gosudarstvennyy zapovednik "Denezhkin Kamen"* [State reserve "DenezhkinKamen"]. *Trudy gosudarstvennogo zapovednika "Denezhkin Kamen"* [Proceedings of the State Reserve "DenezhkinKamen"], Sverdlovsk, 1959, vol. 1, pp. 5-21.
3. Vladimirova N.A., Aleynikov A.A. *Metodika rekonstruktsii dopozharnoy rastitel'nosti uchastka GPZ «Denezhkin Kamen'», povrezhdennogo pozharom 2010 g., po dannym kosmicheskoy "yemki LANDSAT* [Method of reconstruction of pre-fire vegetation of the DenezhkinKamen GPP site, damaged by a fire in 2010, according to the LANDSAT space survey data]. *Nauchnyye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami: materialy Vseros. nauch. konf.* [Scientific foundations of sustainable forest management: materials of the All-Russian Scientific Conference], Moscow, 2014, pp. 95-96.
4. Vladimirova N., Krylov A., Milakovskiy B., Purekhovskiy A. *Vliyaniyedorog i rubok nagibel' lesov ot pozharov na yuge Dal'nego Vostoka* [Influence of roads and felling on forest deaths from fires in the south of the Far East]. *Ustoychivoye lesopol'zovaniye* [Sustainable forest management], 2017, no. 2 (50), pp. 5-9.
5. Kolesnikov B.P. *Lesy Sverdlovskoy oblasti* [Forests of the Sverdlovsk Region]. *Lesy SSSR* [Forests of the USSR], Moscow, 1969, vol. 4, pp. 64-124.
6. Kuleshova L.V., Korotkov V.N. *Pozhary v zapovednikakh Rossiyskoy Federatsii: mnogoletnyaya dinamika i geograficheskiye osobennosti* [Fires in the reserves of the Russian Federation: long-term dynamics and geographical features].

Antropogennyye vozdeystviya na prirodnyye komplekсы zapovednikov. Problemy zapovednogo dela [Anthropogenic impacts on natural complexes of reserves. - T. 9 Problems of the reserved business], 1998, vol. 9, pp. 4-37.

7. Kulikov P.V., Kirsanova O.F. *Sosudistyie rasteniya zapovednika «Denezhkin Kamen'» (Annotirovannyi spisok vidov)* [Vascular plants of the reserve "Denezhkin Kamen" (Annotated list of species)], Moscow, 2012, 139 p.

8. Kurbatskiy N.P. *Problema lesnykh pozharov* [The problem of forest fires]. *Vozniknoveniye lesnykh pozharov* [The emergence of forest fires], Moscow, 1964, pp. 5-60.

9. *Monitoring soobshchestva na garyakh i upravleniye pozhamami v zapovednikakh* [Monitoring the community on fire and management of fires in the reserves], Moscow, 2002, 276 p.

10. Mokhov I.I. *Osobennosti formirovaniya letney zhary 2010 g. na yevropeyskoy territorii Rossii v kontekste obshchikh izmeneniy klimata i yego anomaliy* [Features of the formation of the summer heat in 2010 on the European territory of Russia in the context of general climate changes and its anomalies]. *Izvestiya RAN. Fizika atmosfery i okeana* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Physics of the atmosphere and ocean], 2011, vol. 47, no. 6, pp. 1-8.

11. *Rastitel'nost' yevropeyskoy chasti SSSR* [Vegetation of the European part of the USSR], Leningrad: Science Publ., 1980, 429 p.

12. Red'kin A.YU., Volokitina A.V., Sofronov M.A. *Sostavleniye kart rastitel'nykh goryuchikh materialov pri lesoustroystve zapovednikov* [Drawing up of maps of plant combustible materials during forest management of reserves]. *J. Sib. Fed. Univ. Eng. Technol* [Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies], 2009, vol. 2, no. 4, pp. 368-375.

13. Romanov A.A., Rubanov K.A. *Sravneniye metodov ob'yektno-orientirovannoy i neyrosetevoy klassifikatsii dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli na osnove materialov sistem Landsat-5 i Orbview-3* [Comparison of methods of object-oriented and neural network classification of Earth remote sensing data on the basis of the materials of Landsat-5 and Orbview-3 systems]. *Sovremennyye problem distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern problems of remote sensing of the Earth from space], 2012, vol. 9, no. 4, pp. 29-36.

14. Sofronov M.A., Volokitina A.V. *Metodika obsledovaniya i opisaniya lesnykh uchastkov, proydennykh pozhamami* [Methodology of inspection and description of forest areas passed by fires], Krasnoyarsk: Institutlesaim. V.N. Sukachova SO RAN, 2007, 71 p.

15. Furyayev V.V., Samsonenko S.D. *Issledovaniye roli pozharov v formirovaniy boreal'nykh lesov* [Investigation of the role of fires in the formation of boreal forests]. *Lesovedeniye* [Forest Science], 2011, no. 3, pp. 73-79.

16. *Entsiklopediya lesnogo khozyaystva* [Encyclopedia of forestry] : Moscow, 2006, Vol. 1., 424 p.

17. Ahlgren I.F., Ahlgren C.E. Ecological effects of forest fires. *Bot. Rev.*, 1960, vol. 26, no. 4, pp. 483-533.

18. Guyette R.P., Muzika R.M., Dey D.C. Dynamics of an anthropogenic fire regime. *Ecosystems*, 2002, vol. 5, pp. 472-486.

19. Imada A. A Literature Review: Forest Management with Neural Network and Artificial Intelligence. *ICNNAI 2014: Neural Networks and Artificial Intelligence*, vol. 440, Springer, 2014, pp. 9-21.

20. Karafyllidis I., Thanailakis A. A model for predicting forest fire spreading using cellular automata. *Ecol. Modell.*, 1997, vol. 99, no. 1, pp. 87-97.

21. Ouarmim S., Ali A.A., Asselin H., Hély C., Bergeron Y. Evaluating the persistence of post-fire residual patches in the eastern Canadian boreal mixedwood forest. *Boreas.*, 2015, vol. 44, no. 1, pp. 230-239.

22. Perera A.H., Buse L.J. *Ecology of Wildfire Residuals in Boreal Forests*. New Jersey: Wiley, 2014, 272 p.

23. Pyne S.J. *World fire : the culture of fire on earth*. New-York: Henry Holt and Co, 1995, 379 p.

24. Richards, John A., Jia, Xiuping. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*. 4th Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.

25. Smirnova O.V. et al. *Boreal forests. European Russian forests. Their current state and features of their history.* – Springer Netherlands, 2017, pp. 59-203. doi: 10.1007/978-94-024-1172-3.

26. Woo, H. Chung, J.M., Graham, B. Lee Forest fire risk assessment using point process modelling of fire occurrence and Monte Carlo fire simulation. *Int. J. Wildl. Fire*, 2017, Vol. 26, no 9, pp. 789-805.

27. Zackrisson, O. Influence of Forest Fires on the North Swedish Boreal Forest. *Oikos*, 1977, Vol. 29, no. 1, pp. 22-32.

Сведения об авторах

Алейников Алексей Александрович – старший научный сотрудник Лаборатории структурно-функциональной организации и устойчивости лесных экосистем ФГБУН Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, кандидат биологических наук, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: aaacastor@gmail.com.

Балухта Леонид Петрович – доцент кафедры лесного дела ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», кандидат сельскохозяйственных наук, г. Брянск, Российская Федерация, e-mail: leonbalukhta@gmail.com.

Владимирова Надежда Алексеевна – заместитель директора заповедника «Денежкин Камень» по научной работе, г. Североуральск, Российская Федерация, e-mail: nadiopt@gmail.com.

Квашина Анна Евгеньевна – директор заповедника «Денежкин Камень», магистр наук, г. Североуральск, Российская Федерация e-mail: akvaanna@gmail.com.

Information about authors

Aleinikov Aleksey Aleksandrovich – Senior Researcher of Laboratory of structural and functional organization and resilience of forest ecosystems of Center for Problems of Ecology and Productivity of Forests Russian Academy of Sciences, PhD in Biology, Moscow, Russian Federation, e-mail: aaacastor@gmail.com.

Balukhta Leonid Petrovich – Assistant professor of the department of forestry of Federal State Budget Educational Institutional of Higher Education “Bryansk State Technological University of Engineering”, PhD in Agriculture, Bryansk, Russian Federation, e-mail: leonbalukhta@gmail.com.

Vladimirova Nadezhda Alekseevna – Deputy Director for Science in Denejkin Kamen federal preserve, Severouralsk, Russian Federation; e-mail: nadiopt@gmail.com.

Kvashnina Anna Evgenievna – Director of Denejkin Kamen federal preserve, master of sciences, Severouralsk, Russian Federation; e-mail: akvaanna@gmail.com.

DOI: 10.12737/article_5b97a20dd07530.21107185

УДК 630*182.3

АВТОРЕГУЛЯЦИЯ ПАТОГЕНЕЗА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

доктор биологических наук, профессор **Ю. Ф. Арфьев**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

Биотическая авторегуляция, понимаемая как внутренний адаптивный процесс биологических систем, способствующий возврату нарушенных биосистем к устойчивому развитию, является одной из важнейших свойств биологических, в частности лесных, систем. В автохтонных лесах автоматическая регуляция наиболее полно выражена и проявляется как в устойчивой жизнеспособности лесных экосистем, так в естественной регенерации эволюционно сформированных древостоев. Массовое распространение рядовых (линейных) монокультур (однопородных и одновозрастных) привело к резкому снижению роли автоматической регуляции патогенеза в искусственно создаваемых лесных насаждениях. В результате возникла проблема защиты леса в условиях эпифитотий. Применение химических и биологических пестицидов не решает проблему. Цель данной работы – радикальное усиление роли автоматической регуляции патогенеза в искусственно создаваемых лесах. Данная цель достигается посредством активизации ключевых механизмов авторегуляции в лесных сообществах – конкуренции, естественного отбора, инбридинга. Механизмы авторегуляции активируются на основе факторов специфической композиции лесообразующих пород и мозаичной структуры насаждений. Автоматическая регуляция патогенеза радикально повышает эффективность превентивной защиты насаждений от патогенных организмов, исключает необходимость применения химических и биологических пестицидов.

Ключевые слова: биотические факторы, устойчивое развитие, лесные экосистемы, патогенные организмы, эффект группы, инбридинг, конкуренция, естественный отбор.