

УДК 630.23 : 582.47 (571.1/.5)

ЛЕСООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В НАРУШЕННЫХ ПОЖАРАМИ СВЕТЛОХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ НИЖНЕГО ПРИАНГАРЬЯ

Буряк Л.В., Иванов В.А., Зленко Л.В.

*ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»,
Красноярск, e-mail: zlenkov@mail.ru*

В работе определены закономерности воздействия пожаров на процесс лесообразования светлохвойных насаждений Нижнего Приангарья. Ход лесообразовательного процесса светлохвойных насаждений в Нижнем Приангарье определяется экологическими требованиями пород, характеристиками грунта и почвы, степенью антропогенной нагрузки. Захламленность выруб, гарей и шелкопрядников приводит не только к увеличению степени горимости, но и возрастанию отрицательных последствий воздействия огня, до полного отсутствия возобновления на прогоревших площадях. Степень повреждения древостоев после пожаров возрастает с увеличением богатства и увлажнения почв. Данная закономерность связана с нарастанием запасов горючих материалов и, соответственно, с увеличением силы пожаров, с более длительным воздействием огня. После пожаров в составе древостоев увеличивается доля светлохвойных пород за счет большего отпада темнохвойных и мелколиственных. В высокополнотных древостоях вследствие повышенной влажности напочвенного покрова сила пожара снижается, чаще – до слабой. На участках крупных гарей и выруб возможны необратимые процессы с длительными эколого-динамическими восстановительными сменами, сопровождаемые развитием дернового процесса. Наблюдается тенденция наступления подзоны травяных подтаежных лесов на подзону южной тайги. Насаждения с преобладанием сосны переходят на пониженные и пологие, по сравнению с традиционными коренными, элементы рельефа.

Ключевые слова: Нижнее Приангарье, пожары, сукцессии, лесообразовательный процесс, светлохвойные насаждения, тип условий местопрорастания, антропогенная нагрузка

FOREST FORMATION PROCESSES IN VIOLATION FIRE LIGHT CONIFEROUS PLANTATIONS LOWER ANGARA REGION

Buryak L.V., Ivanov V.A., Zlenko L.V.

Siberian State Technological University, Krasnoyarsk, e-mail: zlenkov@mail.ru

It was determined the patterns of fire impacts on the process of coniferous plantations formation of forest Lower Angara region. Progress in forest forming process coniferous plantations in the Lower Angara determined environmental requirements of rocks, soil characteristics and soil, anthropogenic load. Clutter cuttings, burnt and silkworm stands leads not only to an increase in the degree of burn, but also increase the negative impacts of fire, to no burn-in on the renewal areas. The extent of damage stands after fires increases with wealth and soil moisture. This pattern is associated with an increase of stocks and fuels, respectively, with increasing force fires with longer exposure to fire. After the fires in the composition of the share stands coniferous species at the expense of more dark and small-leaved apostasy. In the stands of high density due to the high humidity of the soil cover reduces the power of fire, more often – to be weak. In areas of large burned areas and clearings possible irreversible processes with long-term ecological and reducing dynamic shifts, followed by the development of the sod process. There is a tendency offensive taiga subzone of the transition from forest to on the southern taiga subzone. Areas with a predominance of pines to a lower and flat, compared with traditional indigenous elements of the relief.

Keywords: Lower Angara region, fire, succession, forest forming process, light coniferous plantings, type of site conditions, anthropogenic load

Пожары, как и другие экологические катастрофы, представляют собой вполне закономерный природный феномен, непреодолимый эволюционно-экологический фактор [5], под воздействием которого формируются бореальные леса Евразии [2, 7]. Огонь в течение длительного эволюционного развития лесов создавал в них условия для возникновения и закрепления механизмов лесообразования такого типа, которые бы обеспечили успешное возобновление леса и его длительное процветание [6]. В последние десятилетия наблюдается увеличение продолжительности пожароопасного сезона, рост частоты пожаров и горимости лесов [9]. Увеличение активности пожаров может привести к усугублению их послед-

ствий [8]. Создаются иные условия, делающие актуальным осмысление последствий этих изменений в первую очередь в регионах, отличающихся наиболее высокой степенью горимости.

Территория Нижнего Приангарья вызывает первоочередной интерес тем, что здесь, несмотря на интенсивные рубки, все еще сосредоточены основные массивы эксплуатационных лесов Красноярского края. Климатические и лесорастительные условия обуславливают высокую пожарную опасность, а нарастание в последнее время доли не покрытых лесом земель и усиленные засухи приводят к увеличению длительности пожароопасного сезона, росту частоты пожаров и горимости лесов.

Целью работы являлось определение закономерностей воздействия пожаров на процесс лесообразования светлохвойных насаждений Нижнего Приангарья.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследований установлено, что ход лесообразовательного процесса светлохвойных насаждений в Нижнем Приангарье определяется экологическими требованиями пород, характеристиками грунта и почвы, степенью антропогенной нагрузки. Значительное воздействие оказывают повторяемость пожаров и их характеристики.

Для Нижнего Приангарья характерно нарастание площадей нарушенных участков лесных земель в результате лесозаготовки, биотических факторов и пожаров. Захламленность вырубок, гарей и шелкопрядников приводит не только к увеличению степени горимости, но и возрастанию отрицательных последствий воздействия огня, до полного отсутствия возобновления на прогоревших площадях. В текущий период имеется отчетливая тенденция к росту частоты пожаров, а следовательно, и их повторяемости (до ежегодных) на площадях бывших гарей и вырубок. Основным виновником возникновения пожаров в освоенной части района, характеризующейся наибольшей степенью нарушенности и высокой частотой пожаров, является человек. В этой части района преобладают участки лесных земель с травяным покровом, и пик горимости приходится на весенний период. В менее освоенной части района преобладают зеленомошные насаждения, имеющие повышенную пожарную опасность в летний период, и причиной большинства пожаров является грозовая деятельность. В Нижнем Приангарье на долю пожаров от молний приходится до 40–45 % от всех пожаров [3].

В районе наблюдается приуроченность лесных формаций и типов леса к определенным элементам рельефа и условиям местопроизрастания. Данные факторы в первую очередь определяют структуру и состав фитоценозов; и в комплексе влияют на возникновение, развитие пожаров и на их последствия – до формирования самостоятельных фаций с особыми рядами сукцессий. Коренными местами обитания сосны являются приречные береговые песчаные валы и повышенные элементы рельефа с песчаными почвами. Лиственница приурочена к более пологим элементам рельефа со свежими и влажными суглинистыми почвами, встречается она и на переувлажненных почвах

в логах, совместно с темнохвойными породами, и на болотах. Закономерности разграничения насаждений в пределах ландшафта ранее были описаны Л.В. Поповым (1982) [4], А.И. Бузыкиным и Л.С. Пшеничниковой (1985) [1]. Отмечается более высокая степень горимости, характерная для насаждений, приуроченных к сухим условиям местопроизрастания, и участков со значительной степенью нарушенности. Степень повреждения древостоев, успешность естественного возобновления и последующего формирования насаждений определяются типом условий местопроизрастания (ТУМ), типом леса, местоположением участка, характеристикой насаждений и нарушенных лесных земель, а также видом, формой, силой и повторяемостью пожаров.

В целом результаты исследований свидетельствуют о том, что степень повреждения древостоев после пожаров возрастает с увеличением богатства и увлаженности почв. Данная закономерность связана с нарастанием запасов горючих материалов и, соответственно, с увеличением силы пожаров, с более длительным воздействием огня. После пожаров в составе древостоев увеличивается доля светлохвойных пород за счет большего отпада темнохвойных и мелколиственных. В высокополнотных древостоях вследствие повышенной влажности напочвенного покрова сила пожара снижается, чаще – до слабой.

Тип условий местопроизрастания A_0, A_1 – почвы песчаные очень сухие и сухие. В боровых экотопах на сухих песчаных почвах (на аллювиальных песках и повышенных элементах рельефа) произрастают сосняки лишайниковые и мертвопокровные IV–V классов бонитетов. Насаждениям свойственна высокая природная пожарная опасность и, как следствие, частая повторяемость пожаров. Пожары могут возникать в течение всего сезона, но из-за небольшого запаса напочвенных горючих материалов они чаще имеют беглую форму и не наносят значительного вреда древостоям. Однако после сильных пожаров отпад от запаса составляет 75 %. Возобновление происходит без смены пород. Благонадежного подроста зачастую недостаточно для успешного возобновления. Сукцессионные ряды восстановительные коротко-производные.

Насаждения лишайниковой группы типов леса представлены чистыми сосновыми древостоями IV–V класса бонитета. Запас ствольной древесины во взрослых древостоях в основном не превышает 200 м³/га. Спелые древостои чаще средние и низкополнотные. Подлесок, как правило, отсутствует. Подрост представлен сосной,

чаще неблагонадежной. В напочвенном покрове – лишайники рода кладония. После воздействия пожаров насаждения переходят в мертвопокровные, тип гарей также мертвопокровный. В случае возникновения пожаров в молодых и средневозрастных насаждениях древостои погибают. Однако хвойные молодняки, имеющие большую густоту, предохраняют себя от пожаров. В сосновых молодняках и средневозрастных насаждениях, часто перегушенных, в результате естественного отбора происходит интенсивный отпад ослабленных деревьев. При возникновении пожаров во взрослых насаждениях отпад в древостоях незначителен. Взрослые сосновые насаждения, приуроченные к этим условиям местопроизрастания, как правило, неоднократно подвергались воздействию пожаров, вследствие этого в их составе имеется большое количество ослабленных деревьев. После воздействия огня наблюдается интенсивное поселение соснового подроста с лучшими качественными характеристиками по сравнению с подростом под пологом длительно не горевших насаждений.

Тип условий местопроизрастания B_1 – почвы супесчаные сухие. Сосняки брусничные и сухотравные, приурочены к сухим супесчаным почвам и произрастают на повышенных элементах рельефа. Класс бонитета – IV, возможно III. Древостои чистые сосновые, на более богатых почвах, с примесью лиственницы (до 5%), чаще высокополнотные. В подлеске – шиповник, спирея, чаще единичный, иногда куртинный. В более сухих условиях на склонах южных экспозиций преобладает подрост сосны, на некоторых участках с примесью лиственницы. На теневых склонах в составе подроста возможно участие березы, на части участков – единично кедр. В отсутствии пожаров количество подроста незначительное. Пожары характеризуются, как правило, беглой формой, но в результате более длительного воздействия огня степень повреждения деревьев после пожаров слабой и средней силы выше, чем в древостоях на песчаных почвах. Однако после сильных пожаров степень повреждения древостоев меньше, чем в условиях произрастания A_0 , A_1 . Воздействие огня стимулирует лесовозобновление. При сохранении древостоем после пожара высокой полноты наблюдается куртинное размещение подроста, его приуроченность к «окнам» в пологе древостоя. Напочвенный покров не развит. Общее проективное покрытие от 5 до 20%. После пожаров тип леса мертвопокровный, отмечается снижение запасов опада и подстилки. Спелые насаждения неоднократно

подвергались воздействию пожаров, в древостоях большое количество ослабленных деревьев.

В целом на сухих бедных почвах возобновление гарей и пожарищ происходит без смены пород. При поселении достаточного количества подроста и формировании густых молодняков, они не подвергаются высокоинтенсивным низовым пожарам, и если в них не развиваются верховые пожары, то формируются насаждения достаточно устойчивые к воздействию огня. В этом случае сукцессионные ряды восстановительные коротко-производные.

Вместе с тем после низовых пожаров до средней силы довольно часто наблюдается сохранение групп и куртин подроста и самосева, что более характерно для моховых групп типов леса. Зачастую выживает подрост, произрастающий в пониженных элементах нанорельефа. Выживание подроста в этом случае можно объяснить большей влажностью напочвенного покрова и приуроченностью к переувлажненным условиям долгомошника. В сухих условиях местопроизрастания, со свойственной им частой повторяемостью пожаров, формирование густого подроста предохраняет формирующиеся сосняки от возникновения пожаров и их гибели в молодом возрасте. Небольшие запасы напочвенных горючих материалов и более заглубленная корневая система древостоев обуславливает устойчивость насаждений к огневому воздействию.

Вырубки и другие не покрытые лесом участки земель, ложбины в сухих условиях местопроизрастания зарастают практически чистыми сосновыми молодняками с небольшой примесью лиственницы.

Тип условий местопроизрастания B_2 , B_3 , C_2 , C_3 – почвы супесчаные и суглинистые свежие и влажные. К данным условиям местопроизрастания приурочены зеленомошные и травяные серии типов леса. Древостои, как правило, смешанные, с преобладанием светлохвойных пород и характеризуются более высокими классами бонитета (II–IV). Полнота спелых древостоев варьирует от 0,6 до 1,0, но чаще встречаются высокополнотные древостои, запас их может превышать 300–400 м³/га. Основные площади вырубок и, как следствие, гарей приходятся на участки лесных земель, приуроченных к данным условиям, и в освоенных частях района им свойственна наибольшая степень нарушения. Разнотравные типы леса в районе обычно являются производными от моховых (чаще – зеленомошных) в результате пожаров и рубок. В насаждениях в подлеске встречаются шиповник, спирея, рябина,

олха и другие породы. На горях в составе подлеска появляется ива козья. Напочвенный покров, как правило, имеет 100 % проективное покрытие, представлен зелеными мхами, осоками, разнотравьем, отдельными видами крупнотравья, из кустарничков встречаются брусника и голубика. У пристовальных кругов может формироваться мертвopoкpoвный покров. После пожара исчезают зеленые мхи. В разнотравных типах леса травяной покров часто двухъярусный с 80–100 % покрытием.

В районах, характеризующихся наибольшей антропогенной нагрузкой, нарушенным участкам свойственна высокая горимость и частота пожаров. Повторяемость пожаров может быть и ежегодной.

Последствия пожаров в зеленомошных и травяных типах леса наиболее многовариантны вследствие их широкого экологического ареала. Возможны различные варианты сукцессионных процессов. Восстановительные ряды – от дигрессивных – до восстановительных (от длительных – со сменой хвойных пород на мелколиственные, до кратковременных – без смены пород).

Степень повреждения древостоев зависит от характеристик пожара, в значительной степени определяющихся периодом пожароопасного сезона.

В **зеленомошной серии типов** леса пожары возникают чаще летом и имеют устойчивую форму. После сильных устойчивых пожаров наблюдается практически полная гибель древостоев и вывал деревьев из-за прогорания поверхностных корневых систем. Горям характерна большая степень захламленности, что увеличивает пожарную опасность, а при последующих пожарах усугубляет и их отрицательные последствия. Вследствие значительного запаса мертвой древесины гари длительного времени прослеживаются по данным спутниковой съемки.

Насаждения **разнотравной серии типов леса** приурочены к участкам с наибольшей степенью освоенности и высокой горимостью и частой повторяемостью пожаров. Пики горимости на участках с травяным покровом наблюдаются в весенний период, пожары чаще беглые, и древостои повреждаются в меньшей степени. На открытых участках, представленных травяными типами, в первую очередь – вейниковыми, где в связи с высоким запасом травяной ветоши пожары возможны и в летний период.

Успешность возобновления определяется рядом факторов. В их числе: принадлежность участка к определенным условиям местопроизрастания; тип леса или гари

(вырубки), площадь нарушенного участка; количественные и качественные характеристики опада и подстилки; видовой состав и проективное покрытие живого напочвенного покрова; давность пожара и его характеристики, повторяемость пожаров на данном участке.

Крупные гари представлены в основном вейниковым типом (более 60%). На участках крупных гарей, а также на горях по рубкам процессы лесовозобновления затруднены, растянуты во времени, а после воздействия повторных пожаров возможна трансформация таких площадей в пустыри и переход участков из категории лесных – в нелесные. Если в составе насаждений присутствовали береза или осина, гари зарастают мелколиственными породами, которые создают благоприятные условия для поселения подроста хвойных пород. В дальнейшем хвойные породы выходят в основной полог и в составе средневозрастных древостоев участвуют все лесообразователи. Такие насаждения имеют высокую густоту и устойчивы к возникновению и развитию пожаров. На рубках возобновление чаще происходит со сменой пород на мелколиственные. На рубках, пройденных пожарами, если не происходит разрастания вейника, возобновление успешное с преобладанием светлохвойных пород, чаще – сосны.

В результате слепожарного лесовозобновления и зарастания рубок в данных условиях местопроизрастания, светлохвойные насаждения, до пожара, как правило, сосново-лиственничные, переходят в разнотравную серию типов леса с преобладанием сосны.

Несмотря на то, что возобновление гарей и рубок зачастую происходит мелколиственными породами, взрослые березовые и осиновые насаждения в районе представлены незначительно.

Тип условий местопроизрастания B_4, B_5, C_4, C_5 – **почвы суглинистые сырые и мокрые**. Насаждения **долгомошной и сфагновой серии типов леса** приурочены к почвам с избыточным увлажнением на пониженных элементах рельефа, как правило к логам и к болотам. В древостоях преобладают темнохвойные породы и лиственница. На таких участках наблюдается самая низкая горимость и частота пожаров, повторяемость воздействий огня составляет около 80 лет. Пожары возникают в летний период, характеризуются высокой силой и имеют устойчивую форму. Последствия пожаров по сравнению с другими условиями местопроизрастания наиболее отрицательны, чаще – до полной гибели древосто-

ев. После низовых пожаров средней силы выживают, как правило, единичные деревья лиственницы и куртины темнохвойных пород, приуроченные к понижениям рельефа или произрастающие вблизи ручьев. Гари валежные, сильно захламленные.

В логах древостои, чаще разновозрастные, смешанные, III–IV класса бонитета. Древостои двухъярусные. Первый ярус древостоев представлен крупными перестойными лиственницами, второй ярус, как правило, густой, в нем доминируют темнохвойные породы, иногда встречается береза. На крупных перестойных лиственницах имеются следы нескольких пожаров.

Подлесок развит, в его составе встречается жимолость, смородина красная и черная, можжевельник, шиповник, рябина, бузина, спирея. Размещение подлеска равномерное, густота – средняя. На гари в составе появляется ива козья и малина.

Проективное покрытие живым напочвенным покровом – 100%. Отмечается достаточно сильно выраженная синузильность живого напочвенного покрова, связанная, прежде всего, с изменением напорельефа. Наиболее часто встречающиеся элементы – кочки, гряды. Проективное покрытие мхами составляет, как правило, 100%. По повышению рельефа – зеленые мхи, долгомошники и сфагновые мхи приурочены к понижениям рельефа. Из кустарничков преобладают голубика и багульник болотный, на части участков вблизи болот появляется кассандра. В составе встречаются плауны, осока, злаки, бадан толстолистный, звездчатка Бунге, подмаренник северный, чемерица и др.

Типы гарей – вейниковые, кипрейные, кипрейно-осочковые, кипрейно-хвощевые, на пожарищах разрастается осока, разнотравье, кустарнички.

В длительно не горевших насаждениях в составе подроста преобладают темнохвойные породы – ель, пихта, иногда значительную долю составляют мелколиственные. Если после пожара древостой выжил, то в составе подроста преобладает лиственница. При отсутствии задернения на гари преобладает подрост пихты и мелколиственных пород, возобновление успешное. Однако значительная доля крупных гарей зарастает вейником, на таких участках подрост отсутствует или представлен единичными экземплярами березы.

Сфагновые, осоково-сфагновые и осоковые болота занимают в районе незначительные площади. Древесная растительность может состоять из редкостойных лиственниц V класса бонитета. В подлеске встречается ерник.

На моховых болотах преобладают сфагновые мхи и долгомошники, по повышению рельефа – зеленые мхи, из кустарничков может встречаться голубика и багульник болотный, кассандра, из трав – сабельник болотный, осоки и другие виды. На осоковых болотах проективное покрытие осок составляет 100%. В результате переувлажненности участков горимость и частота пожаров низкая.

В целом в Приангарском таежном районе отмечается связь в характере возникновения, распространения и развития пожаров и их последствий с почвенно-грунтовыми условиями (богатством и увлажненностью почв), с типами леса, а также со степенью антропогенной нагрузки. Наибольшая частота пожаров и горимость лесов характерна для насаждений, произрастающих в сухих условиях местопроизрастания и на участках со значительной степенью нарушенности. Негативные последствия после воздействия пожаров отмечаются в насаждениях на суглинистых почвах с достаточной и избыточной степенью увлажнения.

На участках крупных гарей и вырубках возможны необратимые процессы с длительными эколого-динамическими восстановительными сменами (дигрессивными сукцессиями), сопровождаемые развитием дернового процесса.

Представленные материалы свидетельствуют, что под воздействием пожаров в районе наблюдается сокращение площади лесных земель за счет трансформации крупных участков гарей в пустыри. Наблюдается тенденция наступления подзоны травяных подтаежных лесов на подзону южной тайги, отмеченная еще в 1982 году Л.В. Поповым. Это выражается в смене светлохвойных сосново-лиственничных и лиственнично-сосновых насаждений преобладающей зеленомошной группы типов леса на насаждения травяных типов леса с увеличением в составе доли сосны. Насаждения с преобладанием сосны переходят на пониженные и пологие, по сравнению с традиционными коренными, элементы рельефа.

Можно предположить, что смена зеленомошных и долгомошных групп типов леса на травяные является своеобразным природным механизмом сохранения лесных экосистем Приангарского таежного района в складывающихся условиях. Это связано с тем, что происходит сдвиг пика пожарной опасности с летнего периода на весенний, и чаще возникают беглые пожары, которые наносят меньший ущерб древостоям.

Кроме того, природным механизмом сохранения лесов является густое размещение молодых поколений насаждений, куртинное и групповое расположение молодняков, которое предохраняет их от возникновения лесных пожаров, а в отдельных случаях и от гибели при прохождении огня.

Список литературы

1. Бузыкин А.И. Формирование смешанных молодняков из сосны и лиственных пород / А.И. Бузыкин, Л.С. Пшенникова // Процессы формирования насаждений в Сибири. – Красноярск, 1975. – С. 84–105.
2. Валендик Э.Н. Пожары как постоянно действующий природный фактор в бореальных лесах Евразии // Пожары в лесных экосистемах Сибири. – Красноярск: СО РАН, 2008. – С. 15–18.
3. Иванов В.А. Пожары от гроз в лесах Сибири / В.А. Иванов, Г.А. Иванова. – Новосибирск: Наука, 2010. – 164 с.
4. Попов Л.В. Южно-таежные леса Средней Сибири. – Иркутск, 1982. – 330 с.
5. Санников С.Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценозов // Экология. – 1981. – № 6. – С. 24–33.
6. Седых В.Н. Лесообразовательный процесс. – Новосибирск: Наука, 2009. 164 с.
7. Фурьев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. – Новосибирск: Наука, 1996. – 252 с.
8. Kasischke E.S. Fire, global warning, and the carbon balance of boreal forests / E.S. Kasischke, N.L. Christensen, B.J. Stocks // Ecological applications. – 1995. – Vol. 5, № 2. – P. 437–451.
9. Soja A.J., Shugart H.H., Sukhinin A., Conard S., Stachhouse P.W. Satellite-derived mean fire return intervals as indicators of change in Siberia (1995–2002) // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2006. – Vol. 11. – P. 75–96.

References

1. Buzykin A.I. Formirovanie smeshannyh molodnjakov iz sosny i listvennyh porod / A.I. Buzykin, L.S. Pshenichnikova // Processy formirovaniya nasazhdenij v Sibiri. Krasnojarsk. 1975. pp. 84–105.
2. Valendik Je.N. Pozhary kak postojanno dejstvujushhij prirodnyj faktor v boreal'nyh lesah Evrazii // Pozhary v lesnyh jekosistemah Sibiri. Krasnojarsk: SO RAN, 2008. pp. 15–18.
3. Ivanov V.A. Pozhary ot groz v lesah Sibiri / V.A. Ivanov, G.A. Ivanova. Novosibirsk: Nauka, 2010. 164 p.
4. Popov L.V. Juzhno-taezhnye lesa Srednej Sibiri. Irkutsk, 1982. 330 p.
5. Sannikov S.N. Lesnye pozhary kak faktor preobrazovaniya struktury, vozobnovleniya i jevoljucii biogeocenofov // Jekologija. 1981. no. 6. pp. 24–33.
6. Sedyh V.N. Lesoobrazovatelnyj process. Novosibirsk: Nauka, 2009. 164 p.
7. Furjaev V.V. Rol pozharov v processe lesoobrazovaniya. Novosibirsk: Nauka, 1996. 252 p.
8. Kasichke E.S. Fire, global warning, and the carbon balance of boreal forests / E.S. Kasichke, N.L. Christensen, B.J. Stocks // Ecological applications. 1995. Vol. 5, no. 2. pp. 437–451.
9. Soja A.J., Shugart H.H., Sukhinin A., Conard S., Stachhouse P.W. Satellite-derived mean fire return intervals as indicators of change in Siberia (1995–2002) // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2006. Vol. 11. pp. 75–96.

Рецензенты:

Братилова Н.П., д.с.-х.н., профессор, заведующая кафедрой «Селекция и озеленение», ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», г. Красноярск;

Шевелев С.Л., д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой «Лесная таксация, лесоустройство и геодезия», ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 10.03.2015.