

DOI 10.31509/2658-607x-2019-2-3-1-17

УДК 630*43; 630*421

СОВРЕМЕННЫЕ И ИСТОРИЧЕСКИЕ ПОЖАРНЫЕ РЕЖИМЫ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

© 2019 г.

А.О. Харитонова, А.С. Плотникова, Д.В. Ершов*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН**Россия, 117997 Москва, ул. Профсоюзная, 84/32, стр. 14*

E-mail: Kharitonova@ifi.rssi.ru

Поступила в редакцию: 30.06.2019

Периодически возникающие пожары оказывают значительное влияние на динамику и функционирование лесных экосистем. Условия возникновения, распространения и долговременные последствия лесных пожаров определяет пожарный режим. Существенное изменение пожарного режима природного комплекса может указывать на возможные риски потерь основных компонентов экосистемы. В статье представлены результаты картографирования современных и исторических пожарных режимов Печоро-Илычского заповедника и его окрестностей – Курьинского и Якшинского участков лесничеств. Исследование выполнено на основе данных о пожарной истории территории из нескольких источников: история пожаров Печоро-Илычского заповедника, начиная со второй половины XIX века, полученная в результате визуального дешифрирования космических снимков и анализа архивных материалов; данные об очагах пожаров, детектированных авиационными и наземными способами мониторинга за период с 1987 по 2011 годы; данные дендрохронологической реконструкции пожаров в сосновых лесах окрестностей заповедника за 600-летний период. Для получения карт современных и исторических пожарных режимов был применен метод картографирования пожарных режимов лесных экосистем на локальном уровне. Метод использует классификацию LANDFIRE, которая учитывает повторяемость пожаров и степень повреждения огнем растительного покрова. Выполнен анализ исторических пожарных режимов, который показал преобладание на большей части территории периода повторяемости пожаров до 200 лет с низкой или средней степенью повреждения. Исключением является горная часть Печоро-Илычского заповедника с длинным периодом повторяемости пожаров. Анализ современных пожарных режимов выявил длинные периоды повторяемости пожаров как заповедной территории, так и исследуемых участков лесничеств. Показано влияние антропогенного фактора на увеличение периодов повторяемости пожаров. Выполнена оценка отклонения современных пожарных режимов от их исторических значений, которая показала, что современные пожарные режимы большей части исследованной территории находятся в пределах их исторических значений.

Ключевые слова: *пожарный режим, Печоро-Илычский заповедник, LANDFIRE, FRCC, ГИС анализ.*

Неоднократно повторяющееся воздействие пожаров оценивается как экзогенный локально-катастрофический фактор, ведущий к трансформации природных систем (Вальтер, 1974). Пожары оказывают значительное влияние на функционирование ландшафтов, что на локальном уровне проявляется в изменении микроклиматических особенностей, смене

гидрологического режима, изменении свойств почв, увеличении мозаичности, исчезновении коренных и появлении инвазивных видов растений и животных. Леса, подвергшиеся пирогенному воздействию, теряют устойчивость к повторным пожарам, становятся более уязвимыми к энтомовредителям и в целом к внешним негативным факторам. Так, в России около трети лесных площадей, пройденных катастрофическими пожарами, превращаются в непродуктивные территории, на которых в течение нескольких столетий нарушается процесс естественного восстановления лесов (Швиденко и др., 2011).

Изменение количественных и качественных характеристик отдельных компонентов и природных комплексов в целом во многом определяется частотой возникновения пожаров и степенью их интенсивности. В результате воздействия пожаров слабой и средней интенсивности уменьшается толщина слоя подстилки и торфа, выгорает живой напочвенный покров, частично отмирает подрост, неравномерно изреживается лесной полог. Вместе с тем в первые годы после пожара увеличивается продуктивность почв, а за счет появления мозаичности возрастает ландшафтное разнообразие. При сильно интенсивных пожарах, как правило, полностью уничтожается лесная подстилка, живой напочвенный покров, подлесок, значительно изреживается древостой, почва подвергается иссушению и эрозии, происходит смена хвойных пород на производные лиственные (Мелехов, 1980).

В зависимости от природных условий, интенсивности горения и повторяемости пожаров в рамках природных комплексов и их сочетаний формируются особые «пирозкологические» режимы (Фуряев и др., 1996). Современные отечественные и зарубежные исследователи используют понятие «пожарный режим» («fire regime») (Agee, 1993; Валендик, Иванова, 2001; Шешуков и др., 2008; Швиденко, Щепаченко, 2013). Несмотря на различия в подходах к определению пожарного режима, исследователи сходятся во мнении, что он определяет условия возникновения, распространения и долговременные последствия лесных пожаров. Также отмечается региональная обусловленность пожарных режимов в зависимости от лесорастительных, антропогенных и климатических условий.

В ЦЭПЛ РАН на протяжении ряда лет проводятся исследования, направленные на разработку методических основ определения и картографирования пожарных режимов на различных пространственных уровнях – от локального (Плотникова и др., 2018) до национального (Плотникова и др., 2016). Настоящая статья посвящена анализу результатов картографирования современных и исторических пожарных режимов в пределах Печоро-Илычского заповедника и его окрестностей, а также определению отклонений современных пожарных режимов от их исторических значений.

ИССЛЕДУЕМАЯ ТЕРРИТОРИЯ

Для определения и анализа пожарных режимов на локальном уровне была выбрана территория Печоро-Илычского биосферного заповедника и его окрестностей – Курьинского и Якшинского участков лесничеств. Выбор исследуемой территории обусловлен наличием пространственно-координированных данных о пожарной истории (Алейников и др., 2015; Лупян и др., 2013; Drobyshev et al., 2004).

Печоро-Илычский заповедник является важным природным резерватом и входит в список природного наследия ЮНЕСКО как «Девственные леса Коми» совместно с национальным парком «Югыд ва». Территория заповедника представлена двумя участками – Уральский горный и Якшинский (рис. 1). Расположение территории на стыке двух физико-географических стран (Русской равнины и Уральской горной страны) обуславливает высокое разнообразие природных ландшафтов. На исследуемой территории проходит граница подзон средней и северной тайги, берут начало реки крупнейших речных бассейнов – Печоры, Волги, Северной Двины и Оби.

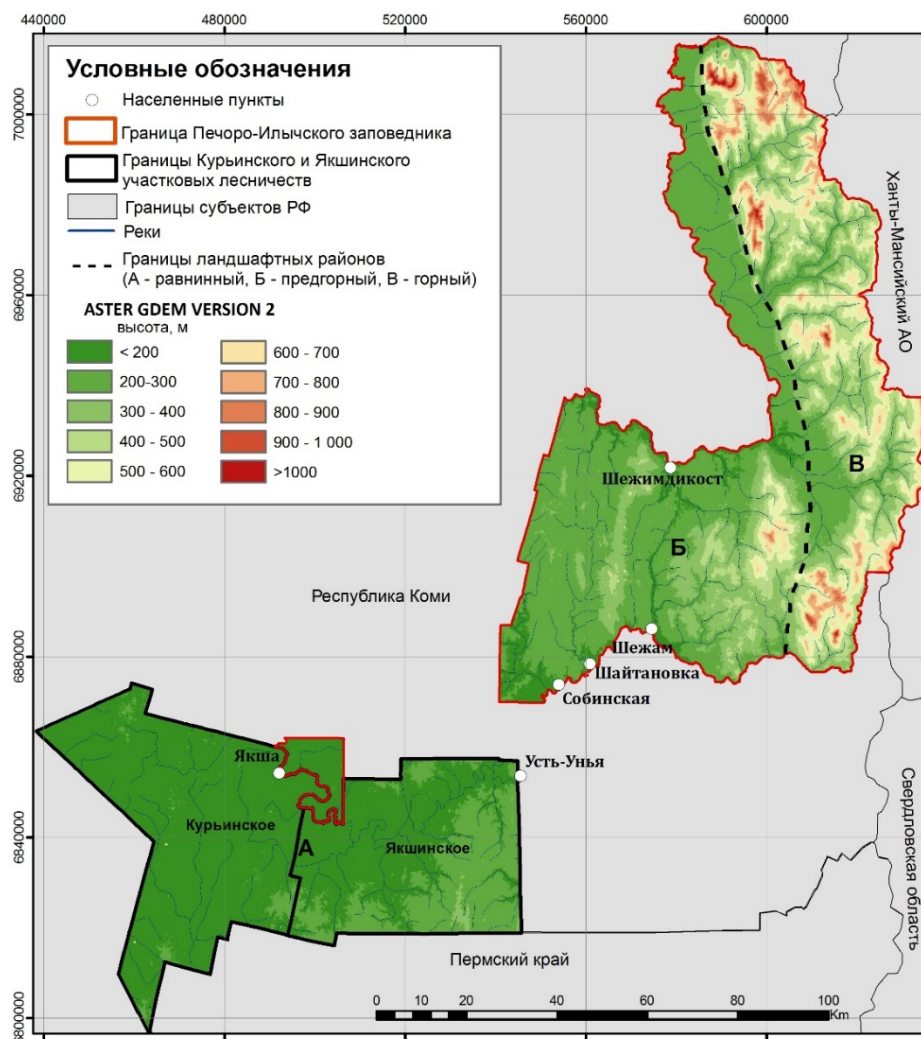


Рисунок 1. Рельеф территории исследования согласно ЦМР ASTER GDEM V2

В геоморфологическом и ландшафтном плане территорию разделяют на три района с запада на восток: равнинный, предгорный и горный. Равнинный район расположен в пределах Печорской низменности со средними абсолютными значениями высот 95-150 метров. В ландшафте выражены водно-ледниковые и моренные равнины с полого-волнистым характером рельефа. Предгорный район характеризуется общим уклоном рельефа к западу и абсолютными высотами 220-250 метров. В восточной части выделяются две крупные гряды – западная (Высокая Парма) и восточная (Эбель-из, Валган-чугра, Ляга-чугра, Шежим-из) возвышенности. Средняя абсолютная высота вершин горного района составляет 750-850 метров, однако отдельные вершины поднимаются до 1000-1200 метров. (Варсановьева, 1940).

Климат территории умеренно-континентальный, однако метеорологические показатели ландшафтных районов несколько отличны. Для равнинного района среднегодовая температура воздуха составляет -0.8°C , на севере горного района -4°C . Годовая сумма осадков в равнинном районе находится в диапазоне 500-800 мм, в горном – до 1000 мм (Забоева и др., 2013). Отметим также, что в горном районе на высоте 800-1000 м наблюдаются процессы морозного выветривания и криогенные явления в верхних почвенных горизонтах.

Растительный покров территории исследования варьируется в зависимости от ландшафтного района (рис. 2). Значительную часть равнинного района заповедника занимают болотные экосистемы с многочисленными кустарничками и зеленомошниковым покровом. В западной части района преобладают сосновые леса и болота Припечорской низменности (Гаврилюк и др., 2018). На территории предгорного района произрастают темнохвойные леса из ели сибирской с примесью пихты. Кроме того, встречаются вкрапления грядово-мочажинных болот, а также вторичные мелколиственные (береза, осина) и смешанные леса, представляющие разные стадии пирогенных сукцессий. В горном районе распространены темнохвойные леса, криволесья, луга, горные тундры и гольцы Северного Урала. На Якшинском участке заповедника и в пределах участковых лесничеств преобладают сосновые леса различных типов – лишайниковые, зеленомошные, сфагновые, а также встречаются болота верхового и переходного типов. В долинах рек Печоры, Илыча и их многочисленных притоков развиты сообщества лугов, заросли кустарников и болотные массивы грядово-мочажинных болот. В пойме реки Печоры произрастают первичные березняки травяного типа (Лавренко и др., 1995).

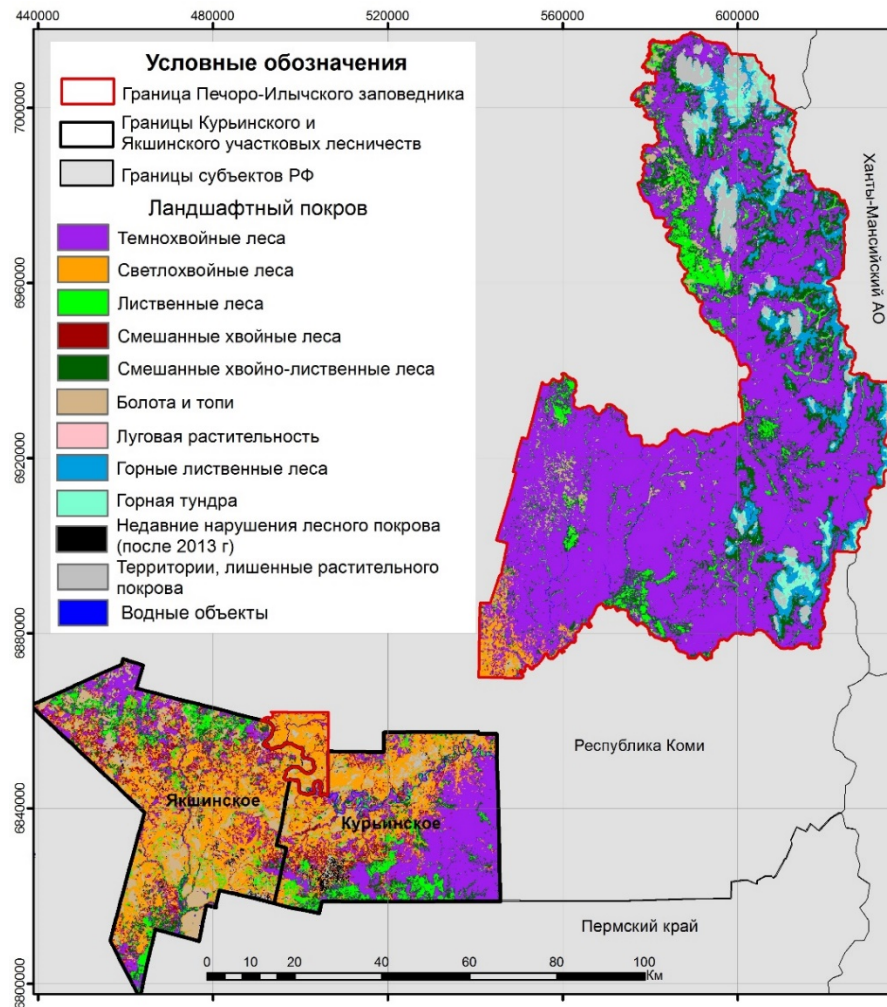


Рисунок 2. Растительный покров территории Печоро-Илычского заповедника и окрестностей

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Картографирование пожарных режимов было выполнено с использованием данных о пожарной истории территории исследования из нескольких источников (рис. 3). Во-первых, история пожаров Печоро-Илычского заповедника, начиная со второй половины XIX века, полученная в результате визуального дешифрирования космических снимков и анализа архивных материалов (Алейников и др., 2015). Во-вторых, данные об очагах пожаров, детектированных авиационными и наземными способами мониторинга за период с 1987 по 2011 годы на всей территории исследования с указанием площади и типа (верховой или низовой) пожара (Лупян и др., 2013). В-третьих, данные дендрохронологической реконструкции пожаров в сосновых лесах окрестностей заповедника за 600-летний период, имеющиеся на территории некоторых пространственных единиц Курьинского и Якшинского участковых лесничеств (Drobyshev et al., 2004).

В соответствии с разработанным методом картографирования пожарных режимов лесных экосистем локального уровня на первом этапе исследования проведено выделение

пространственных единиц (Плотникова и др., 2019) – наибольшей площади с относительно однородным характером повреждений (Price, Daust, 2003). На локальном уровне было предложено использовать пространственные единицы, созданные на основе границ бассейнов рек (Плотникова, Харитонов, 2018). Для каждого речного бассейна с помощью ретроспективного статистического ГИС-анализа определялись показатели горимости лесов: количество пожаров, доля пройденной огнем площади, средняя площадь пожара и ее среднеквадратическое отклонение за период исследования, доминирующий тип растительности. Речные бассейны, в пределах которых наблюдалось доминирование одного типа лесной экосистемы и однородность многолетних значений основных пирологических показателей, принимали за пространственные единицы. Бассейны рек, не удовлетворяющие указанным требованиям, объединяли с соседними схожими по показателям горимости и проводили анализ повторно. Результат полученных границ пространственных единиц картографирования пожарных режимов территории исследования представлен на рисунке 3.

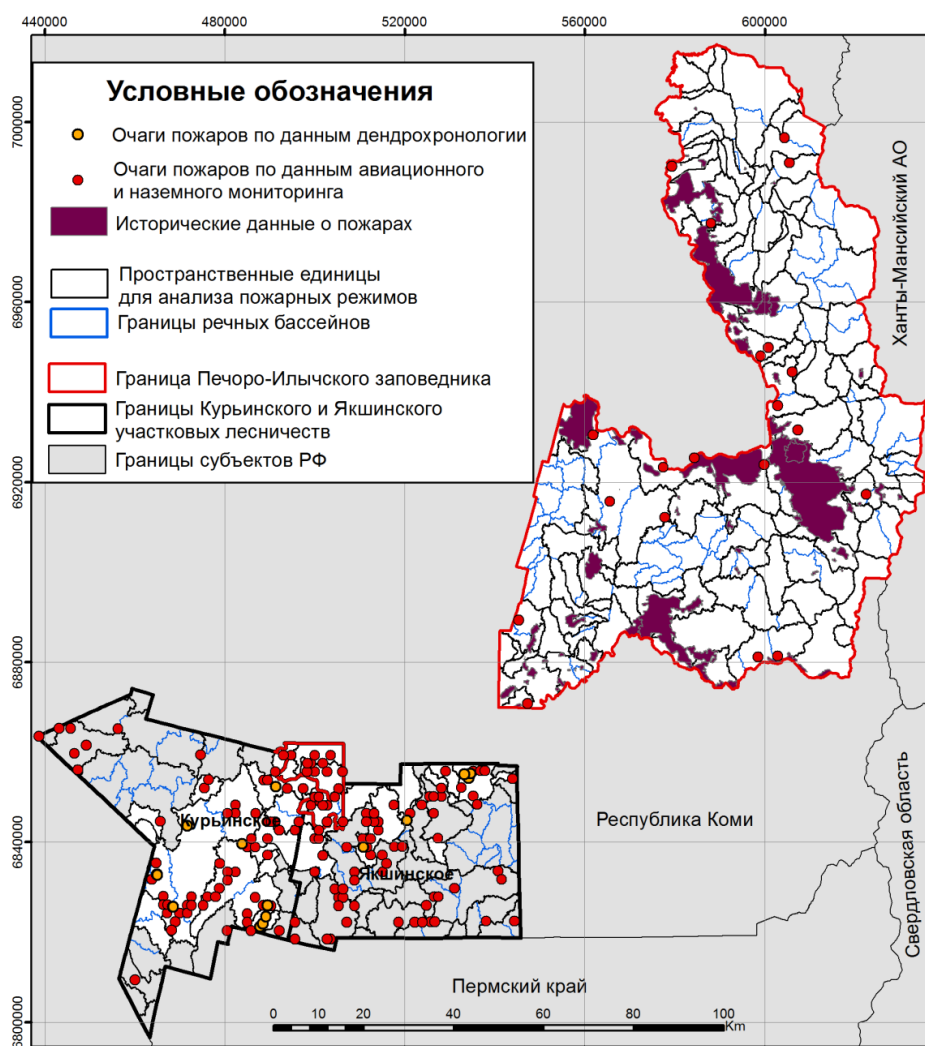


Рисунок 3. Данные о пожарной истории и границы пространственных единиц картографирования пожарных режимов территории исследования

В рамках второго этапа выполнено определение пожарных режимов пространственных единиц с привлечением классификации LANDFIRE (Landscape Fire and Resource Management Planning Tools) (<https://www.landfire.gov>). Классификация LANDFIRE выделяет пять классов пожарных режимов в зависимости от периода повторяемости пожаров (0-35 лет; 36-200 лет; более 200 лет) и степени повреждения растительного покрова (низкая, средняя, высокая) (Barrett et al., 2010). Период исследования делится на два интервала – исторический и современный. Приведенные в Таблице 1 временные рамки интервалов оценки повторяемости пожаров определены исходными данными о пирологической истории исследуемой территории.

Таблица 1. Интервалы оценки повторяемости пожаров

Исследуемая территория	Интервалы оценки повторяемости пожаров	
	Исторический	Современный
Печоро-Илычский ЗП	1850-1986 гг.	1987-2014 гг.
Окрестности заповедника	1424-1954 гг.	1987-2011 гг.

В соответствии с методикой LANDFIRE для каждой пространственной единицы (k) сначала определяется период повторяемости пожаров исторического интервала как среднее число лет между пожарами (\overline{rFI}_k). Затем вычисляется средняя ежегодно пройденная огнем площадь за исторический интервал через отношение площади пространственной единицы (ST_k) к периоду повторяемости пожаров исторического интервала: $\overline{rSF}_k = \frac{ST_k}{\overline{rFI}_k}$. Далее проводится оценка средней ежегодной пройденной огнем площади за современный интервал как отношение пройденной огнем площади пространственной единицы за современный интервал ($\sum_{j=1}^n cSF_{kj}$) к числу лет в этом интервале (n): $cSF_k = \frac{\sum_{j=1}^n cSF_{kj}}{n}$.

Проведенные вычисления позволяют найти корректирующий коэффициент (CC_k) - отношение средней ежегодной пройденной огнем площади за исторический интервал к средней ежегодной пройденной огнем площади за современный интервал: $CC_k = \frac{\overline{rSF}_k}{cSF_k}$. В заключении определяется современный период повторяемости пожаров как произведение периода повторяемости пожаров исторического интервала на корректирующий коэффициент: $cFI_k = \overline{rFI}_k \times CC_k$.

Для определения преобладающей на территории пространственной единицы степени повреждения были использованы данные об очагах пожаров, детектированных авиационными и наземными способами мониторинга (Лупян и др., 2013). Так, в границах пространственных единиц была вычислена суммарная площадь пожаров верхового и низового типов горения.

Низкая/смешанная степень повреждения считалась преобладающей, если на территории пространственной единицы доминировали низовые пожары. И наоборот, высокая степень повреждения определялась преобладающей в случае доминирования верховых пожаров.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате применения метода картографирования пожарных режимов лесных экосистем на локальном уровне были получены карты современных и исторических пожарных режимов Печоро-Илычского заповедника и его окрестностей (рис. 4а, 4б). Отметим, что на территории Курьинского и Якшинского участковых лесничеств пожарные режимы были определены только для тех пространственных единиц, в границах которых имеются данные дендрохронологической реконструкции пожаров (Drobyshev et al., 2004).

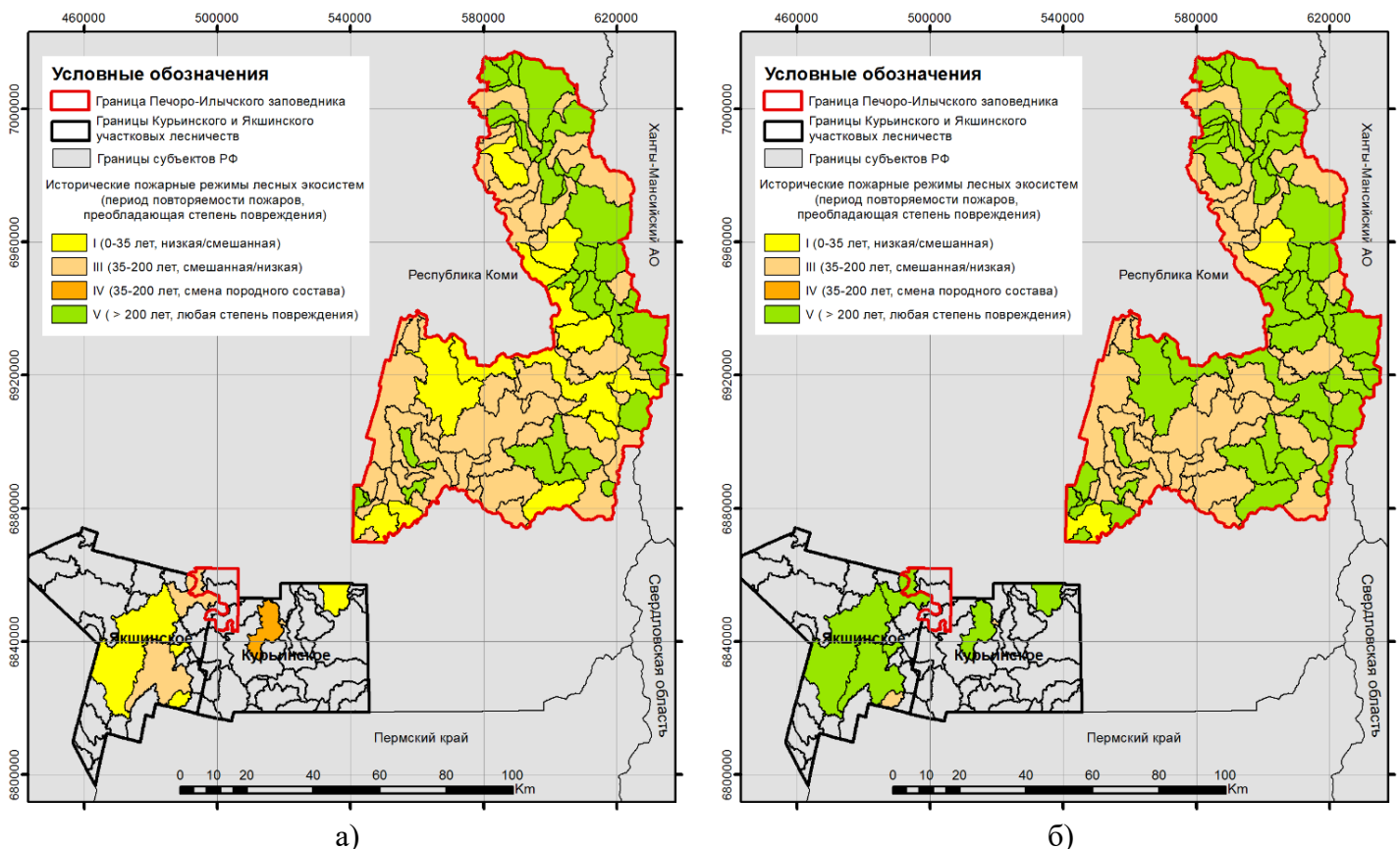


Рисунок 4. Пожарные режимы Печоро-Илычского заповедника и окрестностей:
а) исторические, б) современные

Созданные карты отразили территориальную неоднородность исторических и современных пожарных режимов в пределах региона исследования. В исторический интервал большинству пространственных единиц характерны I (период повторяемости пожаров 0-35 лет, степень повреждения низкая или средняя) и III (36-200 лет, низкая или средняя) классы пожарного режима за исключением горной части заповедника. Так, I класс наблюдается на

территории заповедника, расположенной в непосредственной близости к реке Илыч. Здесь отмечается высокая периодичность пожаров (0-35 лет), что обусловлено главным образом антропогенным фактором, поскольку река Илыч являлась важной транспортной магистралью. Влияние человека оказывало большое значение на периодичность пожаров ввиду отсутствия природоохранного режима – заповедный статус Печоро-Илычский заповедник получил лишь в 1930 году. Большая часть пространственных единиц предгорного района характеризуется III классом пожарного режима, что указывает на достаточно длинный период повторяемости пожаров (36-200 лет) без смены породного состава. В горной части заповедника пожары происходили крайне редко и лишь в пределах нескольких пространственных единиц, поэтому для них характерен V класс пожарного режима (период повторяемости пожаров более 200 лет, смена породного состава, любая степень повреждения). Длинный период повторяемости пожаров горной части (более 200 лет) обусловлен как природными, главным образом климатическими и орографическими особенностями, так и антропогенным фактором – труднодоступностью территорий для населения. На значительной территории Якшинского участкового лесничества определяется I класс пожарного режима ввиду преобладания в растительном покрове особенно уязвимых к воздействию низовых пожаров в засушливые годы сосновых боров (рис. 2).

В современный интервал для большей части исследуемой территории характерен V класс пожарного режима, что во многом обусловлено отсутствием хозяйственной деятельности с момента присвоения заповедного статуса. Обращает на себя внимание, что территории, примыкающие к пойме реки Илыч, для которых в исторический интервал был характерен I класс пожарного режима, перешли в V. Можно выдвинуть предположение о значительном снижении пирогенного фактора в развитии лесных экосистем на этой территории. Пространственные единицы, расположенные вне заповедной территории, также перешли в V класс. Для предгорной части заповедника по сравнению с историческим интервалом не произошло существенных изменений пожарных режимов – преобладает III класс. Кроме того, лишь для двух пространственных единиц, расположенных в северной и юго-западной частях заповедника в разных природных условиях, характерен I класс пожарного режима. Короткий период повторяемости пожаров юго-западного участка объясняется преобладанием сосны в древостое на его территории.

Полученные карты позволяют оценить отклонения современного пожарного режима от исторических значений для каждой пространственной единицы. В зарубежной литературе вводится понятие класса состояния пожарного режима (FRCC, Fire Regime Condition Class), под которым понимается качественная мера отклонения современного пожарного режима от исторического (Schmidt et. al., 2002). Отклонения пожарного режима приводят к изменению

характеристик ключевых компонентов экосистем: видового состава, структуры и возраста растительного покрова, сомкнутости крон, наличия и состава горючего материала, что влияет на изменение частоты возникновения и интенсивности распространения пожаров. К одной из причин описанных отклонений относят неестественное накопление горючего материала в результате антропогенных воздействий (пожары, рубки леса). Для каждого пожарного режима определяется один из трех классов состояния, которые описывают потенциальные риски экосистем (табл. 2).

Таблица 2. Классы состояния пожарного режима и потенциальные риски для экосистем

Класс состояния пожарного режима	Описание	Потенциальные риски
1	Отклонение характеристик (растительного покрова, состава горючих материалов, частоты возникновения пожара, интенсивности распространения и других связанных повреждений) в пределах исторического пожарного режима.	Не происходит изменений в характеристиках пожаров. Состав и структура растительности не изменены. Низкие риски потери основных компонентов экосистемы (коренная растительность, почвенный покров).
2	Умеренные отклонения характеристик от их значений в историческом пожарном режиме.	Особенности пожаров и связанные с ними повреждения изменены умеренно. Состав и структура растительности умеренно изменены. Нехарактерные условия варьируются от низких до умеренных. Риск потери ключевых компонентов экосистемы умеренный.
3	Значительные отклонения характеристик от их значений в историческом пожарном режиме.	Особенности пожара и повреждения сильно изменены. Состав и структура растительности и горючих материалов сильно изменены. Нехарактерные условия варьируются от умеренных до значительных. Риск потери ключевых компонентов экосистемы высокий.

Существует несколько подходов к определению класса состояния пожарного режима в зависимости от оцениваемых изменений в: растительном покрове ($FRCC_{VS}$), частоте возникновения пожаров ($FRCC_{FRI}$), интенсивности пожаров ($FRCC_{SEV}$). В настоящем исследовании был определен $FRCC_{FRI}$ на основе отклонений современных периодов повторяемости пожаров от исторических (рис. 5).

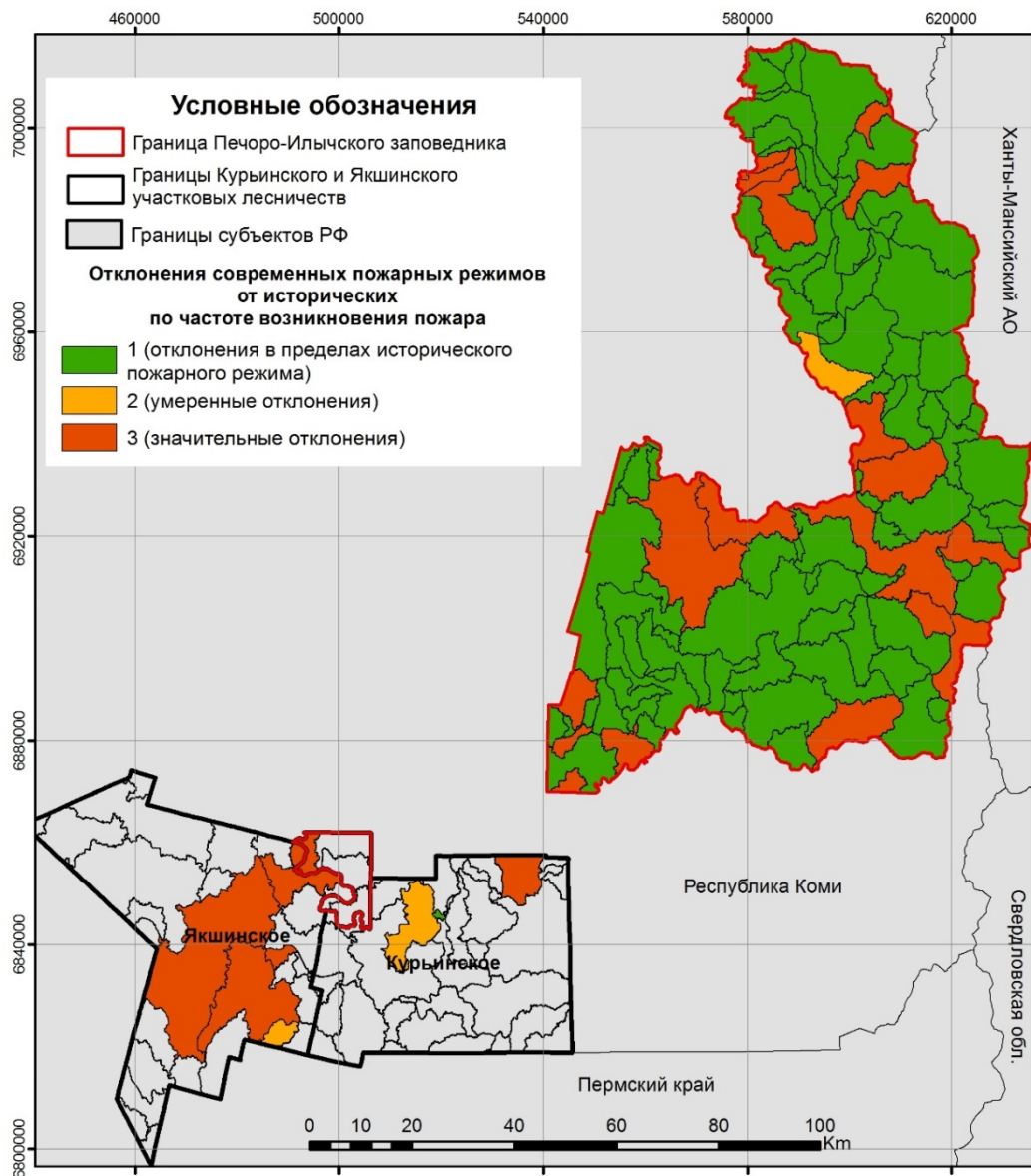


Рисунок 5. Отклонения современных пожарных режимов от исторических (по частоте возникновения пожаров)

Анализ отклонений современных пожарных режимов от исторических значений показал, что значительные изменения частоты возникновения пожаров произошли на территориях, расположенных в предгорной части заповедника в непосредственной близости к реке Илыч, а также на большей части Якшинского и северной части Курьинского участков лесничеств. Следует заметить, что указанные отклонения произошли в сторону уменьшения частоты возникновения пожаров, что может отразиться на биоразнообразии растительности. Согласно наблюдениям отечественных ученых при отсутствии пожаров на исследуемой территории будут господствовать темнохвойные леса, а луговая флора будет постепенно сокращаться, что приведет к некоторому снижению разнообразия растительного покрова (Смирнова и др., 2015). Горные территории заповедника оказались мало подвержены изменениям пожарного режима.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках исследования получены и проанализированы карты современных и исторических пожарных режимов Печоро-Илычского заповедника и его окрестностей. Выбранный методический подход позволил не только определить особенности пожарных режимов пространственных единиц с различными физико-географическими характеристиками, но и выявить изменения пожарных режимов в историческом аспекте.

Анализ исторических пожарных режимов показал преобладание на большей части территории периода повторяемости пожаров до 200 лет с низкой или смешанной степенью повреждения. Исключением является горная часть Печоро-Илычского заповедника с длинным периодом повторяемости пожаров. Современные пожарные режимы как заповедной территории, так и исследуемых участковых лесничеств характеризуются длинными периодами повторяемости пожаров. Изменения пожарных режимов во многом имеют антропогенную причину – с присвоением территории заповедного статуса прямое влияние хозяйственной деятельности исключается, что повлияло на увеличение периодов повторяемости пожаров. Помимо этого, увеличение периодов повторяемости пожаров на территории участковых лесничеств может свидетельствовать о своевременном обнаружении и тушении очагов лесных пожаров службой авиационной охраны лесов.

Оценка класса состояния пожарного режима и потенциальных рисков для экосистем показала, что современные пожарные режимы большей части исследованной территории находятся в пределах их исторических значений, следовательно, риски потери ключевых компонентов экосистем минимальны.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке фонда РФФИ (проект № 17-05-00300), а также в рамках государственного задания АААА-А18-118052400130-7 «Методические подходы к оценке структурной организации и функционирования лесных экосистем».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алейников А.А., Тюрин А.В., Симакин Л.В., Ефименко А.С., Лазников А.А. История пожаров в темнохвойных лесах Печоро-Илычского заповедника со второй половины XIX века по настоящее время // Сибирский лесной журнал. 2015. № 6. С. 31-42.

Валендик Э.Н., Иванова Г.А. Пожарные режимы в лесах Сибири и Дальнего Востока // Лесоведение. 2001. № 4. С. 69-76.

Вальтер Г. Растительность земного шара. Эколого-физиологическая характеристика. Т.2: Леса умеренной зоны / Вальтер Генрих; Сокр. пер. с нем. Т.П. Лисовской и Ю.Я. Ретеюма. Под ред. Т.А. Работнова. М: Прогресс, 1974. 424 с.

Варсановьева В.А. Геологическое строение территории Печоро-Илычского государственного заповедника // Тр. Печорско-Илычского государственного заповедника. 1940. Т. 1. С. 5-214.

Гаврилюк Е.А., Плотникова А.С., Плотников Д.Е. Картографирование наземных экосистем Печоро-Илычского заповедника и его окрестностей на основе восстановленных мультивременных спутниковых данных Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 5. С. 141-153.

Лавренко А.Н., Улле З.Г., Сердитов Н.П. Флора Печоро-Илычского биосферного заповедника. СПб: Наука, 1995. 255 с.

Лупян Е.А., Ершов Д.В., Барталев С.А., Исаев А.С. Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров и их последствий: результаты последнего десятилетия и перспективы // Пятая Всероссийская научная конференция, посвященная памяти выдающихся ученых-лесоводов В.И. Сухих и Г.Н. Коровина «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве». М., 22-24 апреля 2013 г. М: ЦЭПЛ РАН, 2013. С. 40-43.

Мелехов И.С. Лесоведение: учеб. М: Лесная промышленность, 1980. 406 с.

Плотникова А.С., Ершов Д.В., Шуляк П.П. Анализ статистики пожаров в лесном районе для обоснования выбора пространственной единицы при картографировании пожарных режимов России // Шестая Всероссийская научная конференция «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии». М., 20-22 апреля 2016 г. М: ЦЭПЛ РАН, 2016. С. 206-207.

Плотникова А.С., Харитонов А.О. Выделение границ водосборных бассейнов рек на локальном пространственном уровне // Электронный научный журнал «Вопросы лесной науки». 2018. Т. 1. №. 1. URL: http://jfsi.ru/1-1-2018-plotnikova_kharitonova/

Плотникова А.С., Харитонов А.О., Ершов Д.В. Методология динамического геоинформационного картографирования пожарных режимов лесных экосистем на локальном уровне // Седьмая Всероссийская научная конференция «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии». М., 22-24 апреля 2019 г. М: ЦЭПЛ РАН, 2019. С. 168-170.

Плотникова А.С., Харитонов А.О., Ершов Д.В. Метод определения пожарных режимов лесных экосистем на локальном уровне // Всероссийская научная конференция «Научные основы устойчивого управления лесами». М., 30 октября – 1 ноября 2018 г. М: ЦЭПЛ РАН, 2018. С. 88-89.

Смирнова О.В., Шевченко Н.Е., Смирнов Н.С. Оценка потерь флористического разнообразия в основных типах темнохвойных лесов в верховьях реки Печоры // Тр. Печоро-

Илычского гос. заповедника. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН. 2015. № 17. С. 147-153.

Теплова В.П. Характеристика некоторых гидроклиматических показателей и явлений в равнинном районе Печоро-Илычского заповедника // Тр. Печоро-Илычского гос. заповедника. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН. 2010. Вып. 16. С. 178-188.

Фуряев В.В., Курбатский Н.П., Бузыкин А.И. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука. 1996. 252 с.

Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г., Ваганов Е.А. и др. Влияние природных пожаров в России 1998-2010 гг. на экосистемы и глобальный углеродный бюджет // ДАН. 2011. Т. 441. №4. С. 544-548.

Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г. Климатические изменения и лесные пожары в России // Лесоведение. 2013. № 5. С. 50-61.

Шешуков М.А., Брусова Е.В., Позднякова В.В. Современные пожарные режимы в лесах Дальнего Востока // Лесоведение. 2008. № 4. С. 3-9.

Agee J.K. Fire ecology of Pacific Northwest forests. Island Press: Washington, D.C. 1993. 493 pp.

Barrett S.W., Havlina D., Jones J., Hann W., Frame C., Hamilton D., Schon K., Demeo T., Hutter L., Menakis J. Interagency Fire Regime Condition Class Guidebook. Version 3.0. 2010. URL: https://www.landfire.gov/frcc/frcc_guidebooks.php (July 23, 2018).

Drobyshev I., Niklasson M., Angelstam P., Majewski P. Testing for anthropogenic influence on fire regime for a 600-year period in the Jaksha area, Komi republic, East European Russia, Canadian Journal of Forest Research. 2004. Vol. 34. No. 10. P. 2027-2036.

Price K., Daust D. The frequency of stand-replacing natural disturbance in the CIT area // Report for the Coastal Information Team. 2003.

Schmidt K. M., Menakis J.P., Hardy C.C. et al. Development of coarse-scale spatial data for wildland fire and fuel management // Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-87. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 2002. Vol. 87. 41 p.

LANDFIRE Program. URL: <https://www.landfire.gov> (July 23, 2018).

REFERENCES

Agee J.K., *Fire ecology of Pacific Northwest forests*, Island Press, Washington, D.C. 1993, 493 pp.

Alejnikov A.A., Tjurin A.V., Simakin L.V., Efimenko A.S., Laznikov A.A., Istorija požarov v temnokhvojnykh lesakh Pechoro-Ilychskogo zapovednika so vtorojj poloviny XIX veka po nastojashhee vremja (The history of fires in dark coniferous forests of the Pechora-Ilych Reserve

from the second half of the XIX century to the present), *Sibirskij lesnoj zhurnal*, 2015, No. 6, pp. 31-42.

Barrett S.W., Havlina D., Jones J., Hann W., Frame C., Hamilton D., Schon K., Demeo T., Hutter L., Menakis J., *Interagency Fire Regime Condition Class Guidebook*, Version 3.0., 2010, URL: https://www.landfire.gov/frcc/frcc_guidebooks.php (July 23, 2018).

Drobyshev I., Niklasson M., Angelstam P., Majewski P., Testing for anthropogenic influence on fire regime for a 600-year period in the Jaksha area, Komi republic, East European Russia, *Canadian Journal of Forest Research*, 2004, Vol. 34, No. 10, P. 2027-2036.

Furyaev V.V., Kurbatskij N.P., Buzykin A.I., *Rol' pozharov v processe lesoobrazovaniya* (The role of fires in the process of forest formation), Novosibirsk: Nauka, 1996, 252 p.

Gavrilyuk E.A., Plotnikova A.S., Plotnikov D.E., Kartografirovaniye nazemnykh e'kosistem Pechoro-Ilychskogo zapovednika i ego okrestnostej na osnove vosstanovlennykh mul'tivremennykh sputnikovyx dannyx Landsat (Mapping of terrestrial ecosystems of the Pechora-Ilychsky Reserve and its surroundings based on reconstructed multi-time Landsat satellite data), *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2018, Vol. 15, No. 5, pp. 141-153.

LANDFIRE Program, URL: <https://www.landfire.gov> (2019, 19 June).

Lavrenko A.N., Ulle Z.G., Serditov N.P., *Flora Pechoro-Ilychskogo biosfernogo zapovednika*, Saint Petersburg: Nauka, 1995, 255 p.

Lupyan E.A., Ershov D.V., Bartalev S.A., Isaev A.S., Informacionnaya sistema distancionnogo monitoringa lesnykh pozharov i ix posledstvij: rezul'taty poslednego desyatiletija i perspektivy (Information System for Remote Monitoring of Forest Fires and Their Consequences: the Results of the Last Decade and Prospects), *Pyataya Vserossiyskaya nauchnaya konferenciya "Ae'rokosmicheskie metody i geoinformacionnye texnologii v lesovedenii i lesnom xozyajstve"* (5th All-Russia Science Conference), Moscow, 22-24 April 2013, Moscow: CE'PL RAN, 2013, pp. 40-43.

Melexov I.S., *Lesovedenie* (Forest studies), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1980, 406 p.

Plotnikova A.S., Ershov D.V., Shulyak P.P., Analiz statistiki pozharov v lesnom rajone dlya obosnovaniya vybora prostranstvennoj edinicy pri kartografirovanii pozharnyx rezhimov Rossii (Analysis of the statistics of fires in the forest area to justify the choice of spatial units in the mapping of fire regimes in Russia), *Shestaya Vserossiyskaya nauchnaya konferenciya "Ae'rokosmicheskie metody i geoinformacionnye texnologii v lesovedenii, lesnom xozyajstve i e'kologii"* (6th All-Russia Science Conference), Moscow, 20-22 April 2013, Moscow: CE'PL RAN, 2016, pp. 206-207.

Plotnikova A.S., Kharitonova A.O., Ershov D.V., Metodologiya dinamicheskogo geoinformacionnogo kartografirovaniya pozharnyx rezhimov lesnykh ekosistem na lokal'nom urovne (The method aimed at dynamic forest fire regimes mapping over the local area), *Sed'maya*

Vserossiyskaya nauchnaya konferenciya "Ae'rokosmicheskie metody i geoinformacionnye texnologii v lesovedenii, lesnom xozyajstve i ekologii" (7th All-Russia Science Conference), Moscow, 22-24 April 2019, Moscow: CEPL RAN, 2019, pp. 168-170.

Plotnikova A.S., Kharitonova A.O., Ershov D.V., Metod opredeleniya pozharnyx rezhimov lesnyx ekosistem na lokal'nom urovne (Method for determining fire regimes of forest ecosystems at the local level), Vserossiyskaya nauchnaya konferenciya "Nauchnye osnovy ustojchivogo upravleniya lesami" (All-Russia Science Conference), Moscow, 30 October - 1 November 2018, Moscow: CEPL RAN, 2018, pp. 88-89.

Plotnikova A.S., Kharitonova A.O., Vydelenie granic vodosbornyx bassejnov rek na lokal'nom prostranstvennom urovne (Identifocation of drainage basin borders at local spatial level), *Electronic scientific journal "Forest science issues"*, 2018, Vol. 1, No. 1. available at: http://jfsi.ru/1-1-2018-plotnikova_kharitonova/

Price K., Daust D., The frequency of stand-replacing natural disturbance in the CIT area, *Report for the Coastal Information Team*, 2003.

Schmidt K. M., Menakis J.P., Hardy C.C. et al., Development of coarse-scale spatial data for wildland fire and fuel management, *Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-87*, Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2002, Vol. 87, 41 p.

Sheshukov M.A., Brusova E.V., Pozdnyakova V.V., Sovremennye pozharnye rezhimy v lesax Dal'nego Vostoka (Modern fire regimes in the forests of the Far East), *Lesovedenie*, 2008, No. 4, pp. 3-9.

Shvidenko A.Z., Shhepashhenko D.G., Klimaticheskie izmeneniya i lesnye pozhary v Rossii (Climate change and forest fires in Russia), *Lesovedenie*, 2013, No. 5, pp. 50-61.

Shvidenko A.Z., Shhepashhenko D.G., Vaganov E.A. i dr., Vliyanie prirodnyx pozharov v Rossii 1998-2010 gg. na e'kosistemy i global'nyj uglerodnyj byudzhnet (The impact of wildfires in Russia 1998-2010 on ecosystems and the global carbon budget), *DAN*, 2011, Vol. 441, No. 4, pp. 544-548.

Smirnova O.V., Shevchenko N.E., Smirnov N.S. Ocenka poter' floristicheskogo raznoobraziya v osnovnyx tipax temnoxvojnyx lesov v verxov'yax reki Pechory (Estimation of the loss of floristic diversity in the main types of dark-coniferous forests in the upper reaches of the Pechora River), *Trudy Pechoro-Ilychskogo gos. Zapovednika*, 2015, pp. 147-153.

Teplova V.P., Xarakteristika nekotoryx gidroklimaticheskix pokazatelej i yavlenij v ravninnom rajone Pechoro-Ilychskogo zapovednika (Characteristics of some hydroclimatic indicators and phenomena in the flat region of the Pechora-Ilychsky Reserve), *Trudy Pechoro-Ilychskogo gos. Zapovednika* 2010, pp. 178-188.

Valendik E'.N., Ivanova G.A., Pozharnye rezhimy v lesax Sibiri i Dal'nego Vostoka (Fire regimes in the forests of Siberia and the Far East), *Lesovedenie*, 2001, No. 4, pp. 69-76.

Val'ter G., *Rastitel'nost' zemnogo shara, E'kologo-fiziologicheskaya xarakteristika* (The vegetation of the globe, Ecological and physiological characteristics), Vol. 2: Lesa umerennoj zony, Val'ter Genrix, Moscow: Progress, 1974, 424 p.

Varsanofeva V.A., Geologicheskoe stroenie territorii Pechoro-Ilychskogo gosudarstvennogo zapovednika (Geological structure of the Pechora-Ilychsky State Reserve), *Trudy Pechorsko-Ilychskogo gosudarstvennogo zapovednika (Trudy of the Pechora-Ilych State Reserve)*, 1940, Vol. 1, pp. 5-214.

CURRENT AND HISTORICAL FIRE REGIMES OF PECHORA-ILYCH NATURE RESERVE AND ITS SURROUNDINGS

A.O. Kharitonova, A.S. Plotnikova, D.V. Ershov

Center for Forest Ecology and Productivity of the RAS

Profsoyuznaya st. 84/32 bldg. 14, Moscow, 117997, Russia

E-mail: Kharitonova@ifi.rssi.ru

Received 30 June 2019

Recurring fires have a significant impact on the dynamics and functioning of forest ecosystems. The fire regime determines conditions of occurrence, spread and long-term consequences of forest fires. A significant change in the fire regime in the natural complex may indicate at possible loss risks of the key components of the ecosystem. This study presents current and historical fire regimes mapping results for the Pechora natural reserve and its surroundings - Kurinsky and Yakshinsky forest districts. The input dataset consists of fire historical fires records for the area taken from several sources: historical fires dataset of the Pechora natural reserve covering period from the second half of the XIX century till nowadays, which was received from both satellite images interpretation and reserve's records archive analysis; hot spots detected by airborne-based and ground-based means covering period from 1987 to 2011 and the dendrochronological reconstruction of fires in the pine forests of the reserve's surroundings for a 600-year period. We applied a methodology of mapping forest ecosystems fire regimes at local level for mapping both current and historical fire regimes. The methodology is based on the LANDFIRE classification, which accounts for fires frequency and fires severity. Results analysis of historical fire regimes indicate the dominance of "less than 200 years" fire return rate, associated with low-to-moderate fire severity for the most of the area. As an exception, the mountainous part of the Pechora natural reserve is characterized by a long period of fire return rate. The analysis of current fire regimes has revealed long periods of fire recurrence in both the reserve area and the forest districts area. We also showed a human impact on the increase in fire frequency. An assessment of the deviation of current fire regimes from their historical values showed that current fire regimes are within their normal historical range in most of the study area.

Key words: *fire regimes, the Pechora natural reserve, LANDFIRE, FRCC, GIS analysis.*

Рецензент: К.Т.Н., научный сотрудник Стыщенко Ф.В.