Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт экономики, управления и природопользования
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
С.В. Верховец
подпись
«21» 06 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

05.03.06 – экология и природопользование
05.03.06.01- Экология

Сопряженный анализ горимости таежных лесов Эвенкии и Якутии в современных погодных условиях

Руководитель	17.06.16	Е.И. Пономарев
	подпись, дата	инициалы, фамилия
Выпускник	20.06.2016	А.С. Скоробогатова
	подпись, дата	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	06.16	И.Г. Гетте
	подпись, дата	инициалы, фамилия

Красноярск 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ……..…3
1.Обзор литературы……..…….....5
1.1 Классификация и факторы развития лесных пожаров…...……....5
1.2 Виды мониторинга лесных пожаров…….……....9
1.3 Причины возникновения и последствия воздействия лесных пожаров..12
1.4 Пожары на территории Сибири ……..……....12
2. Район исследования и исходные данные……...…….....15
2.1 Средне-Сибирский плоскогорный таежный район ……...…15
2.2 Восточно-Сибирский таежный мерзлотный район……...16
2.3 Исходные данные …….....16
3. Методика исследования...……... …….…….…….....19
4. Результаты……..…22
4.1 Статистические данные о горимости за период с мая по октябрь за 2006 - 2015 годов..……..…23
4.2 Анализ метеорологичесих показателей……...……25
4.3 Сценарии развития пожарной ситуации……... …….38
4.4 Тепловлагообеспеченность и обеспеченность в зимний период……44
4.5 Анализ различий горимости территории…….
Заключение ……..……...…….....48
Список сокращений ……49
Список использованных источников …...…….....50

ВВЕДЕНИЕ

Природные пожары в малоосвоенных регионах составляют значительную часть всех чрезвычайных ситуаций природного характера.

Пожары являются основной причиной повреждения и гибели лесов на значительных площадях. Ежегодно в России происходит до 30 тыс. лесных пожаров. Около 80% лесных пожаров возникает по вине человека [1]. Так же, у всех на слуху 2015 год, когда Хакассию, Бурятию и Забайкальский край охватили лесные пожары. В регионах был введен режим ЧС.

Согласно публикациям последних лет ежегодно в России 70–90% от всех площадей лесов, пройденных огнем, фиксируется на территории Сибири (это от 2 до 10 млн га) [2,3,4].

Ущерб от лесных пожаров носит не только экономический характер от потери древесины на корню, потери ресурсов побочного лесопользования, расходы на тушение лесных пожаров, стоимость сгоревших объектов и готовой продукции в лесу, расчистка горельников и дополнительные санитарные рубки в насаждениях, поврежденных лесными пожарами, но и экологический - уничтожение действующих экосистем, нарушение растительного покрова, угроза жизни животному миру [5].

Одним из важных факторов сокращения уровня воздействия на природные экосистемы лесных пожаров является постоянный мониторинг территорий. Особенно тщательно надо подходить к этому вопросу в труднодоступных регионах, как Республика Саха (Якутия) и Эвенкия (Красноярский край). Но как мы знаем, на данной территории, входящей в Арктическую зону, трудно осуществлять их наземный и авиационный мониторинг за исключением космических методов с применением спутниковой информации. И в связи с этим мониторинг осуществляется дистанционными методами с использованием космических спутников. Это направление мониторинга активно развивается и используется на практике в последние 20 лет, так как предоставляет достоверную информацию практически в режиме реального времени. А так же позволяет получать количественные показатели динамики горимости, как важнейшего фактора оценки экологического состояния лесов северных территорий.

Цель работы – проанализировать условия формирования пожароопасного состояния и дать количественную оценку динамики горимости таежных лесов Эвенкии и Якутии с учетом особенностей динамики метеорологических показателей.

Были поставлены следующие задачи:

1) Выполнить анализ многолетних данных о пожарах на территории Среднесибирского плоскогорно-таежного района (Эвенкия) и Восточно-Сибирского мерзлотно-таежного района (Якутия).

2) Исследовать динамику метеопараметров с использованием метеорологических архивных данных с сайта, за период с мая по октябрь с 2006 по 2015 года.

3) Восстановить долговременные ряды показателя пожарной опасности по условиям погоды (ПВ-1) и гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК); выявить различия в условиях формирования уровня пожарной опасности в лесах Якутии и Эвенкии.

4) Разработать статистические модельные сценарии развития пожароопасного сезона и оценить их связь с показателями горимости.

5) Выявить различия в относительных показателях горимости и частоты пожаров на исследуемых территориях в связи с различиями метеорологического параметров.

1. Обзор литературы

Лесные пожары оказывают глобальное воздействие на атмосферу Земли. В 1972 и 2010 гг. на Европейской территории России и в Сибири в течение летних месяцев горели леса и торфяники на площади более 10 млн га. По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат), всего с начала 1992 года по конец 2014 года в России произошло 589 тыс. 768 лесных пожаров. И только в 2014 году, по информации, представленной Единой межведомственной информационно-статистической системой (ЕМИСС), площадь пожаров в России составила 3140243,78 га [6].

Леса России занимают 22% всех лесов мира, ими покрыто ≈ 50% территории Российской Федерации, а это равняется 1,2 млрд. га [7]. Около половины площади этой территории проходится на бореальные леса (до 600 млн. га). Но основная часть бореальных лесов России приходится на Сибирь [8]. Бореальные леса – наиболее важные природные комплексы, выполняющие такие функции, как очищение воздуха от промышленных загрязнений, обогащение атмосферы кислородом и поглощение углерода. А так же выполняют санитарно-гигиенические функции такие. Также бореальные леса – депо углерода на нашей планете. Они являются огромными резервуарами секвестра углерода, приблизительно 200-600 млн т углерода в год [9].

Существование и функционирование бореальных лесов тесно связано с пожарами растительности. Роль пожаров, как одного из лимитирующих фактор, особенно возросла в последние десятилетия, когда увеличилась доля пожаров антропогенного происхождения.

1.1 Классификация и факторы развития лесных пожаров

Лесной пожар определяется как стихийное распространение огня по слою лесных горючих материалов. С экологической точки зрения лесные пожары имеют как положительные, так и отрицательные стороны. Последствия пожаров многозначны: гибель древостоев, уничтожение ценной древесины, нарушение состояния растительных покровов, а на уровне экосистем – изменение состояния водосборных бассейнов, сукцессионные процессы. Опасность для человека связана не только с прямым действием огня, но также с резким повышением концентрации угарного газа, окиси углерода и снижением процента кислорода в атмосферном воздухе.

В лесной пирологии принята следующая классификация лесных пожаров, разработанная И.С. Мелеховым и первоначально опубликованная в 1947 г. [10]. Классификация представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация лесных пожаров И.С. Мелехова.

I. Низовые пожары	II. Верховые пожары	III. Подземные пожары
Подстилочно-гумусовые 1) устойчивые	Вершинные 8) устойчивые 9) беглые	Торфяные 13) устойчивые
Напочвенные: 2) устойчивые 3) беглые	Повальные: 10) устойчивые 11) беглые	
Подлесно- кустарниковые: 4) устойчивые 5) беглые	Повальные: 10) устойчивые 11) беглые	
Валежниковые и пневые: 6) устойчивые 7) беглые	Стволовые: 12) устойчивые	

В классификации И.С. Мелехова пожары делятся на три класса: низовые, верховые и подземные пожары. Каждый класс делится на свой подкласс. По скорости распространения огня и характеру горения лесные пожары характеризуются как беглые (при высокой скорости ветра) и устойчивые [10].

Тогда как классификация Н. П Курбатского [11,12], представленная на рисунке 1, опубликованная в 1964 г. несколько отличается от классификации И.С. Мелехова. В предлагаемой классификации автор сократил число категорий лесных пожаров от 13 (как у Мелехова И.С.) до 9.

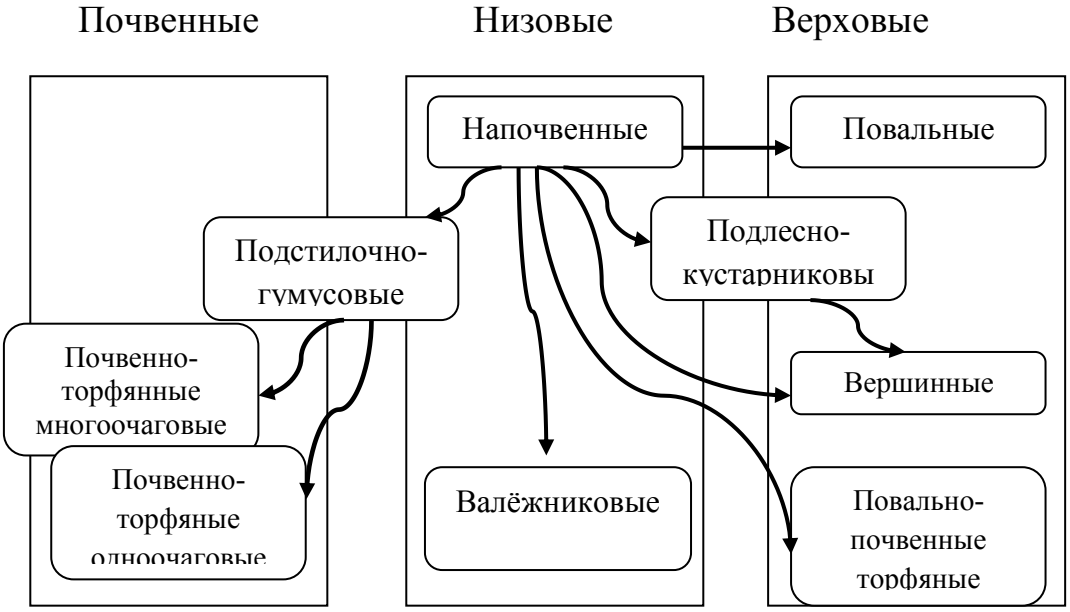

Рисунок 1 – Классификация лесных пожаров Н.П. Курбатского (1964)

В своей классификации Н.П. Курбатский предложил различать простые пожары, т.е. пожары в пределах отдельных насаждений или лесных биогеоценозов, и сложные пожары, охватывающие два и более лесных биогеоценоза. Низовой лесной пожар охватывает нижние ярусы растительности, лесную подстилку и опад. Основной горючий материал: мхи, травяной покров, подрост и подлесок. Верховой лесной пожар проходит по пологу леса. Такой тип пожара возникает из низового как следующая стадия его развития. Также в этой классификации подстилочно-гумусовые пожары названы подстилочными и отнесены к почвенным. Почвенный лесной пожар – пожар, при котором беспламенное горение распространяется в органической части почвы леса. Древостой полностью погибает в результате такого пожара, так как обнажаются и обгорают корни деревьев. Почвенные или почвенно-торфяные пожары наблюдаются на участках с торфянистыми почвами. Каждый из видов пожаров относится либо к беглым, либо к устойчивым [11,12].

В настоящее время используется переработанная и дополненная И.В. Овсянкинным шкала распределения категории лесов по классам пожарной опасности с учетом очередности пожарного созревания и возможности развития сильных пожаров [13].

Природа и характер развития лесных пожаров определяется многими факторами.

Возникновение и развитие пожаров в значительной степени определяются ветром. Именно он усиливает испарение и понижает содержание влаги в горючих материалах, тем самым повышая возможность возникновения пожаров. Сухие ветры резко повышают пожарную опасность, а влажные – снижают ее. Решающее влияние ветер оказывает на скорость распространения пожара и его интенсивность. Ветер является одним из важных факторов перехода низовых пожаров в верховые. Он также переносит по воздуху горящие частицы на сотни метров, создавая массовые пятнистые загорания впереди основной кромки огня, резко ускоряя тем самым распространение пожара и увеличивая трудность его тушения. Именно ветер сыграл решающую роль в распространении пожаров в апреле 2015 года в Хакасии, когда от пожаров сгорело несколько поселков и дачных массивов.

Параметры пламени и характер развития пожара зависят и от рельефа. Так, при увеличении угла наклона поверхности от 0 до 15° скорость распространения огня возрастает в 1,6 раза. При уклоне поверхности 35° скорость распространения огня возрастает в 11, а при 45° – в 41 раз. При крутизне склона выше 20° высота пламени увеличивается в 1,3 раза, при крутизне 45° – в 3,6 раза. Интенсивность горения и объем пламенной зоны при этом резко возрастают [14,15].

Лесные горючие материалы (ЛГМ) – лесная подстилка, опад, сухая трава. Главный фактор, лимитирующий возможность загорания горючих материалов, скорость их сгорания и выделения энергии, – содержание в них влаги, которое зависит от предшествовавшей и текущей погоды. Поэтому основные методы

определения степени пожарной опасности в лесу по условиям погоды основаны на контроле содержания влаги в ЛГМ. Пламенное горение зеленых мхов, кустистых лишайников, сфагнума, опада листвы и злаков прекращается при содержании влаги в этих горючих материалах выше 26%.

По роли в возникновении, распространении и развитии пожаров еще Н. П. Курбатский подразделяет ЛГМ на три класса:

1) основные проводники горения (ОПГ);
2) материалы, поддерживающие горение;
3) материалы, задерживающие распространение горения.

Для наглядности классификация оформлена в виде таблицы 2[16].

Таблица 2 – Классификация лесных горючих материалов

	Группа ЛГМ	**Вид горючего материала**	**Тип горения**
Проводники горения	I	Опад, лишайники, мхи	Преимущественно пламенное
	II	Лесная подстилка, торф	Тление
	III	Валежник, пни, крупные порубочные остатки	Здоровая древесина горит преимущественно пламенно, гнилая – тлеет
Поддерживающие горение	IV	Травы, кустарнички, плауны, сеянцы древесных растений	Пламенное
	V	Подрост и подлесок	Преимущественно пламенное, хвойные горят интенсивней, чем лиственные
	VI	Хвоя, листва, несущие их веточки и мелкие сучья полога древостоя	Преимущественно пламенное, хвойные горят интенсивней, чем лиственные
Задерживающие горение	VII	Некоторые виды трав, кустарничков, кустарников и деревьев	Самостоятельно не горят из-за высокого влагосодержания или особенностей химического состава

Кузьмичева с соавторами [17] выделяют следующие факторы среды, определяющие закономерности возникновения, распространения и развития лесных пожаров:

1) вид, влагосодержание и запас основных горючих материалов;
2) скорость ветра;
3) характер рельефа;
4) влажность и температура воздуха;
5) состояние атмосферы;

6) фенологические фазы развития растительности;

7) облачность и период инсоляции.

Решающую роль в возникновении, развитии и поведении пожара будет играть сочетание этих всех природных факторов. Факторы среды тесно связаны между собой. Например, погодные условия могут менять состояние ЛГМ. Так и скорость ветра в лесных массивах намного ниже, чем на открытых территориях. Именно поэтому нельзя учитывать только один фактор распространения пожара, а учитывать все факторы комплексно.

1.2 Виды мониторинга лесных пожаров

Мониторинг лесных пожаров - система наблюдений, регистрации активных пожаров и контроля за пожарной опасностью в лесу по условиям погоды, состоянием лесных горючих материалов, источниками огня и лесными пожарами с целью своевременной разработки и проведения мероприятий по предупреждению лесных пожаров и снижению ущерба от них. И что важно, позволяет не достигать размеров чрезвычайной ситуации до федеральных и трансграничных масштабов [18].

Мониторинг лесных пожаров включает в себя наземный мониторинг, авиационный и космический.

Наземный мониторинг удобен тем, что возможно раннее обнаружение лесного пожара, но только при условии наличия поблизости пожарно-наблюдательной вышки. Авиационный мониторинг – более информативен с точки зрения состояния и характера пожара, так как выполняется с помощью самолетов и вертолетов малой авиации, но не везде доступен в территориальном плане. Поэтому возрастает эффективность беспилотных аппаратов и космических спутников. Для получения объективной и достоверной информации о количестве пожаров и площадях, пройденных огнем, необходимо использовать современные технические средства, и прежде всего – космические. Именно с помощью космического мониторинга пожаров можно охватить большую территорию.

На рисунке 2 представлено зонирование территорий по способам мониторинга лесных пожаров.

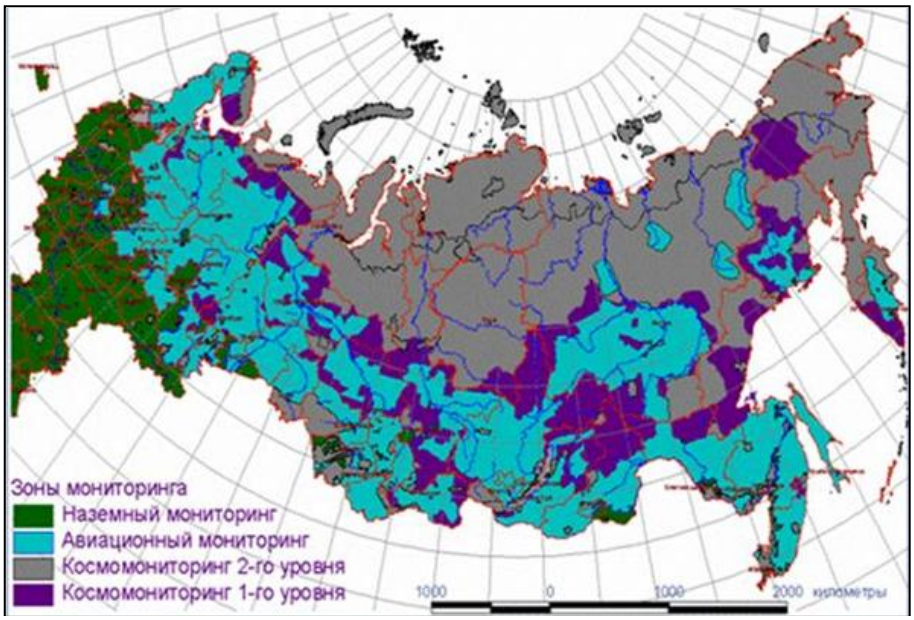

Рисунок 2 - Зонирование территорий по способам мониторинга лесных пожаров

Из рисунка видно, что часть территории России приходится на космический мониторинг. По данным ФБУ «Авиалесоохрана», на зону космомониторинга приходится более 560 млн га (51%) от всей площади лесов Российской Федерации [19].

Данные спутниковых наблюдений весьма важны при оценке распространения лесных пожаров, выявления их очагов, анализе развития дымов от пожаров, гарей, выявлении опасности возникновения пожаров. Возможность ликвидации пожара на малой площади, особенно в условиях высокой пожарной опасности, определяется оперативностью обнаружения. Таким образом, отвечающие требованиям оперативного мониторинга лесных и торфяных пожаров соответствуют спутники с высоким радиометрическим разрешением и высокой периодичностью съемки (серии NOAA и EOS). Для мониторинга последствий пожаров необходимо использовать спутники с высоким пространственным разрешением до 30 метров.

Космические аппараты, которые позволяют детектировать очаги пожара, представлены в таблице 3 [20,21,22].

Таблица 3 – Космические аппараты, позволяющие отслеживать пожарную обстановку

КА/Прибор	NOAA/ AVHRR	TERRA(AQUA)/MODIS	LANDSAT/TM (ETM+)	TERRA/ ASTER
Обзорность, км.	3000	2330	184	60
Радиометрическое разрешение, бит	10	12	8	NIR – 8 SWIR – 8 TIR – 12
Пространственное разрешение, м.	1100	NIR - 250-1000 SWIR – 500 TIR - 1000	NIR SWIR – 30 TIR - 60	NIR – 15 SWIR – 30 TIR – 90
Количество спектральных каналов в ИК диапазоне	NIR – 1 SWIR – 1 TIR - 2	NIR – 6 SWIR – 3 TIR - 16	NIR – 1 SWIR – 2 TIR - 1	NIR – 1 SWIR – 6 TIR – 5

Задачи мониторинга пожаров и их последствий:

1. Детектирование пожаров, определение мест загорания;
2. Мониторинг и контроль развития пожаров;
3. Оценка пожарной опасности в пределах сезона;
4. Прогнозирование рисков возникновения пожаров в долгосрочной перспективе;
5. Оценка последствий пожаров. Совмещение снимков до и после пожаров дает возможность выявить гари, определить их площади на текущее время и оценить нанесенный ущерб.

Методы детектирования пожаров базируются на анализе температур яркости в отдельных спектральных каналах. Ключевым признаком поискового явления есть локальное повышение температуры в месте возгорания.

Обнаружение очагов пожаров визуальным способом позволяет быстрее и точнее определить пороги обнаружения тепловых аномалий. В общем случае данные пороги будут разными. Это связано, прежде всего, с площадью и температурой горения, временем года и суток, и с географическими координатами места пожара.

Присутствие очага горения в видимом спектре определяется по наличию основного дешифровочного признака лесных пожаров - дымовому шлейфу. По форме на снимке очаг напоминает конус светло-серого цвета [23]. При обнаружении лесных пожаров используются также средний и тепловой инфракрасный диапазон спектра [24].

1.3 Причины возникновения и последствия воздействия лесных пожаров

Основной причиной возникновения природных пожаров является деятельность человека (~79%). При этом основным виновником пожаров (~70%) является население [25]. Большинство пожаров возникает в местах пикников, сбора грибов и ягод, во время охоты, от брошенной горящей спички, непотушенной сигареты. Бутылки и осколки стекла, не полностью потушенный костер становятся причинами возникновения пожара. От сельскохозяйственных палов, от сжигания порубочных остатков, по вине лесозаготовителей, экспедиций, а также транспортных систем возникает ~ 9% природных пожаров. От природных факторов (молнии) - более 13% пожаров. Остальная часть пожаров возникает по невыясненным причинам [26].

Последствия воздействия лесных пожаров на окружающую среду и человека делят на три типа – экономические, экологические и социальные.

1) Экономические: потери древесины, в том числе повреждение молодняков, ресурсов побочного лесопользования; Расходы на тушение, расчистку горельников и др.; восстановительные работы; убытки других отраслей: прекращение авиа-, ж/д-, автоперевозок, судоходства и др.

2) Экологические: загрязнение продуктами горения воздушной среды, водной среды, почв: уничтожение кислорода; тепловое загрязнение; массовый выброс парниковых газов; изменение микроклимата; задымление и загазованность атмосферы; гибель животных и растений; снижение биоразнообразия.

3) Социальные: гибель и травматизм людей, непосредственно в зоне пожара; ухудшение психофизиологических показателей населения: физических, эмоциональных, интеллектуальных, репродуктивных, наследственности; рост заболеваемости населения; уменьшение продолжительности жизни [27].

1.4 Пожары на территории Сибири

Многократно отмечалось, что первая декада XXI века характеризовалась увеличением частоты возникновения пожаров и итоговых площадей, подвергающихся пирогенному воздействию, как в масштабах всего Северного полушария [28], так и на территории Сибири в частности [29]. Российские и зарубежные эксперты приводят оценки ежегодной площади лесных пожаров в России на уровне от 2 до 17 млн. га [30,31]. В отдельные годы площадь пожаров может превышать 20 млн. га [32]. В таких оценках отражена и высокая вариабельность данных о пожарах, и возрастающий тренд горимости лесов в современных климатических условиях [33] .

Известно, что сибирские леса особо чувствительны к разрушающему воздействию пожаров, результатом которых является увеличение содержания

аэрозолей и парниковых газов в атмосфере, изменения в радиационном балансе территории, а также балансе углерода и составе растительности.

Возникновение и интенсивность развития лесного пожара зависят от климатических условий, в частности, от погодных аномалий, естественных факторов возгорания и от человеческого фактора, способности лесоохранных служб своевременно выявлять и тушить обнаруженные пожары.

Прогнозы и тенденции изменения климата порождают необходимость развития двух важнейших направлений:

1) модернизация моделей оперативного прогнозирования возникновения и развития пожаров для планирования противопожарных мероприятий;

2) усовершенствование методов учета текущих и будущих эмиссий газов в результате пожаров, позволяющих оценить их вклад в глобальное изменение климата.

Современная реализация сетевого мониторинга пожаров использует методы обработки спутниковых данных для обнаружения активных пожаров и площадей гарей. Примером является Центр глобального мониторинга пожаров (GFMC), в России существует Информационная система дистанционного мониторинга пожаров (ИСДМ-Рослесхоз). Спутниковые данные имеют достаточное пространственное разрешение и высокую частоту обновления для точного определения пространственно-временных особенностей пожаров на больших территориях. Прогнозирование развития пожароопасной ситуации осуществляется по индексам погодной пожарной опасности на основе метеоданных.

Низкая точность прогноза поведения лесных пожаров подтверждает необходимость усовершенствования используемых методов.

Тестирование индексов ППО на соответствие параметрам детектируемых пожаров является первостепенной задачей в мониторинге пожаров на региональном уровне.

По данным многолетних спутниковых наблюдений пожары в лиственничниках составляют 7,2 ± 2,4% от общего количества регистрируемых в условиях Центральной Сибири пожаров. Однако в отдельные годы экстремальной горимости этот показатель существенно возрастает. Так в 1996, 1999, 2006 и 2012 годах в лиственничниках регистрировалось 21 — 45 % от общего числа пожаров данного региона [34].

2. Район исследования и исходные данные

Основываясь на статистике лесных пожаров в труднодоступных регионах Сибири, в качестве района исследований выбраны Средне-Сибирский плоскогорный таежный район и Восточно-Сибирский таежный мерзлотный районы, которые в административном отношении соответственно относятся к Эвенкийскому муниципальному району Красноярского края и юго-западной части Республики Саха (Якутия). Представлены на рисунке 3.

В координатном расположении Средне-Сибирский таежный мерзлотный район находится от 92° до 107° В.Д. и между 59° и 65° С.Ш. Мст.Тура – С.Ш. 64°5′; В.Д 101°. Мст.Ванавара- С.Ш. 60°; В.Д. 102°. Восточо-Сибирский таёжный район - от 107◦ до 142◦ В.Д. и 55° С.Ш. - 70° С.Ш. Мст. Ленск – С.Ш. 60°; В.Д. 112°. Мст Якутск – С.Ш. 62°; В.Д 129°43′.

Рисунок 3 – Районы исследования

2.1 Средне-Сибирский плоскогорный таежный район

Территория Средне-Сибирского плоскогорного таежного района находится на Среднесибирском плоскогорье. Так же на территории выбранного района находится Тунгусско-Балахтинское плато, Чуня-Тунгусское среднетаежное плато и Енисейский кряж.

Распространены мерзлотные почвы. Почвенный покров характеризуется широким распространением таежных маломощных скелетных почв, подзолистых, местами дерново-подзолистых почв.

На территории района происходит плавный переход от редкостойных лиственичнников к лесам северной тайги. Лиственничные леса с примесью ели и кедра с их кустарничково-мохово-лишайниковым покровом, характеризуется

значительной угнетенностью древостоя. Восточнее среди лиственничного редколесья пробивается береза с густым ярусом кустарников [35]. Лесистость территории района - более 70% [36].

Климат района резко континентальный. Годовая амплитуда варьирует от плюс 40°С до минус 53°С (Тура). Средние месячные температуры января составляют минус 34 - 38°С. Морозы длятся 240 - 275 дней. Значительная часть территории района относится к районам распространения вечной мерзлоты. Средние месячные температуры июля - от +13°С до +15°С. Осадков выпадает около 400 мм в год. Распространена многолетняя мерзлота [37].

2.2 Восточно-Сибирский таежный мерзлотный район

Территория района находится на Приленском плато и Центральноякутской низменности.

Расположение района предопределило суровость природных и климатических условий. Большая часть территории относится к арктическому и субарктическому континентальному климатическому поясу. На всей территории распространена многолетняя мерзлота.

На большей части территории развиты мерзлотно-таежные почвы, мерзлотно-горно-лесные, а также дерново-лесные, палевые [38].

Лесная растительность на территории района в основном лиственничная [39]. Главной лесообразующей породой является даурская лиственница. Кроме лиственницы, произрастает сосна и кедр, которые распространены в основном на южных территориях. Лесистость района равна 46,7%.

Средние температуры января от -34◦ до -40◦С. Средние температуры июля от 12◦ до 18◦ С. Среднегодовое количество осадков варьирует от 150-200 мм, с летним максимумом [40].

2.3 Исходные данные

В работе проведен анализ 10 пожароопасных сезонов с 2006 по 2015 годы отдельно в каждом из рассматриваемых лесорастительных районов. Для этого были использованы следующие исходные данные:

- Информация о пожарах на территории полученная из базы данных спутникового мониторинга (ИЛ СО РАН), обработана и визуально представлена с помощью программы ArcGIS.
- Были использованы снимки со спутника LANDSAT с сайта Геологической Службы США USGS (U.S. Geological Survey) [41]. Пример снимка, на котором отчетливо видна территория леса, пройденная огнем, и шлейф дыма от пожара, представлен на рисунке 4.

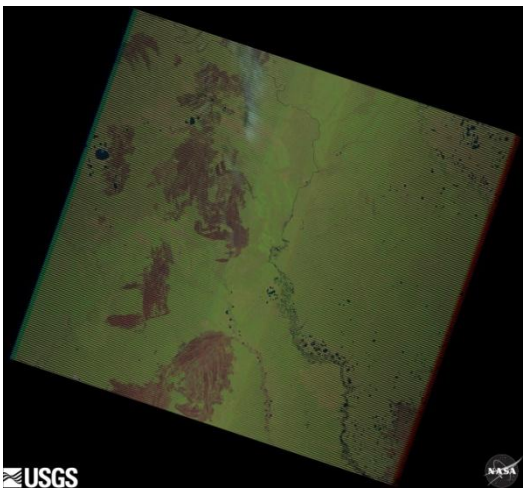

Рисунок 4 – Снимок со спутника LANDSAT

- Метеорологические данные, характеризующие погодные условия в пожароопасные периоды, а именно температура воздуха (t), дефицит точки росы (t_j), количество осадков за сутки (мм.), дату схода снега, за период с 1 мая по 30 сентябрь в 2006 -2015 годы по мст. Якутск (Якутия), мст. Ленск (Якутия), мст. Ванавара (Эвенкия) и мст. Тура (Эвенкия) получены из открытого банка данных Росгидромета [42].

После обработки полученных данных была проведена работа по геоинформационному анализу данных по пожарам, сопряженным с анализом динамики погодных факторов. Результаты обобщения и анализ данных приведены в тексте работы.

3. Методика исследования

Методика исследования предполагала осуществление геоинформационного (ГИС) анализа данных, сопряженного с анализом динамики погодных факторов, восстановлены ряды показателя пожарной опасности по условиям погоды ПВ-1 и гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК).

Вероятность возникновения лесных пожаров определяется наличием лесных горючих материалов (ЛГМ), наличием источников огня и основным погодным фактором является температура воздуха и количество осадков. Чтобы оценить динамику пожарной опасности по условиям погоды мы использовали два принятых в практике показателя. Первый - пожароопасность по условиям погоды (ПВ-1).

Для определения пожарной опасности была использована методика Ленинградского научно-исследовательского института лесного хозяйства [43]. Для вычисления показателей были использованы такие метеорологические элементы как, температура воздуха, дефицит точки росы и количество осадков за сутки.

Согласно методике пожароопасность (ПО) определялась как сумма произведения температуры воздуха на разность температур воздуха и точки росы за число (n) суток без дождя. Когда выпадает достаточное количество осадков, для обнуления пожарной опасности, это происходит.

Формула расчета класса природной пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды определяется как сумма произведения температуры воздуха (t°) на разность температур воздуха и точки росы (эта) за n дней без дождя (считая день выпадения более 3 мм осадков первым (1) днем бездождевого периода):

$$\text{ПВ1} = \sum_{n}^{1}\left[t^{\circ}\left(t^{\circ} - t_j\right)\right] \qquad (1)$$

Где t° -температура воздуха;

tj- точка выпадения росы, суммирование (n) ведется по данным за каждый день пожароопасного периода.

Фрагмент расчетной таблицы представлен в таблице 6.

25.7.15	25,4	11,3	0	13733	13733
26.7.15	20,4	17,1	0,8	13801	13801
27.7.15	26,0	14,3	0	14105	14105
28.7.15	26,5	7,7	0	14603	14603
29.7.15	27,3	10,5	0	15062	15062
30.7.15	25,6	14,2	0	15353	15353

31.7.15	15,8	15,1	31	15364	0

Таблица 6 - Фрагмент расчетной таблицы пожароопасности по условиям погоды за период с 25.07 до 31.07 за 2015 год

Дата	Т,°	Т т.р,°	Осадки, мм	ПВ	ПВ-1
25.7.15	25,4	11,3	0	13733	13733
26.7.15	20,4	17,1	0,8	13801	13801
27.7.15	26,0	14,3	0	14105	14105
28.7.15	26,5	7,7	0	14603	14603
29.7.15	27,3	10,5	0	15062	15062
30.7.15	25,6	14,2	0	15353	15353
31.7.15	15,8	15,1	31	15364	0

Также был рассчитан гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) для каждого года [44, 45].

Этот коэффициент является показателем увлажнённости территории, определяемый как соотношение суммы осадков (r) в мм за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10 °С к сумме температур (∑t) за это же время, уменьшенной в 10 раз.

$$ГТК = \frac{\sum r}{\sum t^{\circ} \cdot 0{,}1} \qquad (2)$$

Где r-осадки за определенный период;

t◦ - температура за определенный период.

Пример расчета ГТК представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет гидротермического коэффициента Селянинова за 2015 год

	Сумма Т,°	Сумма осадков, мм	ГТК
май	287,1	34,7	1,21
июнь	570,1	24,2	0,42
июль	721,3	38,8	0,58
август	513,9	193,8	3,77
сентябрь	238,8	37,8	1,58

В зависимости от условий погоды в субъектах Российской Федерации действуют региональные классы пожарной опасности в лесах. Решение о применении региональных классов оформляется приказом Федерального агентства лесного хозяйства и может быть установлено отдельно для разных временных периодов [46].

Для регионов, в которых не установлены региональные классы, действуют федеральные классы пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды, указанные в таблице 8.

Таблица 8 – Федеральные классы пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды

Класс пожарной опасности в лесах	Величина комплексного показателя	Степень пожарной опасности
I	0…300	Отсутствует
II	301 …1000	Малая
III	1001 …4000	Средняя
IV	4001… 10000	Высокая
V	Более 10000	Чрезвычайная

Характеристика горимости была рассчитана по шкале Мокеева Г.А. Выражается в процентном соотношении относительной горимости на 100 тыс.га:

$$r = \frac{S\text{пож}}{S\ \text{охр. тер.}} * 100\% \qquad (3)$$

Где r – относительная горимость (%) ;
Sпож – суммарная площадь лесных пожаров;
Soxp.тер – охраняемая территория или площадь леса [47] .

Так же по следующей формуле была рассчитана частота пожаров по Софронову М.А на 100 тыс. га за сезон [48]:

$$\nu = \frac{n}{S\ \text{леса}} * 10^5 \qquad (4)$$

Где ν – частота пожаров;
n – количество пожаров;
S леса – площадь леса.

В итоговую базу данных входит 6120 записей показателя пожарной опасности по условиям погоды, 200 вычислений гидротемического коэффициента Селянинова. Статистический анализ проводился на основании 40 временных рядов ПО по условиям погоды и 18 графиков сценариев развития пожароопасной ситуации.

4. Результаты

4.1 Относительная горимость и частота пожаров

Информация, полученная при обработке спутниковых данных по количеству и площадям лесных пожаров позволяет дать характеристику горимости и частоты пожаров на исследуемых лесных территориях исходя из характеристики горимости по шкале горимости Мокеева Г.А [47] и частоте пожаров по Софронову М.А. [48] (таблица 9).

За десятилетний период на территории Средне-Сибирского плоскогорного таежного района произошло 1991 пожаров, площадь лесов, пройденная огнем, составила 5633 га. За этот же период на территории Восточносибирского мерзлотного таежного района произошло почти в 4 раза больше лесных пожаров -7730 га, а площадь лесов, пройденная огнем, в 28 раз больше и составила 18347400 га.

Таблица 9 – Характеристики горимости и частоты пожаров.

Характеристика горимости по шкале Мокеева Г.А.		Частота пожаров по Сафронову М.А.	
Интервал относительной горимости	Характеристика горимости	Интервал частоты пожаров	Характеристика частоты пожаров
Менее 0,01%	Низкая	Менее 0,5	Низкая
0,01-0,1%	Средняя	0,6-2,0	Умеренная
0,1-1,0%	Высокая	2,1-7,0	Повышенная
Более 1%	Чрезвычайная	7,1-20,0	Высокая
		Более 20,1	Очень высокая

Относительная горимость лесов, представляющая собой отношение площади пожаров к величине охраняемой площади, выраженное в %, также различается. В среднем за 10-летний период на территории Средне-Сибирского плоскогорного таежного района она составила 0,78, в то время как на территории Восточносибирского мерзлотного таежного района - 3,11. Частота пожаров, представляющее собой количество пожаров на 100 тыс.га на лесной территории Якутии в среднем в 4 раз больше.

Посезонное сравнение показывает, что различия могут быть существенно выше (таблицы 10 и 11).

Таблица 10 – Относительная горимость и частота пожаров в лесах на территории Среднесибирского плоскогорного таежного района

Таблица 11 – Относительная горимость и частота пожаров в лесах на территории Восточносибирского мерзлотного таежного района

Используя существующую шкалу горимости можно отметить, что в лесах Средне-Сибирского плоскогорного таежного района встречались все категории относительной горимости:

низкая - 2008, 2010;

средняя –2011, 2015;

высокая- 2007, 2009, 2014;

чрезвычайная -2006, 2012, 2013.

В лесах Восточно-Сибирского мерзлотного таежного района относительная горимость:

высокая - 2007, 2009, 2010;

чрезвычайная – 2006, 2008, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015.

Соответственно имеются различия и по частоте пожаров.

Частота пожаров в лесах Эвенкии (на 100 тыс.га за сезон) в большинстве сезонов относится к низкой – 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014, 2015 и только в 2006, 2012, 2013годы отмечена умеренная частота пожаров. В лесах Якутии 2007 год по частоте пожаров относится к низкому, 2015 к повышенному, а все остальные – умеренные.

4.2. Сценарии развития пожароопасной ситуации

По восстановленным рядам показателя пожарной опасности по условиям погоды ПВ-1 за 10 пожароопасных сезонов с 2006 по 2015 годы были построены графики ПВ-1, которые отражают динамику изменения пожарной опасности в течение сезона для рассматриваемых территорий. В качестве примера приведены рисунки 5 и 6 по метеостанции (мст) Тура и мст. Ленск за 2015 год.

Рисунок 5 – График ПВ-1 по мст. Тура за 2015 год

Рисунок 6 – График ПВ-1 по мст. Ленск за 2015 год

Анализ полученных данных позволяет судить о пожарной опасности по условиям погоды на заданной территории и выявить сценарии развития пожароопасной ситуации территориях лесорастительных районов: Средне-Сибирского плоскогорного таежного района (Эвенкия) и Восточно-Сибирского мерзлотного таежного района (Якутия).

На первом этапе проведен анализ сценариев развития пожароопасной ситуации по каждой метеостанции и их разделение на три категории: максимальной природной ПО, средней природной ПО и минимальной природной ПО. Выборка проходила в два этапа:

1) Экспертный. На шкале ПО на графиках ПВ-1 наносились пороговые значения ПВ-1 равные 2500, 5000 и 8000, с помощью которых можно оценить напряженность пожароопасного сезона: максимальная, средняя, минимальная. В качестве примера выбора максимального сценария приведен график на рисунке 7.

Рисунок 7 – График ПВ-1 по мст.Тура за 2006 год для максимального сценария

Если ПВ-1 пересекает рубеж в 5000 на непродолжительное время, а весь оставшийся сезон колеблется в значениях до 5000 или 2500 такие сезоны относятся к сценариям средней или минимальной горимости. Пример такой ситуации приведен на рисунке 8.

Рисунок 8 – График ПВ-1 по мст.Тура за 2007 год для минимального сценария

Выбранные пороговые значения, разделяющие сценарии горимости, для рассматриваемых лет подтверждены расчетами эмпирических значений обеспеченности среднесезонных значений ПВ-1, по каждой метеостанции за рассматриваемый период. Для построения эмпирической кривой обеспеченности они располагались в убывающем порядке от наибольшего значения к наименьшему, что дает общее представление о колебании значений за период наблюдений. Коэффициенты вариации (Cv), рассчитанные по мст. Тура (Cv = 0,45), мст. Ванавара (Cv = 0,42) , мст. Якутск (Cv = 0,44), мст. Ленск (Cv = 0,40) говорят о не значительной изменчивости, колебании величин ПВ-1 относительно среднего значения.

Обеспеченность или вероятность превышения каждого члена ряда, расположенного в убывающем порядке, выраженная в процентах, вычислена по формуле, получившей большее распространение при расчетах природных характеристик [49]:

$$P = \left(\frac{m - 0{,}3}{n + 0{,}4}\right) \cdot 100\% \quad , \qquad (5)$$

где P - обеспеченность показателя ПВ-1 в процентах;

m - порядковый номер данного расхода в ряду (от 1 до n);

n - общее число членов ряда.

Обеспеченность или вероятность превышения означает, например, что при P = 1% превышение значения ПВ-1 возможно в одном случае из 100, а при P = 99% в 99 случаях из 100. При этом можно определить повторяемость климатической характеристики ПВ-1, т.е. число лет N, в течение которых данное значение характеристики встречается в среднем один раз. Обеспеченность P и повторяемость N связаны между собой следующим образом.

$$N = 100/P \qquad \text{при } P < 50\% \qquad (6)$$

$$N = 100/(100 - P) \qquad \text{при } P \geq 50\% \qquad (7)$$

Согласно расчетам, повторяемость сценариев ориентировочно оценивается: максимальный 1 раз в 15 лет, средний 1 раз в 2-4 года, минимальный в 3-7 лет.

2) По среднему значению ПВ-1 за пожароопасный сезон. Подсчитано среднее значение ПВ-1за пожароопасный сезон и составлены таблицы, в которых годы были разнесены по сценариям, который в практическом применении оказался более удобным. Результат представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Многолетняя статистика сценариев развития пожароопасной ситуации

Продолжение таблицы 12- Многолетняя статистика сценариев развития пожароопасной ситуации

В минимальном сценарии среднесезонное значение ПВ-1 не превышало 2153. В среднем сценарии значения ПВ-1 от 2400 до 4000. В максимальном сценарии значения ПВ-1 и вовсе от 4500 до 10000.

В результате выделения таким способом только несколько сезонов были перенесены в другие категории сценариев.

Проведен анализ сценариев по каждой метеостанции.

1) мст. Тура. Максимальный сценарий развития пожароопасной ситуации представлен на рисунке 9 и обобщает погодную ситуацию за 2006, 2009 и 2015 годы.

Динамика пожарной опасности с мая по сентября имеет ярко выраженный вид практически равнобедренного треугольника. Плавное начало роста пожарной опасности приходится на май месяц на фоне осадков, выпадающих в этот период. Интенсивный рост начинается после фактического снижения количества осадков в июне и достигает максимума в середине июля на фоне незначительных осадков, недостаточных для снижения пожарной

опасности. Интенсивный спад ПО начинается в конце июля и продолжается до середины августа на фоне выпавших осадков в 1-ой декаде августа, когда в 2015 году в течение 2-х недель выпадали осадки вплоть до 101 мм за сутки, что и является особенностью этого сезона. При их отсутствии пожарная опасность снижалась бы постепенно.

Рисунок 9 – Максимальный сценарий по мст.Тура

Графическая интерпретации сценария развития средней пожарной ситуации представлена на рисунке 10, где обобщена информация за 2008, 2010, 2011, 2012 годы.

Рисунок 10 – Сценарий среднего развития пожароопасной ситуации по мст.Тура

График среднего сценария существенно отличается от максимального, ПО плавно повышается до начала июля и имеет провал с первой декады июля до начала августа. Следом, на фоне практически ежедневных осадков происходит спад пожарной опасности вплоть до сентября. На формировании динамики среднего сценария сказались часто выпадающие осадки (средние значения за 4 года).

График минимального сценария развития пожароопасной ситуации по мст Тура на рисунке 11 обобщает информацию за 2007, 2013, 2014 годы.

Рисунок 11- Минимальный сценарий по мст.Тура

Характерной особенностью динамики пожарной опасности по минимальному сценарию является наличие выраженного прогиба с третьей декады июня по третью декаду июля.

По каждому сценарию рассчитаны длительность засушливых периодов, среднее количество осадков за сезон, а также сумма положительных температур, определены класс и степень пожарной опасности, которые обобщены в таблице 13.

Таблица 13 – Общие погодные показатели по сценариям по мст. Тура, характеризующие сценарии

1) Мст. Ванавара. Максимальный сценарий развития пожароопасной ситуации представлен на рисунке 12, и содержит информацию по 2006, 2007, 2009, 2011, 2012 и 2013 годам.

Рисунок 12 – Максимальный сценарий развития пожароопасной ситуации по мст. Ванавара

Динамика пожарной опасности экстремального сценария по средней линии весьма однородна, плавно поднимается к середине сезона и спадает к концу. Но диапазон имеет весьма выраженные пики в середине июня и конце июля, и все это на фоне небольших, но постоянных осадков.

Графическая интерпретации сценария среднего развития пожароопасной ситуации условиям представлена на рисунке 13, где обобщена информация за 2008, 2010, 2014, 2015 годы.

Рисунок 13 – Сценарий среднего развития пожароопасной ситуации по мст. Ванавара

График среднего сценария заметно отличается от максимального, имеет вид кривой с интенсивным ростом в мае, относительно стабильными значениями в июне – июле и спадом с середины июля до второй декады августа. В начале сентября пожарная опасность опять незначительно повышается.

Минимального сценария по мст. Ванавара нет, так как в нашей выборке не оказалось сезонов, которые соответствовали бы этому сценарию.

Обобщенные погодные показатели по сценариям мст. Ванавара сведены в таблице 14. Исходя из данных таблицы видно, что характерная длительность засухи и среднее количество осадков за сезон существенно различаются между сценариями.

Таблица 14 – Общие погодные показатели по мст. Ванавара, характеризующие сценарии

3) мст. Ленск. Графическая интерпретация максимального сценария отображена на рисунке 14, и обобщает информацию за 2006, 2014 и 2015 годы.

Рисунок 14 – Максимальный сценарий развития пожароопасной ситуации по мст. Ленск

График максимального сценария развития пожароопасной ситуации по мст. Ленск активно растет до середины июня с небольшим прогибом в начале месяца. Далее диапазон увеличивается. Пик наблюдается в третьей декаде июля, тогда, как и нижние границы диапазона приходятся тоже на июль – начало августа. В середине августа отмечается повышение ПО, которое позже спадает в результате увеличения количества осадков.

График среднего сценария по мст Ленск на рисунке 15 обобщает информацию за 2007, 2009, 2010, 2011 годы.

Рисунок 15 – Сценарий среднего пожароопасного сезона по мст.Ленск

График сценария среднего пожароопасного сезона отличается от максимального тем, что имеет лишь один ярко выраженный пик повышения ПО в июне. Далее график колеблется то в сторону повышения, то в сторону понижения ПО на фоне постоянных небольших осадков до конца сентября.

График минимального сценария развития пожароопасной ситуации по мст Ленск на рисунке 16 обобщает информацию за 2008, 2012, 2013 годы.

Рисунок 16 – Минимальный сценарий по мст.Ленск

Особенностью этого сезона является повышение ПО в начале июня и четко отслеживающиеся прогибы в графике на фоне или больших, или продолжительных осадков.

Общие погодные показатели по каждому сценарию по мст. Ленск представлены в таблице 15, в которой наглядно видны различия сценариев по основным показателям.

Таблица 15 – Общие погодные показатели по мст. Ленск, характеризующие сценарии

4) мст. Якутск. Экстремальный сценарий представлен на рисунке 17 и обобщает природную ситуацию за 2008, 2009, 2010, 2011, 2014 и 2015 годы.

Рисунок 17 – Максимальный сценарий по мст.Якутск

График максимального сценария имеет ярко выраженный максимум с экстремально длительным периодом сушки и показывает, что пожарная опасность активно повышается в течение мая-июня до середины июля, но в эти же месяцы при наличии осадков (2-7 мм) идет снижение интенсивности роста. После наступления максимума, на спаде в конце июля-начале августа, отмечается более резкое снижение ПО, вызванное осадками до 4-8 мм.

График сценария среднего развития пожароопасной ситуации, отображенный на рисунке 18, обобщает информацию за 2006, 2007, 2012 годы.

Рисунок 18 – Сценарий среднего развития пожарной ситуации по мст. Якутск

На графике рост ПО приходится на май-июнь, менее интенсивный (по сравнению с экстремальным сценарием), максимум наступает в первой декаде июля, а далее постепенно снижается к концу сезона. Но по мере выпадения осадков фиксируются периоды с резким понижением ПО, как например, прогиб в середине июля.

Минимальный сценарий характеризуется лишь одним годом – 2013. И так как в выборке больше не было сезонов с минимальным сценарием, то обобщенный график не строили.

Как пример, приведен график развития пожароопасной ситуации 2013, на рисунке 19.

Рисунок 19- Минимальный сценарий 2013 года

Обобщенные погодные показатели по сценариям мст. Якутск представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Общие погодные показатели по мст. Якутск, характеризующие сценарии

Вероятность реализации сценариев на территории Восточносибирского мерзлотного таежного района (Якутия) преимущественно реализуются сценарии экстремальной пожарной опасности. В процентном соотношении – до 50%. А территория Средне-Сибирского плоскогорного таежного района характеризуется частым повторением сценариев среднего пожароопасного сезона, до 60 %.

4.3 Анализ метеорологических показателей

Анализ сценариев развития пожарной ситуации и их сопоставление с данными по количеству пожаров показывает на неоднозначную зависимость количества пожаров от погодных факторов.

Так годы с фактически высоким числом пожаров частично не совпадают с годами с высокой природной ПО.

Максимальный сценарий по метеостанциям на территории Средне-Сибирского плоскогорного таежного района (Эвенкии) совпадает по природным условиям с фактически большим количеством пожаров только в 2006 году – 616 (1346,8 тыс. га). В то время как 2009 и 2015 годам, выделенным как максимальный сценарий, соответствует незначительное число пожаров (2009 - 101 на 130 тыс. га) и 2015-46 на 44,8тыс. га).

На территории Средне-Сибирского плоскогорного таежного района (Якутия) по мст. Якутск по 2011, 2014 и 2015 годам выделенным как максимальные сценарии, соответствует значительное количество пожаров :

2011 количество пожаров – 1145 (2911 тыс. га);

2014 количество пожаров – 904 (4212 тыс. га);

2015 количество пожаров – 1806 (1874,1 тыс. га).

А в 2008, 2009 и 2010 годы, также выделенные как максимальный сценарий, количество пожаров отмечено ниже, чем среднесезонное за весь

рассматриваемый период (773) в 2008 – 660(860 тыс. га); 2009 – 365 (178 тыс.га); 2010 – 649 (187 тыс.га).

Анализ динамики количества пожаров и площадей их распространения как в лесах Средне-Сибирского плоскогорного таежного района, так и в лесах Средне-Сибирского плоскогорного таежного района выявил их зависимость от соотношения суммы положительных температур за пожароопасный сезон и суммы осадков, характеризующийся как гидротермический коэффициент. Чем выше показатель ГТК, тем меньшее количество пожаров зафиксировано. Но, в отдельные годы, эта зависимость выражена менее ярко. В таблице 17 и 18 приведены обобщенные сведения о лесных пожарах и данных по метеостанциям (положительные суммы температур, осадки, ГТК).

Таблица 17 – Обобщенные данные о пожарах и об усредненных метеорологических показателях на территории Среднесибирского плоскотаежного лесорастительного района Эвенкии

Таблица 18 - Обобщенные данные о пожарах и об усредненных метеорологических показателях на территории Восточносибирского мерзлотного таежного района Якутии.

Анализ построенных графиков (рисунок 20 и 22) по данным таблиц 17 и 18, позволяет выявить схожесть и различие в динамике пожаров на исследуемых территориях в 2006-2015 годах.

Рисунок 20 – Динамика количества пожаров и площадей их распространения во взаимосвязи с гидротермическим коэффициентом по мст. Тура и мст. Ванавара

На территории Средне-Сибирский плоскогорного таежного района 2006 год характеризуется повышенным количество пожаров (616) на фоне средних значений коэффициента ГТК(0,93-1,13). В период с 2007 по 2011 годы при достаточно равномерной среднесезонной величине ГТК(1,2 – 1,5) количество пожаров составило от 2 до 101 и их площадь практически находится на одном уровне (от 0,1 до 73 тыс.га).

В 2012 году на фоне понижения ГТК фиксируется рост количества пожаров до 447 и значительный рост площадей пройденных огнем (в 26 раз – 1595 тыс.га).

Такая же ситуация с количеством пожаров сохраняется и в 2013 году (увеличение на 6%), но при этом площадь пожаров возросла по сравнению с предыдущим годом на 20%.

При этом более реально отражается ситуация с пожарами за 2012-2013 годы по мст. Ванавара (рисунок 23) из-за особенностей расположения пожаров 2012 года преимущественно на широте метеостанции Ванавара.

В 2014-2015 годах ситуация вернулась практически к исходной, аналогичной 2007 году.

Рост пожаров и резкий рост площадей в 2012-2013 годах обусловлен неблагоприятными условиями погоды, сформировавшими «чрезвычайную» пожароопасность на территории Эвенкии, Таймыра, Туруханского района Красноярского края в периоды 24 мая по 30 июня 2012 года и с 28 июля по 21 августа 2013 года, что официально задокументировано в «Сведениях о неблагоприятных условиях погоды и опасных гидрометеорологических явлениях, нанесших социальные и экономические потери на территории России» Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) [50] . Кроме того, на фоне природной чрезвычайной пожарной ситуации оказывают влияние на возникновение пожаров и антропогенные факторы, так как плотность населения на широте мст. Ванавара выше, чем на широте мст. Тура (рисунок 21).

Рисунок 21 – Расположение пожаров на территории Средне-Сибирского плоскогорного таежного района

Рисунок 22 – Динамика количества пожаров и площадей их распространения во взаимосвязи с гидротермическим коэффициентом по мст. Якутск и мст. Ленск

На территории Якутии 2006 – 2010 годы не отличаются значительными всплесками количества пожаров и их площадей, что происходит на фоне снижения ГТК (с 1,1 до 0,4) по мст. Якутск , в то время, как на мст. Ленск ГТК в этот период растет с 0,9 до 1,9. То есть, более реально отражается ситуация с пожарами по мст. Якутск, в частности потому, что распространение пожаров преимущественно приурочено к территории более крупного населенного пункта, что видно на рисунке 23.

Рисунок 23 – Расположение пожаров на территории Восточно-Сибирского мерзлотного таежного района, 2010 год

В 2011 году отмечается рост количества пожаров с 649 до 1195 и площадь пожаров увеличивается в 15,5 раз с 187 до 2911 тыс.га. В это же время продолжается снижение ГТК по мст. Ленск и остается на прежнем уровне по мст. Якутск. В связи с этим, целесообразно предположить, что одним из факторов роста числа пожаров и существенного увеличения площадей пожаров

являются не только грозы, способствующие возникновению на данной территории до 30% пожаров [51], но и антропогенный фактор в местах наибольшей плотности населения. В 2012 году фиксируется снижение количества пожаров на фоне практически не изменившихся ГТК (рисунок 24).

Рисунок 24 - Расположение пожаров на территории Якутии, 2011-2012 годы

2013 год отмечается увеличение количества пожаров с 672 до 1001, но на фоне повышения коэффициента ГТК площадь пожаров уменьшается с 2289 до 1797 тыс.га (снижение на 22%). По информации Главного управления МЧС (Агенство ЯСИА – Республика Саха - Якутия) практически половина пожаров произошла по вине людей и около 40 % природные факторы (сухие грозовые разряды и самовозгорание леса) В 2014 году зафиксировано небольшое снижение количества пожаров с 1001 до 904, при снижении ГТК. Однако площади не снизились, а возросли до 4212 тыс.га, что составило максимум за исследуемый период. В 2015 году наблюдается увеличение количества пожаров, но более мелких по площади, пройденной огнем.

Сопоставляя динамику пожароопасной ситуации на территории Среднесибирского плоскотаежного района Эвенкии и территории Восточносибирского мерзлотного таежного района Якутии можно отметить, что на территории последней погодные условия существенно отличаются от аналогичных на территории Эвенкии: суммы положительных температур выше, а ГТК ниже.

4.4 Характеристика предшествующего увлажнения

По литературным данным, начало пожароопасного сезона в Центральной Якутии наступает 5 мая, спустя неделю после схода снега, отмечается постепенный рост пожаров вплоть до 7 июня, затем резко падает [52].

На это оказывает влияние предшествующее пожароопасному сезону увлажнение почвенного покрова. Из-за отсутствия конкретных данных об увлажненности, мы выразили её косвенно. В качестве доступной характеристики использовали данные по средней и максимальной высоте снежного покрова и даты схода снежного покрова по мст. Тура, Ванавара, Якутск, Ленск.

Таблица 19 – Характеристика предшествующего увлажнения перед пожароопасным сезоном

В Восточно-Сибирском мерзлотном таежном районе по сравнению с Средне-Сибирским плоскогорным таежным районом наблюдалась высокая природная пожароопасность в 2011, 2012, 2014 годах. В эти годы выявлены следующие отличительные особенности [53].

2011 год. По мст. Якутск отмечена минимальная средняя высота снежного покрова – 22,2 см по сравнению с метеостанциями, расположенными на территории Эвенкии (мст. Ванавара – 29,7 см, мст. Тура – 30,5см). Также на мст. Якутск отмечена и самая низкая максимальная высота снежного покрова - 34 см. Соответственно и дата схода снежного покрова более ранняя - мст. Якутск – 21 апреля, а на территории Эвенкии по на 2-3 декады позже (мст. Тура – 11 мая, Ванавара – 18 мая). Таким образом в этом году пожароопасный сезон на территории Якутии (по данным мст. Якутск) начался значительно раньше, а предшествующая увлажненность ЛГМ и поверхности была ниже, следовательно предрасположенность к более ранним пожарам - выше.

2012 год. В этом году при практически равных значениях средней и максимальных высот снежного покрова по мст. Тура и мст. Якутск (на мст.Тура 24,6см и 39 см соответственно, на мст. Якутск - 25,5 см и 38 см) сход снежного покрова в районе Якутска произошел 30 апреля, что фактически на месяц раньше, чем по мст. Тура (27 мая).

В это же время по мст. Ленск и мст. Ванавара средняя и максимальная высота снежного покрова выше (по мст. Ленск 53,5 см и 86 см, по мст. Ванавара 39,2 см и 56 см), а сход снежного покрова пришелся на 7-10 мая.

Эти сведения подтверждают приуроченность распространения пожаров в районах примыкающих к г. Якутску из-за более раннего начала пожароопасного сезона (рисунок 24).

2014 год. По мст. Якутск отмечена минимальная средняя высота снежного покрова – 23,7 см по сравнению с метеостанциями, расположенными на территории Эвенкии (мст. Ванавара – 38 см, мст. Тура – 32,1 см). На мст. Якутск отмечена и самая низкая максимальная высота снежного покрова - 37 с, в то время как по другим метеостанциям она в 1,5 -2 раза выше: мст. Тура – 66 см, мст. Ванавара – 66 см и мст. Ленск – 81 см.

Соответственно и дата схода снежного покрова более ранняя - мст. Якутск – 20 апреля, а на территории Средне-Сибирского плоскогорного таежного района практически на месяц позже (мст. Тура – 24 мая, Ванавара – 22 мая). Таким образом, и в этом году пожароопасный сезон на территории Восточно-Сибирского мерзлотного таежного района (по данным мст. Якутск) начался значительно раньше, а предшествующая увлажненность ЛГМ была ниже, следовательно предрасположенность к более ранним пожарам - выше.

Таким образом, учет зимних осадков необходимо учитывать при прогнозировании пожароопасного сезона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ПВ-1- Пожарная опасность по условиям погоды;
ГТК – Гидротермический коэффициент;
Мст – Метеостанция;
ЛГМ – Лесные горючие материалы;
ПО – Пожарная опасность;
ГИС - Геоинформационная система .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральное агентство лесного хозяйства [Электроный ресурс].- Режим доступа: http://www.rosleshoz.gov.ru/forest_fires/
2. Барталев С.А., Стыценко Ф.В., Егоров В.А., Лупян Е.А. Спутниковая оцека гибели лесов России от пожаров // Лесоведение. 2015. № 2. С. 83–94.
3. Krylov A., McCarty J.L., Potapov P., Loboda T., Tyukavina A., Turubanova S., Hansen M.C. Remote sensing estimates of stand-replacement fires in Russia, 2002–2011. Environ. Res. Lett. 2014. 9. 105007. P. 1–8. doi:10.1088/1748-9326/9/10/105007.
4. Швиденко, А.З. Климатические изменения и лесные пожары в России / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепащенко // Лесоведение. - 2013.- №5. С. 50–61.
5. Об утверждении инструкции по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами : приказ от 3 апреля 1998 г. № 53// Федеральная служба лесного хозяйства России. – 1998.
6. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.fedstat.ru/indicator/data.do.
7. Топольский Н.Г., Белозеров В.В., Афанасьев Н. С. Противопожарная защита лесов России / Н.Г. Топольский, В.В. Белозеров, Н.С. Афанасьев // Технологии техносферной безопасности.- 2010.- № 4
8. Ваганов Е.А., Фуряев В.В., Сухинин А.И. Пожары сибирской тайги Природа. 1998. №7. С. 51 – 62.
9. Ваганов Е. А., Ведрова Э. Ф., Верховец С. В, Ефремов С. П., Ефремова Т. Т.,. Круглов В. Б, Онучин А. А., Сухинин А. И., Шибистова О. Б. Леса и болота Сибири в глобальном цикле углерода/ Е. А. Ваганов , Э. Ф. Ведрова, С. В. Верховец, С. П. Ефремов, Т. Т. Ефремова, В. Б. Круглов, А. А. Онучин, А. И. Сухинин, О. Б. Шибистова //Сибирский экологический журнал. – 2005. - №4. – С. 631-649.
10. Мелехов, И.С. Природа леса и лесные пожары. − Архангельск: ОГИЗ, 1947. 44 с.
11. Курбатский Н.П. Классификация лесных пожаров / Н.П. Курбатский //Вопросы лесоведения. - Красноярск, 1970
12. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Софронов М.А. Крупные лесные пожары. М.: 1979.
13. Овсянников, И.В. Противопожарное устройство лесов.:учеб.пособие. – М.: Лесная промышленность, 1978.- 112с.
14. Работа с населением по предотвращению лесных пожаров: Учебно-практическое пособие/ Под ред. чл. кор. РАСХН Е.П.Кузьмичева – М.: Издательство “Алекс”, 2005. – 128 с.
15. Конев Э.В. Физические основы горения растительных материалов. Новосибирск, 1977.
16. Усеня, В. В. Лесная пирология : учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Лесное хозяйство» / В. В.

Усеня, Е. Н. Каткова, С. В. Ульдинович; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины; Институт леса НАН Беларуси. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2011. – 264 с.

17. Работа с населением по предотвращению лесных пожаров: Учебно-практическое пособие/ Под ред. чл. кор. РАСХН Е.П.Кузьмичева – М.: Издательство “Алекс”, 2005. – 128 с.

18. Кудрин А.Ю., Запорожец А.И., Подрезов Ю.В Современные методы обнаружения и мониторинга лесных пожаров /А.Ю Кудрин, А.И. Запорожец, Ю.В. Подрезов // Технологии гражданской безопасности.- 2006.- №4.- С. 66-67.

19. Вершинин Н. Воздушная стража российских лесов от пожаров.- Информационно-аналитическое издание «Советник президента».- 2014 .- №126.

20. ФГБУ «Научно-исследовательский центр космической метеорологии» [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://planet.iitp.ru/spacecraft/noaa_rus.htm

21. Метеосводки и прогнозы - Спутниковые изображения - Средние многолетние климатические показатели [Электронный ресурс].- Режим доступа : http://ru.allmetsat.com/satellite-noaa.php

22. Географический факультет МГУ [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.geogr.msu.ru/science/projects/geoportal/data/satellites/terra_aqua.ph

23. Колесенков А.Н., Костров Б.В., Ручкин В.Н. Нейронные сети мониторинга чрезвычайных ситуаций по данным ДЗЗ/ А.Н. Колесенков, Б.В. Костров, В.Н. Ручкин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки.- 2014.- №5.- С. 220-225.

24. MAP EXPERT [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=25&table=news#menu

25. Главное управление по г.Москве МЧС России [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://moscow.mchs.ru/document/415145

26. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.Н. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы. М.:ДЭКС&ПРЕСС, 2004. 312 с.

27. Коробкина Д.В., Барановский Н.В. Исследования процессов теплового воздействия лесных пожаров на ткани человека: перспективы создания медицинских информационных систем / Д.В. Коробкина, Н.В. Барановский // Cloud of science.- 2014.- Т.1.- № 2.-С. 292-317.

28. Об утверждении инструкции по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами : приказ от 3 апреля 1998 г. № 53// Федеральная служба лесного хозяйства России. – 1998.

29. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс].- Режим доступа http://www.fedstat.ru/indicator/data.do.

30. Loupian E.A., Mazurov A.A., Flitman E.V., Ershov D.V., Korovin G.N., Novik V.P., Abushenko N.A., Altyntsev D.A., Koshelev V.V., Tashchilin S.A., Tatarnikov A.V., Csiszar I., Sukhinin A.I., Ponomarev E.I., Afonin S.V., Belov V.V., Matvienko G.G. and Loboda T. Satellite Monitoring Of Forest Fires in Russia at

Federal And Regional Levels // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2006. Vol.11. №1. P. 113–145.

31. Conard S.G., Sukhinin A.I., Stocks B.J., Cahoon D.R., Davidenko E.P., Ivanova G.A. (2002) Determining effects of area burned and fire severity on carbon cycling and emissions in Siberia // Climatic Change. 2002. V. 55(1– 2). P. 197–211.

32. Рубцов А.В. Анализ пожаров в Сибири по спутниковым данным и разработка модуля пожаров в модели динамики растительности : автореф. дис на соискание уч.степени канд. техн. наук : 05.11.13 / Рубцов Алексей Васильевич.- Красноярск, 2011.- 20 с.

33. Швиденко А.З., Щепащенко Д.Г., Ваганов Е.А., Сухинин А.И., Максютов Ш.Ш., МкКаллум И., Лакида И.П. Влияние природных пожаров в России 1998—2010 гг. на экосистемы и глобальный углеродный бюджет // Доклады Академии наук.- 2011.- Т. 441. №4. С. 544–548.

34. Пономарев Е.И., Швецов Е.Г. Характеристики категорий пожаров растительности в Сибири по данным спутниковых и других наблюдений // Исследование Земли из космоса. - 2013.- №5. С. 45 – 54

35. Ресурсы поверхностных вод СССР, 16 том, выпуск 1 : монография / отв. ред А.П. Муранов . – Санкт- Петербург: Гидрометиоиздат, 1973.- 722 с.

36. Красноярский край. Официальный портал [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://krskstate.ru/press/news/terra/0/news/12591

37. Эвенкия. Официальный сайт органов МСУ Эвенкийского муниципального района [Электронный ресурс].- Режим доступа : http://www.evenkya.ru/info/spravka/

38. Аграрная интернет-энциклопедия [Электронный ресурс].- Режим доступа : http://www.agrien.ru/reg.html

39. Атлас. Растительный мир Якутии [Электронный ресурс].- Режим доступа : http://www.atlas-yakutia.ru/vegetmap.html

40. Географическое описание Восточной Сибири [Электронный ресурс].- Режим доступа : http://www .vostok-sibir.ru/yakutiya.html

41. U.S. Geological Survey [Электронный ресурс].- Режим доступа: https://www.usgs.gov/

42. Открытый банк данных Росгидромета [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://rp5.ru/docs/about/ru

43. Определение пожарной опасности в лесу : методические рекомендации /С.М. Вонский [и др.].- Ленинград : ЛенНИИЛХ, 1979.- 25 с.

44. Краткая географическая энциклопедия, Том 1/Гл.ред. Григорьев А.А. М.: Советская энциклопедия - 1960, с.564.

45. Метео Энциклопедия [Электронный ресурс].- Режим доступа : http://meteorologist.ru/gidrotermicheskiy-koeffitsient-selyaninova.html

46. Приказ Рослесхоза от 5 июля 2011 г. № 287 «Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды»

47. Мокеев, Г.А. Влияние экономических условий на горимость лесов и охрану их от пожаров / Современные вопросы охраны лесов от пожаров: сб. ст. - М. - 1965. - С. 26-37.

48. Софронов, М. А. Оценка пожарной опасности по условиям погоды с использованием метеопрогнозов Текст. / М. А. Софронов, Т. М. Софронова, А. В. Волокитина // Лесное хозяйство. — 2004. № 6. - С. 31-32.

49. Студопедия. Лекционный материал для студентов [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://studopedia.su/10_94196_postroenie-empiricheskoy-krivoy-obespechennosti-stoka.html

50. Сайт Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД) [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://meteo.ru/data/310-neblagopriyatnye-usloviya-pogody-nanjosshie-ekonomicheskie-poteri

51. Васильев М.К., Каримов Р.Р. Исследование возможных причин возникновения лесных пожаров в Якутии по данным дистанционных наблюдений/ М.К. Васильев, Р.Р. Каримов // В мире научных открытий.- 2014.- №4 (52).- С.161-171

52. Протопопова В.В. Габышева Л.П. Возникновение лесных пожаров в центральной Якутии в зависимости от условий погоды / В.В. Протопопова, Л.П. Габышева // Современный проблемы науки и образования.- 2015.- №4

53. Скоробогатова А.С. Горимость лесов Эвенкии и Якутии в современных погодных условиях [Текст] / А. С. Скоробогатова // Студенческая наука XXI века : материалы IX Междунар. студенч. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 23 апр. 2016 г.). В 2 т. Т. 1 / Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. — № 2 (9). — С. 27–35.