



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему: «Исследование методов оценки пожароопасности по условиям погоды  
для Пермского края»

Исполнитель Цыцорин Никита Денисович

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 22 » июня 2024 г.

Санкт-Петербург

2024

		стр.
	Содержание.....	2
	ВВЕДЕНИЕ.....	3
1	ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ.....	5
1.1	Влияние пожаров на здоровье человека.....	6
1.2	Лесные пожары в России.....	8
1.2.1	Хронология крупных природных пожаров в России.....	9
1.3	Причины возникновения лесных пожаров.....	12
1.3.1	Антропогенный (человеческий) фактор возникновения пожаров.....	12
1.3.2	Естественный (природный) фактор возникновения пожаров.....	13
2	ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ.....	15
2.1	Использование искусственного интеллекта для прогнозирования и картирования вероятности лесных пожаров.....	18
3	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ.....	20
3.1	Описание региона исследования.....	20
3.2	Классификация лесных пожаров.....	24
3.3	Коэффициенты (индексы) пожарной опасности по условиям погоды.....	27
3.4	Сложившаяся пожароопасная обстановка на территории Пермского края и её анализ за 2023 год.....	31
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	45
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	46
	ПРИЛОЖЕНИЕ.....	47

## ВВЕДЕНИЕ

Лесные пожары – неконтролируемое стихийное бедствие, приносящее материальный ущерб, вред жизни и здоровью человека, а также интересам общества и государства.

Для стран, в которых лес занимает большую территорию, лесные пожары являются национальной проблемой, а ущерб, причиняемый реальному сектору экономики, исчисляется десятками и сотнями миллионов долларов в год. Лесные пожары несут большой урон экологии, для восстановления леса требуется десятилетия и несколько поколений лесничих. Если промышленные объекты расположены в непосредственной близости от леса, ущерб от пожара может быть колоссальным. Большую опасность представляет угроза населенным пунктам, когда лесной пожар может стать причиной гибели людей.

Цель выпускной работы. Исследовать методы оценки пожарной опасности по условиям погоды для Пермского края в 2023 году.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- Собрать архив данных о лесных пожарах в Пермском крае;
- Проанализировать частоту возникновения и класс пожаров;
- Проанализировать пожароопасный период 2023 года на территории Пермского края;
- Исследовать влияние погодных условий на возникновение лесных пожаров;
- Проанализировать методы оценки класса пожароопасности.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трёх глав и заключения.

В первой главе говорится о опасности лесных пожарах, их вреде, хронологии событий пожаров на территории современной России и что влияет на их возникновение.

Вторая глава гласит о способах прогнозирования лесных пожарах и инструментах для прогнозирования.

В третьей главе говорится о регионе и методах оценки пожарной опасности непосредственно для территории Пермского края.

## 1 ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ

Лесные пожары являются мощным природным и антропогенным фактором, существенно изменяющим функционирование и состояние лесов. Лесные пожары вредят экологии, экономике, а также и человеческие жизни оказываются под угрозой (рисунок 1.1). Для стран, в которых лес занимает большую территорию, лесные пожары являются национальной проблемой, а ущерб, причиняемый реальному сектору экономики, исчисляется десятками и сотнями миллионов долларов в год. Лесные пожары несут большой урон экологии, для восстановления леса требуется десятилетия и несколько поколений лесничих. Если промышленные объекты расположены в непосредственной близости от леса, ущерб от пожара может быть колоссальным. Большую опасность представляет угроза населенным пунктам, когда лесной пожар может стать причиной гибели людей. Пожар влияет на углеродный баланс почв В длительной перспективе при изменении климата на большей части территории РФ будут наблюдаться условия для увеличения эмиссии  $\text{CO}_2$  почвами и сокращения запасов почвенного углерода. Эмиссия  $\text{CO}_2$  почвами лесов может увеличиться примерно на 15%. Учитывая увеличение объемов вырубок и интенсивности лесных пожаров следует ожидать, что содержание углерода лесных экосистем будет уменьшаться. Возможности адаптации для почв всех типов включают меры по защите почв от деградации (защита против эрозии и загрязнения, рекультивация, противопожарные мероприятия и др.).



Рисунок 1.1 – Лесной пожар

### 1.1 Влияние пожаров на здоровье человека

Изменение климата негативно влияет на качество воздуха, как вследствие неблагоприятных метеорологических условий, так и из-за участившихся пожаров в лесах и на торфяниках. Помимо влияния на здоровье населения, фактор лесных пожаров имеет еще одно важное значение — прямое воздействие на качество лесных экологических систем и продукцию древесины в лесах.

Климатические изменения в XX в. привели к усилению пожароопасности в значительной части лесов России, особенно по южной границе леса.

В течение XXI в. прогнозируется возрастание этой тенденции, ее распространение на значительно большие территории, в том числе северные. Последствия лесных пожаров такие как: парниковый эффект, уничтожение леса и деградация почвы, сильно способствуют увеличению климатических изменений и, как правило, приносит большой ущерб планете. Горение леса выделяет в атмосферу большое количество  $\text{CO}_2$ , это сильно влияет на климатическую систему Земли.

За год выделение парниковых газов (водяной пар, углекислый газ, метан, озон) от воздействия лесных пожаров достигает 400 миллионов тонн. Большое количество углекислого газа попадает в атмосферу при лесных пожарах, но более — при торфяных пожарах. Помимо выделения при горении, углекислый газ образуется в следствии разложения пострадавших деревьев после пожара. По информации исследований [4], состав выбросов включает:

- углекислый газ (84,6%),
- угарный газ (8,2%),
- метан (1,1%),
- неметановые углеводороды (1,2%),
- органический углерод (1,2%),
- элементарный углерод (0,1%),
- твердые частицы (3,5%).

Увеличение в атмосфере  $\text{CO}_2$  способствует «нагреванию» Земли. Воздействие метана по сравнению с углекислым газом в 25 раз выше, несмотря на меньшую массу выбросов в атмосферу.

Уничтожение лесной растительности и разрушение почв — наиболее очевидные последствия лесных пожаров. Ослабленный пожарами лес чаще подвергается воздействию болезней и вредителей. Также, если лес поврежден огнем, он меньше поглощает углекислого газа, и его способность замедлить климатические изменения снижается.

Из-за пожаров в почве происходит уничтожение фауны, иссякают минеральные вещества. В среднем в лесной зоне постпожарное отмирание деревьев составляет около одной трети запаса древесины до пожара. А выделение вследствие разложения накопленной мертвой древесины по размерам сопоставимо с последствиями выбросов при самих пожарах.

Но имеются благоприятные последствия пожаров. Например, некоторые деревья могут распространять семена только после воздействия

огня. Так, шишки сосны растопыренной раскрываются и выбрасывают семена только при высоких температурах. А семена вечнозеленой секвойи могут прорасти в освобожденной от растительности, хорошо прогретой и посыпанной золой почве. У секвойи древесина не горит, при пожарах в основном страдает ее крона, в малых случаях кора, древесина остается живой. После пожара дерево начинает усиленно расти.

## 1.2 Лесные пожары в России

Россия по праву считается одной из самых крупных лесных держав, на ее территории располагаются 1/5 часть всех лесов мира, половина всех хвойных лесов, леса занимают примерно половину всей площади страны и составляют 1,2 млрд. га. Каждый год на лесной территории происходит от 10 до 35 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 0,5 до 2,5 млн. га. С учетом горимости огромного количества лесов на неохраняемых и эпизодически охраняемых территориях северных районов Сибири и Дальнего Востока общая величина пройденной огнем площади составляет от 2,0 до 5,5 млн. га. Пожары - главная причина гибели лесов.

За период 1994–2005 гг. на территории России погибло 5308 тыс. га лесных насаждений (в среднем 442 тыс. га в год). Из этой площади 70% погибло от пожаров, 14,3% – от воздействия неблагоприятных погодных условий, 12,9% – от повреждения вредными насекомыми и лишь 2,8% пришлось на весь комплекс прочих факторов (болезни, повреждения дикими животными, антропогенные факторы).

За рассматриваемые 12 лет только в 1995 г. и в 2004 г. роль пожаров в гибели лесов не являлась главенствующим фактором. По разным оценкам на принятые меры пожаротушения и борьбу с лесными пожарами в 2009 году регионам было выделено 3 млрд.руб. При этом в 2008 году экономический ущерб составил 18 млрд.руб.

По прогнозам Сергея Фильченкова, аналитика ИК "Финам", в 2009 году суммарный ущерб от лесных пожаров должен был составить 20-30 млрд. руб [3]. Отметим, что при расчете экономического ущерба, оценивая только потери древесины на корню, они составляют в среднем 27 млн. м3 в год, что в пересчете на рыночную стоимость древесины составляет примерно 1350 млн. руб. Следует отметить, что реальный экономический ущерб от лесного пожара складывается не только из урона нанесенного лесу, промышленным и другим объектам, но и из затрат, связанных непосредственно с пожаротушением. Становится очевидным, что чем раньше пожар будет детектирован, тем меньше будут расходы на пожаротушение и тем меньше составит пройденная огнем площадь, следовательно, уменьшатся затраты. С давних пор в России существовала система обнаружения лесных пожаров, основанная на распределенной системы пожарных вышек, с которых и производился мониторинг территории. При широком распространении авиации она так же активно используется для задач обнаружения и тушения лесных пожаров. Последнее время в России все чаще используется космический мониторинг для обнаружения лесных пожаров на малозаселенных территориях Сибири и Дальнего Востока. В современности используется многоуровневая система мониторинга лесных пожаров "Лесохранитель" [5].

### 1.2.1 Хронология крупных природных пожаров в России

Пожары с 2010 года. В июле - августе 2010 года на всей территории европейской части России из-за блокирующего антициклона установилась аномальная жара, побившая все рекорды за 130 летнюю историю метеорологических наблюдений. Температура воздуха достигала 40 °С, а в отдельных регионах превышала это значение. Из-за аномально высоких температурных режимах ухудшилась экологическая обстановка, активизировались торфяные и лесные пожары. В данный период было

зафиксировано 34,8 тыс. очагов пожаров общей площадью около 2 млн. гектаров, в том числе более 1000 торфяных пожаров. По данным Министерства по делам гражданской обороны чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий всего от пожаров и спровоцируемыми ими смога пострадали 17 регионов, более 60 человек погибли от огня и от отравления продуктами горения. В частности, огонь полностью уничтожил деревню Верхняя Верея Выксунского района Нижегородской области (население около 1100 человек) и поселок Моховое Луховицкого района Московской области (300 человек). В последнем погибли шесть местных жителей, которые укрывались от пожара в подвалах. Всего около 2 500 семей остались без крова, ущерб оценивался в 85 млрд 500 млн рублей.

20 апреля 2012 года на территории бывшего леспромхоза на окраине села Тыгда (Амурская область) возник пожар, который за несколько часов уничтожил 84 жилых дома (около 10% жилого фонда села) и более 40 строений. Погибли 3 человека, без крова остались 346, в том числе 59 детей. В том же году в поселке были введены в эксплуатацию новые дома для пострадавших. Главе Тыгдинского сельсовета Николаю Мамутину было предъявлено обвинение по ч. 3 ст. 293 УК РФ ("Халатность, повлекшая по неосторожности смерть двух и более лиц"). Магдагачинский районный суд дважды (в 2014 и 2016 годах) оправдал Мамутина, не обнаружив состава преступления. 12-16 апреля 2015 года в результате пожаров в Хакасии погибли 32 человека. Пострадали более 1 500 человек (из них были госпитализированы 102), 4 694 человека лишились жилья. Огонь уничтожил и повредил 1 678 жилых домов в 33 населенных пунктах. Множественные очаги возгорания возникли из-за сжигания сухой травы при сильном ветре, порывы которого достигали 30 м/с. По словам Виктора Зимина (глава Хакасии в 2009-2018 годах), "в течение часа загорелась

практически вся республика". К апрелю 2017 года все пострадавшие семьи были обеспечены новым жильем.

24 мая 2017 года в Красноярском крае резко осложнилась пожарная обстановка. Из-за пала загорелись более 80 домов и строений в нескольких населенных пунктах. Огонь перекинулся на частные жилые дома и постройки различного назначения в городах Канск, Лесосибирск и в поселке Малая Кеть (Бирилюсский район). Распространению пожаров способствовал сильный ветер. Два человека погибли.

23 августа 2017 года природные пожары охватили 21 из 38 районов Волгоградской области, особой опасности подверглись 40 населенных пунктов. Были эвакуированы 762 человека, из них 262 ребенка. Всего в результате возгораний в регионе было уничтожено более 150 строений. В числе наиболее пострадавших от огня населенных пунктов оказался хутор Красный (Среднеахтубинский район), где огонь уничтожил более 40 из 200 домов. В одном из сел Ольховского района, где огнем были охвачены 26 домов, погибла пожилая пара.

9 июля 2021 года лесные пожары в Челябинской области распространились на два поселка Карталинского района - Джабык и Запасное. В них сгорели в общей сложности 72 строения, в том числе 46 жилых (около 15% жилого фонда). В поселке Джабык, где огонь уничтожил 40 жилых домов, один из жителей отказался покинуть дом и погиб. Всего из двух населенных пунктов были эвакуированы 179 человек, в том числе 128 детей, 18 человек обратились за медицинской помощью. К октябрю 2021 года все жители, пожелавшие остаться в поселках, получили новое жилье.

В 2022 году ситуация с природными пожарами из-за сухой теплой погоды осложнилась в ряде регионов РФ в период майских праздников. С 6 по 11 мая пожары уничтожили более 1,3 тыс. строений, в том числе 741 жилой дом в Красноярском крае, Курганской, Кемеровской, Иркутской,

Омской и Новосибирской областях. Всего на Урале и в Сибири жертвами пожаров стали 15 человек, в том числе 1 ребенок. В частности, в Кемеровской области сильно пострадал поселок Итатский в Тяжинском районе, где погибли 4 человека. Без жилья остались около 2 тыс. человек.

### 1.3 Причины возникновения лесных пожаров

Все причины возникновения лесных пожаров делятся на две большие группы:

- антропогенный (человеческий) фактор,
- естественный (природный) фактор.

#### 1.3.1 Антропогенный фактор возникновения пожаров.

Согласно статистике, около девяноста процентов всех лесных пожаров происходят по вине человека. Причин возникновения пожаров, связанных с человеческой беззаботностью очень много:

1. Курение. Часто, отдыхая на природе, курильщики забывают потушить окурок сигареты и выбрасывают его там, где им удобно. Такое небрежное отношение может запросто стать причиной лесного пожара.

2. Непотушенные костры. Нередко, отдыхая на природе люди забывают потушить после себя костер или по неосторожности оставляют без присмотра горящие угли, которые легко могут спровоцировать пожар.

3. Сжигание мусора. Поскольку сжигаемый мусор тлеет очень медленно, он может послужить причиной поджога чего-то легко воспламеняющегося и начать лесной пожар.

4. Оставленные в лесу стеклянные бутылки и осколки. Через стекло хорошо проходит и преломляется свет, вследствие чего срабатывает эффект линзы, который может стать началом серьезного пожара.

5. Фейерверки. Все чаще в качестве украшения своего праздника люди стали выбирать фейерверки, не задумываясь о том, что они могут стать причиной пожара. Из-за того, что скорость горения очень низкая, частицы фейерверка приземляются в самых разных местах. Таким образом увеличивается риск возникновения лесного пожара.

6. Преднамеренный поджог. Встречаются и такие случаи, когда люди преднамеренно поджигают леса, дома или любое другое имущество.

7. Дорожно-транспортные происшествия. Стать причиной масштабных лесных пожаров могут искры и взрывоопасные вещества в машинах, а также взрыв газового баллона при ДТП.

8. Несоблюдение правил пожарной безопасности. Пожар очень часто начинается из-за того, что люди не соблюдают элементарных правил пожарной безопасности. Так, например, бывает, что водители при остановке, вытирают горловину топливного бака куском ткани или салфетки и выбрасывают его на землю, не думая, к чему это может привести. Следом может пройти другой человек и бросить горящий окурок, который и спровоцирует начало пожара.

### 1.3.2 Естественный (природный фактор) возникновения пожаров

Причин возникновения лесных пожаров, вызванных природой не так много, но они есть.

1. Сухие грозы. Несмотря на то, что явление это достаточно редкое, оно представляет серьезную угрозу. Сухие грозы представляют собой такое метеорологическое явление, которое возникает при высокой температуре и сопровождается небольшим количеством испаряющихся осадков, не долетающих до земли. Сопровождается все это громом и мощнейшим электрическим разрядом, который попадает в деревья, вследствие чего, из-за отсутствия влаги возникает возгорание.

2. Молния. Почти всегда лесные пожары, вызванные ударом молнии, происходят в сухую погоду. Очень часто такие пожары имеют более разрушительные последствия чем те пожары, которые вызваны антропогенным фактором.

3. Извержение вулкана. Вызывает пожары лава, которая распространяется на близлежащие поля или леса.

4. Самовозгорание торфяника. Самовозгорание торфяника может произойти в том случае, если внешняя температура находится выше 50 °С.

5. Высокая многодневная температура воздуха и отсутствие осадков в эти дни.

## 2 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Прогнозирование лесных пожаров – определение вероятности возникновения и разрастания лесных пожаров во времени и пространстве на основании анализа данных мониторинга лесных пожаров.

Исходными данными для прогнозирования лесных пожаров служат:

- класс пожарной опасности по условиям погоды;
- местоположение и площади участков лесного фонда I-III классов пожарной опасности и (или) участков разных классов пожарной опасности, где в рассматриваемое время лесные горючие материалы могут гореть при появлении источника огня;
- данные о рельефе местности (равнина, плато, плоскогорье, нагорье, горы, холмы, сопки, экспозиция склона; котловины, овраги);
- наличие потенциальных источников огня в перечисленных участках лесного фонда;
- данные о грозовой деятельности;
- результаты ретроспективного анализа распределения пожаров во времени (число пожаров по годам, месяцам, декадам, дням, времени суток) и по территории (лесной квартал, лесничество, лесхоз, управление лесным хозяйством субъектов РФ) рассматриваемого района, региона или сопоставимого с ними по природным и экономическим условиям за последние 10 лет.

Количество потенциальных антропогенных источников огня могут быть определены через величину плотности населения либо через численность населения и количество населённых пунктов и расстояния до них.

Степень пожарной опасности в лесу по условиям погоды определяется по принятому в лесном хозяйстве комплексному показателю Нестерова,

вычисляемому на основе данных о температуре воздуха и температуре точки росы (в °С), количестве выпавших осадков (в мм).

Прогнозы распределения лесных пожаров по территории дают по лесничествам, лесхозам, органу управления лесным хозяйством субъекта РФ.

Количество лесных пожаров прогнозируют исходя: из степени пожарной опасности в лесу по условиям погоды, класса пожарной опасности лесных участков на рассматриваемой территории, количества потенциальных источников огня, количества пожаров в ретроспективе в аналогичных условиях, теоретических законов распределения случайных событий. Виды лесных пожаров прогнозируются исходя из характера участков лесного фонда.

Прогноз вероятных скоростей распространения лесных пожаров различных видов при разных классах пожарной опасности в лесу по условиям погоды составляют для всяких типов леса и лесных участков, то есть с учётом преобладающих видов лесных горючих материалов или их комплексов и их запасов, а также рельефа территории и силы ветра. Предпосылками лесопожарной чрезвычайной ситуации (ЧС) являются:

- малоснежная зима,
- длительный бездождевой период (15-20 дней) с высокой (выше средней многолетней) среднесуточной температурой воздуха и малой относительной влажностью в начале пожароопасного сезона, когда степень пожарной опасности в лесу по условиям погоды характеризуется IV, V классами пожарной опасности; длительный период с IV, V классами пожарной опасности,
- атмосферная засуха в любое время пожароопасного сезона;
- наличие в лесном фонде бесконтрольных антропогенных источников огня и (или) частые грозовые разряды при высокой степени пожарной опасности в лесу по условиям погоды.

Прогнозирование не только вероятности, но и интенсивности лесных пожаров важно, как для промышленности, так и для безопасности и лучшего понимания изменения климата.

Проходящие пожары могут наносить вред здоровью человека даже в отдаленности 100 и более километров из-за выделяемых продуктов горения в атмосферу.

Спутниковые системы имеют жизненно важное значение для наблюдения за развивающимися пожарами, где они могут использоваться для мониторинга условий, которые затем могут передавать информацию для прогнозирования вероятности пожаров с использованием разработанных моделей.

Методы, интегрирующие искусственный интеллект и, в некоторых случаях, сочетающие прогнозирование лесных пожаров и дыма, вероятно, будут приобретать все большее значение в эпоху, когда крупномасштабные лесные пожары становятся нормой. Использование данных дистанционного зондирования для прогнозирования лесных пожаров.

Глобальная база данных пожарной погоды NASA (Global Fire WEather Database, GFWED), которая предоставляет данные о ветре, температуре и влажности, которые затем можно использовать с помощью ГИС или программного обеспечения дистанционного зондирования для прогнозирования того, где могут начаться пожары, продолжает оставаться важной глобальной базой данных, используемой для прогнозирования лесных пожаров. GFWED использует спутниковые измерения осадков, сделанные в режиме, близком к реальному времени, которые применяются для прогнозирования вероятности того, что лесной пожар может начаться в данном районе.

По сути, модель обеспечивает тип оценки пожаров, который показывает районы, где лесные пожары более вероятны. Модель использует прошлые модели пожаров, чтобы помочь определить вероятные районы, где

лесные пожары с большей вероятностью будут легко распространяться. Например, дело не только в том, насколько сухим является место, но и в том, что скорость ветра может увеличиться, что может повлиять на одну данную область. Сочетание различных факторов, которые приводят к развитию лесных пожаров, - это то, как инструмент обеспечивает лучшее региональное понимание возникновения пожаров.

## 2.1 Использование искусственного интеллекта для прогнозирования и картирования вероятности лесных пожаров

Методы машинного обучения и искусственного интеллекта, и генетические алгоритмы, использовались для оценки вероятности пожаров с использованием таких изображений, как данные спектрорадиометра с умеренным разрешением (MODIS). В одном типе модели такие факторы, как влажность, скорость ветра, количество осадков, высота, уклон и нормализованный разностный индекс влажности (NDMI), используются для прогнозирования того, где могут начаться лесные пожары. Такие методы, как случайный лес, по-видимому, являются одними из самых точных, с точностью около 88%. Однако были разработаны и другие подходы, в которых при оценке пожарного риска используются как человеческие, так и природные факторы. Например, на основе данных MODIS был создан алгоритм обучения с использованием методов максимального ожидания для оценки серии входных данных из разных регионов. Байесовские сети и ГИС были использованы для оценки региональных факторов, влияющих на пожары, на основе исторических данных. Это было применено в Эсватини, и было обнаружено, что как землевладение, так и состояние почвенно-растительного покрова являются основными причинами пожаров, где модель смогла иметь точность более 93% при прогнозировании пожаров. Спутниковые данные могут быть использованы для обучения модели, которая затем может

использовать предыдущие данные для прогнозирования будущих условий, которые могут быть похожи на прошлые события. Все чаще новые модели учитывают пространственное разрешение, особенно локализованные факторы, определяющие, как распространяется пожар. В этих последних моделях применялись локализованные переменные, чтобы обеспечить еще более точное понимание или прогнозирование лесных пожаров. В этом случае используется слой адаптивной нормализации с учетом местоположения (LOAN), в котором динамические переменные (например, погодные условия) отделены от более статических переменных (например, топографии). Это помогает сверточной нейронной сети глубокого обучения лучше прогнозировать, как лесные пожары развиваются в данной и более точной области. Пространственно-временные 2D/3D сверточные нейронные сети позволяют разделять пространственные и временные переменные и применять их для прогнозирования в очень локализованных областях. Такие результаты показывают, что глубокое обучение в настоящее время начинает становиться многообещающим способом прогнозирования лесных пожаров. Подходы к глубокому обучению гораздо более интенсивны для обработки данных, а это означает, что для этого потребуются гораздо более точные методы мониторинга. Данные, возможно, должны лучше фиксировать как спутниковые, так и локальные наземные наблюдения, если модели глубокого обучения должны иметь высокий уровень точности в прогнозировании вероятных путей распространения лесных пожаров. Понимание человеческого фактора и использование дистанционного зондирования и ГИС для определения пожарной опасности. Другие методы пытались объединить ГИС, дистанционное зондирование и интервью с местными экспертами, чтобы лучше понять пожары. В этих случаях было замечено, что в некоторых регионах, таких как район Средиземноморья, высокий процент пожаров начинается из-за человеческого фактора.

### 3 ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

#### 3.1 Территория исследования: Пермский край

Пермский край – субъект Российской Федерации, расположен на востоке европейской части России на склонах Уральских гор, входит в состав Приволжского федерального округа, имеет принадлежность к Уральскому экономическому району.



Рисунок 3.1 – Карта Пермского края

Площадь края составляет 160 237 квадратных километров, а население - 2 500 000 миллиона человек. Плотность населения составляет 16 человек на километр квадратный, доля урбанизации 75 процентов. Протяженность региона с севера на юг составляет 645 километров, с запада на восток около 420 километров, протяженность границ более 2 тысяч километров. Регион расположен в умеренном климатическом поясе, 4 района приравнены к районам крайнего севера (Коми-Пермяцкий округ, Гайнский, Косинский, Кочёвский округа).

В климатообразовании региона большой вклад вносят Уральские горы, которые задерживают влажные массы воздуха, идущие с Атлантического океана. Неординарность рельефа обуславливает различия в климате между различными частями региона. Например, на востоке Пермского края на которых в основном располагаются горные районы осадков выпадает в среднем больше на 100-200 мм в год по сравнению с западными и южными районами. В последних продолжительность безморозного времени года больше на 30-40 дней. Самый холодный месяц в году - январь его среднемесячная температура составляет  $-18,9^{\circ}\text{C}$  в районах севера и  $-14,9^{\circ}\text{C}$  в районах юга Пермского края. Абсолютный минимум за время метеорологических наблюдений составил  $-54^{\circ}\text{C}$ . Но даже при таких низких температурах и особенностях климата региона температура воздуха января может повышаться до плюсовых значений (до  $3^{\circ}\text{C}$ ). Но при толстом уровне снежных покровов это не позволяет снегу сойти при такой оттепели. Самый тёплый месяц в году - июль, температура составляет до  $18,7^{\circ}\text{C}$  на юге субъекта. При этом даже в летний период времени в ночное время возможны заморозки в отдельных районах до  $-4^{\circ}\text{C}$ . Длительность безморозного периода колеблется от 80 до 120 дней в зависимости от расположения с севера на юг. На равнинной части региона годовое количество осадков составляет 450-600 мм, в горных районах и у подножий 700-1000 мм. 300-500мм выпадения

осадков от общей численности приходится в тёплое время года июль-август. Минимум осадков приходится на на зимнее время, в частности на февраль и март. Снежный покров в Пермском крае образуется в конце октября на севере и в начале ноября на юге, его высота составляет в горно местности до 100 сантиметров, в остальных частях 60-80 сантиметров. Средняя скорость ветра составляет от 3 до 6 метров в секунду, наибольшая скорость ветра достигает в марте и в мае. Направление ветра западное и юго-западное (рисунок 3.2).

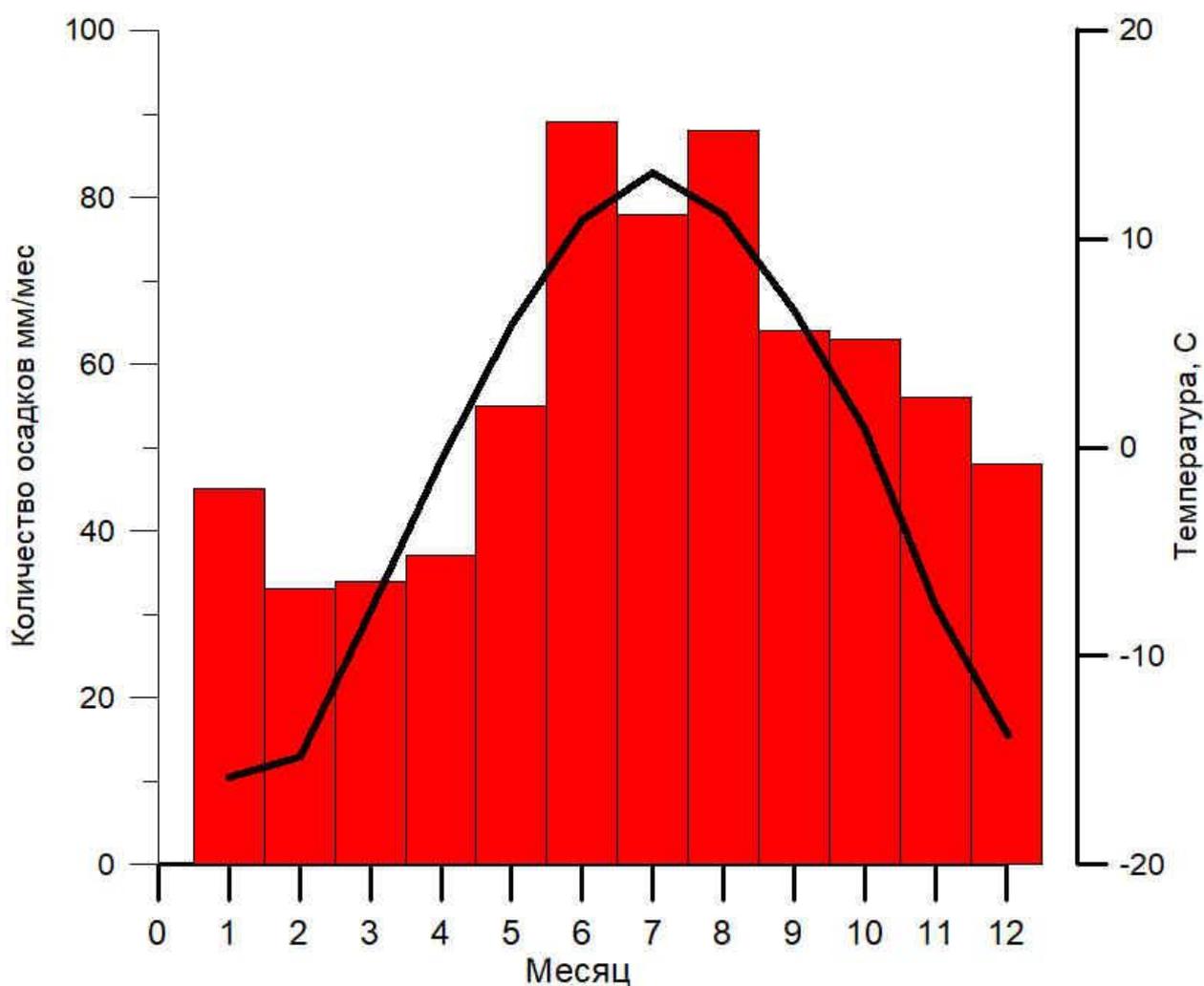


Рисунок 3.2 – Климатограмма г. Пермь. Красный – осадки, чёрный температура воздуха

Из-за неоднородности рельефа, почв и климата Пермского края растительность здесь крайне разнообразна. Серверные и северо-западные районы региона занимают среднетаежные и пихтово-еловые леса, их граница по югу проходит по линии городов Юрла-Соликамск. Они характерны простым строением древостоя, ярус с кустарниковым типом не развит или развит очень слабо, зато моховой ярус развит довольно хорошо. Район покрыт лесом около 85 %. Луга в таких районах занимают малую площадь и составляют 1-2 % от площади, располагаются вблизи рек, ручьев. Торфяные болота занимают 4-8 % территории, верховые болота занимают большую часть территории. Центральная часть Пермского края располагает район южнотаежных пихтово-еловых лесов. Южнотаежные леса по сравнению с вышеуказанными отличаются сложной структурой, здесь идёт преобладание роли трав и травяных типов лесов, покров мха не такой сплошной. Преобладают осины и березы. Меньшую площадь в этом районе занимают сосновые леса, в основном они располагают вдоль реки Камы. Относительно занимаемой площади лугов предыдущего района здесь луга распространены шире и составляют от 5 до 12 % занимаемой площади. Болота располагаются в долине реки Камы и занимают до 8 % территории. Южную часть Пермского края охватывают широколиственно-елово-пихтовые леса. На севере они граничат с южнотаежными и проходят по границе Лысьва-Кордон. Данные район лесов имеет ещё более сложную структуру, чем предыдущие. Ярус с кустарниками довольно хорошо развит, покров травы массивный, большая доля папоротников, и крупной травы, характерно отсутствие кустарников. Покров из мха практически отсутствует. Территория района, покрытая лесами, составляет от 30 до 45 % от общей площади. Самый распространённый тип лесов в данном районе - широколиственно-хвойные леса. Пихтово-еловые леса здесь встречаются довольно редко, как и сосновые леса. Луга занимают от 6 до 14 % от площади района. Болота занимают крайне маленькую площадь, она составляет от 0,01 до 0,5 %. Район островной Кунгурской

лесостепи расположен между рек Сылва и Ирени, имеет такое название благодаря покрытием лесов на территории всего 10-15 %, что составляет малую часть. Болотная местность Кунгурской лесостепи крайне незначительна, это связано с глубоким залеганием грунтовых вод. На востоке Пермского края у подножий Уральских гор расположился район средне и южнотаежных предгорных пихтово-еловых лесов. Данный тип лесов характерен преобладанием трав над кустарниками, широким распространением папоротниковых лесов. В данном районе леспокрытые земли занимают большую часть (85-95 %). Лугов здесь почти нет. Хотя и выпадение осадков здесь выше, чем в предыдущем районе, заболачиваемость местности здесь гораздо ниже, это связано с тем, что здесь преобладает пересечённый рельеф местности. Район северо- и среднетаежных кедрово-еловых горных лесов располагается на северо-востоке Пермского края. Здесь можно встретить арктоальпийские растения, преобладание кустарников и мощный моховой покров. В этом районе сосредоточены высокие горы Пермского края, многие места имеют высоту более 1 километра над уровнем моря. В горно-лесном поясе доминируют еловые и пихтово-еловые леса.

### 3.2 Классификация лесных пожаров

Лесной пожар – неконтролируемое горение растительности, стихийное распространения огня, которое наносит материальный, природный ущерб и ущерб интересам государства.

Лесные пожары классифицируются по 3 основным типам:

- низовые,
- верховые,
- подземные (которые еще называют торфяные).

Низовые пожары характеризуются распространением огня по напочвенному покрову, в следствии этого загорается лесная подстилка,

которая состоит из опавших веток, листьев деревьев и так далее. Низовые пожары подразделяются на два подвида в зависимости от скорости распространения огня и его характеру на беглые и устойчивые. Беглый низовой пожар чаще всего возникает в весенней период в начале пожароопасного сезона, при подсыхании верхнего слоя растительности и прошлогодней травы. Скорость распространения беглого низового пожара достаточно внушительна от 300 до 600 м/ч и зависит полностью от скорости ветра в приземном слое. Также беглые низовые пожары можно наблюдать в осенний период, когда ночью выступают заморозки, а днем положительный температурный режим, что приводит к достаточно быстрому высыханию растительности. Такой тип лесных пожаров характерен для районов южного Урала, Сибири и Забайкалья. Устойчивые низовые пожары имеют характер полного выгорания лесной подстилки и покрова. Их развитие обычно приходит на середину леса. При продвижении устойчивого низового лесного пожара выгорает полностью лесная подстилка, происходит обгорание стволов деревьев, часть деревьев погибает. Скорость распространения такого пожара значительно меньше предыдущей и составляет от нескольких метров до 300 м/ч. Устойчивый низовой пожар является по сути продолжением беглого низового пожара. Для низового типа лесных пожаров характерна выпуклая зигзагообразная форма по линии пожара. Дым от таких пожаров имеет светло-серый окрас. Самый распространенный тип лесных пожаров – низовые, их количество доходит до 97-98 % от всех пожаров, а площадь, пройденная огнем, достигает до 90 %.

Верховой пожар, как правило, образуется в следствии прохождения низовых пожаров, деревьев, кромки которых низко опущены, а также в горной местности. Более всего подвержены возникновению верхового пожара хвойные молодняки. Так же подвержена растительность в горной местности из-за резких перепад высот огонь может быстро перекинуться на кроны деревьев. Большую роль в возникновении и распространении таких типов пожаров

является сильный ветер. От общей численности пожаров верховой тип пожара занимает лишь от 1,5 до 2 %, а площадь, пройденная огнем, составляет 10-12 %. Верховой пожар делится на два подтипа устойчивый и беглый. При устойчивом подтипе верхового пожара сгорает полностью ярус растительности. Скорость развития устойчивого верхового пожара в среднем 300-600 м/ч, но в отдельных случаях может достигать и до 4-5 км/ч. Беглый тип верхового пожара развивается только при сильном ветре. Верховой пожар имеет характер “скачков”, когда кроны деревьев быстро сгорают от верхового пожара, но при этом им не хватает выделяемого тепла, чтобы перескочить на соседнее дерево, происходит ожидание пока низовой пожар прогорит и доберется, для того чтобы нагреть поверхность и от сгораемой поверхности перескочить на кроны деревьев. При таком типе пожара образуются вихревые массы воздуха, которые разлетаются в радиусе 200-300 м и образуют новые очаги пожаров. При верховых пожарах дым имеет окрас темного цвета.

Причиной торфяных пожаров, как правило, является углубление низового типа лесного пожара. Торфяной пожар при горении не имеет пламени. Торфяные пожары самые малочисленные, их количество составляет от 0,5 до 1 % от общей численности, а площадь, которую проходит огонь, составляет менее одного процента.

Характеристики лесных пожаров приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Классификация лесных пожаров по интенсивности горения

Вид лесного пожара	Параметры	Подвид лесного пожара		
		слабый	средний	сильный
Низовой	Скорость распространения, м/мин.	До 1	1-3	Свыше 3
Верховой	Скорость распространения, м/мин.	До 3	3-100	Свыше 100
Торфяной	Глубина горения, см	До 25	25-50	Более 50

### 3.3 Коэффициент (индекс) пожарной опасности по погодным условиям

Для того чтобы потенциально оценить пожарную опасность в лесах используют индекс горимости леса. В Российской Федерации для оценки пожарной опасности в лесах используют индекс Нестерова, зарубежные страны придерживаются использования индекса KBDI (Keetch Byram Drought Index).

Для вычисления комплексного показателя пожарной опасности по Нестерову необходимо иметь данные о следующих метеорологических величинах:

- температура воздуха за 12 часов местного времени (в °С),
- температура точки росы за 12 часов по местному времени (в °С),
- количество выпавших осадков (мм) за период с 12 часов прошлого дня (или с момента расчета прошлого показателя); осадки интенсивностью до 3мм в расчете не используются.

Комплексный показатель горимости Нестерова рассчитывают следующим образом:

$$\text{КПО} = \sum_n T (T - d) \quad (3.1)$$

где

T – температура воздуха в °С в 12 часов дня по местному времени,

d – температура точки росы в °С,

n – число дней, прошедших с последнего дождя.

Сложение происходит за последние дни без осадков, если в день выпадает от 3мм и выше осадков, то суммирование прекращается, а значения обнуляются/

Класс пожарной опасности определяется по диапазону полученных значений, которые приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Ранжирование классов пожарной опасности по погодным условиям [6,7,8]

Класс пожарной опасности	Диапазон значений индекса горимости, °С	Характеристика пожарной опасности
I	0-300	Отсутствует
II	301-1000	малая
III	1001-4000	средняя
IV	4001-10000	высокая
V	Свыше 10000	чрезвычайная

С момента начала использования индекса пожарной опасности В.Г. Нестерова (с 1938 года), его стараются усовершенствовать, так как сам классический показатель пожарной опасности имеет существенный недостаток – происходит резкое падение индекса до нуля при наличии осадков 3мм и выше, но нет учёта сухости лесной подстилки перед началом дождя.

В работе Жданко (1965) [6,7,8] предлагалось не проводить обнуление индекса после каждого дня, в котором выпало 3 мм и более осадков, а ввести коэффициент, который позволит гибко оценивать выпавшие осадки. Этот коэффициент приведён в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Коэффициент К для расчёта модифицированного показателя пожарной опасности [6,7,8]

Осадки, мм	0	0,1-0,9	1-2	3-5	6-14	15-19	20 и более
К	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0

Проведен анализ по разбору пожара в Гайнском (северном) районе Пермского края за 25.06.2024. Был рассчитан комплексный показатель пожароопасности В.Г. Нестерова по формуле (3.1). На графике рисунка 3.3 приведены метеорологические характеристики, которые определяют пожароопасность и входят в показатель Нестерова.

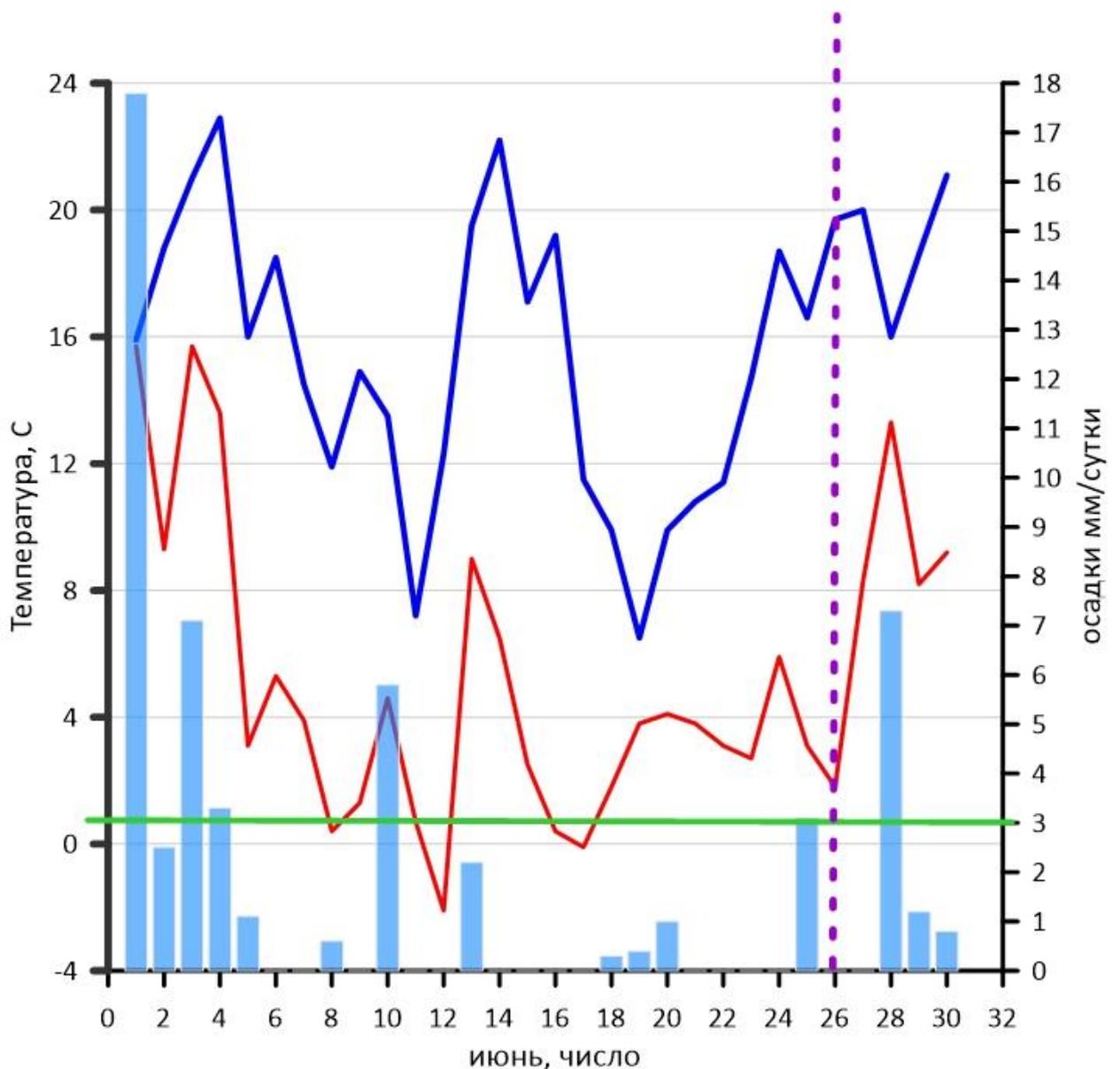


Рисунок 3.3 – Временной ход температуры воздуха (синяя линия), температуры точки росы (красная) и количества осадков (голубые столбики)

На рисунке 3.3 зелёная линия показывает количество осадков, после которого происходит обнуление показателя пожароопасности КПО. Фиолетовый пунктир – соответствует дате сильного пожара в Гайнском районе.

Анализируя графики можно сделать вывод о том, что с 10 июля не наблюдалось значимых осадков, а температура воздуха была достаточно высокой и наблюдался высокий дефицит точки росы, но, если

проанализировать рассчитанный КПО (рисунок 3.4), то видно, что показатель не превышает 1600 °С – третий класс пожароопасности и это не соответствует действительности.

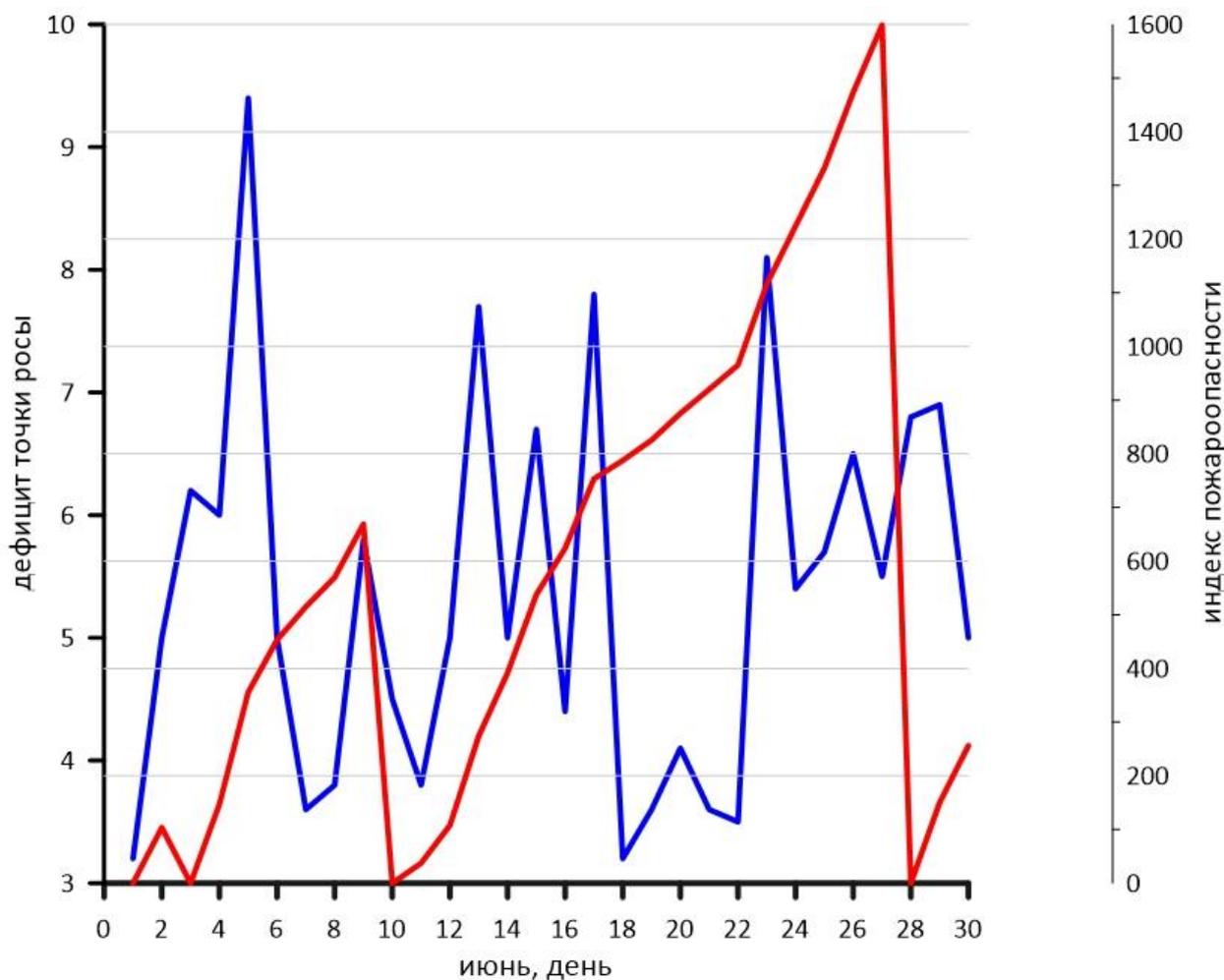


Рисунок 3.4 – КПО Нестерова (красная линия) и дефицит точки росы

Одним из недостатков метода Нестерова – обнуление индекса пожароопасности при выпадении осадков.

Сегодня разработаны модифицированные КПО на основе Нестерова, например, введение поправки Жданко (таблица 3.3).

На рисунке 3.5 приведены результаты расчёта с использованием поправки Жданко.

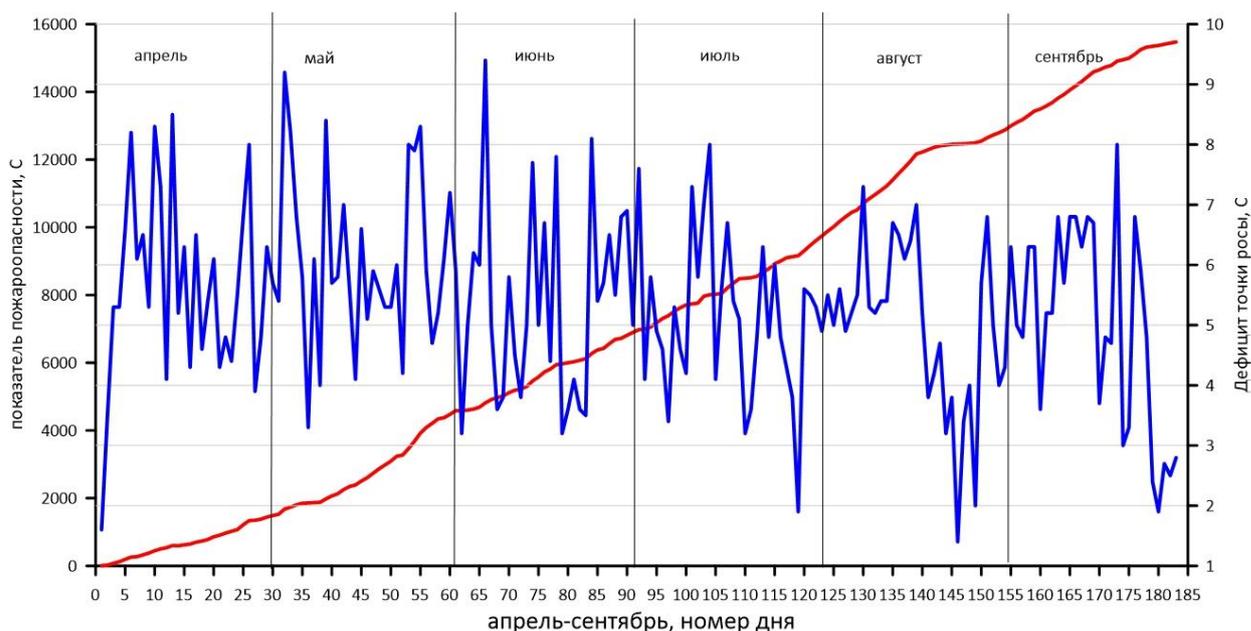


Рисунок 3.5 – КПО Нестерова с поправкой Жданко

### 3.4 Анализ пожароопасной обстановки на территории Пермского края за 2023 год

В Приложении 1 приведена информация о пожарах, которые наблюдались в Пермском крае в 2023 году.

В 2023 году в Пермском крае пожароопасный сезон продолжался 173 календарных дня, первый природный пожар отмечен 4 апреля 2023 года в Очёрском районе по типу пожара низовой беглый, крайний пожар – 28 сентября в Гайнском районе по типу пожара низовой слабый.

Пожароопасный сезон 2023 года был одним из самых сложных сезонов за последние 5 лет. Продолжительность пожароопасного сезона составила 173 дня, что на 20 дней больше чем в 2022 году. В текущем сезоне в крае было зафиксировано 193 пожара, общая площадь пройденная огнем составила 446 гектар, несмотря на увеличение площади лесных пожаров, достигнуто уменьшение площади средней ликвидации одного пожара и привело к значению более чем 2 гектара, кроме площади достигнуто

сокращение времени ликвидации одного пожара, в течении первых суток ликвидирован 171 пожар , что составило около 90 процентов возникших пожаров, из чего следует, что эффективные методы прогнозирования и мониторинга лесопожарной обстановки приводят к уменьшению материального ущерба, ущербу природного фонда и интересам России. На территории Пермского края численность личного состава, готовых для реагирования к тушению лесных пожаров составляет 4275 человек и 1992 единицы техники. При этом на борьбу с лесным огнем в 2023 году было привлечено 2519 человек и 562 единицы техники, что говорит о созданных условиях резерва для реагирования и готовности к другим циклическим чрезвычайным ситуациям.

Таблица 3.4 – Сроки пожароопасного периода в Пермском крае

Субъект Российской Федерации	Многолетние наблюдения		Пожароопасный период 2023 года	
	Начало	Конец	Начало	Конец
Пермский край	3 декада апреля	3 декада сентября	4 апреля 2023 года	28 сентября 2023 года

Как видно из таблицы 3.4, в 2023 году пожароопасный период начался на 2 декады раньше от среднемноголетних наблюдений, что способствовало увеличению количества лесных пожаров, в следствии осложнило обстановку с пожарами на территории Пермского края. Окончание пожароопасного сезона наступило в пределах среднемноголетних наблюдений.

Таблица 3.4 – Среднемесячные значения температуры воздуха и количество осадков в пожароопасный период

Среднемесячная температура воздуха, °С	Среднемесячное количество осадков, мм

апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
3,0	12,1	17,2	19,1	17,3	7,3	42	65	87	81	79	72

Рассмотрим особенности метеорологических условий, сложившихся в пожароопасный период 2023 года.

Главная сложность пожароопасного периода 2023 года заключалась в метеорологических условиях, а именно: критически низкий уровень атмосферных осадков, продолжительность аномально засушливого периода составила более 50 дней, объявлением чрезвычайной ситуации в связи с засухой и высокими температурными режимами воздуха.

В июле 2023 наблюдался абсолютный максимум температуры в Перми – 37,5 °С, при среднем максимуме 24,0 °С [10]. Положительная аномалия температуры воздуха по Пермскому краю составляла 5 °С [9]. При этом наблюдался дефицит осадков:

в южных и центральных районах края выпало 35-60 мм осадков, что составляет 47-78% от месячной нормы;

в остальных регионах выпало около 80 % от климатической нормы осадков (меньше 100 мм/месяц);

в некоторых регионах края количество осадков было выше нормы и составило 135 мм/месяц, что составляет 160 % климатической нормы.

В июле 2023 года в Пермском крае наблюдалась сильная грозовая активность в большинстве дней июля. Особенно сильная грозовая активность наблюдалась на севере Пермского края [9]. Быстрому распространению пожаров способствовало шквалистое усиление ветра при грозовой деятельности – до 24 м/с [9].

Во многих районах Пермского края уже с апреля был объявлен четвертый, высокий класс пожарной опасности, а наибольшее число дней с

высоким четвертым и чрезвычайно высоким пятым классом пожарной опасности зафиксирован в мае и августе, местами по краю высокий класс пожарной опасности сохранялся и в сентябре, при этом даже в таких условиях на территории Пермского края произошло значительно меньше пожаров чем в соседних регионах. К примеру в Свердловской области было зарегистрировано 1117 пожаров, площадь пройденная огнём составила 350 тысяч гектар, в республике Коми произошло 145 пожаров, что на 48 пожаров меньше чем в Пермском крае, однако площадь пройденная огнём составила 1350 гектар. Прохождение лесопожарного периода также зависит от финансирования лесной охраны, в 2023 году на эти цели выделено 170 миллионов рублей из средств федерального бюджета. Пермский край - регион, на котором расположено 30% от всех лесов в Приволжском федеральном округе. Для более успешного реагирования на возникшие лесные пожары в 2023 году в Пермском крае проложено более 1000км, прочищено около 1400км просек, этот комплекс мер позволяет противопожарным подразделениям добираться даже до самых удалённых точек возникновения пожара. В предверии лесопосадочного сезона прочищено около 7200 минерализованных дорог, планомерно продолжается создание специальных мест для отдыха в лесных массивах, в этом году было создано более 1800 таких мест, помимо отдельных мест для отдыха ведётся создание аншлагов, табличек с экстренными номерами вызова пожарных подразделений для своевременного сообщения о пожаре в лесу, в этом году было создано более 2650 таких информационных табличек, благодаря этим действиям по сообщениям жителей в пожароопасном сезоне 2023 года был выявлен 61 лесной пожар. Самые труднодоступные и отдаленные северные лесные зоны Прикамья охватывает авиамониторинг, в зоне авипатрулирования находится 60 процентов лесов Пермского края, за 2023 год было совершено 226 вылетов, продолжительность которых составило более 900 часов, в ходе авиамониторинга выявлено 57 пожаров,

продолжается работа систем видеонаблюдения «лесохранитель» в 2023 году площадь охватываемая данной системой мониторинга составила 4 миллиона 300 тысяч гектар. Учитывая погодные условия, длительное продолжение пожароопасного периода, спровоцировало возникновение больших лесных пожаров, к таким можно отнести: Краснокамский пожар и Чердынский пожар. В Краснокамском районе преобладают торфяники, которые имеют свойство высокой горимости, кроме того, устойчиво засушливая погода и аномально-высокие температуры воздуха, порывы ветра до 20 метров в секунду привели к быстрому распространению огня на большой площади.

В Чердынском районе лесной пожар был обнаружен с помощью авиамониторинга 16 августа и в тот же день было штормовое предупреждение с порывами ветра до 25 метров в секунду, пожар мгновенно распространился на большие площади по сухой траве на болоте, быстрому распространению огня способствовало: сильный ветер, засуха, а так же тип леса: сосняки-долгомошники, лесная подстилка которого - мох, очень горючий материал. В Пермском крае в 2023 году в 8 из 42 муниципалитетов не произошло ни одного лесного пожара, в 22 прошло 3 и менее пожара, традиционно самыми горимыми стали северные районы Пермского края, Чердынский, Гайинский округа. В 2023 году по вине человека произошло 46 процентов от общего количества лесных пожаров, 23 процента произошли из-за гроз, 13 % из-за самовозгорания торфа, а также обрыва линий электропередач.

В таблице 3.5 приведена информация о выявленных пожарах на территории Пермского края различными способами мониторинга (авиамониторинг, наземный мониторинг). Анализ приведённых в таблице данных позволяет говорить о том, что в 2023 году большее количество пожаров наблюдалось в северных районах (Чердынь, Гайны, Красновишерск, Соликамск и т.п.) – общая площадь пожаров в северных регионах составила более 50% от общей площади. Именно в этих регионах

наблюдалось сильная грозовая деятельность. Поскольку эти районы малонаселены и труднодоступны, то можно считать, что причинами пожаров естественный фактор (молнии и высокая температуры воздуха при дефиците осадков). Сила пожаров связана с трудности их выявления и тушения.

Таблица 3.5 - Информация о возникших лесных пожарах на территории Пермского края по состоянию на 06.10.2023

Авиаотделение	Муниципальный округ	Лесничество	Кол-во пожаров, шт.	Пройденная огнем площадь, га
Гайнское п. Гайны	Гайнский	Веслянское	11	38,44
		Гайнское	26	39,04
	Всего по Гайнскому району		37	77,48
	Косинский	Косинское	7	9,95
	Кочевский	Кочевское	2	1,50
	Юрлинский	Юрлинское	3	0,66
<b>Итого</b>			<b>49</b>	<b>89,59</b>
Ныробское п. Ныроб	Чердынский	Колвинское	20	17,49
		Чердынское	10	85,87
	Красновишерский	Вайское	0	0
<b>Итого</b>			<b>30</b>	<b>103,36</b>
Березниковское г. Березники	Соликамский	Соликамское	10	6,02
	Красновишерский	Красновишерское	7	7,43
	Усольский	Березниковское	6	28,33
	Горнозаводский	Горнозаводское	2	2,51
	Губахинский	Кизеловское	2	1,77
<b>Итого</b>			<b>27</b>	<b>46,06</b>
Наземный мониторинг	Кудымкарский	Кудымкарское	0	0
	Юсьвинский	Юсьвинское	0	0
	Верещагинский	Сивинское	7	2,50
	Добрянский	Добрянское	3	4,90
	Краснокамский	Закамское	16	108,86
	Лысьвенский	Лысьвенское	2	18,32
	Пермский	Пермское	14	9,01
	Осинский	Осинское	9	5,07
	Очерский, Оханский	Очерское	9	38,69
	Кунгурский	Кунгурское	3	2,10
	Кишертский	Кишертское	6	3,66
	Куединский	Куединское	1	0,40
	Чайковский	Чайковское	12	10,27
	Октябрьский	Октябрьское	3	1,50
	Чусовской	Чусовское	2	1,80
<b>Итого</b>			<b>87</b>	<b>207,08</b>
<b>Всего</b>			<b>193</b>	<b>446,09</b>

В таблице 3.6 приведены даты и местоположение сильных пожаров, то есть пожары с максимальной скоростью распространения, которая связана с скоростью ветра, типом лесного горючего материала, рельефом местности.

Таблица 3.6 - Лесные пожары на территории Пермского края по типу сильного

Порядковый номер	Название населенного пункта	Широта	Долгота	Дата возникновения пожара
1	д. Антоновцы	58°8'39"	55°48'16"	25.04.2023
2	д. Кокаровщина	58°33'05"	55°37'03"	25.04.2023
3	п. Новоильинский	57°53'42"	55°28'48"	06.05.2023
4	п. Луным	60°23'57"	54°41'07"	18.05.2023
5	п. Грибаны	57°06'38"	56°49'15"	19.05.2023
6	д. Русиново	61°14'26"	57°10'37"	26.05.2023
7	п. Чепец	58°21'07"	52°31'29"	28.05.2023
8	п. Серебрянка	60°29'48"	53°25'38"	25.06.2023
9	п. Керос	60°45'57"	52°51'39"	29.06.2023
10	д. Подземлянная	57°24'13"	55°06'15"	07.07.2023
11	д. Оралово	60°29'44"	56°52'54"	07.07.2023
12	д. Подземлянная	57°24'13"	55°06'15"	09.07.2023
13	д. Данилова	60°15'53"	54°20'33"	05.08.2023
14	п. Шордын	60°23'45"	54°16'25"	14.08.2023
15	п. Б. Пашня	59°13'43"	56°39'38"	15.08.2023
16	п. Чепец	58°21'07"	52°31'29"	16.08.2023
17	п. Юксеево	59°52'02"	54°19'23"	18.08.2023
18	д. Сосновка	57°39'36"	57°30'06"	18.08.2023

В таблице 3.7 приведены данные об упорядочивании пожаров по тип и их подтипам начиная с начала пожароопасного периода и населенные пункты, которые находятся вблизи.

Таблица 3.7 – Упорядочивание лесных пожаров на территории Пермского края

Дата	Населенный пункт вблизи пожара	Тип лесного пожара	Подтип
04.04.2023	д. Осинровка	беглый	низовой
09.04.2023	д. Черёмушки	слабый	низовой
11.04.2023	д. Шабуничи	слабый	Низовой
11.04.2023	п. Ильича	слабый	Низовой
14.04.2023	п. Прикамский	слабый	низовой
15.04.2023	с. Соснова	слабый	низовой
20.04.2023	д. Кормильцы	слабый	низовой
21.04.2023	с. Селезни	слабый	низовой

22.04.2023	п. Усовский	слабый	низовой
23.04.2023	п. Верхнее Гуляево	слабый	низовой
23.04.2023	с. Побоище	слабый	низовой
23.04.2023	п. Суксун	слабый	низовой
24.04.2023	д. Красики	слабый	низовой
25.04.2023	с. Юрла	средний	низовой
25.04.2023	п. Усть-Весляна	средний	низовой
25.04.2023	д. Русаки	слабый	низовой
25.04.2023	д. Пушкари	средний	низовой
25.04.2023	д. Антоновцы	сильный	низовой
25.04.2023	д. Кокаровщина	сильный	низовой
25.04.2023	д. Антипина	средний	низовой
26.04.2023	д. Екатериновка	слабый	низовой
01.05.2023	д. Одино	средний	низовой
02.05.2023	д. Полюдово	средний	низовой
02.05.2023	г. Чердынь	средний	низовой
02.05.2023	с. Кояново	средний	низовой
03.05.2023	д. Березники	слабый	низовой
03.05.2023	п. Верх-Кухтым	слабый	низовой
03.05.2023	п. Верх-Кухтым	слабый	низовой
03.05.2023	п. Шестаки	слабый	низовой
06.05.2023	с. Андреевка	средний	верховой
06.05.2023	д. Плоска	без классификации	низовой
06.05.2023	п. Новоильинский	сильный	низовой
08.05.2023	п. Кын	средний	низовой
10.05.2023	д. Симонки	слабый	низовой
13.05.2023	с. Салтыкова	средний	низовой
16.05.2023	д. Шумино	слабый	низовой
17.05.2023	п. Усть-Черная	средний	низовой
18.05.2023	п. Луным	сильный	низовой
19.05.2023	п. Грибаны	средний	низовой
19.05.2023	п. Грибаны	сильный	низовой
21.05.2023	д. Русалевка	слабый	низовой
21.05.2023	п. Висляна	средний	низовой
22.05.2023	с. Сёла	средний	низовой
23.05.2023	с. Пянтег	слабый	низовой
23.05.2023	д. Тёплая Гора	слабый	низовой
24.05.2023	п. Энергия	средний	низовой
24.05.2023	п. Шунья	слабый	низовой
26.05.2023	д. Русиново	сильный	низовой
28.05.2023	п. Чепец	сильный	низовой
28.05.2023	п. Осиновка	слабый	низовой
29.05.2023	д. Вятчана	слабый	низовой
29.05.2023	д. Грибушино	слабый	низовой
29.05.2023	п. Кабаний мыс	слабый	низовой
01.06.2023	д. Гамицы	слабый	низовой
05.06.2023	п. Средняя Усьва	средний	низовой
12.06.2023	п. Усть-Черная	слабый	низовой

13.06.2023	д. Елово	слабый	низовой
15.06.2023	д. Лога	средний	низовой
15.06.2023	д. Ванькино	средний	низовой
16.06.2023	д. Шабуры	слабый	низовой
16.06.2023	д. Усть-Паль	слабый	низовой
17.06.2023	д. Чажегово	слабый	низовой
22.06.2023	д. Лога	средний	низовой
23.06.2023	д. Малое Городище	средний	низовой
23.06.2023	д. Гаревая	слабый	низовой
23.06.2023	п. Усть-Черная	слабый	низовой
24.06.2023	д. Лога	слабый	низовой
25.06.2023	д. Кокорино	слабый	низовой
25.06.2023	п. Серебрянка	сильный	низовой
25.06.2023	д. Верхняя Старица	слабый	низовой
25.06.2023	д. Верхняя Старица	слабый	низовой
26.06.2023	п. Мараты	слабый	низовой
27.06.2023	п. Шордын	слабый	низовой
28.06.2023	д. Усть-Черная	слабый	низовой
29.06.2023	д. Хрустали	слабый	низовой
29.06.2023	п. Мысы	средний	низовой
29.06.2023	п. Керос	сильный	низовой
06.07.2023	п. Булдырья	средний	низовой
06.07.2023	п. Козьмодемьянск	слабый	низовой
07.07.2023	п. Ольховка	слабый	низовой
07.07.2023	д. Подземлянная	сильный	низовой
07.07.2023	д. Оралово	сильный	низовой
09.07.2023	д. Подземлянная	сильный	низовой
11.07.2023	д. Дойная	слабый	низовой
11.07.2023	д. Опары	средний	низовой
11.07.2023	д. Мазуевка	слабый	низовой
11.07.2023	д. Касьяново	слабый	низовой
11.07.2023	д. Харнавы	средний	низовой
12.07.2023	д. Опары	слабый	низовой
12.07.2023	п. Бизяр	средний	низовой
14.07.2023	д. Кабанов Мыс	слабый	низовой
14.07.2023	д. Субботино	слабый	низовой
17.07.2023	п. Ныроб	слабый	низовой
18.07.2023	д. Степанова	слабый	низовой
18.07.2023	п. Сергеевский	слабый	низовой
26.07.2023	д. Петрецово	слабый	низовой
27.07.2023	д. Заосиново	торф средний	подземный
28.07.2023	д. Калино	без классификации	низовой
29.07.2023	д. Кабанов Мыс	слабый	низовой
29.07.2023	д. Даньки	средний	низовой
30.07.2023	д. Заполье	слабый	низовой
30.07.2023	п. Плесо	слабый	низовой
31.07.2023	п. Завожик	слабый	низовой
01.08.2023	п. Вижай	средний	низовой

01.08.2023	п. Усть-Весляны	средний	низовой
01.08.2023	д. Белая Пашня	средний	низовой
01.08.2023	п. Усть-Весляны	без классификации	низовой
02.08.2023	п. Усть-Черная	слабый	низовой
02.08.2023	п. Усть-Черная	без классификации	низовой
02.08.2023	п. Усть-Черная	слабый	низовой
02.08.2023	п. Усть-Вишера	слабый	низовой
03.08.2023	д. Заосиново	торф	подземный
03.08.2023	п. Вижаиха	средний	низовой
03.08.2023	п. Дий	средний	низовой
05.08.2023	д. Данилова	сильный	низовой
05.08.2023	п. Чернореченский	слабый	низовой
05.08.2023	д. Антонова	слабый	низовой
09.08.2023	п. Павловский	слабый	низовой
10.08.2023	д. Верхний Будым	слабый	низовой
10.08.2023	с. Бигичи	слабый	низовой
10.08.2023	д. Ваньки	слабый	низовой
11.08.2023	п. Ольховка	слабый	низовой
11.08.2023	п. Антоново	средний	низовой
12.08.2023	д. Белая Пашня	средний	низовой
12.08.2023	д. Харино	средний	низовой
12.08.2023	д. Ольховка	слабый	низовой
12.08.2023	д. Нюзим	слабый	низовой
12.08.2023	д. Искор	слабый	низовой
13.08.2023	д. Завозжик	слабый	низовой
13.08.2023	д. Усть-Весляны	слабый	низовой
13.08.2023	д. Петрецова	слабый	низовой
13.08.2023	п. Дий	слабый	низовой
13.08.2023	п. Ныроб	средний	низовой
14.08.2023	д. Гари	слабый	низовой
14.08.2023	п. Юго-Камский	слабый	низовой
14.08.2023	с. Осокино	слабый	низовой
14.08.2023	п. Юго-Камский	слабый	низовой
14.08.2023	п. Шордын	сильный	низовой
15.08.2023	п. Белая Пашня	сильный	низовой
15.08.2023	п. Яган	слабый	низовой
16.08.2023	п. Чепец	сильный	низовой
17.08.2023	д. Спирята	слабый	низовой
17.08.2023	д. Базуева	слабый	низовой
17.08.2023	п. Керос	слабый	низовой
17.08.2023	п. Керос	слабый	низовой
17.08.2023	д. Чепец	слабый	низовой
18.08.2023	д. Мульково	слабый	низовой
18.08.2023	п. Чепец	слабый	низовой
18.08.2023	п. Верх-Лель	средний	низовой
18.08.2023	п. Юкseeво	сильный	низовой
18.08.2023	д. Сосновка	сильный	низовой
19.08.2023	п. Чикман	без классификации	низовой

21.08.2023	д. Заполье	слабый	низовой
21.08.2023	д. Володин камень	слабый	низовой
21.08.2023	д. Чекарда	слабый	низовой
22.08.2023	д. Заосиново	торф слабый	подземный
23.08.2023	д. Степанова	слабый	низовой
28.08.2023	д. Заосиново	торф слабый	низовой
31.08.2023	п. Коса	слабый	низовой
02.09.2023	д. Петракова	слабый	низовой
04.09.2023	д. В. Бутым	слабый	низовой
05.09.2023	д. Тумский	слабый	низовой
06.09.2023	д. Дий	слабый	низовой
10.09.2023	п. Искар	слабый	низовой
11.09.2023	д. Жуланово	слабый	низовой
13.09.2023	п. Данилов	слабый	низовой
13.09.2023	п. Чуртан	слабый	низовой
13.09.2023	п. Шордын	слабый	низовой
14.09.2023	п. Таман	слабый	низовой
14.09.2023	п. Огурдино	слабый	низовой
14.09.2023	п. Гайны	слабый	низовой
14.09.2023	с. Юм	слабый	низовой
15.09.2023	д. Елево	слабый	низовой
16.09.2023	д. Заосиново	торф слабый	подземный
16.09.2023	д. Заосиново	торф слабый	подземный
16.09.2023	г. Краснокамск	слабый	низовой
16.09.2023	г. Красновишерск	слабый	низовой
16.09.2023	п. Коса	слабый	низовой
16.09.2023	г. Красновишерск	средний	низовой
17.09.2023	д. Базуева	слабый	низовой
18.09.2023	п. Котомыш	слабый	низовой
20.09.2023	п. Искор	слабый	низовой
20.09.2023	д. Данилово	слабый	низовой
20.09.2023	п. Вижай	слабый	низовой
20.09.2023	д. Жуланово	слабый	низовой
20.09.2023	г. Красновишерск	слабый	низовой
21.09.2023	г. Красновишерск	слабый	низовой
24.09.2023	с. Пуксиб	средний	низовой
24.09.2023	д. Байдары	слабый	низовой
25.09.2023	г. Чайковский	слабый	низовой
25.09.2023	п. Павловский	слабый	низовой
26.09.2023	с. Коса	слабый лес	подземный
28.09.2023	п. Усть-Весляна	слабый	низовой

Проанализировав данные, представленные в таблице 3.7, можно сделать вывод о том, что распределение числа пожаров в пожароопасный период

2023 было следующим – таблица 3.8. Максимальное количество пожаров наблюдалось в августе.

Таблица 3.8 – Распределение количества пожаров в 2023 году по месяцам

Месяц	Количество пожаров
апрель	21
май	32
июнь	24
июль	27
август	57
сентябрь	35
Итого	193

Количество пожаров по типу сильного представлено в таблице 3.7. Анализ этой таблицы позволяет сделать вывод о том, что максимальное количество сильных пожаров произошло в августе.

Проанализируем метеорологические условия в этот период. Поскольку не информации о метеорологических условиях во всех регионах Пермского края, то воспользуемся информацией Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

В апреле 2023 года первая и третья декада характеризовалась повышенной температурой (небольшие аномалии около 1-3 °С), но переход температуры воздуха через 5<sup>0</sup>С произошёл во второй половине апреля. Практически на протяжении всего месяца сохранился снежный покров. Наблюдался дефицит осадков. Пожары в этот период, скорее всего, не связаны с метеорологическими условиями, а носят чисто антропогенный характер.

Май 2023 года был очень различный в разных областях – на юге были высокие значения температуры воздуха, а на севере было холодно. Наблюдался дефицит осадков, особенно сильный на юге края – меньше 10% месячной нормы. Именно с этими погодными особенностями связан высокий уровень пожароопасности с 11 – 31 мая в южных регионах.

Июнь 2023 по своим метеорологическим характеристикам похож на май – мало осадков, особенно на юге области, в некоторых регионах до 19-29% от нормы и как следствие высокий уровень пожароопасности.

Пожароопасный сезон 2023 года можно использовать для характеристики влияния метеорологических условий на пожароопасность.

Пожароопасный сезон 2022 года характеризовался близостью метеорологических характеристик к климатическим нормам по температурному фону и, на фоне преобладающей циклонической циркуляции достаточным количеством осадков. В этот сезон не наблюдалось значительных, чрезвычайных ситуаций с высокой степенью пожароопасности, что не избавило от лесных пожаров, в большей степени, связанными с человеческим фактором.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Анализ лесных пожаров в Пермском крае выявил аномальное количество пожаров в 2023 году – 193;
- Большое количество пожаров происходило на севере края – Гайнский, Красновишерский и Чердынский районы. Районы малонаселённые, пожары, вероятно, связаны с метеорологическими условиями;
- Аномальная пожарная обстановка на территории Пермского края связана с аномалиями погоды – положительные аномалии температуры воздуха (выше 5 °С), отрицательные аномалии осадков (около 50% от нормы), высокая скорость ветра (порывы до 25 м/с), высокая грозовая активность на севере края (Гайнский, Чердынский и Красновишерский), зафиксирован абсолютный максимум температуры в июле 2023 года - +37,5 °С
- Оценена эффективность использования КПО Нестерова В.Г. – комплексный показатель пожароопасности занижает реальную пожароопасность в лесах Пермского края;
- Ввод коэффициента на поправку осадков (по Жданко) позволяет более точно оценить ситуацию с пожарами на территории Пермского края

Эффективные методы прогнозирования и мониторинга лесопожарной обстановки приводят к уменьшению материального ущерба, ущербу природного фонда и интересам России.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Залесов А.С. Классификация лесных пожаров. – Екатеринбург: изд-во УГЛТУ, 2011–15 с.
2. Авеснов С.А. Флора пермского края и ее анализ – стр. 7-42
3. Новости фондового рынка, ценных бумаг и экономики, прогнозы и анализ: [сайт]. – URL: <https://www.finam.ru/authors/2977/> (дата обращения: 26.06.2024)
4. Институт прогрессивных технологий: [сайт]. – URL: <https://www.mostrudexpert.ru/infocentr/kak-lesnye-pozhary-vliyayut-na-kachestvo-vozduha> (дата обращения: 26.06.2024)
5. Система дистанционного мониторинга и упарвления: [официальный сайт]. – URL: <https://lesohranitel.ru/> (дата обращения: 26 июня 2024)
6. Шерстюков Б.Г. Лесные пожары, как метеобусловленное явление//Труды ВНИИГМИ-МЦД, 2012 – Вып 173. – с. 326-357
7. Шерстюков Б.Г., Шерстюков А.Б. Климатические условия потенциальной горимости леса в России в XX и XXI веках//Труды ВНИИГМИ-МЦД, 2007. – Вып. 173. – с 137-151.
8. Шерстюков Б.Г. Оценки потенциальной горимости леса по месячным метеорологическим данным//Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, 2013 – Т. 25. – М.: ИГКЭ.
9. Пермский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [официальный сайт] – URL: [https://meteo.perm.ru/obzory-pogody/?start=37&PAGEN\\_1=11](https://meteo.perm.ru/obzory-pogody/?start=37&PAGEN_1=11). (дата обращения: 26 июня 2024 г.)
10. Погода и климат [сайт]. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения 27.06.2024)
11. Главное управление МЧС России по Пермскому краю [официальный сайт] – URL: <https://59.mchs.gov.ru/> (дата обращения 27.06.2024)

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Пожароопасный период 2023 года на территории Пермского края

№ п/п	Класс пожарной опасности	Лесхоз, лесничество, расстояние до ближайшего населенного пункта	Время пожара			Площадь пожара S(га)  Гибель (чел.)  Ущерб (руб.)		Вид пожара
			Возн.	Локал.	Ликв.	обн.	акт.	
1.	1	№ СГБУ 1  Б.сосновский р-н д.Осиновка, 0,2 км  Лесничество: Очёрское; Уч. Лесничество: Большесосновское; Квартал: 5; Выдел:  Регистр. <b>04.04.2023</b>  переход с ТРАВЫ на ЛЕС	Возн.	<b>04.04.2023</b>	<b>16:45</b>	S	<b>0.1000</b>	Лес
			Локал.	04.04.2023	17:30	обн.	<b>0.0090</b>	Низовой
			Ликв.	<b>04.04.2023</b>	<b>21:00</b>	S	<b>0.1000</b>	беглый
						акт.	<b>0.1000</b>	
						S		
						лок.		
						S		
						ликв.		
			<b>Время тушен. 4.25</b>					
2.	3	№ СГБУ 2  Нытвенский ГО д.Черёмушки 0,01км преграда р. Ореховый  Лесничество: Закамское; Уч. Лесничество:	Возн.	<b>09.04.2023</b>	<b>12:43</b>	S	<b>0.2000</b>	Лес
			Локал.	09.04.2023	12:48	обн.	<b>0.0180</b>	Низовой
			Ликв.	<b>09.04.2023</b>	<b>12:54</b>	S	<b>0.2000</b>	слабый
						акт.	<b>0.2000</b>	
						S		
						лок.		
						S		
						ликв.		

		Нытвенское; Квартал: 127; Выдел: 12  Регистр. <b>09.04.2023</b>	<b>Время тушен. 0.18</b>		
--	--	--	--------------------------	--	--