

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛЕСНОГО РАЙОНА С ГОРИМОСТЬЮ ЛЕСОВ

доктор сельскохозяйственных наук, доцент **В. А. Савченкова**¹

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Е. М. Рунова**²

кандидат сельскохозяйственных наук **Н. А. Коршунов**³

1 – МФ ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Мытищи, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Братский государственный университет, г. Братск, Российская Федерация

3 – ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», г. Пушкино, Российская Федерация

Одной из ключевых задач охраны лесов от пожаров, являющихся в 80 % и более случаях последствием антропогенных изменений в природе, обозначено сокращение вреда, причинённого лесам вследствие лесных пожаров. Территория субъектов Российской Федерации в большинстве случаев охватывает лесные участки с разными лесорастительными условиями. Первый этап работы посвящен общим исследованиям влияния уровня обеспеченности ресурсами пожаротушения на эффективность охраны лесов от пожаров для лесных районов в зависимости от географических, климатических, логистических и иных факторов. Основная цель исследований на данном этапе: выявить основные закономерности, ключевые факторы и показатели, влияющие на необходимые объемы ресурсов пожаротушения, то есть сформировать основу, для подготовки научно-обоснованных предложений по оптимальной оснащённости субъектов Российской Федерации силами и средствами пожаротушения, формирование которых запланировано на следующем этапе научно-исследовательской работы. В качестве исходных данных использованы научные публикации, методики, нормативные правовые акты в области лесного законодательства Российской Федерации и других стран, ведомственная отчетность и статистическая отчетность, размещаемая в открытых источниках. В рамках данной статьи приведена часть исследования, посвященная определению взаимосвязи выбранного критерия оценки эффективности охраны лесов от пожаров, а именно, горимости лесов с частотой возникновения лесных пожаров в разрезе лесных районов. В результате проведенных исследований выявлена тесная взаимосвязь между указанными показателями в зависимости от лесного района. Определены центры горимости в зонах наземной и авиационной охраны, а также в зоне контроля лесных пожаров. Сформулированные в статье выводы будут использованы при формировании на заключительном этапе научно обоснованных предложений по определению нормативов оснащения специализированных учреждений силами и средствами пожаротушения.

Ключевые слова: лесной пожар, лесорастительные условия, лесной район, горимость, частота лесных пожаров, лесопожарное формирование, лесной участок.

ASSESSMENT OF RELATION OF SITE FEATURES OF THE FOREST AREA WITH FOREST FIRE-DANGER

DSc in Agriculture, Associate Professor **V. A. Savchenkova**¹

DSc in Agriculture, Professor **E. M. Runova**²

PhD in Agriculture **N. A. Korshunov**³

1 – Mytischki Branch, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University» (National Research University), Mytischki, Russian Federation

2 – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bratsk State University», Bratsk, Russian Federation

3 – Department «All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry», Pushkino, Russian Federation

Abstract

One of the key tasks of protecting forests from fires, which in 80 % or more cases is the result of anthropogenic changes in nature, indicates the reduction of damage caused to forests due to forest fires. The territory of the subjects of the Russian Federation in most cases covers forest areas with different forest conditions. The first stage of the work is devoted to general studies

of the influence of the level of supply of fire extinguishing resources on the effectiveness of protecting forests from fires for forest areas, depending on geographical, climatic, logistical and other factors. The main goal of the research at this stage is to identify the main regularities, key factors and indicators that affect the necessary amounts of firefighting resources, that is, to form the basis for the preparation of scientifically sound proposals for optimal equipment of the subjects of the Russian Federation by firefighting forces and facilities, the formation of which is planned for the next stage of research work. Scientific publications, methodologies, normative legal acts in the field of forest legislation of the Russian Federation and other countries, departmental reporting and statistical reporting, placed in open sources have been used as initial data. Within the framework of this article, a part of the study devoted to the determination of the relationship between the selected criteria for assessing the effectiveness of forest protection from fires, namely, the burning of forests with the frequency of occurrence of forest fires in the context of forest areas. As a result of the conducted studies, a close correlation between these indicators has been found, depending on the forest area. The centers of fire-danger in zones of ground and aviation protection, and also in a zone of the control of forest fires have been defined. The conclusions formulated in the article will be used to form, at the final stage, scientifically sound proposals for determining the standards for equipping specialized institutions with fire extinguishing forces and equipment.

Keywords: forest fire, forest conditions, forest area, fire-danger, frequency of forest fires, forest fire formation, forest plot.

Введение

Федеральным законом от 23.06.2016 № 218-ФЗ внесено изменение в Лесной кодекс Российской Федерации, предусматривающее выделение зоны охраны лесов от пожаров различными способами (с использованием наземных, авиационных или космических средств) (лесопожарное зонирование) в зависимости от экономического и экологического значения лесов, а также социально-экономического развития территорий и природной пожарной опасности лесов. Приказом Рослесхоза от 07.04.2017 № 123, с учетом изменений, внесенных приказом № 65 от 16.02.2017, выделяются зоны наземного обнаружения и тушения лесных пожаров и зоны лесоавиационных работ по охране лесов от пожаров (включая зону авиационного обнаружения и наземного тушения, зону авиационного обнаружения и тушения и зону исключительного обнаружения с помощью космических средств и преимущественно авиационного тушения). Но указанное деление учитывает только преимущественные средства обнаружения и тушения лесных пожаров и не учитывает другие факторы, влияющие на сложность организации работ. Актуальной проблемой в области охраны лесов от пожаров является необходимость нормирования рабочего процесса лесопожарных формирований. В следствие сложной социально-экономической ситуации, сложившейся после масштабных перемен официального курса развития Российской Федерации, устоявшаяся система охраны лесов от пожаров была деформирована: постепенно сокращалось количество авиаотделений и пожарно-

химических станций, менялась их структура, организационная форма. Как следствие, снизилась эффективность работы оставшихся в действии авиаотрядов, вследствие их удаленности, разрозненности и низкой оснащенности, а также их финансирования по остаточному принципу. В результате субъект обращается с заявкой о выделении сил и средств федерального резерва и, опасаясь «шаткости положения», искусственно удерживает находящийся на территории субъекта резерв, не обеспечивая его эффективное задействование на тушении лесных пожаров.

Как показали результаты исследований (сбор и обработка данных органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, уполномоченных в области лесных отношений) до перестройки курса развития страны:

в составе ПХС лесхозов насчитывалось 200 тыс. работников, после указанного курса – 100 тыс. работников, в настоящее время их количество составляет всего 17 тыс. работников (сокращение в 5 раз);

в составе Авиалесоохраны насчитывалось 8,0 тыс. работников, после – 5,0 тыс. работников, в настоящее время их количество 3 тыс. работников (сокращение в 1,5 раза).

Сеть пожарно-химических станций сокращена и (или) реорганизована на 50%, а авиационных подразделений – на 20%. В 2007 году ликвидирован отряд ведомственной лесной пожарной авиации (более 100 вертолетов и самолетов).

В настоящее время полномочия по охране лесов от пожаров переданы субъектам Российской Фе-

дерации и соответственно на них возложена ответственность. Главная проблема текущего состояния охраны лесов в регионах за последнее десятилетие – это тушение крупных лесных пожаров, 90-95 % которых возникает именно в авиационной зоне. Именно нерешенность этой проблемы является главной причиной негативного отношения к результатам деятельности регионов ежегодно.

В период 40-50 годов прошлого века была сформирована система охраны лесов от пожаров, которая состояла из двух тесно взаимодействующих компонентов: лесхозы, на содержании которых находились пожарно-химические станции, и Авиалесоохрана, в состав которой входило 22 авиабазы и 300 авиаотделений (1 авиаотделение обеспечивало несколько лесхозов). Основа этой системы была построена на принципах:

пожарно-химические станции в составе лесхозов обеспечивали охрану от пожаров всей площади лесного фонда и несли за это ответственность, осуществляли обнаружение и тушение пожаров в наземной зоне, проводили тушение крупных лесных пожаров в авиазоне, именно ПХС являлись основной многочисленной и технически оснащенной «ударной силой» в лесопожарной системе страны;

силы Авиалесоохраны были ориентированы на раннее обнаружение и подавление пожаров на малых площадях в авиазоне, предоставление возможности лесхозам доступа к труднодоступным участкам лесов, предоставление авиационного ресурса для решения задач охраны и защиты лесов, предоставление лесхозам специалистов (инструкторов, взрывников) и специальных технологий при тушении крупных лесных пожаров. Весь технологический уклад в Авиалесоохране «заточен» на решение основной задачи, по сути Авиалесоохрана своеобразный малочисленный профессиональный «спецназ», который оказывает узкоспециализированные услуги.

С учетом экономической целесообразности и технологической доступности (нормативно установлен трехчасовой период доставки сил и средств пожаротушения) территория лесного фонда была разделена на наземную и авиационную зону: в наземной зоне содержатся многочисленные и технически вооруженные силы пожаротушения, традиционно, более затратно, чем в авиационной зоне, а тушить дешевле.

Крупные лесные пожары, в том числе в авиазоне, всегда тушили силами и средствами лесхозов (ПХС) и Авиалесоохраны, часто дополнительно привлекая лиц, использующих леса, то есть подходили к борьбе со стихийным бедствием, которым является крупный пожар, комплексно.

Масштаб данной проблемы свидетельствует о необходимости ее решения с научной точки зрения с проведением анализа многолетних статистических данных и применением современных методов обработки информации. В связи с этим текущий этап исследования посвящен горимости лесов, влияющей на организацию тушения лесных пожаров, которой уделено внимание многих отечественных и зарубежных авторов. С целью усиления мониторинга горимости лесов изучены состояние и перспективы развития информационной системы дистанционного мониторинга ИСДМ-Рослесхоз [1]. Описаны новые задачи учета основных показателей по мониторингу и тушению пожаров. Новизна исследования представлена выводами о неравномерном распределении пожаров территориально и во времени [2]. Установлено влияние метеорологических и иных факторов, включая класс природной пожарной опасности. В качестве предмета исследования изучено влияние на организацию охраны лесов от пожаров [3]. На основании статистических данных о лесных пожарах, описаны наиболее сложные (пики горимости) пожароопасные сезоны, причины их возникновения и последствия. Ряд исследований посвящен взаимосвязи растительности и пожара в разных типах экосистем [13, 15]. Установлено отрицательное влияние частоты пожаров на лесные экосистемы и на их способность восстанавливаться. Изучены степень влияния различных лесохозяйственных и экологических факторов на горимость лесов, влияние лесных пожаров на состояние лесной растительности и почв [14, 16, 17]; а также влияние горимости лесов на основные свойства почвы и потенциальное воздействие данного фактора на процессы стока и эрозии; установлено взаимное влияние лесорастительных особенностей района исследования и пожаров. На основании анализ результатов многочисленных исследований выявлено, что недостаточно изучены вопросы прогнозирования численности лесопожарных формирований в зависимости от лесорастительных особенностей регионов.

Методология

Цель работы – проведение исследований оценки взаимосвязи лесного района с горимостью лесов с целью формирования научно обоснованных предложений по оптимальному оснащению лесохозяйственных учреждений силами и средствами пожаротушения.

Объект разработки – научно-обоснованные предложения по оптимальному оснащению лесохозяйственных учреждений силами и средствами пожаротушения.

Научная новизна работы заключается:

в выборе базовых подходов к формированию численности сил пожаротушения лесопожарными формированиями;

в установлении выявленной закономерности и взаимосвязи лесорастительных условий регионов с горимостью лесов, позволяющей определить численность лесопожарных формирований по стандартной статистической отчетности.

Метод работы – аналитическое исследование с использованием методов математической статистики, апробированное и используемое в лесной науке при разработке и совершенствовании нормативной правовой и методической базы. Применен метод пассивного эксперимента, проведена обработка статистических данных, корреляционный анализ, позволяющий оценить тесноту связи факторов, влияющих на процесс, и регрессионный анализ, позволяющий понять изменения значения зависимой переменной, если одна из независимых переменных изменяется, в то время как другие независимые переменные остаются постоянными.

При этом соблюдено условие - достаточно большой коэффициент корреляции ($\pm 0,7-1,0$) свидетельствует о получении информации, позволяющей выбрать основные действия, регулирующие процесс, установить минимально необходимое количество измеряемых параметров. Малая абсолютная величина коэффициента линейной корреляции свидетельствует о сложной (нелинейной) зависимости между параметрами или о существенном влиянии других факторов.

Полученные уравнения методом наименьших квадратов являются основой регрессионного анализа, при использовании которого обязательным условием является проверка адекватности модели и процесса.

Методология исследования включает выбор возможных подходов по формированию нормативов оснащения субъектов Российской Федерации силами и средствами пожаротушения [7, 9]. В ходе работы исследовано влияние обеспеченности ресурсами пожаротушения на показатели эффективности работ по охране лесов от пожаров для лесных районов в зависимости от географических, климатических, логистических и иных факторов.

Проанализирована существующая нормативная база в области нормативов обеспеченности, в том числе в смежных ведомствах. Проведена оценка технологических схем тушения лесных пожаров, природно-климатических и иных условий, базовых показателей, влияющих на необходимый уровень обеспеченности силами и средствами пожаротушения.

При выборе возможных подходов предпочтение отдано следующему: подбор критерия, по которому необходимо произвести оценку эффективности системы охраны лесов; определение ряда субъектов Российской Федерации, в которых на высоком уровне организована система охраны лесов от пожаров и на их основе с учетом научно-обоснованных предложений формирование указанного норматива; применение полученных значений в регионах со схожими условиями, а в регионах с отсутствием идентичных условий использование поправочного коэффициента, который планируется определить на следующем этапе работы.

При сравнительном анализе ретроспективных данных о горимости и частоте возникновения лесных пожаров определены условия и предпосылки, способствовавшие концентрации пожаров в определенных местах. Для определения степени корреляции между горимостью лесов и частотой возникновения лесных пожаров статистические данные о лесных пожарах разделены по лесным районам. В соответствии с частью 2 статьи 15 Лесного кодекса Российской Федерации на основе лесорастительного районирования осуществляется установление лесных районов с относительно сходными условиями использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов. Соответственно в одном лесном районе должны быть схожие условия организации мероприятий по охране лесов от пожаров. Так как требования схожести условий для охраны, защиты и воспроизводства являются зачастую проти-

воречивыми, существующее деление утвержденных границ лесных районов внутри территории субъектов Российской Федерации, как свидетельствуют опросные данные органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, уполномоченных в области лесных отношений, не всегда адекватно характеризует условия по охране лесов от пожаров.

Использование прямых показателей для достижения цели исследования (вреда, причиненного лесам вследствие лесных пожаров и затраты на выполнение мероприятий по охране лесов от пожаров) затруднительно по следующим причинам:

при определении экологических последствий, причиненных лесам: официально утвержденная методика распространяется только на лесные пожар, возникшие вследствие нарушения лесного законодательства; применяемые на практике методики не учитывают экологическую составляющую, в частности вред, вызванный задымлением; информация, по ущербу от лесных пожаров собирается на федеральном уровне в обобщенном виде, что не позволяет проводить детальное исследование;

при определении затрат, на выполнение мероприятий, связанных с охраной лесов от пожаров, существенным ограничением, которое влияет на адекватность оценок эффективности работ по охране лесов от пожаров, является то, что часть финансовых вложений, связанных с выполнением профилактических мероприятий, а также противопожарного обустройства территорий в конечном счете влияет на снижение последствий вреда, возникшего вследствие лесных пожаров, но может быть учтено только при комплексном анализе больших временных периодов.

Таким образом, для достижения цели исследования в качестве критерия оценки эффективности работ по охране лесов от пожаров с точки зрения ресурсного обеспечения использован показатель горимости лесов [12].

Расчет частоты возникновения лесных пожаров произведен в соответствии с идеями, предложенной исследователями Сибирского государственного технологического университета [12]. В качестве фактора, характеризующего степень влияния различных факторов на пожарную опасность в лесах, а

также нагрузку на лесопожарные формирования, использована частота пожаров (плотность пожаров) v :

$$v = \frac{n}{S_{\text{охр}}} \cdot 10^5, \quad (1)$$

где v – показатель частоты пожаров (плотность пожаров);

n – общее количество пожаров на рассматриваемой площади;

$S_{\text{охр}}$ – охраняемая площадь, га;

10^5 – нормировочный коэффициент [12].

Результативным фактором, оценивающим эффективность проводимых работ по охране лесов от пожаров с точки зрения ресурсного обеспечения, является показатель горимости лесов [12]. Он рассчитывается как процент площади лесного фонда, пройденной огнем, приходящейся на единицу площади лесного фонда в среднем за сезон,

$$\gamma = \frac{S_{\text{пож}}}{S_{\text{охр}}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где γ – показатель горимости, %;

$S_{\text{пож}}$ – площадь, покрытая лесом, пройденная огнем, га;

$S_{\text{охр}}$ – общая площадь лесного фонда на территории субъекта Российской Федерации, га.

Сформирован массив наблюдений, на основании которого с помощью программы Excel Анализ данных проведен статистический последовательный анализ. Для оценки значимости входящего в модель факторного признака (частоты возникновения пожаров), то есть выяснения, как он влияет на величину результативного признака, использованы коэффициенты регрессии. Чем больше величина коэффициента регрессии, тем значительнее влияние данного факторного признака на результативный.

Проблема подбора факторного признака для построения модели взаимосвязи может быть решена на основе эвристических (интуитивно-логических) методов анализа.

Наиболее приемлемым способом отбора факторных признаков является шаговая регрессия (шаговый регрессионный анализ). Факторы поочередно вводились в уравнение так называемым «прямым методом». При проверке значимости введенного фактора определялось, насколько уменьшается сумма квадратов остатков и увеличивается

величина множественного коэффициента корреляции. Одной из наиболее эффективных оценок адекватности регрессивной модели, мерой качества уравнения регрессии, характеристикой прогностической силы анализируемой регрессионной модели является коэффициент детерминации R^2 . Чем ближе R^2 к единице, тем лучше регрессия аппроксимирует эмпирические данные, тем теснее наблюдения примыкают к линии регрессии, а значит, результат не является случайным.

В качестве источника информации по площади, пройденной огнем, выбраны данные ИСДМ-Рослесхоз [8], одновременно проанализированы сведения, представленные в статистической отчетности.

Результаты и обсуждение

В результате проведенного исследования обработаны данные 64700 лесных пожаров за период 2006-2016 годы (10 лет):

в зоне наземной охраны лесов от пожаров на территории 27 лесных районов на площади 26 171.8 тыс. га;

в зоне авиационной охраны лесов от пожаров на территории 37 лесных районов на площади 71 838.1 тыс. га, из них в зоне контроля за лесными пожарами на территории 27 лесных районов на площади 36 096.0 тыс. га.

В табл. 1 представлены сведения о лесных пожарах по данным статистической отчетности на территории лесного фонда Российской Федерации.

В табл. 2 представлены центры горимости [10], показатель которых выше среднего в зоне наземной охраны.

По результатам проведенного сравнительного анализа установлено, что на территории 9 из 27 лесных районов в зоне наземной охраны лесов уровень показателя горимости составляет менее 33.96 %.

В результате проведенного корреляционного анализа данных в наземной зоне охраны лесов от пожаров установлена слабая корреляционная связь (0.12) между показателем горимости лесов и частотой возникновения лесных пожаров.

В процессе исследования установлено, что средний показатель горимости в зоне лесоавиационных работ за последние 10 лет составляет 16.89 %. В таблице 3 представлены, соответственно, центры горимости в указанной зоне с более высоким значением, чем указанный.

В зоне авиационной охраны лесов на территории 10 из 37 лесных районов уровень показателя горимости ниже среднего.

В результате проведенного корреляционного анализа данных в авиационной зоне охраны лесов от пожаров установлен высокий уровень взаимосвязи (0.869) между показателем горимости лесных участков и частотой лесных пожаров.

Одновременно в процессе исследования отмечено, что в зоне контроля лесных пожаров среднестатистический показатель горимости составляет 14.25%, исходя из этого показателя определены центры горимости (табл. 4).

Установлено, что в зоне контроля лесных пожаров на территории 6 из 27 лесных районов уровень показателя горимости ниже среднего.

В результате проведенного корреляционного анализа данных в зоне контроля за лесными пожарами установлена сильная взаимосвязь (0.866) между

Таблица 1

Сведения о лесных пожарах на территории лесного фонда Российской Федерации

Год	Количество лесных пожаров (ед.)	Площадь, пройденная огнем (га)
2006	25531	1961046
2007	16087	1225112
2008	24627	2372260
2009	21730	2493506
2010	32329	2367572
2011	19449	1574573
2012	19010	2269511
2013	9745	1395133
2014	16070	3603462
2015	11324	2621755
2016	10185	2663482

Природопользование

Таблица 2

Сравнительный анализ показателя горимости по лесным районам в наземной зоне охраны лесов от пожаров

Лесной район	Площадь лесного фонда, тыс. га	Средне-годовая площадь, пройденная огнем, за 10 лет, га	Средне-годовое количество лесных пожаров за 10 лет, ед.	Показатель горимости, %	Частота лесных пожаров, случаев на 10 ⁵ га в наземной зоне охраны лесов от пожаров
1	2	3	4	5	6
Алтае-Саянский горно-лесостепной	1 513	59 677	144	39.44	95
Дальневосточный лесостепной	146	33 902	20	232.21	137
Дальневосточный таежный	1 811	143 282	96	79.12	53
Забайкальский лесостепной	4	327	1	81,75	250
Западно-Сибирский подтаежно-лесостепной	21 530	851 902	439	39.57	20
Приамурско-Приморский хвойно-широколиственный	515	25 307	48	49.14	93
Полупустынь и пустынь европейской части РФ	196	10 599	11	54.08	56
Среднеангарский таежный	487	18 099	30	37.16	62
Среднесибирский подтаежно-лесостепной	10 954	426 727	294	38.96	27

Таблица 3

Сравнительный анализ показателя горимости по лесным районам в авиационной зоне охраны лесов от пожаров

Лесной район	Площадь лесного фонда, тыс. га	Средне-годовая площадь, пройденная огнем, за 10 лет, га	Средне-годовое количество лесных пожаров за 10 лет, ед.	Показатель горимости, %	Частота лесных пожаров, случаев на 10 ⁵ га в зоне авиационной охраны лесов
Восточно-Сибирский притундровых лесов и редкостойной тайги	1 907	51 390	27	26.95	14
Дальневосточный лесостепной	819	119 372	50	145.75	61
Дальневосточный таежный район	52 289	1 440 922	198	27.56	4
Забайкальский горно-мерзлотный	5 887	187 084	106	31.78	18
Забайкальский горный лесной	20 536	473 817	628	23.07	31
Забайкальский лесостепной	2 466	197 349	110	80.03	45
Западно-Сибирский подтаежно-лесостепной	28 512	1 022 580	279	35.86	10
Приамурско-Приморский хвойно-широколиственный	10 334	368 920	102	35.70	10
Среднесибирский плоскогорный таежный	4 213	83 323	69	19.78	16
Среднесибирский подтаежно-лесостепной	8 789	189 530	105	21.56	12

Сравнительный анализ показателя горимости по лесным районам в зоне контроля лесных пожаров

Лесной район	Площадь лесного фонда, тыс. га	Средняя за год площадь, пройденная огнем, га	Среднее количество лесных пожаров	Показатель горимости в зоне контроля, %	Частота лесных пожаров, случаев на 10 ⁵ га
Забайкальский горный лесной	47	2 535	4	53.94	85
Нижеангарский таежный	1 268	29 016	17	22.88	13
Приамурско-Приморский хвойно-широколиственный	78	4 146	4	53.15	51
Северо-Уральский таежный	540	22 882	10	42,37	19
Среднеангарский таежный	150	6 834	4	45,56	27
Дальневосточный лесостепной	27	1 607	1	59.52	37

показателем горимости лесных участков и частотой лесных пожаров.

Наличие тесной связи между горимостью лесов и частотой возникновения лесных пожаров в зависимости от лесного района явилось предпосылкой для проведения регрессионного анализа, по результатам которого получена степень детерминированности показателя горимости лесов посредством частоты лесных пожаров, то есть определение вклада показателя частоты возникновения лесных пожаров в вариацию показателя горимости лесов. С помощью программы «Excel Анализ данных» получены прогнозируемые результаты показателя горимости.

Так, по результатам проведенного регрессионного анализа установлено, что в зоне лесоавиационных работ в 87 % ($R^2=0.869$) случаев изменения частоты возникновения лесных пожаров будет наблюдаться соответствующее изменение горимости лесов, что является высоким показателем значимости регрессионной модели.

Таким образом, определить показатель горимости лесов на основании показателя частоты возникновения лесных пожаров можно расчетным

$$\gamma = -0.88 + 1.78 \cdot v, \quad (3)$$

где γ – показатель горимости лесных участков,
 v – частота лесных пожаров.

В целях определения направленности изменения рассматриваемых показателей, путем обработки экспериментальных данных и установления

на этой основе тенденций их роста, построены тренды [11], линии которых и описывающие их уравнения представлены на рис. 1 и 2.

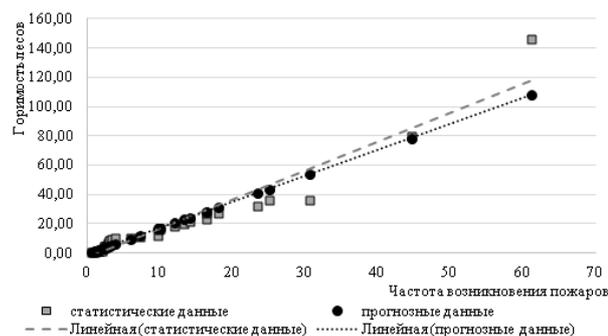


Рис. 1. Сравнение показателя горимости, полученного с помощью статистических данных (линия тренда штрихом) и регрессионной модели (линия тренда сплошная) в зоне авиационной охраны лесов

По результатам проведенного регрессионного анализа данных в зоне контроля установлено, что коэффициент детерминации R^2 равен 0.866, что является высоким показателем значимости регрессионной модели, то есть при изменении частоты лесных пожаров в 87 % будет наблюдаться соответствующее изменение показателя горимости лесных участков.

Таким образом, определить показатель горимости лесных участков на основании показателя частоты лесных пожаров можно расчетным путем:

$$\gamma = 4.49 + 0.8 \cdot v, \quad (4)$$

где γ – показатель горимости лесных участков,

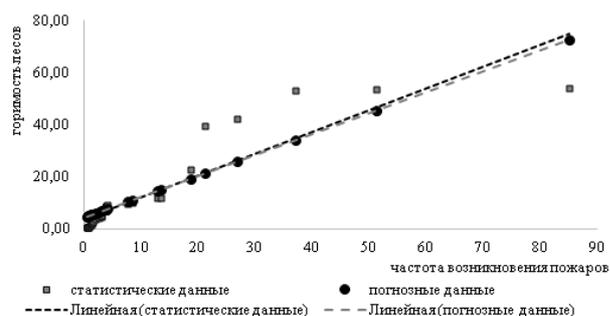


Рис. 2. Сравнение показателя горимости, полученного с помощью статистических данных (линия тренда штрихом) и регрессионной модели (линия тренда сплошная) в зоне контроля за лесными пожарами

v – частота лесных пожаров.

Дисперсионный анализ показал, что значение F-критерия выше табличного и равно 74.63, что свидетельствует о высокой достоверности результатов регрессионного анализа. Достоверность указанных результатов можно наблюдать на рисунке 2 (статистические и прогнозируемые показания размещены максимально близко друг к другу).

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о следующем:

в зоне наземной охраны лесов от пожаров тип лесного района не является определяющим критерием, и изменение частоты возникновения лесных пожаров не оказывает существенного влияния на горимость лесов; в данном случае необходимо провести дополнительные исследования в части определения нелинейной зависимости между указанными показателями, а также уточнения критериев, оказывающих более существенное влияние на горимость лесов. Предварительно, принимая во внимание статистические данные о причинах возникновения лесных пожаров, можно предположить, что в качестве определяющего критерия при дальнейшем исследовании в исследуемой зоне охраны лесов целесообразно рассмотреть уровень рекреационной нагрузки на лесные участки, расстояние от населенных пунктов и другие показатели, связанные с деятельностью человека [4, 5, 6];

в зоне авиационной охраны лесов от пожаров (лесные участки, удаленные от населенных пунктов) и зоне контроля лесных пожаров (не только удаленные лесные участки, но и труднодоступ-

ные) горимость лесов зависит от типа лесного района, следовательно, от лесорастительных особенностей;

при сравнении данных, представленных в таблицах 2-4 можно видеть, что некоторые центры горимости характерны для авиационной зоны охраны лесов от пожаров и зоны контроля лесных пожаров. К ним относятся Дальневосточный лесостепной, Забайкальской горный лесной и лесостепной, Приамурско-Приморский хвойно-широколиственный район, Дальневосточный таежный, Среднесибирский подтаежно-лесостепной район, Среднеангарский таежный. Указанные районы характеризуются сложным рельефом, малым среднегодовым количеством осадков, большими площадями, занятыми хвойными породами, большим запасом горючих лесных материалов.

Горимость лесов по лесным районам носит циклический характер, связанный с активностью Солнца (11-12-летние циклы). При этом, лесорастительные особенности районов формируют 4-6-летние циклы. Результаты исследования по оценке максимального значения горимости позволяют определить минимальное количество ресурсов необходимых в регионе. Например, если количество возникших пожаров в день на уровне 4 пожаров, значит, необходимо иметь 4 группы по 5-6 человек, готовых в течение трех часов, как требуют Правила тушения лесных пожаров, прибыть к местам обнаружения пожаров.

В качестве примера можно рассмотреть эффективность работы по тушению лесных пожаров в Томской области, которая относится к Западно - Сибирскому средне - таежному и южно -таежному равнинным районам (рис. 3).

Анализ представленных на рис. 3 данных позволяет сделать вывод о наступлении критического порога с возникновения 7-10 лесных пожаров в день, причем смещение пика горимости к июлю-августу, обусловлено горимостью зеленомошных и лишайниковых групп типов лесов, которые характерны для лесов Томской области, и отличаются увеличенными периодами тушения пожаров (более 1,5-2 суток), есть необходимая численность людей лесопожарных формирований ($N_{чел.лпф}$) в пик горимости на территории Томской области должна

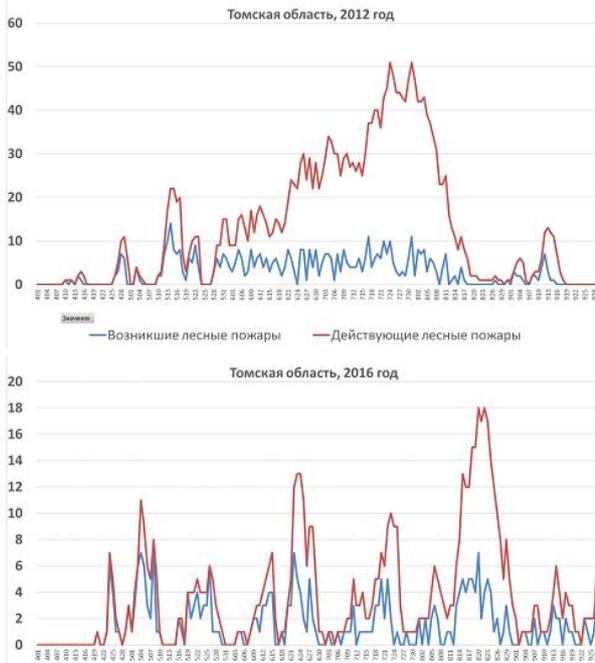


Рис. 3. Анализ влияния обеспеченности ресурсами пожаротушения на показатели эффективности работ по тушению лесных пожаров в Томской области, 2012 и 2016 годы (по оси ординат представлено количество пожаров в сутки, по оси абсцисс – дата (месяц, число))

составлять 294–600 чел.:

$$N_{\text{чел.лпф}} = n_{\text{пож. в сут}} \cdot n_{\text{групп}} \cdot n_{\text{чел.в группе}} \quad (5)$$

где $n_{\text{пож. в сут}}$ – количество возникших пожаров в сутки,

$n_{\text{групп}}$ – количество групп (по числу возникших пожаров),

$n_{\text{чел.в группе}}$ – количество человек в группе (6 чел.).

В процессе исследования установлено, что в 2016 году на территории Томской области численность лесопожарных формирований составила 199 человек, в том числе 63 парашютиста-пожарного и 36 десантников-пожарных. Это означает, что указанная численность лесопожарных ресурсов находится на минимальных значениях, и способна решать задачи при малой и средней горимости, в основном, в весенний период. На летний период, где характерны устойчивые пожары в серверных районах региона, требуется увеличение численности, как минимум на 30 %, причем в основном за счет авиапожарных групп, так как основная масса летних пожаров находится в зоне авиационной ох-

раны.

Выводы

В результате проведенного анализа горимости различных регионов Российской Федерации по формам статистической отчетности и особенностям лесных районов впервые установлена связь данного показателя с оптимальным количеством сил пожаротушения путем выбора обоснованного подхода по установлению нормативов количества лесопожарных формирований, который основан на определении ряда субъектов Российской Федерации с высоким уровнем организации системы охраны лесов от пожаров.

При формировании предложений по оптимальному оснащению специализированных учреждений силами пожаротушения необходимо учитывать существенное влияние особенностей лесного района на горимость лесов в авиационной зоне охраны лесов от пожаров, включая зону контроля лесных пожаров. Учитывая современное состояние сил пожаротушения, на территории лесных районов с наличием указанных зон охраны лесов от пожаров должна быть организована мощно развитая сеть лесопожарных центров, баз, авиаотделений и авиаточек, технически оснащенных и материально обеспеченных, согласно решаемым задачам. Лесопожарные формирования наземных сил пожаротушения должны быть увеличены не менее, чем на 30% относительно фактически имеющихся в наличии, аккумулироваться вблизи или на территории населенных пунктов и быть готовыми обеспечить возможность их немедленного привлечения.

Результаты исследования направлены на совершенствование государственной политики и нормативно-правового регулирования в сфере лесного хозяйства, повышение качества научно-аналитического обеспечения, повышение эффективности бюджетных расходов в сфере реализации государственной программы «Развитие лесного хозяйства» на 2013–2020 годы за счет прогнозирования пожарной опасности в лесах, а также разработки и совершенствования нормативов оснащения специализированных лесопожарных формирований силами пожаротушения.

Библиографический список

1. Беляев, А. И. Использование спутниковых данных в системе дистанционного мониторинга лесных пожаров МПР РФ [Текст] / А. И. Беляев, Г. Н. Коровин, Е. А. Лупян // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. – М., – 2005. – Т. 1. – С. 20-29.
2. Волокитина, А. В. Региональные шкалы оценки пожарной опасности в лесу: усовершенствованная методика составления [Текст] / А. В. Волокитина, Т. М. Софронова, М. А. Корец // Сибирский лесной журнал, 2017. – № 2. – С. 52-61.
3. Воробьев, Ю.Л. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы [Текст] / Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов / под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. – М., 2004. – 312 с.
4. Лесные пожары в Российской Федерации [Текст] : статистический справочник / А. Д. Думнов, Ю. И. Максимов, Ю. В. Рошупкина, О. А. Аксенова / под ред. А. Д. Думнова, Н. Г. Рыбальского. – М. : НИА-Природа, 2005. – 229 с.
5. Российская система дистанционного мониторинга лесных пожаров [Электронный ресурс] / Д. В. Ершов [и др.]. // ArcReview. – 2004. – № 4 (31). – Режим доступа: http://www.dataplus.ru/Arcrev/Number_31/21_nip.htm.
6. Жданко, В. А. Метод анализа лесопожарных сезонов: практические рекомендации [Текст] / В. А. Жданко, М. В. Гриценко. – Л. : ЛНИИЛХ, 1980. – 19 с.
7. Оценка минимальных требований по техническому оснащению лесопожарных групп [Текст] / Н. А. Коршунов, В. А. Савченкова, К. Н. Провин, Е.В. Боровикова // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 9. – С. 64-69.
8. Организация работы со спутниковыми данными в Информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) [Текст] / Е. А. Лупян [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. – № 5. – С. 222-250.
9. Савченкова, В. А. Концепция по установлению нормативов обеспеченности субъекта Российской Федерации лесопожарными формированиями и их оснащению [Текст] / В. А. Савченкова, Н. А. Коршунов, К. Н. Провин // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 8. – Ч. 2. – С. 36-40.
10. Смирнов, А. П. Лесная пирология [Текст] : учеб. пособие / А. П. Смирнов, Е. С. Мельников. – СПб, 2006. – 60 с.
11. Смулько, А. С. Линии трендов, используемые при аппроксимации средствами ЭТ MS EXCEL. Применение разных типов линий тренда для прогнозирования курса валют [Электронный ресурс] / А. С. Смулько // Международный студенческий научный вестник: электронный научный журнал. – 2015. – № 2. – Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2015/928/7877> (дата обращения: 02.01.2018).
12. Софронов, М. А. Пожароуправление. Ч. 1. Горение и пожарная опасность в лесах [Текст] / М. А. Софронов, А. В. Волокитина, Т. М. Софронова. – Красноярск, 2005. – 144 с.
13. Diaz-Delgado, R. Influence of fire severity on plant regeneration by means of remote sensing imagery [Text] / R. Diaz-Delgado, F. Lloret, X. Pons // International Journal of Remote Sensing. – 2003. – Vol. 24. – P. 1751-1763.
14. Effects of differing wildfire severities on soil wettability and implications for hydrological response [Text] / S.H. Doerr [et al.] // Journal of Hydrology. – 2006. – Vol. 319. – P. 295-311.
15. Miller, J. D. Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR) [Text] / J. D. Miller, A. E. Thode // Remote Sensing of Environment. – 2007. – Vol. 109. – P. 66-80.
16. Patterson, M. W. Mapping fire-induced vegetation mortality using Landsat Thematic Mapper data: A Comparison of Linear Transformation Techniques [Text] / M. W. Patterson, S. R. Yool // Remote Sensing of Environment. – 1998. – Vol. 65. – P. 132-142.

17. Rogan, J. Mapping wildfire burn severity in southern California forests and shrublands using enhanced Thematic Mapper imagery [Text] / J. Rogan, J. Franklin // Geocarto International. – 2001. – Vol. 16. – P. 89-99.

References

1. Beljaev A. I., Korovin G. N., Lupjan E. A. *Ispol'zovanie sputnikovykh dannykh v sisteme distancionnogo monitoringa lesnykh pozharov MPR RF* [Use of satellite data in the system of remote monitoring of forest fires Ministry of natural resources and environment of the Russian Federation]. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa: Fizicheskie osnovy, metody i tehnologii monitoringa okruzhajushhej sredy, potencial'no opasnykh ob'ektov i javlenij* [Modern problems of remote sensing of the Earth from space: Physical bases, methods and technologies of monitoring of environment, potentially dangerous objects and phenomena]. Moscow, 2005, Vol. 1, pp. 20-29 (255 p.) (In Russian).
2. Volokitina A. V., Sofronova T. M., Korec M. A. *Regional'nye shkaly ocenki pozharnoj opasnosti v lesu: usovershenstvovannaja metodika sostavlenija* [Regional scales of fire danger assessment in the forest: an improved method of compilation], *Sibirskij lesnoj zhurnal*, [Siberian Forest Journal] 2017, no 2, pp. 52-61. (In Russian).
3. Vorobev Ju. L., Akimov V. A., Sokolov Ju. I. *Lesnye pozhary na territorii Rossii: sostojanie i problemy* [Forest fires on the territory of Russia: conditions and problems], Moscow, 2004, 312 p. (In Russian).
4. Dumnov A. D., Maksimov Ju. I., Roshhupkina Ju. V., Aksenova O. A. *Lesnye pozhary v Rossijskoj Federacii (statisticheskij spravochnik)* [Forest fires in the Russian Federation (statistical directory)], Moscow, 2005, 229 p. (In Russian).
5. Ershov D.V. [et al.] *Rossijskaja sistema distancionnogo monitoringa lesnykh pozharov* [Russian system of remote monitoring of forest fires], 2004, no 4 (31), Available at: http://www.dataplus.ru/Arcrev/Number_31/21_nip.htm (In Russian).
6. Zhdanko V. A., Gricenko M. V. *Metod analiza lesopozharnyh sezonov: prakticheskie rekomendacii* [Method for analyzing forest fire seasons: practical recommendations], Saint-Petersburg, 1980, 19 p. (In Russian).
7. Korshunov N. A., Savchenkova V. A., Provin K. N., Borovikova E. V. *Ocenka minimal'nykh trebovanij po tehničeskomu osnashheniju lesopozharnyh grupp* [Assessment of minimum requirements for the technical equipment of forest fire teams], *Vestnik KrasGAU*, [Herald KrasGAU] 2017, no 9, pp. 64-69. (In Russian).
8. Lupjan E. A. [et al.] *Organizacija raboty so sputnikovymi dannymi v Informacionnoj sisteme distancionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo hozjajstva (ISDM-Rosleshoz)* [Organization of work with satellite data in the Information System for Remote Monitoring of Forest Fires of the Federal Forestry Agency (Information system of remote monitoring- Federal forest Agency)], *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, [Modern problems of remote sensing of the Earth from space] 2015, Vol. 12, no 5, pp. 222-250. (In Russian).
9. Savchenkova V. A., Korshunov N. A., Provin K. N. *Koncepcija po ustanovleniju normativov obespechennosti subekta Rossijskoj Federacii lesopozharnymi formirovanijami i ih osnashheniju* [The concept on establishment of standards of security of regions of the Russian Federation by forest fire formations and their equipment], *Uspehi sovremenno go estestvoznanija* [Successes of modern science] 2017, no 8, issue 2, pp 36-40. (In Russian).
10. Smirnov A. P., Melnikov E. S. *Lesnaja pirologija: uchebnoe posobie* [Forest fire science. Textbook]. Saint-Petersburg, 2006, 60 p (In Russian).
11. Smulko A. S. *Linii trendov, ispol'zuemye pri approksimacii sredstvami JeT MS EXCEL. Primenenie raznykh tipov linij trenda dlja prognozirovanija kursa valjut* [Trendlines used for approximation by means of MS EXCEL. Application of different types of trend lines for forecasting the exchange rate], *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik: jelektronnyj nauchnyj zhurnal*, [International Student Scientific Journal: electronic scientific journal], 2015, no 2, Available at: <https://www.scienceforum.ru/2015/928/7877> (In Russian).
12. Sofronov M. A., Volokitina A. V., Sofronova T. M. *Pozharoupravlenie. Chast' 1. Gorenje i pozharnaja opasnost' v leash* [Fire management. Part 1. Combustion and fire hazard in forests], Krasnojarsk, 2005, 144 p. (In Rus-

sian).

13. Diaz-Delgado R., Lloret F., Pons X. Influence of fire severity on plant regeneration by means of remote sensing imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 2003, Vol. 24, pp. 1751-1763.

14. Doerr S.H. [et al]. Effects of differing wildfire severities on soil wettability and implications for hydrological response, *Journal of Hydrology*, 2006, Vol. 319, pp. 295-311.

15. Miller J. D., Thode A. E. Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR), *Remote Sensing of Environment*, 2007, Vol. 109, pp. 66-80.

16. Patterson M. W., Yool S. R. Mapping fire-induced vegetation mortality using Landsat Thematic Mapper data: A Comparison of Linear Transformation Techniques, *Remote Sensing of Environment*, 1998, Vol. 65, pp. 132-142.

17. Rogan J., Franklin J. Mapping wildfire burn severity in southern California forests and shrublands using enhanced Thematic Mapper imagery, *Geocarto International*, 2001, Vol. 16, pp. 89-99.

Сведения об авторах

Савченкова Вера Александровна – профессор кафедры искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ (ЛТ-2) Мытищинского филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (МГУЛ), главный научный сотрудник ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», доктор сельскохозяйственных наук, доцент, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: v9651658826@yandex.ru.

Рунова Елена Михайловна – профессор кафедры воспроизводства и переработки лесных ресурсов ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», доктор сельскохозяйственных наук, профессор, г. Братск, Российская Федерация; e-mail: runova0710@mail.ru.

Коришунов Николай Александрович – заведующий отделом лесной пирологии и охраны лесов от пожаров ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», кандидат сельскохозяйственных наук, г. Пушкино, Российская Федерация; e-mail: letnab21@yandex.ru.

Information about authors

Savchenkova Vera Alexandrovna – Professor of the Department of Artificial Forest Growth and Mechanization of Forestry Work (LT-2) of the Mytishchi Branch, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bauman Moscow State Technical University (National Research University), DSc in Agriculture, Associate Professor, Moscow, Russian Federation; e-mail: v9651658826@yandex.ru.

Runova Elena Mikhailovna – Professor of Department of reproduction and processing of forest resources, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Bratsk state University», DSc in Agricultural, Professor, Bratsk, Russian Federation; e-mail: runova0710@mail.ru.

Korshunov Nikolay Aleksandrovich – Head of Forest Fire and Forest Fire Protection Department FBI «All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry», PhD in Agriculture, Pushkino, Russian Federation; e-mail: letnab21@yandex.ru.