

ЛЕСНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ЛЕСОВОДСТВО

FOREST ECOLOGY AND SILVICULTURE

УДК 614.841.42:630(476)

П. Н. Гоман

Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным
ситуациям Республики Беларусь

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Лесные пожары относятся к стихийным бедствиям, негативно воздействующим на природные экосистемы, экологию и окружающую среду. Вследствие пожаров наносится значительный экономический и социальный ущерб, уничтожается растительный и животный мир.

Лесной фонд Республики Беларусь в силу породного и типового состава является чрезвычайно пожароопасным. Структура и запас лесного горючего материала, его природная предрасположенность к воспламенению и поддержанию процесса горения способствуют возникновению пожаров и их развитию. Наиболее тяжелая ситуация с лесными пожарами складывается в пожароопасный сезон, когда погодные условия способствуют возникновению и развитию горения. Кроме того, на участках лесного фонда, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС и имеющих ограничения лесохозяйственной деятельности, происходит процесс накопления горючих материалов, что повышает риск возникновения крупных пожаров.

В результате проведенного анализа установлено, что основными природными факторами, влияющими на лесопожарную ситуацию, являются осадки, ветер, температура воздуха и рельеф местности. Осадки определяют влажность лесного горючего материала и его способность к воспламенению. Ветер повышает скорость распространения пожара. Температура окружающей среды в комплексе с глобальным потеплением климата влияют на возникновение и продолжительность пожароопасного сезона. Рельеф местности в зависимости от крутизны склона может как повышать интенсивность горения, так и понижать ее. Комплексное воздействие указанных факторов оказывает определяющее влияние на возникновение и развитие лесных пожаров в Республике Беларусь.

Ключевые слова: лесной пожар, природные экосистемы, продукты горения, глобальное потепление, противопожарная защита.

Для цитирования: Гоман П. Н. Факторы, определяющие возникновение и распространение лесных пожаров в Республике Беларусь // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2024. № 1 (276). С. 22–30.

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-276-3.

P. N. Goman

University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations
of the Republic of Belarus

FACTORS DETERMINING THE OCCURRENCE AND THE SPREAD OF FOREST FIRES IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Forest fires are natural disasters that negatively affect natural ecosystems, ecology and the environment. As a result of fires, significant economic and social damage is inflicted, flora and fauna are destroyed.

The forest fund of the Republic of Belarus, due to its species and type composition, is extremely fire hazardous. The structure and supply of forest combustible material, its natural predisposition to ignite and maintain the combustion process contribute to the occurrence of fires and their development. The most difficult situation with forest fires develops in the fire season, when weather conditions contribute to the emergence and development of combustion. In addition, in areas of the forest fund that have been exposed to radioactive contamination as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant, in the conditions of limited forestry activities, there is a process of accumulation of combustible materials, which increases the risk of major fires.

As a result of the analysis, it was found that the main natural factors affecting the forest fire situation are precipitation, wind, air temperature and terrain. Precipitation determines the moisture content of forest combustible material and its ability to ignite. Wind speeds up the spread of fire. Ambient temperature in combination with global climate warming affect the occurrence and duration of the fire season. The terrain, depending on the steepness of the slope, can both increase the intensity of burning and lower it. The complex impact of these factors has a decisive influence on the occurrence and development of forest fires in the Republic of Belarus.

Keywords: forest fire, natural ecosystems, combustion products, global warming, fire protection.

For citation: Goman P. N. Factors determining the occurrence and the spread of forest fires in the Republic of Belarus. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2024, no. 1 (276), pp. 22–30 (In Russian).

DOI: 10.52065/2519-402X-2024-276-3.

Введение. В последние годы по причине глобального потепления климата в ряде стран мира, в том числе в Беларуси, обстановка с лесными пожарами особенно обострилась. Вследствие пожаров ухудшается экология регионов, уничтожаются природные экосистемы, населенные пункты, погибают спасатели и население. Особую опасность при этом представляют пожары на радиоактивно загрязненных территориях, составляющих около 16% лесного фонда Беларуси, которые приводят к повторной миграции радионуклидов, в том числе на территории соседних стран, что является серьезной международной проблемой [1]. За последние десять лет в Беларуси произошло более 6 тыс. лесных пожаров; площадь, пройденная огнем, превысила 33 тыс. га, что обуславливает необходимость повышения уровня противопожарной защиты лесов [2–4].

Основная часть. Важным направлением для оценки уровня пожарной опасности в лесу является определение факторов, влияющих на возникновение и распространение пожаров. На интенсивность горения в лесу оказывают влияние характеристики лесного горючего материала (далее – ЛГМ) (структура, запас, влажность, теплопроводная способность), а также осадки, ветер, температура воздуха, рельеф местности.

По характеру влияния на возникновение и распространение пожара ЛГМ подразделяют [5]:

- 1) на основные проводники горения;
- 2) материалы, поддерживающие горение;
- 3) материалы, задерживающие распространение горения.

К числу основных проводников горения относят мхи, лишайники, опад, сухостой, валежник, хвою крон насаждений. Материалами, поддерживающими горение, являются трава и кустарники, хвойный подрост и подлесок, которые могут отчасти повышать общую интенсивность пожара. Задерживать распространение огня в лесу склонны многолетний люпин, спирея, ольха серая, липа, осина и другие растения, которые из-за особенностей своего химического состава и высокого содержания влаги подавляют процесс горения и снижают общую интенсивность пожара [6].

Помимо вида склонной к горению растительности на возникновение и распространение лесных пожаров существенное влияние оказывает запас ЛГМ, а также его состояние. Возрастные и типологические параметры накопления горючих материалов в наиболее пожароопасных сосновых и еловых насаждениях Беларуси, включая сосняки на загрязненных радионуклидами территориях, исследованы В. В. Усней. Так, по данным [6–8], наибольшее количество ЛГМ наземной группы установлено в сосновых насаждениях в возрасте от 31 до 40 лет, которое в абсолютно сухом состоянии в зависимости от типа леса составляет 1,5–2,8 кг/м², что отвечает усредненной толщине слоя в 3 см при его плотности 75 кг/м³. Меньшее количество горючего материала характерно для сосняка с лишайниковым покровом 0,9–1,5 кг/м². Для мшистого и верескового типов леса запас наземного горючего материала близок и варьируется от 0,8–2,4 до 1,1–2,7 кг/м² с увеличением возраста леса с 5 до 80 лет соответственно.

Формирование лесной подстилки происходит в течение первых десяти лет жизни насаждений и в дальнейшем напочвенный покров изменяется незначительно. В еловых древостоях запас напочвенного покрова выше, чем в сосновых, и для насаждений в возрасте 40–60 лет он достигает 4,4 кг/м². На территориях, загрязненных радионуклидами, из-за недостаточности профилактических мероприятий, запас ЛГМ наземной группы может достигать свыше 5,0 кг/м² [7]. По данным публикации [5], для Ленинградской, Новгородской, Архангельской и других областей европейской части России запас ЛГМ в сосняках лишайниковых колеблется в пределах 0,9–1,4 кг/м², что свидетельствует о схожести породного и типового состава лесов данных регионов с насаждениями Беларуси. В более влажных хвойных лесах Западной Сибири и Красноярского края запас напочвенного покрова сравним с запасом в сосновых лесах Беларуси возрастной категории 11–30 лет и составляет порядка 2,0 кг/м² [7, 9].

Таким образом, породный состав, тип и возраст леса, а также периодичность проведения

лесохозяйственных работ определяют формирование проводящего огонь напочвенного покрова и, как следствие, предрасположенность лесных территорий к возникновению и распространению пожаров.

Основными природными факторами, которые влияют на лесопожарную обстановку, являются осадки, ветер и температура воздуха.

Осадки определяют влажность ЛГМ в период пожароопасного сезона и играют важную роль в возникновении и распространении лесных пожаров. Кроме того, сведения об изменении влажности ЛГМ необходимы для решения ряда других вопросов, связанных с организацией охраны лесов от пожаров и борьбы с ними. В отечественной и зарубежной литературе достаточно полно освещен вопрос о влиянии осадков на влажность ЛГМ [8, 10].

Так, на рис. 1 и 2 представлена влажность напочвенного покрова после осадков в лесу для двух типов соснового леса [10].

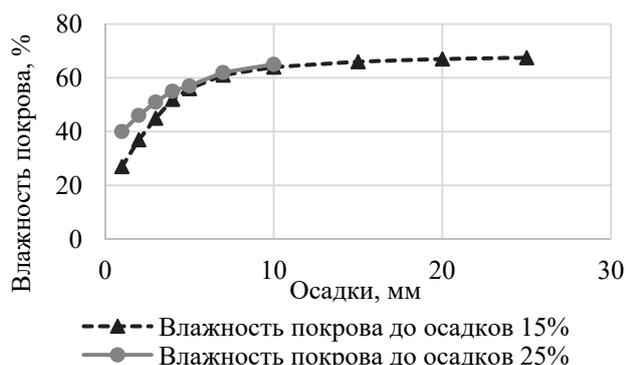


Рис. 1. Влажность лесного напочвенного покрова (лишайник, запас 0,96 кг/м²) в сосняке лишайниковом IV–V классов возраста

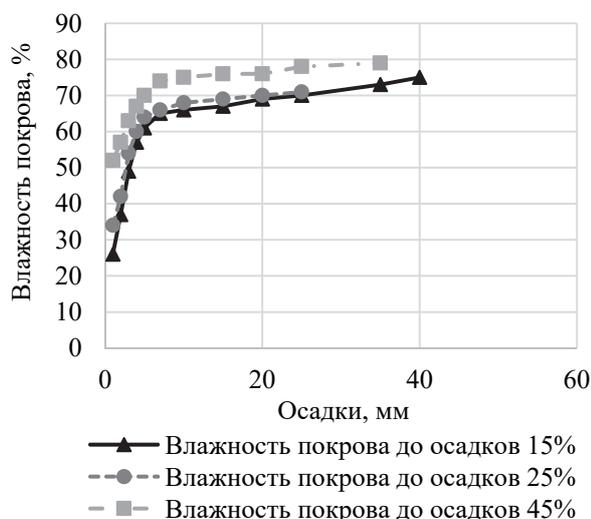


Рис. 2. Влажность лесного напочвенного покрова (мох Шребера, запас 0,84 кг/м²) в сосняке черничном IV–V классов возраста

Как можно видеть на данных рисунках, значительное увеличение влажности напочвенного покрова наблюдается при малых осадках от 1 до 5 мм. Дальнейший рост осадков не приводит к существенному изменению влажности ЛГМ. При этом начальный уровень влажности также влияет на способность ЛГМ впитывать воду. Для ЛГМ с начальной влажностью 15 и 25% характерен более активный набор влаги при осадках до 5 мм по сравнению с ЛГМ влажностью 45%, что отражено на рис. 2.

На рис. 3 и 4 представлена влажность лесной подстилки после осадков в сосняке лишайниковом и сосняке черничном [10].

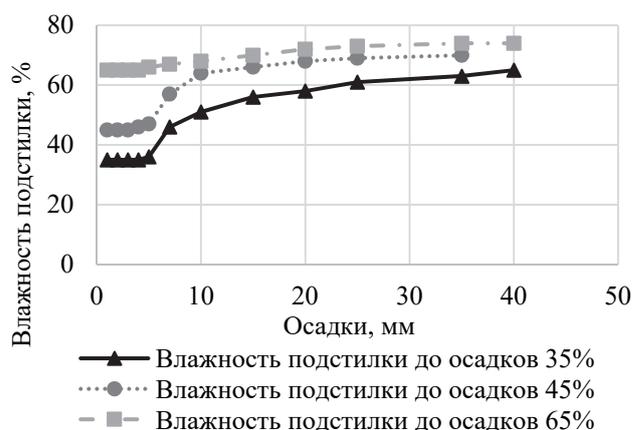


Рис. 3. Влажность лесной подстилки (запас 1,5 кг/м²) в сосняке лишайниковом IV–V классов возраста

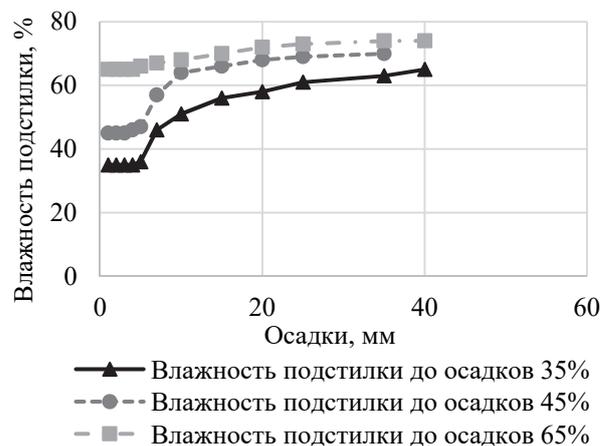


Рис. 4. Влажность лесной подстилки (запас 1,6–2,0 кг/м²) в сосняке черничном IV–V классов возраста

Следует отметить, что в отличие от напочвенного покрова влажность лесной подстилки в большей степени зависит от типа леса. Так, в сосняке лишайниковом существенный рост влажности подстилки наблюдается при возрастании осадков от 1 до 5 мм, а в сосняке черничном – от 5 до 10 мм.

В случае отсутствия атмосферных осадков на протяжении нескольких суток наблюдается снижение относительной влажности воздуха и подсушивание горючих материалов до состояния возгорания. Зависимость влажности ЛГМ от количества сухих дней после дождя представлена в табл. 1 [8].

Отдельно следует обратить внимание на критические пороги влажности ЛГМ. Изучению способности ЛГМ накапливать и удерживать влагу посвящено множество работ, отражающих большое количество данных, которые часто трудно сопоставить. Возможно, измерения проводились в разное время и по различным методикам. Так, по данным [11] нижний порог влажности для лишайников и мхов составляет 6–8 и 28–57% соответственно. В работе [12] указывается, что лишайники впитывают воды в 2,5 раза больше своего воздушного веса, что соответствует их максимальному порогу влажности в 250%. Для мхов предельная влажность еще выше и колеблется в диапазоне 500–700%. Исследованиями В. И. Рутковского установлено, что напочвенный покров из лишайников может удерживать до 4,5 мм осадков, а из мхов – до 10 мм [13]. Интересны наблюдения И. С. Мелехова, который установил, что спустя 6 дней после дождя влажность лишайников на вырубке понижается до 13,3%, а мха – до 20% [14].

С точки зрения обеспечения пожарной безопасности важным является минимальный по-

рог влажности ЛГМ, при котором возможно его воспламенение. Так, по данным В. Г. Нестерова пожарная опасность опада в сосновом лесу утрачивается при достижении им влажности 47% [15, 16]. В целом, как показывает практика, подавляющее количество лесных пожаров происходит при влажности ЛГМ менее 30% [17].

Ветер способствует высыханию ЛГМ, увеличивает скорость распространения горения, особенно верховых лесных пожаров. При одной и той же влажности ЛГМ в разных типах леса количество тепла, выделяемого в единицу времени, из-за ветра увеличивается в 6–25 раз, скорость продвижения кромки пожара – в 3–19 раз, глубина кромки – в 3–12 раз, а высота пламени в 2–5 раз [17]. Кроме того, ветер приводит к возникновению новых очагов горения путем переноса горящих частиц. Образующаяся над зоной горения конвекционная колонка содержит горящие ветки, кору, пучки хвои и листья, которые поднимаются над лесным пологом, а затем опускаются на напочвенный покров на расстоянии 200–300 м и более от основного очага горения (в зависимости от скорости ветра и наклона конвекционной колонки) и создают так называемые пятнистые пожары [8, 17].

Интенсивность низовых пожаров в зависимости от скорости ветра и влажности ЛГМ приведена в табл. 2 [17].

Таблица 1

**Изменение влажности ЛГМ после выпадения атмосферных осадков
(на открытой местности / под пологом леса), %**

Горючий материал	День после дождя				
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
Лишайники	90 / 128	44 / 86	14 / 38	12 / 18	10 / 18
Зеленые мхи	105 / 225	72 / 174	32 / 90	16 / 24	12 / 16
Сучья	33 / 57	17 / 23	15 / 17	13 / 15	12 / 15
Хвоя	33 / 70	15 / 32	13 / 24	12 / 18	11 / 17
Листва	65 / 68	20 / 28	15 / 20	13 / 18	11 / 17
Опад	55 / 57	17 / 23	14 / 18	11 / 13	10 / 12

Таблица 2

Интенсивность низовых пожаров в зависимости от основных природных факторов

Скорость ветра, м/с	Показатели горения при различной влажности напочвенного покрова, %											
	до 30				от 30 до 50				свыше 50			
	<i>q</i>	<i>v</i>	<i>h</i>	<i>l</i>	<i>q</i>	<i>v</i>	<i>h</i>	<i>l</i>	<i>q</i>	<i>v</i>	<i>h</i>	<i>l</i>
Сосняк лишайниково-мшистый												
0,5	2,6	0,7	0,5	0,5	2,0	0,6	0,3	0,4	1,0	0,5	0,2	0,2
1,5	8,5	2,1	1,4	1,9	5,2	1,7	1,0	1,2	2,3	1,1	0,6	0,7
2,5	16,0	3,9	1,8	2,9	8,8	2,9	1,4	1,9	4,3	1,7	1,1	1,1
Сосняк зеленомошный												
0,5	1,3	0,5	0,6	0,5	0,2	0,3	0,4	0,3	–	–	–	–
1,5	3,0	1,1	1,0	1,0	0,6	0,6	0,5	0,4	–	–	–	–
Сосняк багульниковый												
0,5	3,0	0,7	1,3	0,9	–	–	–	–	–	–	–	–
1,5	11,1	2,3	2,0	1,8	–	–	–	–	–	–	–	–
2,5	20,9	4,3	2,3	2,7	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание. *q* – количество тепла, выделяемое 1 пог. м кромки пожара в 1 мин, тыс. ккал; *v* – скорость продвижения фронтальной кромки пожара, м/мин; *h* – высота пламени, м; *l* – глубина кромки пожара, м.

Как можно видеть в табл. 2, увеличение скорости ветра с 0,5 до 3,5 м/мин приводит к существенному изменению основных показателей горения. Так, например, при влажности ЛГМ до 30% в сосняке лишайниково-мшистом теплопроводная способность ЛГМ увеличивается в 9 раз, а скорость продвижения фронта пожара, высота пламени и глубина кромки в 3,3, 3,4 и 7,2 раза соответственно. Данные закономерности характерны и для других типов леса и диапазонов влажности ЛГМ.

Следует отметить, что скорость ветра под пологом насаждений зависит от их строения, высоты и сомкнутости. При этом больше всего на скорость ветра в лесу влияет состав насаждений, т. е. представленность в нем той или иной породы. Так, в работе [17] приведены результаты опытного измерения скорости ветра при одинаковой высоте и сомкнутости полога для ельника зеленомошного и сосняка брусничного (табл. 3).

Как следует из табл. 3, кроны деревьев способствуют уменьшению скорости ветра в 5–6 раз до значений 0,8–1,1 м/с. Под пологом леса скорость ветра еще ниже и достигает 0,6 м/с для ельника зеленомошного и 0,8 м/с для сосняка брусничного.

Температура воздуха и глобальное изменение климата оказывают влияние на пожарную опасность в лесу через дефицит влаги. Почти повсеместно наблюдается увеличение числа жарких дней и тепловых волн. Нагретый на солнце ЛГМ теряет влагу и горит быстрее. В современном мире в условиях глобального потепления количество катастрофических пожаров продолжает увеличиваться. В исследованиях [18] указывается, что к 2030 г. число экстремальных пожаров в мире увеличится на 14% по сравнению с 2010–2020 гг., к 2030 г. этот рост может достичь 30%, а к концу столетия – 50%.

Во время лесных пожаров в атмосферу выбрасывается большое количество углекислого газа, что способствует парниковому эффекту. Еще больше его выделяется при горении торфяников, которые являются большими «складами» углерода. Кроме того, углекислый газ образуется и после пожаров: погибшие, но не до конца сгоревшие деревья гниют, разлагаются и выделяют углекислый газ. В зависимости от региона количество углекислого газа, вырабатываемого

после пожара, может быть даже больше, чем при самом горении. В результате сильнее «нагревается» Земля, что повышает пожарную опасность природных экосистем.

Также во время лесных пожаров образуется значительное количество сажи. Ветер переносит ее на большие расстояния, вплоть до льдов Арктики. Осевшая на льдах сажа способствует его таянию, что приводит к снижению ледяного покрова и, как следствие, препятствует охлаждению планеты, вызывая потепление климата.

Отдельно следует отметить, что леса улучшают состав воздуха. Поврежденные пожаром природные экосистемы слабеют, медленнее восстанавливаются, меньше поглощают углекислого газа и выделяют кислорода, а значит, не помогают замедлить изменение климата.

Таким образом, получается замкнутая система: глобальное потепление напрямую влияет на увеличение числа лесных пожаров, а пожары, в свою очередь, способствуют изменению климата [19].

В Республике Беларусь темпы глобального потепления в 3,5 раза выше мировых [20]. С 1976 г. среднегодовая температура воздуха растет со скоростью 0,63°C за 10 лет, что является самым высоким темпом роста среди стран Содружества Независимых Государств. В результате произошло смещение агроклиматических областей страны (рис. 5) [21]. Северная область разделилась и практически исчезла с территории Беларуси. На ее смену в 2016 г. пришла так называемая «новая» область, характеризующаяся участвующими летними засушливыми периодами, территория которой продолжает расти [22]. Согласно представленным в работе [23] прогнозам, к 2030 г. северная область исчезнет, четвертая «новая» область расширится, а на юге появится еще более теплая пятая область. При этом, по данным прогноза, к 2060 г. от южной области останется незначительная часть на севере страны, остальные области сместятся на север, а на юге Беларуси появится еще более теплая агроклиматическая область с суммой среднесуточных температур воздуха за год более 3000°C (суммируются значения среднесуточных температур воздуха в дни, когда она составляла более +10°C). В этой связи особо повышается риск возникновения масштабных лесных пожаров.

Таблица 3

Влияние состава насаждения на изменение скорости ветра

Тип леса	Состав	Высота, м	Сомкнутость	Скорость ветра, м/с, при высоте наблюдения над поверхностью земли, м			
				21,4	13,6	10,2	5,1
Ельник зеленомошный	9Е1Б	17	0,7	5,5	1,1	0,3	0,6
Сосняк брусничный	10С	17	0,7	5,2	0,8	0,6	0,8

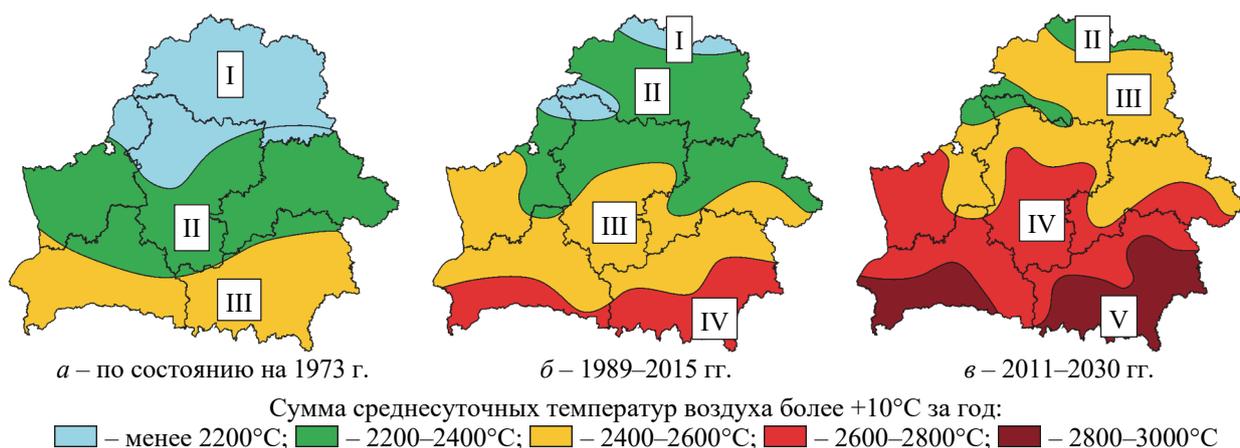


Рис. 5. Границы агроклиматических областей на территории Республики Беларусь: I – северная; II – центральная; III – южная; IV, V – новые агроклиматические области

Рельеф местности также оказывает влияние на лесопожарную ситуацию. Пожар распространяется значительно быстрее вверх по склону, чем вниз или по равнине. Это объясняется тем, что ЛГМ, расположенный на склоне выше зоны горения, при воздействии открытого огня или лучистого теплового потока от фронта пламени прогревается и воспламеняется быстрее. Кроме того, при пожаре возникает движение воздуха, который направлен вверх по склону и увеличивает интенсивность горения. Влияние крутизны склона на скорость распространения кромки пожара показано в табл. 4 [24].

Таблица 4

Влияние крутизны склона на скорость распространения кромки пожара относительно равнинной местности

Крутизна склона	Увеличение скорости распространения кромки пожара
5°	В 1,2 раза
10°	В 1,6 раза
15°	В 2,1 раза
20°	В 2,9 раза
25°	В 4,1 раза

Как можно видеть в табл. 4, увеличение крутизны склона до 25° приводит к росту скорости распространения кромки пожара в 4,1 раза. Однако на крутых склонах число пожаров снижается, так как они выступают в виде барьеров для развития огня [25]. Это объясняется созданием на крутых склонах неблагоприятных условий для роста растений, что уменьшает запас ЛГМ и общую интенсивность горения.

Важное значение также имеет расположение склонов. Например, южные склоны под воздействием солнечного излучения прогреваются значительно сильнее северных, в результате чего обеспечивается низкое влагосодержание ЛГМ и повышается риск возникновения пожаров.

Также следует отметить, что при распространении пожара вверх по склону горящие ЛГМ могут скатываться вниз и создавать новые очаги огня, что существенно усложняет процесс тушения.

Закключение. В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Основными факторами, способствующими возникновению лесных пожаров в Республике Беларусь, являются осадки, ветер, температура воздуха, рельеф местности, а также природная предрасположенность ЛГМ к воспламенению и поддержанию процесса горения.

2. В условиях глобального потепления климата в ближайшие годы возможно увеличение числа лесных пожаров в Республике Беларусь и, как следствие, усиление их негативного воздействия на экологию и окружающую среду.

3. Для повышения уровня противопожарной защиты природных экосистем на современном этапе требуется разработка комплекса мероприятий, направленных на совершенствование системы мониторинга и прогнозирования лесных пожаров, разработку современных технологий их тушения, оптимизацию системы лесопожарного районирования территории страны и повышение качества управления силами и средствами при реагировании на возникающие возгорания.

Список литературы

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь / И. В. Медведева [и др.]. Минск: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, 2021. 203 с.
2. Количество лесных пожаров с 2000 по 2016 г. // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=163103> (дата обращения: 21.04.2023).

3. Количество лесных пожаров с 2017 по 2021 гг. // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=144108> (дата обращения: 21.04.2023).
4. Общая площадь, пройденная лесными пожарами // Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. URL: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=144102> (дата обращения: 21.04.2023).
5. Курбатский Н. П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии: сб. науч. тр. Красноярск, 1970. С. 5–58.
6. Усеня В. В. Лесоводственно-пирологические основы охраны лесов от пожаров Республики Беларусь: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.03. Гомель, 2003. 284 с.
7. Усеня В. В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2002. 206 с.
8. Усеня В. В., Каткова Е. Н., Ульдинович С. В. Лесная пирология. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2011. 264 с.
9. Молчанов В. П. Определение запасов горючих материалов в пологе сосновых насаждений // Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними. 1965. С. 108–118.
10. Вонский С. М., Вересова И. М., Жданко В. А. Влияние осадков на изменение влажности и горимости лесного напочвенного покрова и подстилки // Лесные пожары и технические средства борьбы с ними. 1974. С. 66–72.
11. Серебренников П. П., Матренинский В. В. Лесные пожары и борьба с ними. М.: Гослестехиздат, 1937. 177 с.
12. Корчагин А. А. Условия возникновения пожаров и горимость лесов европейского Севера // Ученые зап. ЛГУ. 1954. С. 182–322.
13. Рутковский В. И. Исследование задержания осадков травяным и моховым покровом // Метеорология и гидрология. 1936. № 2. С. 52–56.
14. Мелехов И. С. Опыт изучения лесных пожаров в лесах Севера. Архангельск: АЛТИ, 1939. 39 с.
15. Нестеров В. Г. Горимость леса и методы ее определения. Л.: Гослесбуиздат, 1949. 76 с.
16. Нестеров В. Г., Гриценко М. В., Шабунина Т. А. Использование температуры точки росы при расчете показателя горимости леса // Метеорология и гидрология. 1968. № 9. С. 102–104.
17. Арцыбашев Е. С. Лесные пожары и борьба с ними. М.: Лесная пром-ть, 1974. 152 с.
18. Леса горят: глобальное потепление ведет к росту пожаров // Ведомости. Экология. URL: <https://www.vedomosti.ru/ecology/climate/news/2022/02/23/910622-lesa-goryat-globalnoe-poteplenie-vedet-k-rostu-pozharov> (дата обращения: 21.04.2023).
19. Как связаны изменение климата и лесные пожары // Гринпис. URL: <https://greenpeace.ru/blogs/2021/07/21/kak-svjazany-izmenenie-klimata-i-lesnye-pozhary> (дата обращения: 21.04.2023).
20. В Беларуси темпы глобального потепления в 3,5 раза выше мировых // Сайт белорусских исследований Thinktanks.by. URL: <https://thinktanks.by/publication/2022/03/23/v-belarusi-tempy-globalnogo-potepleniya-v-35-raza-vyshe-mirovyh.html> (дата обращения: 21.04.2023).
21. Совершенствование информационных систем о природных пожарах Республики Беларусь и Российской Федерации / С. Л. Кравцов [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2023. Т. 7, № 1. С. 86–106. DOI: 10.33408/2519-237X.2023.7-1.86.
22. Что происходит с изменением климата в Беларуси? // Организация Объединенных Наций. URL: <https://www.undp.org/ru/belarus/chno-proiskhodit-s-izmeneniem-klimata-v-belarusi> (дата обращения: 21.04.2023).
23. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата // ClimateEast. URL: <https://climate.ecopartnerstvo.by/sites/default/files/2017-09/%5BRUS%5D%20Agriculture%20Climate%20Change%20Zoning%20in%20Belarus.pdf> (дата обращения: 21.04.2023).
24. Сегодня А. М., Булва А. Д. Справочное руководство по ликвидации лесных и торфяных пожаров. Гродно: Гродн. обл. упр. МЧС Респ. Беларусь, 2012. 160 с.
25. Янец П. К., Гададь С. Ж., Иванов С. А. Моделирование риска лесных пожаров в Республике Саха (Якутия) методами ГИС // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. С. 37–42.

References

1. Medvedeva I. V., Kukharevich E. I., Vasilevskaya Zh. N., Dovnar O. A., Tarasyuk N. V., Lapkovskaya T. V., Mazauskaya I. A., Palkovskaya E. M., Zdrok E. A. *Okhrana okruzhayushchey sredy v Respublike Belarus* [Environmental protection in the Republic of Belarus]. Minsk, Natsional'nyy statisticheskiy komitet Respubliki Belarus' Publ., 2021. 203 p. (In Russian).

2. The number of forest fires from 2000 to 2016. Available at: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=163103> (accessed 21.04.2023) (In Russian).
3. The number of forest fires from 2017 to 2021. Available at: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=144108> (accessed 21.04.2023) (In Russian).
4. Total area covered by forest fires. Available at: <http://dataportal.belstat.gov.by/Indicators/Preview?key=144102> (accessed 21.04.2023) (In Russian).
5. Kurbatsky N. P. Investigation of the quantity and properties of forest combustible materials. *Voprosy lesnoy pirologii* [Questions of forest pyrology]. Krasnoyarsk, 1970, pp. 5–58 (In Russian).
6. Usenya V. V. *Lesovodstvenno-pirologicheskiye osnovy okhrany lesov ot pozharov Respubliki Belarus'*. Dissertatsiya doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk [Forestry and pyrological bases of forest protection from fires of the Republic of Belarus. Dissertation DSc (Agriculture)]. Gomel, 2003. 284 p. (In Russian).
7. Usenya V. V. *Lesnyye pozhary, posledstviya i bor'ba s nimi* [Forest fires, consequences and fight against them]. Gomel, Institut lesa NAN Belarusi Publ., 2002. 206 p. (In Russian).
8. Usenya V. V., Katkova E. N., Ul'dinovich S. V. *Lesnaya pirologiya* [Forest pyrology]. Gomel, Institut lesa NAN Belarusi Publ., 2011. 264 p. (In Russian).
9. Molchanov V. P. Determination of reserves of combustible materials in the canopy of pine plantations. *Sovremennyye voprosy okhrany lesov ot pozharov i bor'by s nimi* [Modern issues of forest fire protection and control], 1965, pp. 108–118 (In Russian).
10. Vonsky S. M., Veresova I. M., Zhdanko V. A. The effect of precipitation on changes in humidity and burnability of forest ground cover and litter. *Lesnyye pozhary i tekhnicheskkiye sredstva bor'by s nimi* [Forest fires and technical means of combating them], 1974, pp. 66–72 (In Russian).
11. Serebrennikov P. P., Matreninskiy V. V. *Lesnyye pozhary i bor'ba s nimi* [Forest fires and fighting them]. Moscow, Goslestekhzdat Publ., 1937. 177 p. (In Russian).
12. Korchagin A. A. Conditions of occurrence of fires and the burning of forests of the European North. *Uchenye zapiski LGU* [Scientific notes of LSU], 1954, pp. 182–322 (In Russian).
13. Rutkovsky V. I. Investigation of precipitation retention by grass and moss cover. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology], 1936, no. 2, pp. 52–56 (In Russian).
14. Melekhov I. S. *Opyt izucheniya lesnykh pozharov v lesakh Severa* [Experience in studying forest fires in the forests of the North]. Arkhangelsk, ALTI Publ., 1939. 39 p. (In Russian).
15. Nesterov V. G. *Gorimost' lesa i metody yeye opredeleniya* [Forest flammability and methods for its determination]. Leningrad, Goslesbumizdat Publ., 1949. 76 p. (In Russian).
16. Nesterov V. G., Gritsenko M. V., Shabunina T. A. Using the dew point temperature when calculating the forest burnability index. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology], 1968, no. 9, pp. 102–104 (In Russian).
17. Artsybashev E. S. *Lesnyye pozhary i bor'ba s nimi* [Forest fires and fighting them]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1974. 152 p. (In Russian).
18. Forests are burning: global warming is leading to an increase in fires. Available at: <https://www.vedomosti.ru/ecology/climate/news/2022/02/23/910622-lesa-goryat-globalnoe-poteplenie-vedet-k-rostuzpozharov> (accessed 21.04.2023) (In Russian).
19. How are climate change and forest fires related. Available at: <https://greenpeace.ru/blogs/2021/07/21/kak-svjazany-izmenenie-klimata-i-lesnye-pozhary> (accessed 21.04.2023) (In Russian).
20. In Belarus, the rate of global warming is 3.5 times higher than the world. Available at: <https://thinktanks.by/publication/2022/03/23/v-belarusi-tempy-globalnogo-potepleniya-v-35-raza-vyshe-mirovyh.html> (accessed 21.04.2023) (In Russian).
21. Kravtsov S. L., Popova A. K., Markova D. S., Lepesevich E. V., Reshetnik S. V. Improving information systems on wildfires in the Republic of Belarus and the Russian Federation. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MCHS Belarusi* [Journal of Civil Protection], 2023, vol. 7, no. 1, pp. 86–106. DOI: 10.33408/2519-237X.2023.7-1.86 (In Russian).
22. What is happening with climate change in Belarus? Available at: <https://www.undp.org/ru/belarus/chto-proiskhodit-s-izmeneniyem-klimata-v-belarusi> (accessed 21.04.2023) (In Russian).
23. Agro-climatic zoning of the territory of Belarus taking into account climate change. Available at: <https://climate.ecopartnerstvo.by/sites/default/files/2017-09/%5BRUS%5D%20Agriculture%20Climate%20Change%20Zoning%20in%20Belarus.pdf> (accessed 21.04.2023) (In Russian).
24. Segodnik A. M., Bulva A. D. *Spravochnoye rukovodstvo po likvidatsii lesnykh i torfyanykh pozharov* [Reference guide for the elimination of forest and peat fires]. Grodno, Grodnenskoye oblastnoye upravleniye MCHS Respubliki Belarus' Publ., 2012. 160 p. (In Russian).

25. Yanets P. K., Gadal S. Zh., Ivanov S. A. Modeling of forest fire risk in the Republic of Sakha (Yakutia) by GIS methods. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya* [Successes of modern natural science], 2019, no. 11, pp. 37–42 (In Russian).

Информация об авторе

Гоман Павел Николаевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры промышленной безопасности. Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25, Республика Беларусь). E-mail: g-pn83@mail.ru

Information about the author

Goman Pavel Nikolaevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Industrial Safety. University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus (25, Mashinostroiteley str., 220118, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: g-pn83@mail.ru

Поступила 21.10.2023