

СПЕЦИФИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

И.М. Секерин, Г.А. Годовалов, А.М. Ерицов, С.В. Залесов✉

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 620100, Россия, г. Екатеринбург,
ул. Сибирский тракт, д. 37

Zalesovsv@usfeu.ru

Проанализирована горимость лесов Свердловской области за период с 2016 по 2021 г. Установлено, что количество лесных пожаров в 2021 г. увеличилось, по сравнению со среднегодовым за предшествующие 5 лет, в 3 раза при увеличении количества торфяных пожаров в 11,3 раза. Отмечены причины такого резкого увеличения торфяных пожаров — накопление дефицита влаги в почве и снижение уровня грунтовых вод. Показано, что торфяные пожары не прекращаются в зимний период и развиваются по двум типам. Первый тип развития характерен для безлесных участков, приуроченных к повышенным элементам рельефа, а второй — под пологом древостоя. Рекомендуется тушить торфяные пожары в зимний период путем выкорчевки деревьев, перемешивания торфа со снегом и холодным грунтом с последующим уплотнением бульдозером. Показано, что при использовании бульдозера можно потушить несколько активных очагов пожаров на участке площадью 0,5 га за одну смену.

Ключевые слова: лесной пожар, торфяной пожар, тление, снежный покров, раскорчевка, тушение, перемешивание, ликвидация

Ссылка для цитирования: Секерин И.М., Годовалов Г.А., Ерицов А.М., Залесов С.В. Специфика распространения и тушения торфяных пожаров в зимний период // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 5. С. 64–70. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-64-70

Известно [1, 2], что лесные пожары подразделяются на такие основные виды, как низовые, верховые и почвенные (торфяные). По количеству и пройденной огнем площади доминируют, как правило, низовые пожары [3–6]. Однако в отдельные годы лидерование по площади переходит к верховым пожарам [7–9]. При этом доля торфяных пожаров относительно невелика и составляет 0,5...1,0 % при доле, пройденной ими площади, менее 1,0 %. В засушливые годы количество торфяных лесных пожаров увеличивается, и они наносят существенный вред не только за счет гибели древостоев, выгорания торфа и затрат на их тушение, но и за счет негативного воздействия на здоровье населения, поскольку в процессе тления торфа в атмосферу поступают вредные продукты его неполного сгорания.

Возникновение торфяных пожаров начинается с открытого вертикального заглужения в процессе устойчивых низовых пожаров или непотушенных костров на торфяных почвах. Критическое влагосодержание торфа при заглужении, выше которого горение невозможно, составляет 200 % [10]. После того как произошло заглужение и пожар начинает распространяться в горизонтальном направлении критическое влагосодержание торфа увеличивается на верховых болотах до 500 % [11].

Скорость распространения торфяных пожаров невелика и обычно не превышает 0,2 м/сут.

Однако при этом этот вид пожара может действовать круглый год, что в сочетании со сложностью тушения торфяных пожаров приводит к длительному сохранению очагов горения [12–14]. Дополнительно следует добавить, что чаще всего торфяные пожары возникают вблизи населенных пунктов на осушенных территориях. В результате ухудшается экологическая обстановка и, как следствие этого, возникает недовольство населения.

Нередко непотушенные торфяные пожары в весенний период переходят в низовые, создавая иллюзию самовозгорания. Указанное свидетельствует о необходимости ликвидации торфяных пожаров вне зависимости от сезона года. Поскольку торфяные пожары возникают преимущественно в конце лета и осенью, они нередко уходят в зиму непотушенными. В научной литературе отсутствуют работы по тушению торфяных пожаров в зимний период, что поспособствовало выбору направления наших исследований и определило их актуальность.

Цель работы

Цель работы — анализ развития торфяных пожаров в зимний период и разработка на этой основе предложений по их ликвидации.

Объекты и методика исследований

Объектом исследований служили торфяные пожары, зафиксированные в декабре 2021 г. на территории Свердловской области.

Основные показатели горимости лесов за период с 2016 по 2021 гг.
The main indicators of frequency forest fires occurrence for the period from 2016 to 2021

Показатель горимости	2016	2017	2018	2019	2020	Среднее за 5 лет	2021
Количество лесных пожаров на землях государственного лесного фонда, шт.: в том числе торфяных	607	304	378	263	423	395	1185
	9	6	5	0	7	7	79
Площадь, пройденная огнем лесных пожаров, га	3304,46	3128,82	4413,47	2147,43	9223,03	4443,44	58087,85
Средняя площадь пожара, га	5,4	10,3	11,7	11,9	21,8	12,2	49,0



Рис. 1. Валежная гарь, образовавшаяся после устойчивого низового пожара

Fig. 1. Fallen burned area formed after a stable ground fire

В ходе натурного обследования действующих торфяных пожаров было проанализировано их увеличение в зависимости от таких факторов, как наличие древостоя, снежного покрова и т. д.

Основной объем исследований был выполнен по двум торфяным пожарам:

1) торфяному пожару на левом берегу р. Пышма около населенного пункта Старопышминск в кв. 76 Березовского участкового лесничества Березовского лесничества (далее — пожар № 1);

Пожар № 1 развивался в пределах древостоя ельника мшисто-хвощеного естественного происхождения с преобладанием ели и сосны, сфагновым покровом, низинным питанием болота. Болото является истоком р. Моренка. В пожаре № 1 обнаружены несколько очагов тления торфа, расположенных преимущественно вдоль кромки леса на расстоянии около 700, а также единичные очаги вдоль берега р. Пышма. Очаги горения представляют собой разрозненные вытянутые по кромке действовавшего низового пожара прогары глубиной до 1 м. Тление в большинстве случаев происходит близко к поверхности, на глубине не более 0,5 м. Заглубления очагов вниз в торфяную залежь не происходит. Горение низкой интенсивности с продвижением не более 1 м в месяц. Общая площадь тления не больше 0,2 га.

2) торфяному пожару, расположенному в 6 км на восток от п. Монетный (далее — пожар № 2). В пожаре № 2 торфяное болото представляет

собой бывшую торфоразработку, осушение которой проводилось с 1920-х годов, вплоть до 1980-х годов. Добыча торфа велась здесь механизированным способом. Мощность торфяного слоя составляет от 4...5 до 11 м в отдельных котлованах. Питание болота — низинное. В отдельных местах обнаружены незамерзающие водоемы, подпитываемые грунтовыми водами.

Помимо визуального осмотра и изучения проведено экспериментальное тушение торфяных пожаров, на основании чего составлены предложения по их ликвидации в зимний период.

Материалы и обсуждение

Пожароопасный сезон 2021 г. характеризовался большим количеством лесных пожаров в осенний период. Так, по сравнению со средними пятилетними показателями количество лесных пожаров в 2021 г. увеличилось в 3 раза, пройденная огнем площадь — в 13 раз. Количество почвенных (торфяных) пожаров (таблица) резко увеличилось вследствие накопления дефицита влаги в почве и снижения уровня грунтовых вод.

Осенние пожары отличались высокой интенсивностью. При устойчивых низовых пожарах напочвенный покров и корневые системы деревьев выгорали практически полностью, что приводило к массовому вывалу деревьев в течение 2...4 дней (рис. 1).

На участках с наличием торфа низовые пожары развивались как торфяные, заглубляясь в торфяную залежь. В декабре 2021 г. на территории Свердловской области было зафиксировано 28 действующих торфяных пожаров.

Выполненные нами исследования показали, что все обилие очагов торфяных пожаров можно свести к двум типам:

1) очаги на открытых, свободных от деревьев местах;

2) очаги, распространяющиеся под сформировавшимся древостоем.

Очаги первого типа располагались на возвышенных формах рельефа, достаточно далеко от уровня грунтовых вод, либо на склонах магистральных каналов, что обеспечивало возможность



Рис. 2. Очаг торфяного пожара, образовавшийся на открытой залежи торфа

Fig. 2. The focus of a peat fire formed on an open peat deposit



Рис. 3. Очаг торфяного пожара второго типа, образовавшийся на кромке древостоя

Fig. 3. The center of a peat fire of the second type, formed at the edge of a forest stand



Рис. 4. Образование проталин вследствие торфяного пожара на удалении 1 м от кромки

Fig. 4. Formation of thawed patches due to a peat fire at a distance of 1 m from the edge

просохнуть значительной толще торфа и вовлечься в процесс горения. Очаги в таких местах расширялись очень медленно по всему краю, образуя полости шириной до 2–3 м (рис. 2).

Основным отличием очагов второго типа является распространение горения в сторону древостоя. В процесс горения активно вовлекается подстилка мощностью до полуметра, а также корневые системы деревьев. Глубина прогорания в среднем составляет 0,5 м. Скорость распространения 0,5 м/сут. Данные очаги наиболее характерны для зимних торфяных пожаров в Свердловской области. В 2021–2022 гг., по нашим подсчетам, их доля составляет 85 % относительно всех зафиксированных в декабре торфяных пожаров (рис. 3).

Для более детального исследования нами были установлены фотоловушки на кромках пожара с частотой фотографирования 1 кадр за 3 мин. После трехнедельных съемок полученные кадры были соединены в единый 5-минутный фильм. Таким образом удалось проследить динамику развития торфяного пожара данного типа. Особенность горения заключается в осуществлении процесса тления под снегом, на удалении 0,5 м от кромки растаявшего снега. Очаг горения как бы подныривает под слой снега. Последний служит тепловой изоляцией, способствуя увеличению температуры. В местах выхода теплого воздуха от очагов тления образуются проталины (рис. 4).

Как только появляется проталина, формируется конвекционный поток и нагретая тлеющая субстанция из торфа сухой подстилки и корней деревьев. Горение переходит в пламенную форму, что, в свою очередь, приводит к выделению большого количества теплоты, которая полностью топит весь снег, приводит к обгоранию корней и 100 % вывалу деревьев. После этого активность горения ослабевает, и процесс горения вновь заглубляется под слой снега. На выгоревшей территории внутри площади, пройденной пожаром такого типа, не было обнаружено ни одного действовавшего очага, вся активность находилась исключительно на периметре.

При таком развитии пожара глубина снежного покрова является для процесса горения фактором, скорее, положительным, нежели отрицательным. Чем выше снежный покров, тем больше изоляция от низких температур и формирование более высокой тяги.

Данный факт подтверждается наблюдением, проведенным на участках с меньшим слоем снега. Здесь очаги горения переставали действовать намного раньше, чем на участках с большим слоем снега.

Наиболее важным фактором, определяющим развитие торфяных пожаров в зимнее время, является низкая температура торфа. Именно она является основным фактором, подавляющим горение торфяных пожаров в зимнее время.

Наблюдения за очагами торфяных пожаров зимой позволили установить динамику их развития.

В начале зимы очаги представляют собой сильно вытянутые участки по периметру площади пожара, очень похожие на кромку низового пожара (рис. 5).

Под воздействием отрицательных температур воздуха в середине зимы площади активного горения уменьшались. Большая часть торфяных пожаров переставала гореть, а на оставшихся очаги приобретали округлую форму. При этом происходило слияние мелких очагов в крупные (рис. 6).

Такому развитию торфяных пожаров, на наш взгляд, способствовала низкая температура воздуха. Для продолжения горения необходимо, чтобы поддерживалась температура тлеющего торфа выше 400 °С, а это возможно только при условии минимального рассеивания тепла в окружающую среду, поэтому происходило формирование округлых очагов горения.

В конце зимы от 50 до 80 % подобных очагов перестали существовать. Там, где самоликвидировалось 80 % очагов, произошло полное выгорание торфа и горение прекратилось скорее, не вследствие отрицательной температуры воздуха, а по причине отсутствия горимого материала. Тем не менее в конце зимы произошла очередная трансформация развития горения. Большие округленные очаги под корнями деревьев проникли в древостой и стали представлять собой сильноизрезанные, продвигающиеся с большей скоростью вблизи корней деревьев языки. Последнее объясняется снижением уровня грунтовых вод в марте [15–17]. Причем выпадала примерно половина деревьев древостоя. Так очаги горения узкими языками продвинулись в глубь древостоя до 50 м. Горение происходило в основном в прикорневом, наиболее осушенном, слое (рис. 7).

Известно [1, 18], что торфяной пожар можно потушить, преградив путь огню к горючим материалам путем создания заградительных канав, приостановления доступа кислорода к горящим слоям торфа, увеличения влажности торфа до уровня прекращения тления и зольности торфа до критической (50 %), выше которой торфяная масса уже не горит.

Эксперименты показали, что не все способы тушения торфяных пожаров эффективны и, в частности, неэффективно тушение компрессионной пеной [19].

Положительный опыт тушения торфяных пожаров показан В.А. Сретенским [20], экспериментально доказавшим возможность их ликвидации перемешиванием горящего и негорящего торфа.

На основе полученных данных о развитии торфяных пожаров в зимний период нами для

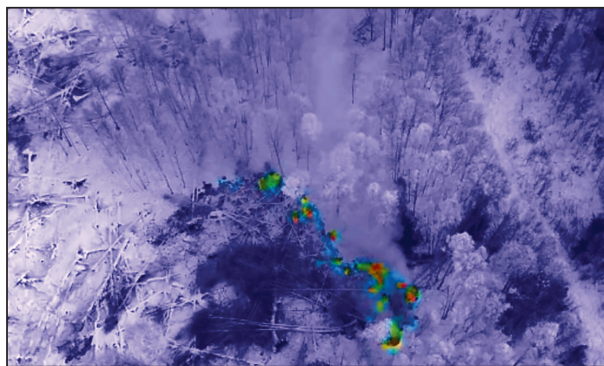


Рис. 5. Очаги горения торфяного пожара вытянутой формы по его периметру в осенний период

Fig. 5. Peat fire burning centers of an elongated shape along its perimeter in autumn

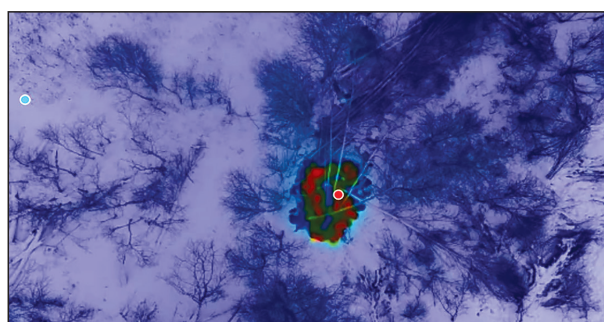


Рис. 6. Очаги горения торфяного пожара округлой формы

Fig. 6. Rounded burning centers of a peat fire



Рис. 7. Распространение очагов весной в прикорневом слое

Fig. 7. Distribution of foci in the root layer in spring

изучения эффективности тушения была заложена пробная площадь, на которой с помощью геориппера (устройство, напоминающее бензопилу, которой делают в грунте щели для укладки кабеля) отрезали горящую кромку и перемешивали горящий торф со снегом. На место тушения установили фотоловушку для отслеживания эффективности эксперимента. В результате тушения таким способом в течение суток не было замечено признаков горения. Однако на следующий день на потушенной площади появилось три очага, которые стали активно развиваться, при этом горение на них происходило активнее, чем на контрольной, не тронутой тушением, площади. Данный эффект объясняется недостаточно хорошей измельченностью остывших перемешанных частей торфа. Перемешанный торф стал более рыхлым, что увеличило в нем содержание воздуха и повысило теплоизоляционные свойства, поэтому горение стало происходить на этом участке активнее. Следовательно, пришли к выводу о необходимости уплотнять тушимый торф.

На основании полученных данных нами была разработана система приемов тушения торфяных пожаров в зимнее время.

Тушение следует проводить бульдозерами без применения воды (рис. 8).



Рис. 8. Тушение торфяного пожара в зимний период
Fig. 8. Extinguishing a peat fire in winter

Первым приемом бульдозер вырывает из грунта деревья с корнями в 3–5-метровой зоне действующего пожара, выталкивает их горящими корнями вверх на уже пройденную пожаром площадь. Важно, чтобы во избежание образования новых очагов корни не перемешивались с перемещаемым грунтом. Вторым приемом обеспечивается выгревание тлеющего торфа на поверхность.

Третий прием заключается в перемешивании тлеющего торфа со снегом и холодным грунтом с одновременным уплотнением этого места траками бульдозера.

По результатам исследования, возникновение горения, появление новых очагов на потушенной площади составляли в среднем один очаг на 100 м потушенной кромки. Площадь таких очагов

не превышала 0,4 м², а ликвидировать проще всего лопатами, т. е. без применения тяжелой техники.

Данным способом были потушены торфяные пожары в начале марта. Он оказался производительным. В течение рабочей смены удавалось потушить до 0,5 га активных очагов при использовании одного бульдозера. Причем необходимость использования ручного труда сводилась к минимуму.

Выводы

1. При недостатке осадков и снижении уровня грунтовых вод резко увеличивается вероятность развития низовых пожаров с переходом в почвенные (торфяные).

2. Торфяные пожары могут развиваться круглый год и оставление их непотушенными в зиму способствует появлению низовых лесных пожаров ранней весной.

3. При развитии торфяных пожаров в зимний период формируются два типа очагов, определяемые, прежде всего, по наличию древостоя.

4. Продвижение кромки торфяного пожара ускоряется в прикорневых слоях торфа.

5. На участках без древостоя торфяные пожары зимой ликвидируются перемешиванием тлеющего торфа с холодным снегом с последующим уплотнением перемешанной массы бульдозером. При тушении торфяного пожара под пологом древостоя вышеуказанному процессу перемешивания предшествует выкорчевка деревьев на пройденную огнем площадь.

6. Использование бульдозера позволяет потушить за смену в зимний период до 0,5 га действующих торфяных пожаров.

Список литературы

- [1] Залесов С.В. Лесная пирология. Екатеринбург: Изд-во УГЛТА, 1998. 296 с.
- [2] Залесов С.В., Залесова Е.С. Лесная пирология. Термины, понятия, определения. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2014. 54 с.
- [3] Усеня В.В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. 206 с.
- [4] Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы. М.: ДЭКС – Пресс, 2004. 312 с.
- [5] Шубин Д.А., Залесов С.В. Последствия лесных пожаров в сосняках Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2016. 127 с.
- [6] Фуряев В.В., Самсоненко С.Д., Фуряев Ю.В., Шубин Д.А. Пожароустойчивость лесов юго-востока Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 2014. 156 с.
- [7] Парамонов Е.Г., Ишутин Я.И. Крупные лесные пожары в Алтайском крае. Барнаул: Изд-во Алтайского ун-та, 2005. 240 с.
- [8] Марченко В.П., Залесов С.В. Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертыс орманы» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2013. № 10 (108). С. 55–59.

- [9] Иванова Г.А., Иванов А.В. Пожары в сосновых лесах Средней Сибири. Новосибирск: Наука, 2015. 240 с.
- [10] Софронов М.А., Волокитина А.В. О контроле почвенно-торфяных пожаров на территории, загрязненной радионуклидами // Предупреждение, ликвидация и последствия пожаров на радиоактивно загрязненных землях: Сб. науч. трудов. Вып. 54. Гомель: Изд-во ИЛ НАН Беларуси, 2002. С. 70–73.
- [11] Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбуиздат, 1962. 154 с.
- [12] Залесов С.В., Миронов М.П. Обнаружение и тушение лесных пожаров. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2004. 138 с.
- [13] Мелехов И.С., Душа-Гудым С.И., Сергеева Е.П. Лесная пирология. М.: МГУЛ, 2007. 196 с.
- [14] Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров. М.: Изд-во ВНИИЛМ, 2002. 104 с.
- [15] Изотов В.Ф. О динамике уровня грунтовых вод и влажности почвы в некоторых типах заболоченных лесов Архангельской области // Лесной журнал, 1964. № 1. С. 23–27.
- [16] Фуряев В.В. Влияние уровня грунтовых вод на пожарное созревание заболоченных и болотных лесов Кеть-Чулымского междуречья // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: Изд-во СО АН СССР, 1970. С. 186–219.
- [17] Луганский Н.А., Залесов С.В., Луганский В.Н. Лесоведение. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2010. 432 с.
- [18] Ласута Г.Ф. Состояние и перспективы борьбы с торфяными пожарами // Предупреждение, ликвидация и последствия пожаров на радиоактивно загрязненных землях: Сб. науч. трудов. Вып. 54. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. С. 108–111.
- [19] Залесов С.В., Годовалов Г.А., Крекунов А.А., Залесова Е.С., Оплетаяев А.С. Использование системы пожаротушения NATISK при ликвидации торфяных пожаров // Леса России и хозяйство в них, 2015. № 3 (54). С. 4–10.
- [20] Сретенский В.А. Тушение торфяных пожаров // Лесное хозяйство, 1980. № 7. С. 54–56.

Сведения об авторах

Секерин Илья Михайлович — канд. с.-х. наук, доцент кафедры лесоводства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Годовалов Геннадий Александрович — канд. с.-х. наук, доцент кафедры лесоводства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», godovalovga@m.usfeu.ru

Ерицов Андрей Маркелович — канд. с.-х. наук, заместитель начальника, ФБУ «Авиалесоохрана»

Залесов Сергей Вениаминович [✉] — д-р с.-х. наук, зав. кафедрой лесоводства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Zalesovsv@m.usfeu.ru

Поступила в редакцию 13.04.2022.

Одобрено после рецензирования 18.05.2022.

Принята к публикации 15.08.2022.

SPECIFICS OF PEAT FIRES SPREADING AND EXTINGUISHING IN WINTER

I.M. Secerin, G.A. Godovalov, A.M. Eritsov, S.V. Zalesov[✉]

FSBSS HO «The Ural state Forest Engineering University», 37, Sibirsky Tract st., 620100, Ekaterinburg, Russia

Zalesovsv@usfeu.ru

The article touches upon the analysis the number of peat fires in the Sverdlovsk region for the period from 2016 to 2021. It was found that the number of such fires in 2021 was 11,3 times higher than their average annual number over the past 5 years. It is noted that reason for the sharp increase in peat fires in 2021 is the accumulation of moisture deficiency in the soil and a decrease in the level of ground water. Steady ground fires led to the formation of many local peat fires in the autumn period, which continued to spread even after the snowfalls. In December 2021 28 active peat fires were recorded on the territory of the Sverdlovsk region. All peat fires can be conditionally divided into 2 types. The first type of peat fires is formed for lack of forest stand on the slope of the main drainage channel or on elevated relief elements. Smouldering in the hearth of this type spreads slowly forming cavities up to 2...9 m. The second type of the hearths is formed in the area of the peat deposit with the available forest stand. At the same time the smouldering foci expand under the roots of tree. The snow covering is not the reason for smouldering cessation. But rather maintains it by preserving the temperature to dry the adjacent layers of the peat. Peat fires should be extinguished by uprooting trees and mixing smouldering peat with snow and cold soil, followed by compaction to reduce temperature. Experimental extinguishing of peat fires in march 2022 showed that when using a bulldozer, it is possible to extinguish 0,5 of active foci in one shift.

Keywords: forest fire, peat fire, smouldering, mixing, liquidation

Suggested citation: Secerin I.M., Godovalov G.A., Eritsov A.M., Zalesov S.V. *Spetsifika rasprostraneniya i tusheniya torfyanykh pozharov v zimniy period* [Specifics of peat fires spreading and extinguishing in winter]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 5, pp. 64–70. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-64-70

References

- [1] Zalesov S.V. *Lesnaya pirologiya* [Forest pyrology]. Yekaterinburg: UGLTA, 1998, 296 p.
- [2] Zalesov S.V., Zalesova E.S. *Lesnaya pirologiya. Terminy, ponyatiya, opredeleniya* [Forest pyrology. Terms, concepts, definitions]. Yekaterinburg: UGLTU, 2014, 54 p.
- [3] Usenya V.V. *Lesnye pozhary, posledstviya i bor'ba s nimi* [Forest fires, the consequences and the fight against them]. Gomel: IL NAS of Belarus, 2002, 206 p.
- [4] Vorob'ev Yu.L., Akimov V.A., Sokolov Yu.I. *Lesnye pozhary na territorii Rossii: Sostoyanie i problemy* [Forest fires in Russia: Status and problems]. Moscow: DEKS-Press, 2004, 312 p.
- [5] Shubin D.A., Zalesov S.V. *Posledstviya lesnykh pozharov v sosnyakakh Priobskogo vodookhrannogo sosново-berezovogo lesokhozyaystvennogo rayona Altayskogo kraya* [Consequences of forest fires in the pine forests of the Priobskoye water protection pine-birch forestry region of the Altai Territory]. Yekaterinburg: UGLTU, 2016, 127 p.
- [6] Furyaev V.V., Samsonenko S.D., Furyaev I.V., Shubin D.A. *Pozharoustoychivost' lesov yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri* [Fire resistance of forests in the southeast of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka, 2014, 156 p.
- [7] Paramonov E.G., Ishutin Ya.I. *Krupnye lesnye pozhary v Altayskom krae* [Large forest fires in the Altai Territory]. Barnaul: Publishing House of Altai University, 2005, 240 p.
- [8] Marchenko V.P., Zalesov S.V. *Gorimost' lentochnykh borov Priirtysh'ya i puti ee minimizatsii na primere GU GLPR «Ertys ormany»* [Combustibility of tape forests in the Irtysh region and ways to minimize it on the example of the State Institution GLPR «Ertys Ormany»]. Bulletin of the Altai State Agrarian University, 2013, no. 10 (108), pp. 55–59.
- [9] Ivanova G.A., Ivanov A.V. *Pozhary v sosnovykh lesakh Sredney Sibiri* [Fires in pine forests of Central Siberia]. Novosibirsk: Nauka, 2015, 240 p.
- [10] Sofronov M.A., Volokitina A.V. *O kontrolirovanii pochvenno-torfyanykh pozharov na territorii, zagryaznennoy radionuklidami* [On the control of soil-peat fires in the territory contaminated with radionuclides]. Preduprezhdenie, likvidatsiya i posledstviya pozharov na radioaktivno zagryaznennykh zemlyakh [Prevention, liquidation and consequences of fires on radioactively contaminated lands: Sat. scientific works], iss. 54. Gomel: INNAN of Belarus, 2002, pp. 70–73.
- [11] Kurbatskiy N.P. *Tekhnika i taktika tusheniya lesnykh pozharov* [Technique and tactics of extinguishing forest fires]. Moscow: Goslesbumizdat, 1962, 154 p.
- [12] Zalesov S.V., Mironov M.P. *Obnaruzhenie i tushenie lesnykh pozharov* [Detection and suppression of forest fires]. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2004, 138 p.
- [13] Melekhov I.S., Dusha-Gudym S.I., Sergeeva E.P. *Lesnaya pirologiya* [Forest pyrology]. Moscow: MSFU, 2007, 196 p.
- [14] Shchetinskiy E.A. *Tushenie lesnykh pozharov* [Extinguishing forest fires]. Moscow: VNIILM, 2002, 104 p.
- [15] Izotov V.F. *O dinamike urovnya gruntovykh vod i vlazhnosti pochvy v nekotorykh tipakh zabolochemykh lesov Arkhangel'skoy oblasti* [On the dynamics of groundwater levels and soil moisture in some types of swampy forests of the Arkhangel'sk region]. Lesnoy zhurnal [Forest Journal], 1964, no. 1, pp. 23–27.
- [16] Furyaev V.V. *Vliyaniye urovnya gruntovykh vod na pozharnoye sozrevaniye zabolochemykh i bolotnykh lesov Ket'-Chulymskogo mezhdurech'ya* [Influence of the groundwater level on the fire maturation of swampy and swampy forests of the Ket'-Chulyum interfluve]. Voprosy lesnoy pirologii [Questions of forest pyrology]. Krasnoyarsk: SO AN SSSR, 1970, pp. 186–219.
- [17] Luganskiy N.A., Zalesov S.V., Luganskiy V.N. *Lesovedeniye* [Forestry]. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2010, 432 p.
- [18] Lasuta G.F. *Sostoyanie i perspektivy bor'by s torfyanyimi pozharami* [Status and prospects of combating peat fires]. Preduprezhdenie, likvidatsiya i posledstviya pozharov na radioaktivno zagryaznennykh zemlyakh [Prevention, liquidation and consequences of fires on radioactively contaminated lands: Sat. scientific works], iss. 54. Gomel: IL NAS of Belarus, 2002, pp. 108–111.
- [19] Zalesov S.V., Godovalov G.A., Krektunov A.A., Zalesova E.S., Opletaev A.S. *Ispol'zovaniye sistemy pozharotusheniya NATISK pri likvidatsii torfyanykh pozharov* [Use of the NATISK fire extinguishing system in the elimination of peat fires]. Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh [Forests of Russia and economy in them], 2015, no. 3 (54), pp. 4–10.
- [20] Sretenskiy V.A. *Tushenie torfyanykh pozharov* [Extinguishing peat fires]. Lesnoe khozyaystvo [Forestry], 1980, no. 7, pp. 54–56.

Authors' information

Sekerin Il'ya Mikhaylovich — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Department of Forestry, Ural State Forestry Engineering University

Godovalov Gennadiy Aleksandrovich — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor, Department of Forestry, Ural State Forestry Engineering University, godovalovga@m.usfeu.ru

Eritsov Andrey Markelovich — Cand. Sci. (Agriculture), Deputy Head of FBU «Avialesookhrana»

Zalesov Sergey Veniaminovich — Dr. Sci. (Agriculture), Head of the Department of Forestry, of the Ural State Forestry University, Zalesovsv@m.usfeu.ru

Received 13.04.2022.

Approved after review 18.05.2022.

Accepted for publication 15.08.2022.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
 Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
 The authors declare that there is no conflict of interest