

УДК 631:[614.844+004.93]:58.084

СИНЕРГЕТИКА И ИНТЕГРАЦИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ, ЛЕСОВ И ТОРФЯНИКОВ

¹Белозеров В.В., ²Ворошилов И.В., ³Денисов А.Н., ¹Катин О.И., ⁴Никулин М.А.

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на Дону;

²ООО «Краснодарский компрессорный завод», Краснодар;

³Академия государственной противопожарной службы МЧС РФ, Москва;

⁴Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень

В статье анализируются проблемы обнаружения и тушения лесных, степных и торфяных пожаров, а также способы их предотвращения и сокращения потерь. Показано, что существующие наземные и авиационные способы обнаружения, предотвращения возгорания и тушения торфяников, лесных и степных массивов не решают проблем их безопасности. На основе анализа недостатков всех описанных способов предлагается использовать нанотехнологии обнаружения и тушения пожаров, в том числе путем газоразделения атмосферного воздуха с помощью контейнерной азотной мембранной станции, подвешиваемой к вертолету Ми-26 вместо водосливного устройства, а в дирижабле – к его несущей конструкции. Показано, что применение воды в качестве огнетушащего состава лишает возможности разрабатывать торфяные месторождения. Предложена модель автоматизированного комплекса, который, помимо обнаружения очага саморазогрева торфа с помощью газовых торфяных стволов-термозондов, и предотвращения его самовозгорания, путем подачи в зону очага атмосферного азота, получаемого с помощью контейнерной азотной мембранной станции, доработанной соответствующим образом, реализует способ вертикального электрораззондирования торфяника, в том числе за счет доработки газовых торфяных стволов-термозондов в стволы-термоэлектрораззонды, что, в частности, повышает и точность обнаружения зоны саморазогрева. В результате из-за наличия «бесконечного источника» огнетушащего состава в виде атмосферного азота и отсутствия перерывов в пожаротушении из-за необходимости отлета за его пополнением кардинально сократятся затраты на тушение пожаров сельхозугодий, степных и лесных массивов и ущерб от них, а также будут предотвращены пожары на торфяниках.

Ключевые слова: нанотехнологии противопожарной защиты, термоманнитная сепарация воздуха, мембранные сепараторы, пожарные вертолеты, пожарный дирижабль, азотирование торфа, электрораззондирование, «бесконечный источник» огнетушащего состава

SYNERGETICS AND INTEGRATION OF AGROTECHNOLOGIES AND OF FIRE PROTECTION OF AGRICULTURAL AREAS, FORESTS AND PEATERY

¹Belozеров V.V., ²Voroshilov I.V., ³Denisov A.N., ¹Katin O.I., ⁴Nikulin M.A.

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don;

²LLC «Krasnodar Compressor Plant», Krasnodar;

³Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of the Russia, Moscow;

⁴State Agrarian University of Northern Trans-Urals, Tyumen

The article analyzes the problems of detecting and extinguishing forest, steppe and peat fires, as well as ways to prevent them and reduce losses. It is shown that the existing ground and airborne methods of detecting, preventing fire and extinguishing peatlands, forest and steppe areas do not solve the problems of their safety. Based on the analysis of existing shortcomings, it is proposed to use nanotechnology for detecting and extinguishing fires, including by gas separation of atmospheric air using a container nitrogen membrane station suspended from a Mi-26 helicopter, and in an airship – to its supporting structure. It is shown that the use of water as a fire extinguishing agent makes it impossible to extract peat. A model of an automated complex has been proposed, which, in addition to detecting a focus of self-heating of peat using gas peat shafts-thermal probes, and preventing its spontaneous combustion, by supplying atmospheric nitrogen obtained with the help of a modified nitrogen station to the focus of the focus, implements the method of vertical electro-sounding of a peat, including ... by modifying the gas peat shafts-thermo-probes into the shafts-thermoelectric probes, which also increases the accuracy of detecting the self-heating zone. As a result, due to the presence of an «endless source» of fire extinguishing composition in the form of atmospheric nitrogen and the absence of interruptions in fire extinguishing, the costs of extinguishing fires and damage from them will be dramatically reduced, and fires on peatlands will be prevented.

Keywords: nanotechnology of fire protection, thermomagnetic air separation, membrane separators, fire helicopters, fire airship, nitriding of peat, electric sounding, «endless of source» of fire extinguishing composition

В настоящее время мониторинг сельхозугодий, лесов и степных массивов осуществляется при помощи вертолетов, самолетов, спутников и даже простого обхода полей с измерительными прибора-

ми. В то же время «человеческий фактор» и климатические аномалии являются основными причинами пожаров на сельхозугодиях и в лесах. Фактические масштабы пожаров сельхозугодий, степных и лесных

массивов, как за рубежом, так и в России до настоящего времени не установлены, так как сплошного мониторинга сельхозугодий, степей и лесов нет из-за ограниченности материальных и людских ресурсов [1–3].

Статистика лесных пожаров на территории СССР (рис. 1, 2) показывает, что ежегодно количество лесных пожаров составляло от 20 до 30 тыс. на площадях от 0,5 до 2,5 млн га, в настоящее время в России (только в лесах Сибири) возникает около 30 тыс. пожаров, которые уничтожают лесные массивы на площадях от 3,5 до 18 млн га [3].

Статистика свидетельствует также, что ежегодно увеличиваются масштабы торфяных пожаров, в связи с чем актуальность проблемы – обеспечение пожарной и экологической безопасности биосферы и ресурсосбережение сельхозугодий, торфяников и лесных массивов, которые являются возобновляемыми природными ресурсами, не вызывает сомнений [1–3].

Материалы и методы исследования

США, Канада, Австралия, Франция и Россия, для которых проблема лесных пожаров актуальна, используют для тушения пожаров лесных массивов специальные авиационные пожарные формирования. В России, в частности, пожарная техника на базе летательных аппаратов используется почти 90 лет [4, 5].

Каждый вид техники обладает своими преимуществами и недостатками. Например, у вертолетов с водосливными устройствами (ВСУ), в отличие от самолетов, скорость транспортировки емкости с водой значительно ниже. Это становится существенным достоинством при тушении пожаров на небольших территориях или в горной местности, так как при сливах на больших скоростях и высотах (более 40–50 м от поверхности), вода, в соответствии с законом Релея, разбивается воздушным потоком до состояния аэрозолей и большая часть ее испаряется, не выполнив задачу по тушению очага пожара [5].

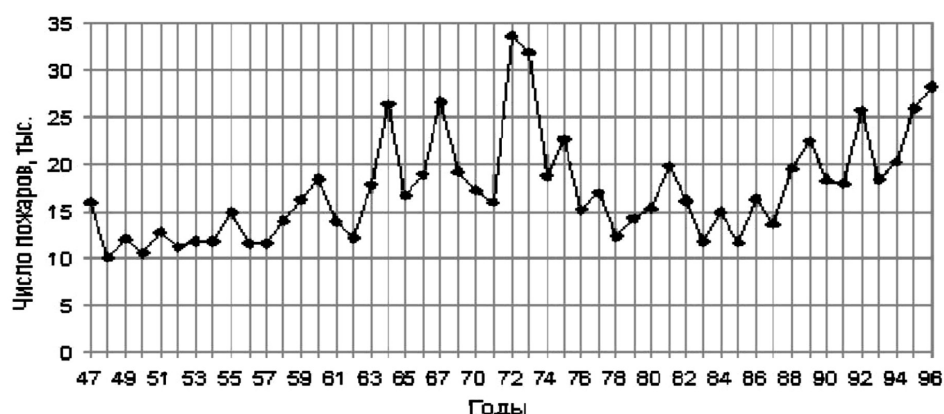


Рис. 1. Количество лесных пожаров на территории СССР в 1947–1996 годах

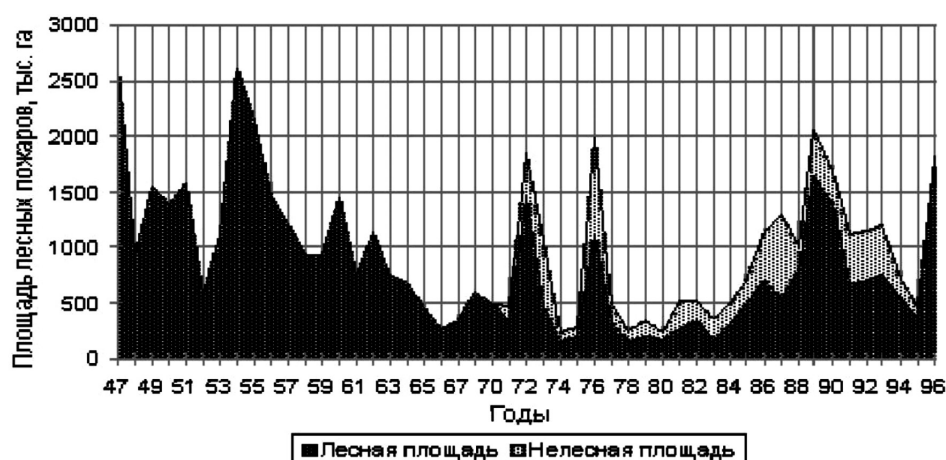


Рис. 2. Уничтоженные пожарами площади лесных массивов в СССР в 1947–1996 годах

Общим недостатком применяемых в настоящее время методов, устройств и огнетушащих составов является высокая стоимость как авиационной и мобильной техники, так и ее эксплуатации. Поэтому она может использоваться только централизованно и только в крупных регионах России. В то же время тушение пожаров сельхозугодий, степных и лесных массивов водой при помощи авиационной техники не только убыточно, но и неэффективно. Дело в том, что и вертолетам, и самолетам приходится периодически заправляться водой, улетая от места пожара, позволяя огню распространяться за время их заправки и возвращения. Таким образом, возникла идея использовать атмосферный азот в качестве «бесконечного источника огнетушащего состава» для тушения лесных и степных пожаров, загораний сельхозугодий и торфяников [6, 7].

Профилактика самовозгорания торфа и предотвращение пожаров торфяников путем его «азотирования» может стать важным социально-экономическим фактором развития и в нашей стране, и за рубежом, в связи с возобновлением добычи и переработки этого возобновляемого энергоресурса [2, 8, 9]. При этом именно при разработке торфяников и их осушении возникает опасность саморазогрева торфа микроорганизмами до 70 °С. Процессы термодеструкции торфа, возникающие в этом случае, вызывают дальнейшее повышение его температуры, превращающее торф в полукокс, который самовоспламеняется, если в образовавшейся массе есть кислород. Поэтому периодическое насыщение торфяника азотом с помощью газоторфяных стволов является эффективным способом предотвращения пожара на нем. Такими же процессами сопровождается хранение добытого торфа [7, 10].

В 1990-х гг. В.А. Сретенским была доказана бесполезность тушения водой пожаров торфяников [11]. Тем не менее большинство существующих и разрабатываемых методов и средств тушения торфяных пожаров используют воду, несмотря на то, что заливка водой торфяника делает невозможным его добычу и использование.

Существуют и безводные способы предотвращения распространения огня в лесных и степных массивах, один из которых, например, заключается в создании барьера по контуру наиболее пожароопасных участков до возникновения очагов самовозгорания или во время пожаров. При рас-

пространении огня к барьеру специальный минеральный материал разлагается с выделением углекислого газа, который снижает содержание кислорода в воздухе, затрудняя горение. Оксиды магния и кальция начинают взаимодействовать с различными добавками с образованием устойчивого к высоким температурам пористого барьера, который препятствует распространению огня. Недостатками этих способов являются высокие единовременные и эксплуатационные затраты на их осуществление, а также уничтожение торфа и окружающего лесного массива пожарами [2, 8].

Существуют и «газовые способы тушения лесов и торфяников бомбами» с жидким азотом, «брикетами» с гранулами диоксида углерода и др., но они имеют «поверхностную эффективность», а саморазогрев и самовозгорание торфа происходит в глубине торфяника, куда ни «бомбы», ни «брикеты» попасть не могут [12–14].

Авторами был разработан способ «выдавливания» кислорода из торфа атмосферным азотом и установка, реализующая такой метод «азотирования», которые с помощью процессов мембранного или термомагнитного газоразделения выделяют азот из атмосферы, а с помощью газоторфяных стволов-термозондов (ГТСТЗ), определяя путем тепловой локализации зоны саморазогрева торфа, вводят в указанные зоны сепарированный азот. Это позволяет предотвратить самовозгорание торфяника и обеспечить безопасную добычу и хранение торфа. Однако мотопомпы, на базе которых было предложено реализовать указанный способ, требуют буксировки, что в условиях бездорожья снижает эффективность их применения [10, 12].

В связи с вышеизложенным была разработана модель автоматизированного мобильного комплекса, в котором были бы устранены недостатки мотопомп, реализующих разработанный метод азотирования торфа, а также расширены его возможности следующим образом [14, 15]:

– применением серийной мобильной азотной станции ТГА 5/10 на шасси высокой проходимости, выпускаемой ООО «Краснодарский компрессорный завод», мощностью в 300 л.с. с производительностью 5 Нм³/мин и давлением в 10 атм, при чистоте азота в 98–99 % с габаритными размерами 6,0×2,5×3,6 м и массой в 11,5 т (рис. 3), что обеспечивает возможность оперативного прибытия, для предотвращения загораний и тушения пожаров торфяников [15];

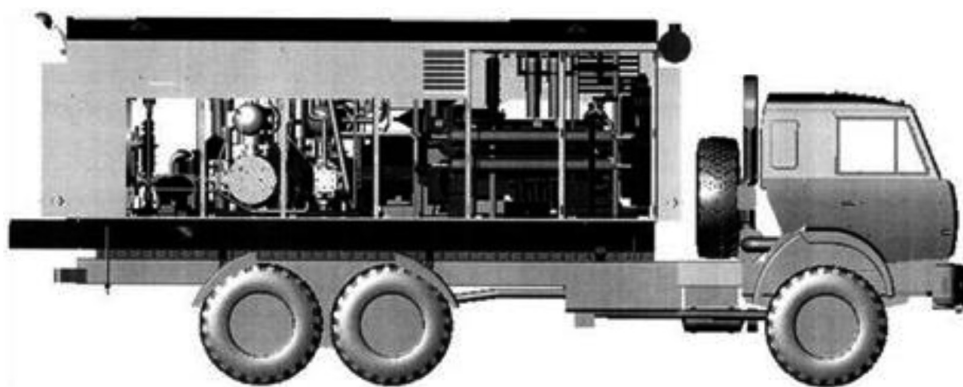


Рис. 3. Мобильная азотная мембранная станция ТГА – 5/10 ККЗ

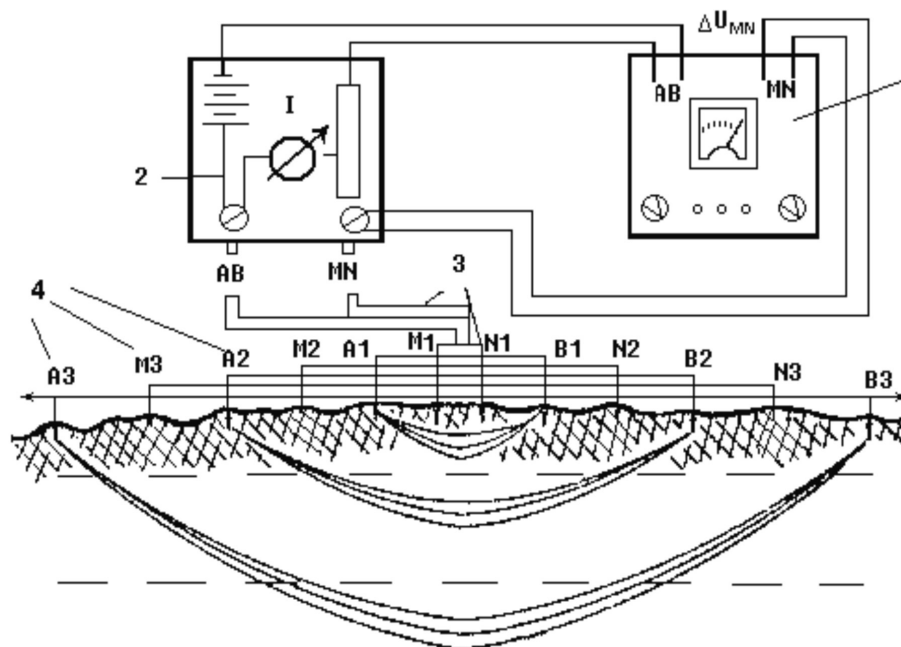


Рис. 4. Схема измерений методом ВЭЗ

– применением газо-торфяных стволов термоэлектрозондов (ГТС ТЭЗ) с использованием (рис. 4) метода вертикального электродирования (ВЭЗ), что позволяет определять профили торфяного месторождения [16, 17], а также более точно вычислять очаг самонагрева за счет увеличения количества ГТС ТЭЗ при ВЭЗ (не менее четырех) и способа тепловой локации [18].

Таким образом, периодическое азотирование торфяников с помощью мобильной азотной мембранной станции ТГА-5/10 для предотвращения самовозгорания в них,

а также для обнаружения и тушения торфяных пожаров позволяет:

– во-первых, решить проблему мониторинга объемов этого возобновляемого ресурса по профилям ВЭЗ;

– во-вторых, обеспечить пожарную безопасность торфяников путем их периодического контроля на предмет наличия зон самонагрева и при обнаружении таковых подавление их азотированием;

– в-третьих, обеспечить пожарную безопасность разработки торфяного месторождения путем его периодического азотирования;

– в-четвертых, обеспечить хранение добытого торфа с помощью его периодического контроля, на предмет наличия зон саморазогрева и при обнаружении таковых подавление их азотированием.

Результаты исследования и их обсуждение

В проблеме тушения лесных и степных пожаров с помощью авиации перспективным направлением является замена огне-тушащего состава (воды) атмосферным азотом, выделяемым с помощью азотной мембранной станции. При этом наиболее подходящими летательными аппаратами для такого способа являются дирижабли и вертолеты (рис. 5) с высокой грузоподъемностью, например МИ-26, а для термомангнитных сепараторов воздуха, батарея которых «превращает» поток воздуха от винта вертолета в поток инертных газов – МИ 8 [19–21].

В последнее время развитие спутниковой и оптической навигации привело

к применению в различных областях деятельности человека, в том числе в агропромышленном комплексе, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [22–24].

Однако малое полетное время БПЛА и малой авиации, а также невысокая грузоподъемность, ограничивают длительность и интенсивность выполнения необходимых агротехнологий точного земледелия [23–25].

Как следует из современных тенденций развития летательных аппаратов, дирижабли являются авиасредствами, которые при достаточно большой автономности обладают высокой грузоподъемностью и весовой отдачей, универсальностью применения и низкой общей стоимостью, включающей и стоимость изготовления – в 10 раз ниже вертолетов, и эксплуатационные затраты – в 100 раз ниже. Следовательно, возникает идея оснастить необходимыми пожарно-техническими средствами дирижабль, который сможет решить все задачи противопожарной защиты сельскохозяйственных, лесных массивов и торфяников.

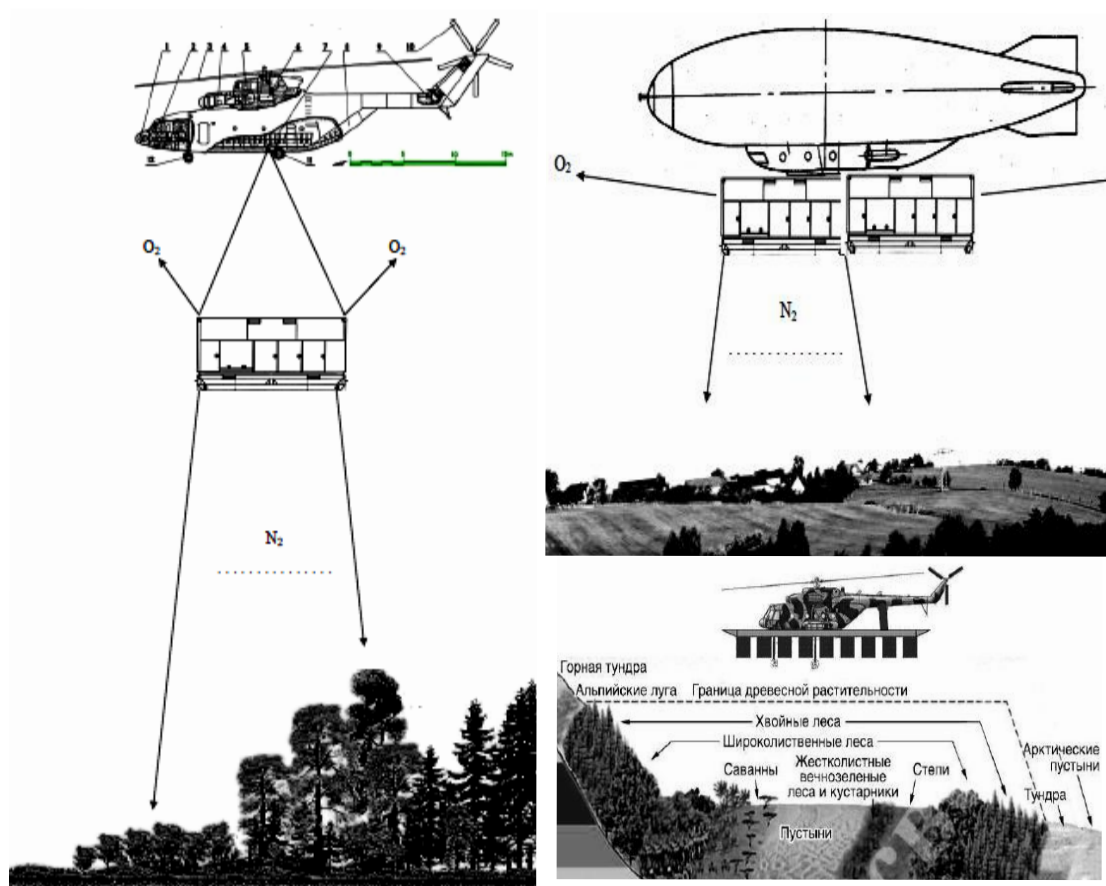


Рис. 5. Тушение атмосферным азотом лесных пожаров вертолетами и дирижаблями

При оснащении дополнительными средствами дирижабль сможет осуществлять патрулирование значительных территорий и мониторинг возникновения опасных факторов пожара, десантные и спасательные операции в труднодоступных местах, в том числе без парашютирования, т.е. без риска и дополнительных нагрузок для пожарных-спасателей [25].

Второй контейнер, примыкающий к мембранной азотной станции (рис. 5), может быть использован также для техники, удобрений, воды, ядохимикатов и специализованной агротехники, в том числе для их оперативной доставки на сельскохозяйственные поля, требующие применения специальных агротехнологий (полива, опыления и т.д.) [21, 25].

Заключение

Синергетика интеграции предлагаемых способов с помощью дирижаблей, которые защищены патентами РФ, проявится не только в предотвращении пожаров торфяников или в уменьшении затрат на тушение пожаров сельскохозяйственных, степных, лесных и торфяных пожаров и кардинального сокращения социально-экономических потерь от них, за счет осуществления регулярного наблюдения за степными и лесными массивами в зонах их активной охраны и раннего обнаружения загораний, но и при контроле сельскохозяйственных, в том числе при выполнении на них агротехнологий точного земледелия, таких как картографирование местности, анализ состояния сельскохозяйственных культур, почвы и других агротехнических параметров, что является мощным самоорганизующим фактором эффективного взаимодействия региональных подразделений МЧС России с подразделениями Росагропрома и Рослесхоза [25].

Список литературы / References

1. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы. М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. 312 с.
2. Vorobev Yu.L., Akimov V.A., Sokolov Yu.I. Forest fires on the territory of Russia: State and problems. M.: DEKS-PRESS, 2004. 312 p. (in Russian).
3. Хорошавин Л.Б., Медведев О.А., Беляков В.А., Михеева Е.В., Руднов В.С., Байтиминова Е.А. Торф: возгорание торфа, тушение торфяников и торфокомпозитов. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС МЧС России, 2013. 256 с.
4. Khoroshavin L.B., Medvedev O.A., Belyakov V.A., Mikheeva E.V., Rudnov V.S., Baitimirova E.A. Peat: peat fire, peat extinguishing and peat composites. M.: FGBU VNI GOChS EMERCOM of Russia, 2013. 256 p. (in Russian).
5. Цветков П.А., Бурак Л.В. Исследование природы пожаров в лесах Сибири // Сибирский лесной журнал. 2014. № 3. С. 25–42.
6. Tsvetkov P.A., Buryak L.V. Study of the nature of fires in the forests of Siberia // Siberian forest journal. 2014. No. 3. P. 25–42 (in Russian).
7. Перминов В.П., Осипова Д.Н., Батыршина А.Ж., Гапонов В.М. Совершенствование пожарных машин на базе летательных аппаратов // Пожарная охрана на службе государства: 1918–2018: сб. науч. тр. Уфа: УГАТУ, 2018. С. 89–127.
8. Perminov V.P., Osipova D.N., Baturshina A.Zh., Gaponov V.M. Improvement of fire engines based on aircraft // Fire protection in the service of the state: 1918–2018: collection of scientific papers. Ufa: USATU, 2018. P. 89–127 (in Russian).
9. Григорьевская А.О., Иванов Н.В., Вишнев А.В. Анализ использования авиации для тушения лесных пожаров // Решетневские чтения: материалы XVIII Междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения акад. М.Ф. Решетнева. Ч. 1. Красноярск: СибГАУ, 2014. С. 351–352.
10. Grigorievskaya A.O., Ivanov N.V., Vishnev A.V. Analysis of the use of aviation for extinguishing forest fires // Reshetnev readings: materials of the XVIII Intern. scientific. conf., dedicated to the 90th anniversary of the birth of Acad. M.F. Reshetnev. Part 1. Krasnoyarsk: SibSAU, 2014. P. 351–352 (in Russian).
11. Кураков Ф.А. Технологии тушения ландшафтных пожаров как возможный научно-технологический приоритет РФ // Экономика науки. 2017. Т. 3. № 3. С. 214–226. DOI: 10.22394/2410-132X-2017-3-3-214-226.
12. Kurakov F.A. Technologies for extinguishing landscape fires as a possible scientific and technological priority of the Russian Federation // Economics of Science. 2017. Vol. 3. No. 3. P. 214–226. DOI 10.22394/2410-132X-2017-3-3-214-226 (in Russian).
13. Белозеров В.В., Катин О.И., Никулин М.А. Об интеграции современных наукоемких агро-пожарных технологий // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 6–2. С. 239–247.
14. Belozеров V.V., Katin O.I., Nikulin M.A. On the integration of modern science-intensive agro-fire technologies // Modern science-intensive technologies. 2021. No. 6–2. P. 239–247 (in Russian).
15. Хорошавин Л.Б., Медведев О.А., Беляков В.А., Михеева Е.В., Руднов В.С., Байтиминова Е.А. Торф: возгорание торфа, тушение торфяников и торфокомпозитов. М.: ВНИИ ГОЧС МЧС России. 2013. 256 с.
16. Khoroshavin L.B., Medvedev O.A., Belyakov V.A., Mikheeva E.V., Rudnov V.S., Baitimirova E.A. Peat: peat ignition, peat extinguishing and peat composites. M.: VNI GOChS EMERCOM of Russia. 2013. 256 p. (in Russian).
17. Самовозгорание торфа / Горная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mining-enc.ru/samovozgoranie-torfa> (дата обращения: 05.09.2021).
18. Spontaneous combustion of peat / Mining encyclopedia [Electronic resource]. Access mode: <http://www.mining-enc.ru/samovozgoranie-torfa> (date of access: 05.09.2021).
19. Система тушения лесоторфяных пожаров с использованием мотопомпы «ГЕЙЗЕР» и специального торфяного ствола [Электронный ресурс]. URL: <http://www.systempro.ru/tovar/system> (дата обращения: 18.09.2021).
20. A system for extinguishing forest-peat fires using a motor-pump «GEYSER» and a special peat trunk [Electronic resource]. URL: <http://www.systempro.ru/tovar/system> (date of access: 18.09.2021).
21. Сретенский В.А. Экстренное тушение низовых лесных пожаров и торфяников без воды. Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та, 2004. 188 с.
22. Sretenskiy V.A. Emergency extinguishing of ground forest fires and peat bogs without water. Perm: Publishing house Perm. State University, 2004. 188 p.
23. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Кальченко И.Е., Мальцев Г.И., Плахотников Ю.Г., Прус Ю.В., Олейников С.Н. Способ предотвращения или обнаружения и тушения торфяных пожаров и установка для реализации способа // Патент РФ № 2530397. Патентообладатели: ООО ККЗ, ДГТУ, ООО НППЦ ТС. 2014. Бюл. № 28.
24. Belozеров V.V., Voroshilov I.V., Kalchenko I.E., Maltsev G.I., Plakhotnikov Yu.G., Prus Yu.V., Oleinikov S.N. Method for preventing or detecting and extinguishing peat fires and installation for implementing the method // Patent RF № 2530397. Patent holders: LLC KCP, DSTU, LLC SETC TS. 2014. Bul. No. 28 (in Russian).

13. Олейников С.Н., Белозеров В.В., Быков Д.А. Модель автоматизации защиты торфяников // Электроника и электротехника. 2018. № 2. С. 32–40. [Электронный ресурс]. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=2607214. DOI: 10.7256/2453-8884.2018.2.26072.
- Oleinikov S.N., Belozеров V.V., Bykov D.A. Peatland Protection Automation Model // Electronics and Electrical Engineering. 2018. No. 2. P. 32–40. [Electronic resource]. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=2607214. DOI: 10.7256/2453-8884.2018.2.26072 (in Russian).
14. Белозеров В.В., Быков Д.А. Автоматизированный комплекс защиты торфяников // Фундаментальные исследования. 2018. № 7. С. 9–16.
- Belozеров V.V., Bykov D.A. Automated complex for the protection of peatlands // Fundamental research. 2018. No. 7. P. 9–16 (in Russian).
15. Ворошилов И.В. Передвижная станция компрессорная азотная // Патент на промышленный образец № 102768. 2017. Бюл. № 3.
- Voroshilov I.V. Mobile nitrogen compressor station // Industrial design patent No. 102768. 2017. Bul. No. 3 (in Russian).
16. Хасанов Д.И. Введение в электроразведку: пособие для слушателей курсов повышения квалификации по специальности «Геофизика». Казань: КГУ, 2009. 75 с.
- Khasanov D.I. Introduction to electrical exploration: a guide for students of advanced training courses in the specialty "Geophysics". Kazan: KSU, 2009. 75 p. (in Russian).
17. Марченко М.Н. Вертикальное электрическое зондирование / Под ред. проф. Модина И.Н. М.: МГУ, 2013. 30 с.
- Marchenko M.N. Vertical electrical sounding / Ed. prof. Modina I.N. M.: Moscow State University, 2013. 30 p. (in Russian).
18. Поздняков Е.К. Методы определения координат в многопозиционных пассивных комплексах с использованием избыточной информации: дис. ... канд. техн. наук Донецк. 2015. 184 с.
- Pozdnyakov E.K. Methods for determining coordinates in multi-position passive complexes using redundant information: dis. ... cand. tech. sciences Donetsk. 2015. 184 p. (in Russian).
19. Белозеров В.В., Ворошилов И.В., Зимовнов О.В., Никулин М.А., Обухов П.С., Белозеров В.В. Способ обнаружения, предотвращения распространения огня и тушения лесных пожаров атмосферным азотом с помощью вертолета // Патент РФ № 2730906. Патентообладатели: ООО ККЗ, ДГТУ, 2020. Бюл. № 24.
- Belozеров V.V., Voroshilov I.V., Zimovnov O.V., Nikulin M.A., Obukhov P.S., Belozеров V.V. Method for detecting, preventing the spread of fire and extinguishing forest fires with atmospheric nitrogen using a helicopter // RF Patent No. 2730906. Patent holders: LLC KCP, DSTU, 2020. Bul. No. 24 (in Russian).
20. Абросимов Д.В., Белозеров В.В., Зимовнов О.В., Никулин М.А., Филимонов М.Н., Белозеров В.В. Способ обнаружения и тушения вертолетом ландшафтных пожаров инертными атмосферными газами // Патент РФ № 2732748. Патентообладатели: ООО ККЗ, ДГТУ, 2020. Бюл. № 27.
- Abrosimov D.V., Belozеров V.V., Zimovnov O.V., Nikulin M.A., Filimonov M.N., Belozеров V.V. Method for detecting and extinguishing landscape fires by helicopter with inert atmospheric gases // RF Patent No. 2732748. Patent holders: LLC KCP, DSTU 2020. Bul. No. 27. (in Russian).
21. Valery Belozеров, Mihail Nikulin and Nikolay Topolsky Nanotechnology for the suppression of fires in agricultural land and forests / XIII International Scientific and Practical Conference «State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020» // E3S Web Conf., 175 (2020) 12007; DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017512007>.
22. Уханов Р.В. Дроны в сельском хозяйстве. Обзор мировых тенденций [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/transport/72705-drony-v-selskom-hozyaystve-obzor-mirovyh-tendenciy> (дата обращения: 18.09.2021).
- Ukhanov R.V. Drones in agriculture. Review of world trends [Electronic resource]. URL: <https://vc.ru/transport/72705-drony-v-selskom-hozyaystve-obzor-mirovyh-tendenciy> (date of access: 18.09.2021).
23. Перспективы применения малой и беспилотной авиации в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. URL: <https://agrostory.com/info-centre/agronomists/perspektivy-primeneniya-maloy-aviatsii-v-selskom-khozyaystve> (дата обращения: 18.09.2021).
- Prospects for the use of small and unmanned aviation in agriculture [Electronic resource]. URL: <https://agrostory.com/info-centre/agronomists/perspektivy-primeneniya-maloy-aviatsii-v-selskom-khozyaystve> (date of access: 18.09.2021).
24. Вертолеты на службе у сельского хозяйства [Электронный ресурс]. URL: <https://helico-russia.ru/blog/vertolety-na-sluzhbu-u-selskogo-khozyaystva> (дата обращения: 18.09.2021).
- Helicopters in the service of agriculture [Electronic resource]. URL: <https://helico-russia.ru/blog/vertolety-na-sluzhbu-u-selskogo-khozyaystva> (date of access: 18.09.2021).
25. Белозеров В.В., Денисов А.Н., Катин О.И., Никулин М.А., Белозеров В.В. Способ реализации агротехнологий и противопожарной защиты сельхозугодий и лесных массивов с помощью дирижабля // Патент РФ № 2751365. Патентообладатели: ДГТУ, АГПС МЧС РФ, Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2021. Бюл. № 20.
- Belozеров V.V., Denisov A.N., Katin O.I., Nikulin M.A., Belozеров V.V. A method of implementing agricultural technologies and fire protection of farmland and woodlands using an airship // RF Patent No. 2751365. Patent holders: DSTU, AGPS EMERCOM of the Russia, "State Agrarian University of the Northern Trans-Urals". 2021. Bul. No. 20 (in Russian).