



МЧС РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ  
СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ  
СИБИРСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ – ФИЛИАЛ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ  
МЧС РОССИИ

## **Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций**

**Материалы всероссийской научно-практической конференции  
14 июня 2013 года**

г. Железногорск  
2013

**Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций:** Материалы всероссийской научно-практической конференции. г. Железногорск, 14 июня 2013 года / Составители: Мельник А. А., Батура А. Н., Калюжина Ж. С. – Железногорск, 2013. – 192 с.

Всероссийская научно-практическая конференция «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций» состоялась 14 июня 2013 года в г. Железногорске Красноярского края на базе Сибирской пожарно-спасательной академии – филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

В сборнике представлены материалы конференции, рассматривающие вопросы по следующим направлениям:

- мониторинг опасных природных процессов;
- прогнозирование чрезвычайных ситуаций и их последствий;
- моделирование природных и техногенных рисков;
- информационное и аналитическое обеспечение действий подразделений МЧС России и других организаций при ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Материалы представляют интерес для специалистов, занимающихся вопросами в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, пожарной и промышленной безопасности.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**ISBN 978-5-906477-06-4**

**УДК 634.0.43**

**ББК 43.488**

© Сибирская пожарно-спасательная академия – филиал  
Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

## Содержание

Разработка и создание информационных систем при реализации инфраструктурных проектов в Арктике на примере Дудинского комплексного аварийно-спасательного центра, предложения по системе взаимодействия с хозяйствующими организациями и предприятиями в Арктической зоне Красноярского края .....	8
<i>Терешков В. И.</i>	
Некоторые исследования в области предупреждения паводковых ситуаций .....	16
<i>Шайдунов В. В.</i>	
Подготовка прогнозов чрезвычайных ситуаций центром мониторинга и прогнозирования ЧС .....	21
<i>Черных В. И.</i>	
Прогноз тенденций изменений среднемесячных температур и осадков на территории Сибири при возможном глобальном потеплении .....	26
<i>Дегерменджи А. Г., Высоцкая Г. С., Шевырногов А. П.</i>	
Опыт создания регионального сегмента системы обеспечения комплексной безопасности региона .....	31
<i>Ноженкова Л. Ф., Ничепорчук В. В., Ноженков А. И.</i>	
Дистанционный лесопатологический мониторинг лесов Красноярского края .....	37
<i>Солдатов В. В., Ягунов М. Н., Голубев Д. В., Сашко Е. В.</i>	
<b>Секция 1. Чрезвычайные ситуации и техногенные катастрофы.</b>	
<b>Обеспечение деятельности подразделений МЧС России .....</b>	<b>43</b>
Математическое моделирование процесса самовозгорания твердых горючих веществ .....	44
<i>Необъявляющий П. А., Дектерев А. А., Марков А. О.</i>	
Расчетно-аналитический программный комплекс Сигма ПБ для моделирования развития пожара и эвакуации .....	52
<i>Литвинцев К. Ю., Кирик Е. С., Дектерев А. А., Малышев А. В., Харламов Е. Б.</i>	
Зонирование территории природного парка «Ергаки» по степени опасности для ведения туристической деятельности .....	59
<i>Трофимова Н. В.</i>	

Автоматизированная информационная система учёта поисково-спасательных работ .....	63
<i>Трофимова Н. В., Герасимов В. С.</i>	
Подготовка работников аварийно-спасательных формирований как фактор минимизации последствий чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах .....	68
<i>Корнев В. М., Авлохова Е. И., Корнева Н. А.</i>	
Системный подход при решении задач обеспечения безопасности в учреждениях образования и науки .....	72
<i>Жуков А. А., Зыков Н. И., Чупис Т. С.</i>	
О применении вычислительного эксперимента в обучающих целях в области пожарной безопасности .....	78
<i>Кирик Е. С., Литвинцев К. Ю., Зыков Н. И.</i>	
Управление пожарной безопасности муниципального образования на основе моделирования оценки ущерба от пожаров .....	83
<i>Тужиков Е. Н., Тырсин А. Н.</i>	
Обеспечение пожарной безопасности на подвижном составе железнодорожного транспорта ОАО «РЖД»: состояние и ближайшие перспективы развития подразделений добровольной пожарной охраны .....	89
<i>Антипина О. И.</i>	
Обеспечение эксплуатации пожарной техники в условиях низких температур на территории Красноярского края .....	94
<i>Татаркин И. Н., Мартинович Н. В.</i>	
Подходы к управлению системой практической подготовки пожарно-спасательных подразделений МЧС России .....	97
<i>Мартинович Н. В.</i>	
Система менеджмента качества в пожарно-спасательном подразделении МЧС России .....	100
<i>Калюжина Ж. С.</i>	
Роль добровольных пожарных формирований в обеспечении безопасности объектов гражданской авиации, расположенных в северных районах .....	104
<i>Злобина А. С.</i>	
Перспективы применения и развития системы СМИС в процессе проектирования и строительства социально-значимых объектов .....	107
<i>Шмановский В. А.</i>	

О некоторых результатах по разработке интеллектуальной советующей системы управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте .....	111
<i>Цуриков А. Н.</i>	
Повышение качества планирования действий по тушению пожаров с помощью компьютерных систем моделирования пожаров в зданиях .....	114
<i>Субачев С. В., Субачева А. А., Пешков А. В.</i>	
Методы описания гидродинамики роторных аппаратов для приготовления огнетушащих составов .....	118
<i>Савенкова А. Е.</i>	
Модель анализа пожарной опасности в сельском населённом пункте с использованием нейронных сетей .....	120
<i>Абдулалиев Ф. А.</i>	
Обзор существующих зарубежных программ для моделирования развития пожара и эвакуации .....	123
<i>Шкельтин А. П.</i>	
<b>Секция 2. Мониторинг и моделирование опасных природных процессов .....</b>	<b>126</b>
Моделирование геоэкологических рисков на основе шпиралет-преобразования данных наблюдений .....	127
<i>Симонов К. В., Кадена Л. Л. Р.</i>	
Разработка системы дешифровочных признаков для выявления нарушения экосистем Севера Красноярского края на основе ГИС-технологий .....	132
<i>Антамошкина О. А.</i>	
Прогноз чрезвычайных ситуаций, связанных с лесными пожарами вблизи населенных пунктов .....	135
<i>Волокитина А. В., Софронова Т. М.</i>	
Информационная поддержка системы мониторинга цунами на параллельных вычислительных архитектурах .....	142
<i>Симонов К. В., Курако М. А., Диденко А. О.</i>	
Исследование влияния стохастической структуры горючего на параметры низового лесного пожара .....	148
<i>Лепп Н. Э., Ушанов С. В.</i>	
Ландшафтная структура территории как основа для долгосрочного прогнозирования паводковых ситуаций .....	152
<i>Деева У. В.</i>	

ГИС - ориентированная система поддержки принятия решений по тушению природных пожаров вблизи населенных пунктов и объектов защиты .....	158
<i>Доррер Г. А., Коморовский В. С., Осавелюк П. А.</i>	
Анализ системы Солнце-Земля .....	163
<i>Двирный В. В., Двирный Г. В., Романенко И. В., Сидорова Е. С., Елфимова М. В.</i>	
Существующие и новые технологии тушения торфяных пожаров .....	168
<i>Хорошавин Л. Б., Медведев О. А.</i>	
Проблемы развития экологии нового поколения .....	170
<i>Хорошавин Л. Б., Почечун В. А., Беляков В. А.</i>	
Сорбционные свойства торфяных залежей болот в защите окружающей среды от радиоактивного загрязнения и мониторинговых исследованиях .....	173
<i>Нифонтова М. Г., Михеева Е. В.</i>	
Тушение лесных пожаров метанием грунта – обоснование компоновки грунтомета и методика его расчета .....	175
<i>Орловский С. Н.</i>	
Способ снижения лавинной опасности в Красноярском крае и орудие для его осуществления .....	184
<i>Орловский С. Н.</i>	
Для заметок .....	190



## Пленарное заседание



## **Разработка и создание информационных систем при реализации инфраструктурных проектов в Арктике на примере Дудинского комплексного аварийно-спасательного центра, предложения по системе взаимодействия с хозяйствующими организациями и предприятиями в Арктической зоне Красноярского края**

**Терешков Валерий Ильич**

*заместитель руководителя территориального органа МЧС России по Красноярскому краю, государственный советник РФ 3 класса*

Мы понимаем, что сегодня уже все мировое сообщество пришло к единому мнению - будущее человечества тесно связано с освоением Арктики. У этой территории невероятный потенциал - богатейшие, практически нетронутые запасы природных ресурсов, уникальное географическое положение, огромное влияние на климат нашей планеты, удивительный растительный и животный мир. Значительная часть Красноярского края - это Крайний Север. На нашей территории находится город Норильск - крупнейший в мире город, построенный за Полярным Кругом, ни одна страна в мире не создала такой мощной, не имеющей аналогов в мире металлургической промышленности, какая была создана в районе Норильска.

Вместе с тем особенную актуальность формирования системы безопасности в Арктической части Сибирского федерального округа придают сформированная и утвержденная Президентом РФ «Стратегия социально-экономического развития Сибири на период 2010-2020 годы» и «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утвержденные Президентом Российской Федерации 18 сентября 2008 года № Пр-1969, а так же утвержденная Президентом Российской Федерации «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года».

В соответствии с вышеназванной стратегией для формирования сбалансированной системы безопасности, необходимо существенно расширить Арктическую систему управления рисками возникновения ЧС путем сочетания системы комплексного мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, своевременного выполнения предупредительных мероприятий и создания Арктической системы экстренного реагирования. Эти вопросы обсуждались на Международной научно-практической конференции «Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и создание комплексных аварийно-спасательных центров» в г. Норильске в период с 22 по 25 августа 2012 г., организованной МЧС России, в которой принимали участие представители федеральных органов исполнительной власти, представители 7 государств-участников Арктического совета (ЕППР), а так же представители соседних (с Красноярским краем) арктических регионов.

Понимая важность поставленных задач Президентом Российской Федерации МЧС России начало формирование федеральной группировки спасательных сил и средств в Арктике, которая будет состоять из 10 Арктических специализированных спасательных центров. Развитие сил и средств Красноярской краевой территориальной подсистемы РСЧС в Арктической зоне Красноярского края планируется усилить за счет создания Арктического специализированного спасательного центра, обеспечивающего безопасность на территории Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района и соседних районов, который будет введен в действие в г. Дудинке в 2013 году. Центр будет оснащен современной аварийно-спасательной техникой и оборудованием, включая воздушные суда

(Во исполнение пункта 18 Плана мероприятий по реализации Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу, утвержденного Председателем Правительства Российской Федерации В.В. Путиным 13 апреля 2009 года № ВП-П16-219с), МЧС России с учетом предложений Минприроды России, Минтранса России и ФСБ России разработана структурно-организационная технико-технологическая информационная система развития предупреждения, мониторинга и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера Арктической зоны Российской Федерации, в 2013 году будет введен в действие Арктический центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, в составе комплексного специализированного спасательного центра в г. Дудинка.

Совместными решениями Ростехнадзора, Минобрнауки России и МЧС России принято решение о создании пилотной системы мониторинга потенциально-опасных объектов в Арктической зоне с местом дислокации в г. Дудинке, в том числе создание аппаратно-программных комплексов, обеспечивающих использование космической информации высокого пространственного разрешения при решении задач по поиску и спасению пострадавших в чрезвычайных ситуациях, в труднодоступных местах в г. Дудинке, а также создание автоматизированной системы оперативного контроля состояния подводных потенциально-опасных объектов с использованием ресурсов космической системы «КОСПАС-САРСАТ».

Роскосмос РФ предполагает организовать размещение в формируемом Арктическом центре мониторинга и прогнозирования ЧС аппаратно-программного комплекса приема и обработки информации от космической системы дистанционного зондирования Земли «Арктика».

Указанные мероприятия включены в Перечень основных мероприятий федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года», реализуемых за счет средств федерального бюджета.

### **Назначение комплексной системы системы:**

- Проведение эффективного мониторинга текущей обстановки и представления информации для действий всех должностных лиц органов исполнительной власти, обеспечивающих своевременность принятия управленческих решений.

- Совершенствование системы оперативного реагирования на ЧС и управления действиями сил РСЧС.
- Предоставление текущей информации о состоянии защищенности объектов защиты.
- Обеспечение аналитической и управленческой деятельности в рамках решения задач по противодействию угрозам природного, техногенного и иного характера.
- Своевременное обеспечение аналитической, методической и управленческой информацией в рамках решения задач по противодействию угрозам природного, техногенного и иного характера.

#### **Принципы создания**

При создании Комплексной системы чрезвычайно важным становится создание эффективной системы адаптированной к новым вызовам и противодействия новым рискам чрезвычайных ситуаций, формирования действенных механизмов консолидации усилий государства, бизнеса и общества в этом направлении. Достижение указанных целей связано с разработкой и внедрением комплексной системы обеспечения безопасности территорий и населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, по следующим направлениям:

- формирование эффективных автоматизированных информационных систем мониторинга обстановки на потенциально опасных источниках риска - крупнейших экономических и инфраструктурных образованиях (объектах нефте- и газодобычи, ядерной энергетики, металлургические, химические производства, продуктопроводах, маршрутах транспортировки углеводородов и другого сырья, объектах переработки углеводов;
- анализ и управление рисками чрезвычайных ситуаций на территориях арктической зоны субъектов Российской Федерации ориентированным на потенциально опасные источники риска - крупнейшие экономические и инфраструктурные образования (объекты нефте- и газодобычи, металлургические, химические производства, продуктопроводы, маршруты транспортировки углеводородов и другого сырья, объекты переработки углеводов;
- формирование действенных организационных механизмов взаимодействия властных и бизнес-структур, в сфере информационного обеспечения и использования государственных и негосударственных ресурсов при создании эффективной инфраструктуры обеспечения комплексной безопасности и условий устойчивого развития территорий.

#### **Основные направления создания информационной системы комплексного аварийно-спасательного центра**

Приоритетными направлениями решения поставленных задач являются:

- развитие и совершенствование дежурно-диспетчерских служб, имеющих информационные системы учета, обработки и хранения обращений граждан в службу пожарной охраны и службу реагирования в ЧС;

- совершенствование функционирования системы вызова экстренных оперативных служб через единый номер «112»;
- совершенствование системы мониторинга потенциально опасных объектов и территорий активного промышленного освоения, создание на стратегически важных направлениях комплексного аварийно-спасательного центра, располагающего данными мониторинга потенциально опасных объектов и силами быстрого реагирования, что позволит повысить оперативность немедленных эффективных действий в случае наступления чрезвычайных ситуаций.

Совершенствование системы мониторинга потенциально опасных объектов и территорий позволит активно развивать формирование объективной оценки текущего состояния комплексной безопасности (природной, промышленной, экологической, транспортной, биологической и др.) на основе автоматизированной региональной системы сбора и обработки данных объективного контроля, а также данных от заинтересованных ведомств и промышленных предприятий, прогнозировать риски возникновения природных, экологических, техногенных чрезвычайных ситуаций с целью своевременного информирования регионального руководства, контролирующих органов и принятия своевременных мер по снижению рисков.

В составе специализированного информационно-аналитического комплекса, входит Арктический информационно-управляющий комплекс с периферийными элементами. Основное его предназначение объединение информационных ресурсов и возможностей муниципального образования с целью оперативного управления в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, основные задачи которого:

- обеспечение консолидированной пространственно-распределенной информацией о текущем состоянии систем обеспечения безопасности на объектах муниципального образования;
- структурированное хранение и представление информации на электронных векторных картах, космоснимках, а также в виде трехмерных моделей объектов в целях реализации функции поддержки принятия решения при возникновении чрезвычайной ситуации;
- сбор текущей информации от объектовых систем контроля и мониторинга;
- выборочное представление информации с систем контроля в записи и в реальном масштабе времени с учетом секторов обзора и пространственного расположения;
- сбор, обработка и отображение информации в реальном масштабе времени об обстановке в районе ЧС от мобильных оперативных групп по сетям сотовых операторов;
- осуществление доведения управленческой информации до объекта, органов управления, сил и средств и вывода необходимых информационных сообщений на информационные системы объекта;
- обеспечение информационной безопасности аппаратно-программного комплекса и процессов информационного взаимодействия в соответствии с законодательством РФ;

- обеспечение мониторинга и управления в режиме реального времени мероприятиями по экстренному реагированию и ликвидации чрезвычайных ситуаций, в том числе автоматизированное построение схемы организации управления и взаимодействия, информационное взаимодействие и координация сил и средств, привлекаемых для ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- моделирование последствий ЧС природного, техногенного и террористического характера;
- планирование мероприятий по предотвращению ЧС, снижению возможного ущерба от ЧС, ликвидации последствий ЧС, а также автоматизированного контроля за их выполнением;
- передача информации о состоянии объектов в ЦУКС Красноярского края.

Программно-аппаратный комплекс (ПАК) ситуационного центра синхронизируется с ПАК ЕДДС и состоит из следующих подсистем:

- подсистемы отображения информации;
- подсистемы озвучивания зала;
- подсистема оперативного управления;
- подсистема структурированной кабельной системы;
- подсистема видеоконференцсвязи;
- подсистема серверных приложений;
- подсистема видеомониторинга.

Одним из элементов Арктического информационно-управляющего комплекса является Арктический центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций в Таймырском Долгано-Ненецком муниципальном районе, основными задачами которого являются:

- сбор, анализ и предоставление в ГУ МЧС России по Красноярскому краю информации о потенциальных источниках ЧС и причинах возникновения ЧС на территории Таймырского муниципального района, а так же в Норильско-Туруханском территориально-производственном районе;
- организация мониторинга за деятельностью потенциально-опасных, взрывопожароопасных объектов, немедленное оповещение руководящего состава ТПРСЧС при возникновении угрозы возникновения аварийной ситуации;
- прогнозирование ЧС природного и техногенного характера и их последствий на территории Таймырского муниципального района и Норильского промышленного района;
- организация проведения контрольных лабораторных анализов химико-радиологического и микробиологического состояния окружающей среды, продуктов питания, пищевого сырья и воды, представляющих потенциальную опасность возникновения ЧС;
- взаимодействие со Штабом морских операций Западного района Арктики (г. Мурманск) и Государственным учреждением «Архангельский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными

функциями» (г. Архангельск) по вопросам предоставления информации об угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций в зонах ответственности данных организаций;

- организация мониторинга объектов ведения горных работ, а так же за состоянием гидротехнических сооружений, линейных объектов (нефте-газопроводов), пульпопроводов водоводов и др. в Норильско-Туруханском ТПК;
- сбор информации от технических систем мониторинга и других источников и информационную поддержку подсистемы непрерывного мониторинга и управления рисками техногенных чрезвычайных ситуаций;
- оценку уязвимости поднадзорных объектов и угроз возникновения чрезвычайных ситуаций;
- выработку необходимых критериев и оценок с последующим формированием рекомендаций по предупреждению чрезвычайных ситуаций и смягчению последствий их возникновения.

При создании Арктического специализированного аварийно-спасательного центра, совместной с ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» и другими хозяйствующими организациями и предприятиями полагали бы целесообразным:

1. Формирование Арктической межведомственной системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций (с использованием существующих и перспективных ресурсов ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель», территориальных и функциональных подсистем РСЧС), для чего сформировать межведомственное соглашение о сотрудничестве между МЧС России и ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» и другими хозяйствующими организациями и предприятиями, в которое включить:
  - Обеспечение сбора, анализа и предоставление в Арктический ЦМП и Арктический специализированный спасательный центр информации о потенциальных источниках ЧС и причинах возникновения ЧС на территории Таймырского муниципального района, а так же в Норильско-Туруханском территориально-производственном районе;
  - Организацию беспрепятственного межведомственного мониторинга за деятельностью потенциально-опасных, взрывопожароопасных объектов, немедленное оповещение руководящего состава ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» и других хозяйствующих организаций и предприятий системы межведомственного взаимодействия при возникновении угрозы возникновения аварийной ситуации;
  - Прогнозирование ЧС природного и техногенного характера и их последствий на территории Таймырского муниципального района и Норильского промышленного района, в том числе организационно-методическое руководство, координацию и контроль деятельности территориальной подсистемы мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и территориального звена сети наблюдения и лабораторного контроля Таймырского муниципального района.

2. На основании соглашения сформировать систему оперативно-диспетчерского управления, в которую включить дежурно-диспетчерскую службу Арктического специализированного поисково-спасательного отряда (в дальнейшем АСПСО). При возникновении необходимости ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» другие хозяйствующие организации и предприятия предоставляют АСПСО использование возможностей технологической, диспетчерской и иных доступных видов связи, в том числе создание аппаратно-программных комплексов, обеспечивающих использование космической информации высокого пространственного разрешения при решении задач по поиску и спасению пострадавших в чрезвычайных ситуациях, в труднодоступных местах в г. Дудинке, а также создание автоматизированной системы оперативного контроля состояния подводных потенциально-опасных объектов с использованием ресурсов спутниковых каналов связи системы «КОСПАС-САРСАТ».
3. При возникновении чрезвычайных ситуаций или предпосылок к ним (в том числе и разливов нефти и нефтепродуктов) в акватории морского (или речного) порта Дудинка, проводить совместно аварийно-спасательные и другие работы, в том числе при необходимости передавать друг другу в оперативное управление имеющиеся силы и средства. Для производства попутных аварийно-спасательных работ в зоне ответственности АСПСО, ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» другие хозяйствующие организации и предприятия предоставят свои суда ледового и иного классов.
4. При возникновении чрезвычайных ситуаций или предпосылок к ним на нефтегазопроводах, а так же производственных мощностях по переработке газонефтепродуктов немедленно информировать АСПСО, при необходимости АСПСО предоставляет свои силы и средства для ликвидации ЧС и предпосылок к ним;
5. При проведении аварийно-спасательных и поисковых работ АСПСО и предприятия ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» и другие хозяйствующие организации и предприятия предоставляют друг другу силы, средства и необходимую технику в соответствии с заранее разработанными и согласованными планами, в том числе тяжелую технику и подъемно-крановое оборудование.
6. При проведении аварийно-спасательных и поисковых работ ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» и другие хозяйствующие организации и предприятия, в соответствии с согласованными планами, предоставляет свои выносные пункты базирования, в том числе кемпинги, лыжные базы, дома отдыха и т.д. для размещения на них аварийно-спасательного оборудования, запасов материальных средств и другого имущества для проведения АСР.
7. АСПСО совместно с соответствующими службами ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» и других хозяйствующих организаций будет производить сбор, обобщение данных, обследование зданий и сооружений, в том числе гидротехнических сооружений, определение устойчивости зданий и сооружений в условиях деградации вечной мерзлоты на территории Таймырского муниципального района
8. ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» и другие хозяйствующие организации и предприятия, совместно с Главным управлением МЧС России, АСПСО будут содействовать созданию в местах массового пребывания людей терминалов ОКСИОН, а так же системы защиты и информирования населения на объектах транспортной инфраструктуры (СЗИОНТ);
9. МЧС России и ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» и другие хозяйствующие организации и предприятия во взаимодействии со Штабом морских операций Западного района Арктики (г. Мурманск) будут содействовать созданию (восстановлению и модернизации) аварийно-спасательных сил и средств других ведомств Российской Федерации на территории Таймырского (Долгано-Ненецкого) районов, в частности Минтранса РФ (Госморспасслужбы РФ, в том числе аттестованные на ликвидацию аварийных разливов нефти в ключевых портах: Дудинка, Хатанга, Диксон.), Росавиации восстановлению и модернизации авиационных спасательных служб на запасных аэродромах (Хатанга, Игарка, Дудинка), для чего в аэропорту Дудинка будут содействовать в формировании авиационного спасательного подразделения, оснастив его 3 вертолетами МИ-8 (или аналогом), самолетом АН-72(74) и специализированным арктическим диспетчерским обеспечением авиационного спасательного центра, включить их (ассоциативно) в систему оперативного реагирования на возникающие чрезвычайные ситуации в составе специализированных спасательных центров.

Эти предложения были внесены в проект Рекомендаций конференции в г. Норильске и приняты к дальнейшей проработке.



## Некоторые исследования в области предупреждения паводковых ситуаций

**Шайдуров Владимир Викторович**

директор Института, доктор физико-математических наук, профессор,  
член-корреспондент РАН; ФГБУН Институт вычислительного моделирования СО РАН

### Введение

Теоретически математическое моделирование поведения течения в реке в условиях таяния снега и ледяного покрова, выпадения осадков может быть выполнено с приемлемой точностью. Для этого разработаны и апробированы математические модели (а также численные методы их решения) в виде уравнений в частных производных, которые после детальной привязки к местности с учетом предшествующих и текущих метеорологических данных могли бы обеспечить необходимую точность. Но именно отсутствие привязки модели к детальному рельефу местности и неучет состояния осеннего покрова почвы (то есть за полгода до весеннего паводка) сводят точность модели до весьма грубого уровня. Ясно, что учет состояния покрова почвы может быть заложен в математическую модель без особых затрат. Но для получения и использования детального рельефа местности имеются вполне определенные организационные и финансовые трудности. Мы рассмотрим некоторые приемы их преодоления.

### Математическая модель речного стока

В настоящее время хорошо зарекомендовала себя математическая модель речного стока, основанная на системе уравнений в частных производных, известных также под названием «уравнений мелкой воды». Одна из ее модификаций выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial}{\partial t}(hu) + \frac{\partial}{\partial x}(hu^2) + \frac{\partial}{\partial y}(huv) + gh \frac{\partial h}{\partial x} = Ru_0 + F_x - gh \frac{\partial H}{\partial x},$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hv) + \frac{\partial}{\partial x}(huv) + \frac{\partial}{\partial y}(hv^2) + gh \frac{\partial h}{\partial y} = Rv_0 + F_y - gh \frac{\partial H}{\partial y},$$

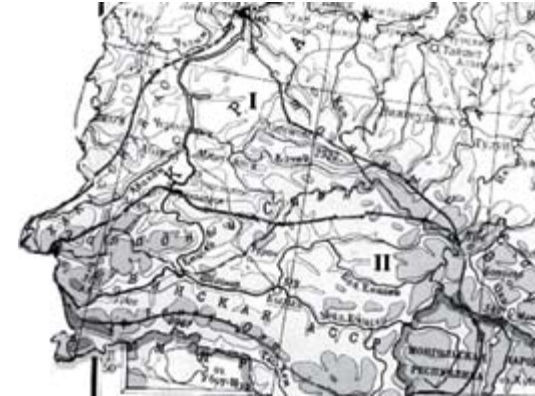
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu) + \frac{\partial}{\partial y}(hv) = R - I,$$

где  $u, v$  - компоненты вектора скорости течения,  $h$  - глубина,  $g$  - ускорение свободного падения,  $R$  - обобщенная функция, учитывающая интенсивность дождя и испарения,  $I$  - функция интенсивности инфильтрации воды в почву,  $H$  - географическая высота возвышения дна,  $F_x, F_y$  - функции сил сопротивления.

Область определения этой системы дифференциальных уравнений в зависимости от поставленных задач может ограничиваться непосредственно руслом и ближайшим ложем реки в случае расчета течения при отсутствии дополнительных источников водосбора. В случае учета массивных дождей или таяния снега

математическая область определения задачи распространяется на всю площадь водосбора реки.

Например, на рисунке изображены площади водосбора Красноярской (I) и Саяно-Шушенской (II) ГЭС.



Не представляет труда постановка краевых условий, обеспечивающих корректную разрешимость задачи. Например, на границе водосбора (помимо ГЭС) для корректной разрешимости достаточно [2] поставить краевое условие

$u_n = 0$ , где  $u_n$  - скорость по нормали к границе. Саяно-Шушенская ГЭС представляет собой участок границы двух областей. Для области (II) она представляет собой участок вытекания и поэтому на ней необходимо и достаточно поставить одно краевое условие

$$u_n = u_{out}, \text{ где } u_{out} - \text{ скорость вытекания в направлении нормали.}$$

Для области (I) она представляет собой участок втекания и поэтому необходимо и достаточно поставить два условия

$u = u_{in}, v = v_{in}$ , где  $u_{in}, v_{in}$  - заданные скорости втекания. Правда, в работе [2] речь идет о задании касательной и нормальной компонент вектора скорости, но в двумерном случае задание одной из этих пар эквивалентно заданию другой.

Аналогично (тоже по разные стороны ГЭС) задаются краевые условия на Красноярской ГЭС либо как на границе втекания, либо как на границе вытекания.

Интересно отметить, что ни в одном из случаев краевых условий на входе и выходе не задается уровень воды. Он получается лишь как решение задачи. В работе [2] указано, что попытки использования в вычислительных экспериментах краевых условий на входе

$$u_n = u_{in}, h = h_{in}, \text{ приводят к неустойчивости расчетов.}$$

Для начала расчетов необходимо также задать начальные условия в нулевой момент времени:

$$\left. \begin{aligned} u(0, x, y) &= u_{\text{ин}}(0, x, y), \\ v(0, x, y) &= v_{\text{ин}}(0, x, y), \\ h(0, x, y) &= h_{\text{ин}}(0, x, y), \end{aligned} \right\} \text{ на } \Omega$$

Итак, с формальной точки зрения ни математическая постановка задачи, ни последующее численное решение в настоящий момент не представляют принципиальных трудностей.

Практические же трудности начинаются с уточнения данных. Даже необходимая для достижения приемлемой точности детализация рельефа требует огромного массива данных, недоступного в свободном использовании. К этому добавляются такие неизвестные свойства ландшафта как покрытие лесом и кустарником, впитывающее свойства почвы и другие данные, формирующие функции  $I, F_x, F_y$ .

В итоге приходится выбирать большие шаги по пространству, заменяя реальные детальные функции некоторыми сглаженными или осредненными. В подавляющем большинстве случаев такие функции могут быть заданы конечным набором параметров, например, узловыми значениями линейных или билинейных интерполянтов [3]. Поэтому возникает проблема эффективного задания таких параметров.

В последние годы в этом направлении наметилась тенденция восстановления или уточнения таких данных (параметров) путем решения обратных задач. Суть такого подхода состоит в использовании реальных измеренных данных водостока для уточнения первоначально грубо заданных параметров задачи. Как правило, грамотное вовлечение все большего числа реальных данных приводит к все более эффективному определению параметров с практической точки зрения.

Грубо говоря, при тождественном повторении в будущем уже имевших место параметров задачи, мы получим в точности реально замеренные данные водостока, которые и наблюдались при таком же стечении обстоятельств. Более того, при корректной постановке обратной задачи небольшие изменения параметров задачи будут приводить к небольшим отклонениям от реальных данных.

Примеры тщательного восстановления данных в задаче, описываемой уравнениями «мелкой воды», а также некоторые численные методы их решения содержатся, например, в работах [20 - 22].

### Заключение

Итак, физико-математические модели, несмотря на хорошо разработанный и обоснованный аппарат, пока не получили существенного применения в решении обсуждаемых проблем. Они применяются в расчетах течений для отдельных участков рек, для расчета гидрографа стока малых бассейнов и склонов, когда для их применения требуется минимум необходимой информации. Поэтому в практике гидрологических расчетов и прогнозов в условиях недостаточного информационного обеспечения будут еще долго применяться гидрологические физико-статистические модели [4 - 19], общие подходы к разработке которых кратко рассмотрены в работе [1].

Используемые на практике приемы и методы классической гидрологии паводков отражают характерные массовые пространственно-временные закономерности, взаимное наложение которых приводит к действию закона больших чисел, когда особенности развития каждого элементарного явления, совместно усредняясь, в итоге приводят к устойчивым довольно простым закономерностям в развитии результирующего явления. Эти закономерности уже более экономно описываются с помощью понятий, отражающих в укрупненном обобщающем виде реально протекающие процессы.

Этот же процесс осреднения играет решающую роль при настройке параметров математической модели на определенную местность путем анализа прецедентов. А предшествующие и текущие метеорологические условия встраиваются непосредственно в вычислительный алгоритм, включая анализ спутниковых данных.

Несмотря на достаточно большое число проведенных исследований в области детального математического моделирования процесса формирования речного стока, можно констатировать продолжающийся существенный разрыв между достижениями физико-математического моделирования и применяемыми на практике методами.

Представляется, что развитие методов уточнения параметров математической модели на основе аппарата решения обратных задач является шагом навстречу сближению достижений физико-математического моделирования и применяемых на практике классических методов гидрологии.

### Список литературы

1. Бураков Д.А., Каропова Е.Д., Шайдуров В.В. Математическое моделирование стока: теоретические основы, современное состояние, перспективы // Вестник КрасГУ. «Физико-математические науки». – 2006. – № 4. – С. 3-19
2. Oliger J., Sundström A. Theoretical and practical aspects of some initial boundary value problems in fluid dynamics // SIAM J. Appl. Math. – 1978. – Vol. 35, No 3. – P. 419-446.
3. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука. – 1977. – 456 с.
4. Бураков Д.А. Кривые добегания и расчет гидрографа весеннего половодья. – Томск: Томский госуниверситет. – 1978. – 129 с.
5. Бураков Д.А. Математическая модель расчета гидрографа весеннего половодья для равнинных заболоченных бассейнов // Метеорология и гидрология – 1978. – № 1. – С. 49-59.
6. Бураков Д.А. Расчеты речных паводков с применением аналогов // Метеорология и гидрология. – 1982. – № 10. – С. 79-88.
7. Бураков Д.А. К оценке параметров линейных моделей стока // Метеорология и гидрология. – 1989. – № 10. – С. 89-95.
8. Бураков Д.А., Авдеева Ю.В. Технология оперативных прогнозов ежедневных расходов (уровней) воды на основе спутниковой информации о заснеженности (на примере р. Нижней Тунгуски) // Метеорология и гидрология. – 1996. – № 10. – С. 75-87.

9. Бураков Д.А., Кашкин В.Б., Сухинин А.И., Ромасько В.Ю., Ратненко И.В. Методика определения заснеженности речного бассейна по спутниковым данным для оперативных прогнозов стока // Метеорология и гидрология. – 1996. – № 8. – С. 100-109.
10. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. – Л: Гидрометеоиздат. 1988. - 312 с.
11. Грушевский М.С. Неустановившееся движение воды в реках и каналах. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. - 288 с.
12. Дронкерс Й. Расчеты приливов в реках и прибрежных водах. - Л.: Гидрометеоиздат, 1967. - 396 с.
13. Калинин Г.П., Милоков П.И. Приближенный расчет неустановившегося движения водных масс. Труды ЦИП. - 1958. - Вып. 66. - 72 с.
14. Картвелишвили Н.А. Неустановившиеся открытые потоки. - Л: Гидрометеоиздат, 1968. - 127 с.
15. Корень В.И. Математические модели в прогнозах речного стока. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. - 200 с.
16. Кучмент Л.С. Математическое моделирование речного стока. - Л.: Гидрометеоиздат, 1972. - 191 с.
17. Кучмент Л.С. Модели процессов формирования речного стока. - Л.: Гидрометеоиздат, 1980. - 144 с.
18. Ле Монте Б. Введение в гидродинамику и теорию волн на воде. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. - 368 с.
19. Попов Е.Г. Вопросы теории и практики прогнозов речного стока. - М.: Гидрометеоиздат, 1963. - 256 с.
20. Дементьева Е.В., Каропова Е.Д., Шайдуров В. В. Восстановление граничной функции по данным наблюдений для задачи распространения поверхностных волн в акватории с открытой границей // Сиб. журн. индустр. мат. тем. – 2013. - Т. 16, № 1. - С. 10–20.
21. Каропова Е. Д., Шайдуров В. В. Параллельная реализация МКЭ для начально-краевой задачи мелкой воды // Вычисл. Технологии. – 2009. - Т.14, № 6. - с. 45–57.
22. Дементьева Е. В., Каропова Е. Д., Малышев А. В. Эффективность численного моделирования на кластерных системах распространения поверхностных волн // Вестн. НГУ. Сер. Информационные технологии. – 2011. – Т. 9, № 1. – с. 11–20.

## Подготовка прогнозов чрезвычайных ситуаций центром мониторинга и прогнозирования ЧС

---

**Черных Валерий Ильич**

*заместитель начальника отдела мониторинга и прогнозирования ЧС центра управления в кризисных ситуациях СРЦ МЧС России*

Прогнозирование ЧС в системе МЧС России организовано на основе приказа МЧС России № 632 от 31.12.2002г. (о видах формируемых прогнозов и сроках их предоставления).

На межрегиональном уровне Центр мониторинга входит в состав ЦУКС Сибирского регионального центра.

Численность по штату 15 человек, состоит из 2 отделов:

- отдел мониторинга и прогнозирования – специалисты работают в дневном режиме (3 офицера, 7 гражданских служащих);
- отдел сбора и обработки информации – дежурная смена, работающая в точном режиме (5 офицеров).

На региональном уровне территориальные центры мониторинга созданы во всех 12 субъектах округа.

При ЦУКС главных управлений МЧС России имеется дежурная смена. Создана за счет штатных должностей, за исключением 5-ти субъектов Новосибирской, Кемеровской, Томской областей, Республик Алтай, Бурятия – где создана за счет должностей Государственных учреждений по делам ГО и ЧС при администрациях субъектов.

Численность сотрудников, занимающихся мониторингом и прогнозом, работающих в дневном режиме в субъектах разная. Например, в региональном центре, Алтайском крае, Новосибирской области, Кемеровской области – численность наибольшая и достаточная от 5 до 8 человек. В республиках Алтай, Бурятия, Хакасия, Омской области – недостаточная, отделы мониторинга состоят только из оперативной дежурной смены, долгосрочным прогнозированием занимаются нештатные сотрудники главных управлений, либо специалисты дежурной смены, свободные от несения дежурства.

В целях предупреждения возможных ЧС и обеспечения информационной поддержки при ликвидации ЧС, а также для своевременного принятия управленческих решений в МЧС формируются прогнозы ЧС различной заблаговременности (на основании приказа МЧС России № 632 от 31.12.2002 г.):

- долгосрочный прогноз ЧС на год;
- долгосрочный прогноз циклических ЧС на осенне-зимний период;
- долгосрочный прогноз циклических ЧС, обусловленных весенним снеготаянием;
- долгосрочный прогноз циклических ЧС, обусловленных природными пожарами;

- среднесрочный прогноз ЧС на месяц;
- краткосрочный еженедельный прогноз ЧС;
- оперативный ежедневный прогноз ЧС;
- экстренное предупреждение – немедленно после получения исходной информации и составления его текста. Это касается прогноза опасных метеорологических и гидрологических явлений.

#### Ежедневный прогноз

Раз в сутки формируется оперативный ежедневный прогноз ЧС субъектами до 16.00 (местного времени) и региональным центром до 18.00 (крск).

В региональном центре разработана единая форма ежедневного прогноза для субъектов РФ по Сибирскому федеральному округу. (распоряжение РЦ №135 от 19.03.2010г. «О порядке подготовки и представления ежедневных оперативных прогнозов возникновения и развития чрезвычайных ситуаций»)

Структура прогноза включает в себя 3 раздела.

1 раздел: Исходная обстановка.

2 раздел: Прогноз ЧС и происшествий.

3 раздел: Рекомендуемые превентивные мероприятия.

В качестве исходных и прогнозных данных (как на межрегиональном так и на региональном уровне) используется информация, получаемая от сторонних взаимодействующих организаций на основании заключенных соглашений. Всего на межрегиональном уровне при составлении ежедневного прогноза используется 11 источников информации.

Информация поступает от:

- 5-ти управлений гидрометеорологических служб (Западно-Сибирского, Среднесибирского, Забайкальского, Иркутского, Обь-Иртышского). Поступают метеорологические и гидрологические бюллетени, прогнозы погоды на 3 суток, неделю, месяц, вегетационный и отопительный период, сведения о загрязнении окружающей среды, прогнозы половодья, классов пожарной опасности;
- 2-х от филиалов Геофизической службы СО РАН (Байкальского, г.Иркутск и Алтае-Саянского г.Новосибирск), а также от Красноярского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья. Поступают донесения по сейсмическим событиям и промышленным взрывам. От Иркутского филиала прогноз сейсмической активности на квартал;
- 2-х бассейново-водных управлений Енисейского (Красноярск) и Верхне-Обского (Новосибирск) - информация по режимам работы основных 8 водохранилищ (приток, расход, уровни верхнего и нижнего бьефа, прогноз притока на декаду, месяц, наполняемость);
- от Объединенного диспетчерского управления энергосистемами Сибири (г. Кемерово) - информация по наиболее значимым авариям на объектах энергетики и ЖКХ;
- от Межрегиональной распределительной сетевой компании Сибири (г. Красноярск) – информация по авариям на подстанциях и линиях ДЭП напряжением 110 кило Вольт и ниже.

- от ОАО «Томскгеомониторинг» фактическое состояние и прогнозы развития экзогенных геологических явлений (таких как селей, оползней, эрозии);
- департамента лесного хозяйства (г. Новосибирск) – сводка по природным пожарам, площадям, силам и средствам для их тушения;
- Красноярского филиала Национального ЦУКС по космическому мониторингу (таблицы и снимки по термическим точкам, или возгораниям, определяемым со спутника),
- от интернет ресурса ИСДМ Рослесхоз (Информационная система дистанционного мониторинга) оперативная информация по лесным пожарам, классам горимости;
- ежедневные оперативные прогнозы ЧС субъектов РФ;
- база ЧС и происшествий.

Информация от перечисленных организаций поступает по сети Интернет, ведомственной сети МЧС России, факсимильной связью, в телефонном режиме, с искусственных спутников Земли.

Информация от взаимодействующих организаций поступает на рабочее место оперативного дежурного по мониторингу и прогнозированию ЧС. Далее информация распределяется между сотрудниками центра мониторинга по направлениям деятельности. Сотрудники центра обрабатывают и анализируют полученную информацию, накладывают полученные данные на складывающуюся обстановку используя имеющуюся базу данных по своим направлениям. При необходимости сотрудники уточняют или дополнительно получают информацию лично по телефону от нужных им организаций, муниципальных образований или объектов.

Также используются прогнозы, предоставляемые от Главных управлений МЧС. Помимо организаций сотрудниками используется база данных (в Excel) по ЧС и происшествиям, произошедшим с 2001 года и по настоящее время.

После обработки специалистами данных по направлениям, в центре мониторинга формируется ежедневная справка по складывающейся обстановке и возможности развития ЧС. Данная справка направляется оперативному дежурному центра мониторинга и он формирует на её основании и поступивших к нему дополнительных данных и информации ежедневный оперативный прогноз ЧС.

На основании получаемой прогнозной информации по 6 видам рисков, своей базы данных по происшествиям и оценке готовности территорий к ликвидации возможной аварии в кратчайшие сроки (согласно методики прогнозирования выставляется оценка готовности муниципальных образований) центры мониторинга формируют прогнозы по 11 видам возможных ЧС:

- неблагоприятные и опасные метеорологические явления;
- гидрологическая, лесопожарная, лавиноопасная, сейсмическая, биолого-социальная, геомагнитная, радиационно-химическая обстановки;
- уровень загрязнения окружающей среды;
- обстановка на энергосистемах и объектах ЖКХ, на транспорте.

Дежурный доводит прогноз до Национального ЦУКС, центра «Антистихия», до ГУ по субъектам РФ, до органов исполнительной власти, функциональных и территориальных подсистем, оперативных дежурных служб. Организуется информационное взаимодействие на уровне федерального округа, субъекта, района.

Председателями КЧС субъектов и районов, руководителями объектов экономики определяется перечень мероприятий, которые необходимо выполнить.

Проблемными вопросами при формировании прогнозов является представление прогнозных данных не от всех организаций, входящих в Единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС (согласно Постановлению Правительства РФ от 30.12.2003 г. № 794).

На Федеральном уровне система представлена 18-ю министерствами, которые образуют 45 функциональных подсистем.

Таким образом, именно прогнозная информация (не текущая обстановка) поступает от 2-х министерств (5-ти функциональных подсистем или по 5 видам рисков возможных ЧС):

- метеорологическая, гидрологическая обстановки – от 5-ти управлений Росгидромета;
- лесопожарная – интернет-ресурс ИСДМ Рослесхоз;
- сейсмическая обстановка – Байкальский филиал ГС СО РАН;
- экзогенные и геологические процессы – ОАО «Томскгеомониторинг»;
- лавиноопасная – центры диагностики пути Красноярской и Восточно-Сибирской железной дороги, Среднесибирское, Забайкальское УГМС.

По причине отсутствия прогнозных данных от территориальных органов 16 оставшихся министерств, не формируются ежедневные прогнозы по авариям на пожаро-взрывоопасных, радиационно-опасных, химически-опасных, биологически-опасных объектах, железнодорожном транспорте, авиационном транспорте, шахтах, нефти и газе, объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭЦ, ГРЭС, ГЭС), обрушений зданий с массовым пребыванием людей, объектах министерства обороны.

Для повышения качества формируемых прогнозов ЧС и охвата всех рисков необходимо получать не только фактическую, но и прогнозную информацию. 14 органов управления на настоящий момент не выполняют прогнозных функций и не выдают прогноз по своим направлениям.

Органы управления не представляющие прогнозы:

1. Департамент лесного хозяйства по Сибирскому федеральному округу
2. Красноярский научно-исследовательский институт геологии и минерального сырья
3. Геофизическая служба РАН (г. Обнинск)
4. Алтае-Саянский филиал Геофизической службы РАН (г. Новосибирск)
5. Автодорожные службы округа (Федеральное управление автодорог «Байкал» г. Красноярск и др.
6. ОДУ Сибири (г. Кемерово)

7. МРСК Сибири (г. Красноярск)
8. Верхне-Обское бассейновое водное управление (г. Новосибирск)
9. Енисейское бассейновое водное управление (г. Красноярск)
10. Территориальные управления Ростехнадзора
11. Филиалы ОАО «РЖД»
12. Управление гос авиа надзора (г. Новосибирск)
13. Территориальные подразделения Минздравсоцразвития
14. Территориальные подразделения Минсельхоза

Для формирования прогноза по всем видам рисков возможных ЧС необходимо иметь в этих органах управления подразделения не только мониторинга (ЛСО, СМИС, АСКРО), но и подразделения прогнозирования возможного развития ЧС.

Для этого необходимо принятие на территориальном уровне нормативно-правовой базы, которая обяжет органы управления (особо важные, уникальные объекты) местного значения создать подразделения прогнозирования возможных ЧС и ввести их в систему РС ЧС. Для объектов Федерального значения необходимо принятие нормативной базы на Федеральном уровне.

#### **Экстренные предупреждения**

Прогнозная информация, которая требует немедленного доведения (опасные метеорологические, гидрологические явления), передается в течение 30 мин в виде экстренных предупреждений до ГУ МЧС РФ по субъектам, далее до муниципальных образований и всех заинтересованных организаций.

Дежурной сменой регионального центра в телефонном режиме проверяется доведение прогноза и выполнение превентивных мероприятий в ЕДДС, муниципальных образованиях.

Согласно прогноза уточняются схемы связи, состав сил и средств привлекаемых для ликвидации возможной ЧС, планы эвакуации населения, рассчитывается модель возможного развития ЧС.

Сформированные прогнозы представляются, как в органы МЧС России, так и в учреждения и организации различной ведомственной принадлежности, что позволяет заблаговременно принимать управленческие решения, направленные на снижение риска и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций.

За истекший период 2013 г. было сформировано экстренных предупреждений:

- по комплексам неблагоприятных и опасных метеорологических явлений: всего – 38, оправдалось – 26;
- экстренное предупреждение по угрозе подтопления: всего – 3, оправдалось – 3 (по достижении ОЯ).

## Прогноз тенденций изменений среднемесячных температур и осадков на территории Сибири при возможном глобальном потеплении

### Дегерменджи Андрей Георгиевич

директор Института, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, ФГБУН Институт биофизики СО РАН

### Высоцкая Галина Степановна

заведующий лаборатории экологической информатики Института, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт биофизики СО РАН

### Шевырнов Анатолий Петрович

заведующий лабораторией экологической информатики Института, доктор технических наук, ФГБУН Институт биофизики СО РАН

Анализ изменений климата показывает, что в разных районах Евразии процессы протекают неравномерно. Тренды основных климатических параметров не совпадают для разных сезонов и временных интервалов. Значения температуры не возрастают синхронно с изменениями глобальной температуры. Обычно при анализе сценариев, когда предполагается, что средняя температура Северного полушария будет расти, предполагается также, что и локальные температуры также будут расти. Для уточнения прогноза возможного изменения биоценозов необходимо более детальное выявление структуры зависимостей среднемесячных температур и осадков на территории Сибири от изменений глобальных температур.

В данной работе использованы данные по среднемесячным температурам и осадкам с сайта meteo.ru за период с 1936 по 2003 гг и среднемесячные температуры Северного полушария по данным Climatic Research Unit. Были вычислены линейные тренды температур и осадков на станциях в зависимости от изменений средней температуры Северного полушария для различных месяцев, оценена достоверность знака зависимости. Кроме того было выявлено, что для разных временных периодов и отрезков диапазона изменений средней температуры Северного полушария, значения коэффициентов линейной регрессии меняются незначительно. Подобные исследования проводились в работах Ковыневой и Винникова[1,2,3] в 1983-1984гг, но для усредненных значений по сезонам.

На рис. 1 представлены значения коэффициента линейной регрессии между среднемесячными температурами Северного полушария и среднемесячными температурами для различных городов Сибири. Распределение коэффициента в значительной степени однородно на территории Сибири. Для зимы характерно, что повышение температуры Северного полушария сопровождается кратным повышением среднемесячных температур на большинстве метеостанций Сибири.

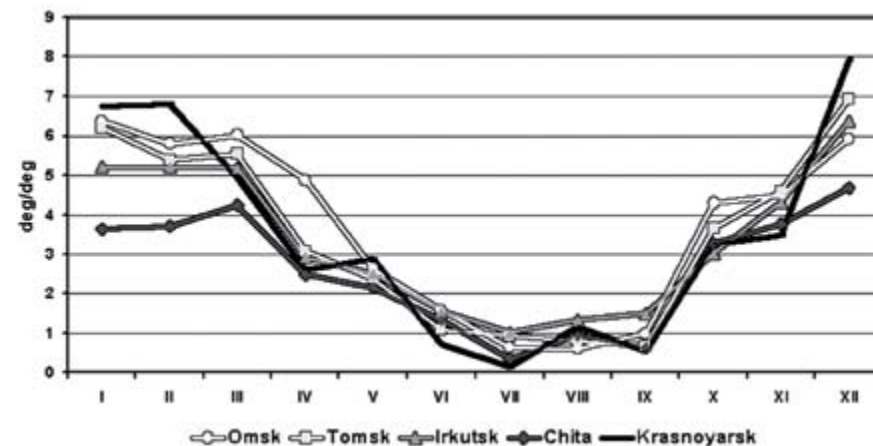


Рис. 1. Зависимость среднемесячных температур Омска, Томска, Иркутска, Читы и Красноярска от среднемесячных температур Северного полушария.

Значение коэффициента 7 означает, что если бы температура Северного полушария поднималась на  $1^{\circ}$ , то среднемесячная температура в конкретном месте поднялась бы на  $7^{\circ}$ . В реальности значения трендов среднемесячных температур Северного полушария колеблются от 0.1 град за 10 лет в марте до 0.03 град за 10 лет в октябре (таблица 1).

Далее, на рис. 2 представлено пространственное распределение значений коэффициента линейной регрессии между среднемесячными температурами Северного полушария и среднемесячными температурами для периода с мая по август и в марте. Как видно на рис. 2а потепление Северного полушария сопровождается в мае 3-5 кратным повышением майских температур на территории Сибири. В августе реакция хоть и менее ярко выражена, но все-таки имеется и на широте между  $50^{\circ}$ с.ш. и  $60^{\circ}$ с.ш. статистически достоверна. В июне и июле температуры в центральной Сибири меняются независимо от глобальной температуры. В марте наиболее высокие темпы потепления в Северном полушарии сопровождаются еще более быстрым потеплением на территории Сибири.

Повышение температуры Северного полушария не сопровождается равномерным повышением суммы осадков на территории Сибири. Однако, при усреднении, тенденции получаются все-таки положительными, достоверных отрицательных значений нет вообще. Достоверность наиболее высока в мае.

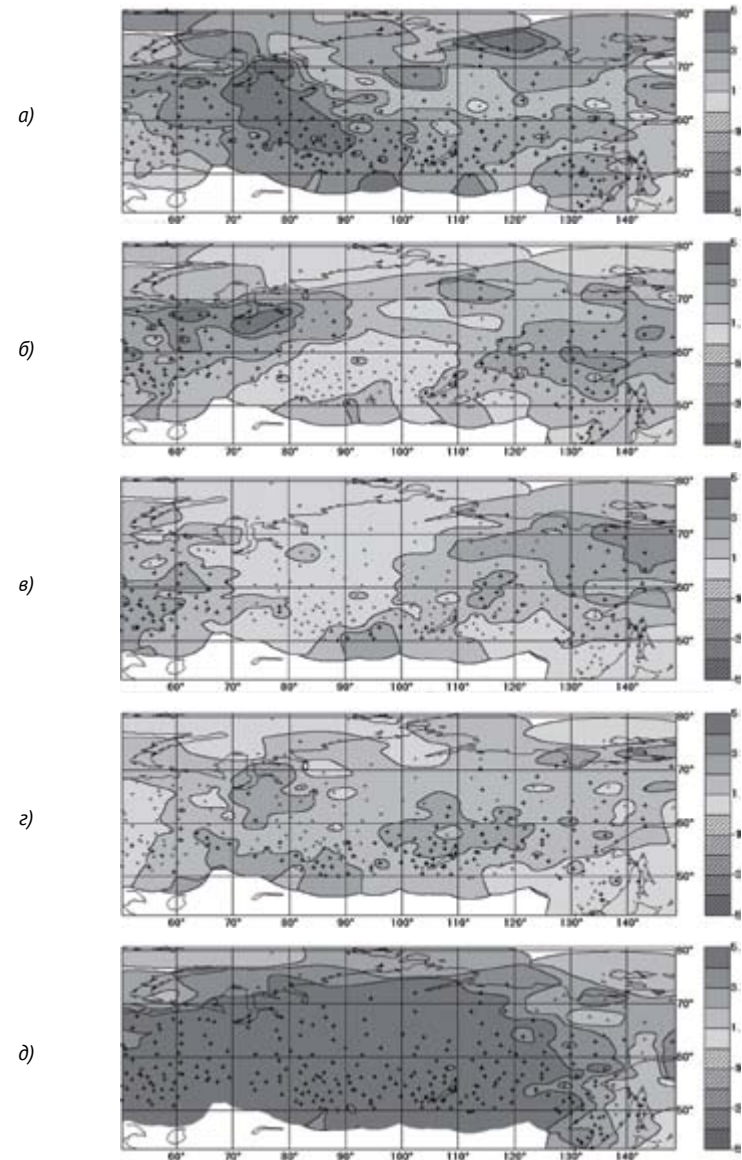


Рис. 2. Пространственное распределение значений коэффициента линейной регрессии между среднемесячными температурами Северного полушария и среднемесячными суммами осадков на метеостанциях а) май, б) июнь, в) июль, г) август, д) март. Знаком «+» отмечены станции с достоверным положительным знаком зависимости.

Таблица 1. Тренды среднемесячных температур Северного полушария 1936-2003гг. (градус/10 лет)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0.08	0.10	0.10	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.05	0.06

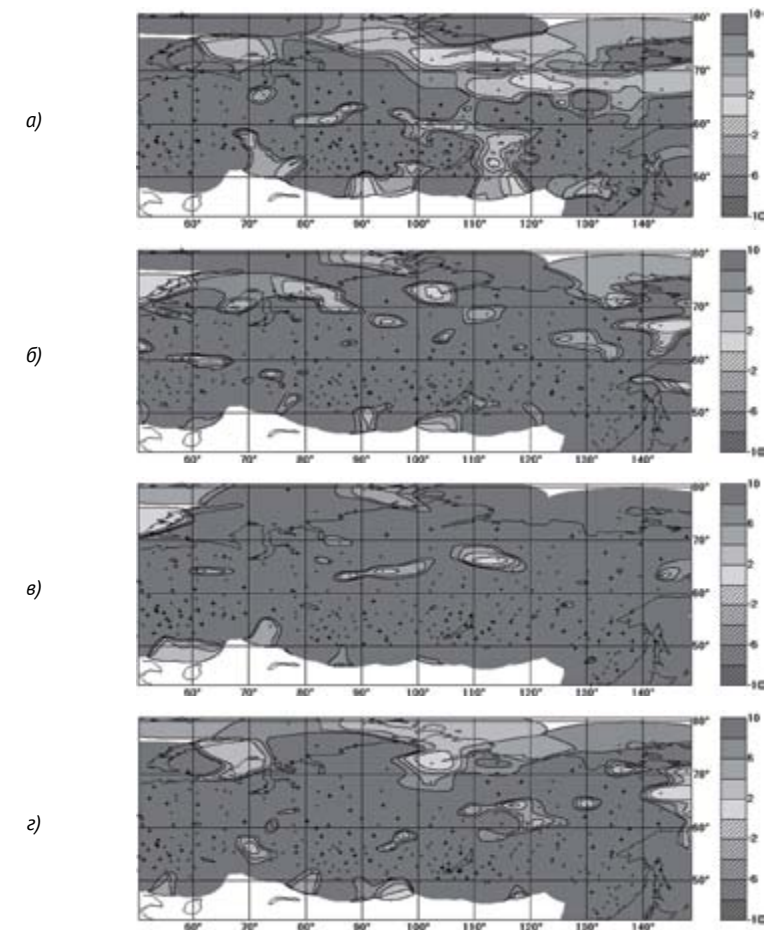


Рис. 2. Пространственное распределение значений коэффициента линейной регрессии между среднемесячными температурами Северного полушария и среднемесячными суммами осадков на метеостанциях а) май, б) июнь, в) июль, г) август. Знаком «+» отмечены станции с достоверным положительным знаком зависимости. Знак «-» должен был бы отмечать станции с достоверным отрицательным знаком зависимости, но таких нет.

## Выводы

На основании приведенных результатов можно заключить следующее:

Повышение температуры Северного полушария сопровождается на территории Сибири более быстрым повышением температуры в зимние и весенние месяцы и не сопровождается статистически значимым повышением температуры в летние месяцы. Это означает, что при сохранении тенденции к глобальному потеплению, отклик весенних среднемесячных температур на территории Сибири приведет к увеличению пожарной опасности в мае и возможно даже в апреле.

Статистически значимого отрицательного отклика уровня осадков в весенне-летний период не наблюдается. Изменение уровня осадков носит локальный характер и, в основном, происходит некоторое их увеличение.

Для прогноза развития биоценозов это означает, что, если существующие закономерности будут сохраняться, то при реализации тенденций к потеплению, будет происходить изменение видового состава за счет видов, не переносящих слишком холодных зим. С другой стороны, не будет происходить угнетения существующих видов из-за слишком высоких летних температур.

## Список литературы

1. Ковынева Н. П. Закономерности современных изменений полей приземной температуры воздуха и атмосферных осадков. - Изв. АН СССР, Сер. География, №6, 1984, с.29-39.
2. Винников К.Я., Ковынева Н.П. О распределении изменений климата при глобальном потеплении. – Метеорология и Гидрология, 1983
3. Винников, К.Я., 1986. Чувствительность климата. JL.: Гидрометеоздат, 223 с.

## Опыт создания регионального сегмента системы обеспечения комплексной безопасности региона

### **Ноженкова Людмила Фёдоровна**

*заведующий отделом прикладной информатики, заместитель директора по научной работе ФГБУН Институт вычислительного моделирования СО РАН, доктор технических наук, профессор*

### **Ничепорчук Валерий Васильевич**

*старший научный сотрудник отдела прикладной информатики ФГБУН Институт вычислительного моделирования СО РАН, кандидат технических наук*

### **Ноженков Александр Ильич**

*научный сотрудник отдела прикладной информатики Института вычислительного моделирования СО РАН, кандидат технических наук*

Планирование и проведение предупредительных мероприятий по защите от чрезвычайных ситуаций (ЧС) является наиболее эффективным методом снижения ущерба. Управление территориальной безопасностью основывается на методах комплексного мониторинга обстановки. Оперативные и архивные данные мониторинга используются для прогнозирования и раннего обнаружения ЧС.

Комплексный мониторинг обстановки предполагает сбор, обработку и представление данных наблюдения и контроля природных явлений, а также процессов, происходящих в техносфере. При построении системы мониторинга необходимо решить задачи определения параметров мониторинга, их предельных значений, выход за которые будет обозначать угрозу или факт ЧС, также необходимо определить местоположение пунктов наблюдения. При этом цель построения системы должна заключаться не в сборе максимального количества данных, а в оперативном выявлении возникающих опасностей, уязвимостей инфраструктуры, с целью своевременного реагирования на риски, смягчения последствий ЧС. Учёт видов, интенсивности и мест проявления опасностей является важным этапом построения системы комплексного мониторинга.

В 2011-12 гг. на территории Красноярского края реализована пилотная зона регионального сегмента комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения и объектов техносферы. Организованы сбор и обработка данных мониторинга обстановки, поступающих от ведомственных сетей мониторинга, датчиков автоматического контроля состояния природной среды и техногенных объектов, а также средств сбора данных по специально разработанным отчетным формам. Для автоматизации обработки данных мониторинга использованы технологии хранилищ данных, оперативной аналитической обработки данных (OLAP), ГИС и Web-технологии. В Территориальном центре мониторинга и прогнозирования ЧС Красноярского края внедрена интегрированная система комплексной обработки данных наблюдения и контроля ЭСПЛА-М [1].



Автоматизация функциональных задач комплексной безопасности региона основана на следующих принципах: системной интеграции, консолидации данных, технологической интеграции.

Системная интеграция обеспечивает согласованное функционирование всех звеньев системы комплексного мониторинга ЧС, организацию их взаимодействия, регламентацию информационного обмена мониторинговыми данными. Консолидация данных обеспечивает возможность сбора и оперативной обработки информации, получаемой из разнородных и разобщенных источников, и формирования постоянно пополняемого консолидированного хранилища данных. Технологическая интеграция обеспечивает комплексное решение всех функциональных задач на основе согласованного взаимодействия технологически разнородных звеньев.

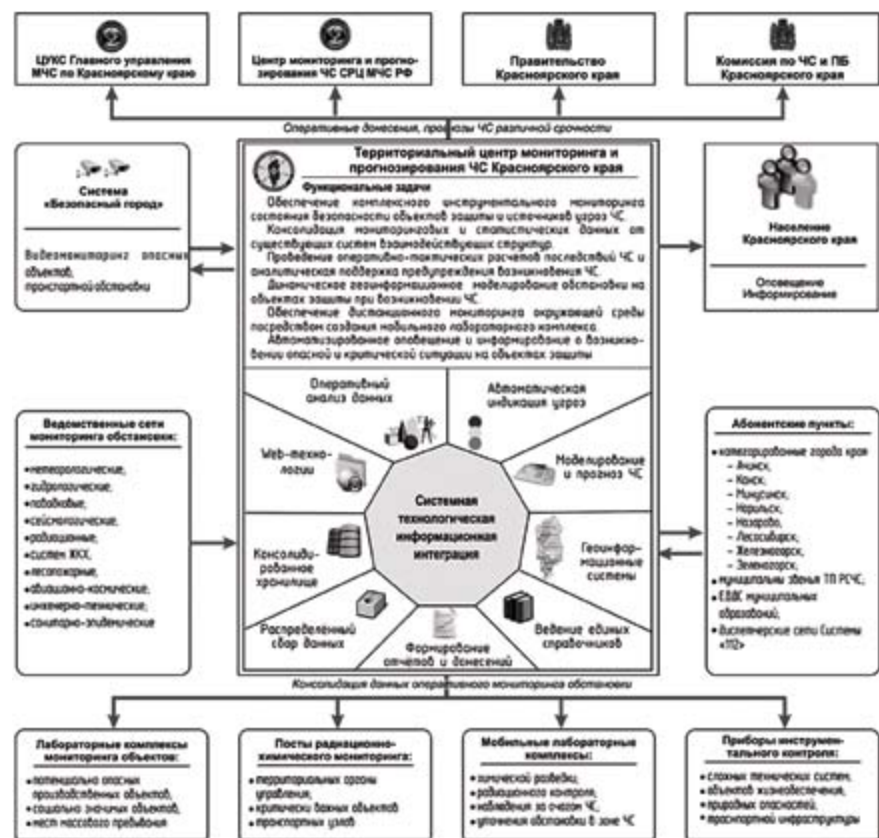


Рис. 1 Концептуальная схема регионального сегмента системы комплексной безопасности жизнедеятельности населения и техносферы

Реализация принципов системной и технологической интеграции, консолидации данных позволяет обеспечить качественно новую технологию организационного управления в системе комплексной безопасности жизнедеятельности региона, обеспечивает переход от оценивания природных и техногенных опасностей к конструктивной составляющей – формированию решений по предупреждению техногенных катастроф и смягчению последствий стихийных бедствий. Системная интеграция обеспечивает согласованное функционирование всех звеньев системы комплексного мониторинга региона. Цель системной интеграции – достижение синергетического эффекта преумножения возможностей отдельных компонентов.

Обобщенная схема системы комплексного мониторинга обстановки показана на рис. 1.

Центральным элементом регионального сегмента является Территориальный центр мониторинга и прогнозирования ЧС (ТЦМП ЧС) Красноярского края, интегрирующий и обрабатывающий потоки мониторинговой информации. Получателями оперативной, прогнозной и аналитической информации являются органы территориального управления и вышестоящие структуры МЧС России. Информирование населения региона производится через web-сайт ТЦМП ЧС Красноярского края. Население края информируется о текущей обстановке через web-сайт, а также рассылку материалов через отдел СМИ ГУ МЧС России по Красноярскому краю. Экстренные сообщения и предупреждения публикуются на главной странице сайта <http://tcmp.krasn.ru/>, а также рассылаются посредством SMS по подписке [2].

Ведомственные сети мониторинга обстановки включают в себя метеорологические, гидрологические, сейсмологические, радиационные и другие виды мониторинга. Опытные участки мониторинга объектов оборудованы на промышленных предприятиях, хранящих и использующих опасные химические вещества. Сенсоры, определяющие концентрацию веществ в воздухе, оборудованы непосредственно на промплощадках объектов. Для проведения оперативно-тактических расчетов последствий и динамики аварий опытные участки мониторинга оснащены датчиками метеорологической информации, измеряющими набор параметров обстановки, необходимый для проведения расчетов последствий выброса (вылива) опасных химических веществ. Посты радиационно-химического мониторинга выполняют аналогичные опытным участкам функции непрерывного контроля радиационной, химической и метеорологической обстановки.

Абонентские пункты ТЦМП ЧС Красноярского края обеспечены двусторонним обменом данными оперативного мониторинга обстановки. За счёт установки программы – системного интегратора и синхронизации централизованного хранилища данных Территориального центра мониторинга и локальных баз данных абонентские пункты позволяют решать функциональные задачи сбора, анализа и обмена данными. Программное обеспечение распределенного сбора данных, установленное на абонентских пунктах, позволяет формализовать параметры мониторинга обстановки, входящие в перечень наблюдаемых в ведомственных сетях, но не передающихся в оперативном режиме (например, данные гидрологической и радиационной обстановки, состояния ледовых переправ и т.п.).

Системная интеграция реализована для решения всех функциональных задач – для сбора и обработки данных, индикации угроз, моделирования последствий, а также для информирования о возможных опасностях населения, руководства региона, органов управления МЧС РФ, других организаций, задействованных в межведомственном информационном обмене.

Согласно рисунку 1 программный интегратор ТЦМП ЧС работает с двумя типами данных – предварительно обработанными, поступающими от ведомственных сетей мониторинга и абонентских пунктов, и первичными, представляющими собой показания приборов.

Предобработка второго типа данных заключается в разработке регламентов приёма и аналитических методов, позволяющих оперативно выявить угрозу чрезвычайной ситуации. Поясним это на примерах.

Датчики опытных участков мониторинга потенциально опасных объектов и постов радиационно-химического мониторинга (рис. 2) способны выполнять десятки измерений в минуту. Однако пересылка абсолютно всех данных может привести к дополнительным нагрузкам на каналы связи и лавинообразному росту объема централизованного хранилища данных. Для решения этой проблемы разработано специальное программное обеспечение, работающее с локальными базами данных непосредственно в местах измерения параметров обстановки [3]. По специальному регламенту (раз в 5 минут) данные передаются в хранилище данных ТЦМП ЧС. При регистрации опасностей (превышение текущего показания пороговых величин) данные передаются и обрабатываются немедленно. Специальное программное обеспечение позволило унифицировать работу с различными протоколами данных, используемых производителями оборудования (SOAP и др.).

Оборудование муниципальных единых дежурно-диспетчерских служб (ЕДДС, Система «112») датчиками сильных движений Земли позволило увеличить оперативность и достоверность информации о землетрясениях, происходящих как в Алтае-Саянском сейсмическом районе, так и в более отдалённых районах Евразии. Результаты вычислений сотрясаемости крупных населённых пунктов до внедрения системы рассчитывались на основе данных сетей сейсмонаблюдений и сопровождались задержками в прохождении информации и погрешностями результатов. В настоящее время разрабатываются алгоритмы действий персонала ЕДДС по оповещению населения и руководства территорий при регистрации значимого сейсмического события.

В ходе работ по созданию пилотной зоны регионального сегмента проведена апробация работы различных типов приборов контроля обстановки. Наиболее стабильной работой отличаются относительно недорогие метеостанции Vantage-Pro, измеряющие около 30 параметров погоды (температуру и влажность воздуха, скорость и направление ветра, осадки, солнечную радиацию, др.) и их тренды. Дозиметры измерения радиационного гамма-фона УДМГ-100 чувствительны к электромагнитным полям, поэтому для их установки и фиксации концентрации радона следует устанавливать согласно рекомендациям по созданию постов АСКРО (два метра от поверхности Земли и от строений в непосещаемой людьми зоне). Датчики уровня снега, температуры теплоносителя (для контроля обстановки на системах

ЖКХ) работают нестабильно, ошибочно сигнализируя об аварийной ситуации. Приборы контроля уровней воды, требуют демонтажа в зимний период и могут быть установлены только на мостовых конструкциях. Поскольку передаваемая приборами информация имеет большую ценность в паводковый сезон, следует детально проработать вопросы передачи данных, энергопотребления, защиты от несанкционированного доступа.



Рис. 2. Состав опытного участка (поста) мониторинга объектов техносферы

На основе опыта построения и эксплуатации пилотной зоны регионального сегмента комплексной системы обеспечения жизнедеятельности населения и объектов техносферы можно сделать следующие выводы:

Построен и запущен в работу региональный сегмент мониторинга. Центр управления в кризисных ситуациях Красноярского края и подразделения Главного управления МЧС России по Красноярскому краю обеспечены достаточным объемом оперативной и архивной мониторинговой информацией для принятия решений по предупреждению и реагированию на ЧС.

На примере мониторинга гидрологической обстановки апробирована система распределённого сбора данных, позволяющая формализовать оперативные донесения абонентских пунктов регионального сегмента. Отлажен механизм получения данных, автоматического анализа, выявления опасных ситуаций и публикации на web-сайте Территориального центра мониторинга и прогнозирования ЧС Красноярского края.

Разработан типовой проект построения регионального сегмента комплексной системы обеспечения жизнедеятельности населения и объектов техносферы для

субъекта РФ. В проекте обоснованы принципы системной интеграции информационных технологий, применяемых в области комплексного мониторинга ЧС, и принципы построения территориальных центров мониторинга и прогнозирования ЧС, распределённой сети абонентских пунктов, опытных участков и постов радиационно-химического мониторинга. С учётом опыта эксплуатации регионального сегмента в Красноярском крае необходима доработка типового проекта в части формирования приборной базы и систем передачи данных в соответствии с критерием «эффективность/стоимость».

Созданы два опытных участка мониторинга потенциально опасных объектов в Красноярском крае. Разработано программное обеспечение, позволяющее проводить оперативные расчёты зон распространения поражающих факторов ЧС на основе реальных метеорологических данных и информации о типе и количестве опасных веществ. Необходима доработка законодательства, регулирующего межведомственный информационный обмен и порядок внедрения систем мониторинга на потенциально опасных объектах.

#### Список литературы

1. Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В., Бадмаева К.В., Пенькова Т.Г., Коробко А.В., Евсюков А.А., Ноженков А.И., Марков А.А., Морозов Р.В., Есавкин С.Е. Система консолидации и анализа данных мониторинга чрезвычайных ситуаций в Красноярском крае // Проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2012. – №4. – С. 63-73.
2. Официальный портал оперативной обстановки и прогноза чрезвычайных ситуаций Красноярского края. URL: <http://112.krskstate.ru/>. (дата обращения 10.06.2013).
3. Морозов Р.В. Построение сети радиационно-химического мониторинга на территории Красноярского края / Матер. конф. молодых ученых Института вычислительного моделирования СО РАН. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2013 (в печати).

## Дистанционный лесопатологический мониторинг лесов Красноярского края

### **Солдатов Владимир Владимирович**

*директор Филиала ФБУ «Рослесозащита» -  
Центр защиты леса Красноярского края*

### **Ягунов Михаил Николаевич**

*начальник отдела ГИС технологий Филиала ФБУ «Рослесозащита» -  
Центр защиты леса Красноярского края*

### **Голубев Дмитрий Викторович**

*инженер I категории отдела ГИС технологий Филиала ФБУ «Рослесозащита» -  
Центр защиты леса Красноярского края*

### **Сашко Елена Владимировна**

*инженер II категории отдела ГИС технологий Филиала ФБУ «Рослесозащита» -  
Центр защиты леса Красноярского края*

Дистанционный лесопатологический мониторинг (ДЛПМ) – система своевременного обнаружения опасных отклонений в санитарном состоянии лесов, а также система предварительной оценки размеров повреждений с применением космической и авиационной съемки [1].

Оценка состояния лесов способом дистанционных наблюдений осуществляется путем дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), распознавания на них признаков повреждения и гибели лесных насаждений. Дешифрирование материалов ДЗЗ проводится с привлечением результатов наземных наблюдений за состоянием объектов лесопатологического мониторинга (ППН и ЛПТ).

Использование космических изображений позволяет:

1. выявлять участки повреждения и гибели лесных насаждений;
2. определять границы повреждения лесов;
3. составлять схемы поврежденных насаждений;
4. проводить единовременную оценку площади погибших насаждений;
5. производить ежегодный мониторинг площади погибших лесов.

Важнейшей характеристикой данных спутниковой съемки является пространственное разрешение. Доступные ДДЗ можно разделить на три основные категории.

Первый тип данных представлен спутниковыми системами низкого и среднего пространственного разрешения NOAA-AVHRR (1 км), SPOT-Vegetation (1 км), Terra/Aqua-MODIS (250-500 м), способными покрывать обширные территории и ежедневно осуществлять наблюдение одной и той же территории. С помощью этих

систем решаются оперативные задачи дистанционного лесопожарного мониторинга. На основе этих данных также формируются многолетние данные, позволяющие отслеживать тренды и динамику состояния лесной растительности. Доступность, свободное распространение, возможность ежедневного мониторинга позволяют автоматизировать процесс получения и обработки информации. Однако ввиду относительно низкого пространственного разрешения их использование может приводить к значительным погрешностям в оценках покрытой лесом площади на локальном уровне. При этом выявление поврежденных лесов возможно только при наличии изменений на десятках или сотнях тысяч гектар.

Второй тип данных представлен изображениями спутниковой съемки высокого пространственного разрешения. Характерными представителями таких систем являются METEOP-M1/КМСС (60 м), LANDSAT (30 м), TERRA-ASTER (15-90 м), SPOT4-HRVIR (20 м), SPOT5-HRG (10 м). Такие спутниковые изображения пригодны для уточнения оценок площадей и степени повреждения лесного покрова. Однако ограниченная доступность данных для сплошного покрытия в течение вегетационного сезона и невысокая регулярность делает затруднительным применение однотипных алгоритмов автоматизированной обработки.

Третий тип спутниковых данных используется для детальной оценки причин выявленных нарушений, а также планирования мероприятий по наземному лесопатологическому обследованию территории. Характерными представителями таких систем являются RapidEye (5 м), IKONOS (1-3 м), Quick-bird (1-3 м), WorldView (2 м) и их аналоги. Однако использование данных сверхвысокого разрешения существенно ограничивается их относительно высокой стоимостью, низкой частотой проведения наблюдений, а также влиянием облачного покрова и дымов от пожаров и т.п., затрудняющих регулярный спутниковый мониторинг лесов в течение вегетационного сезона.

Для дешифрирования космической съемки и ведения дистанционного лесопатологического мониторинга выделяют следующие методы:

- визуальный/экспертный;
- автоматизированный;

Визуальное (экспертное) дешифрирование - распознавание объектов на снимке путем сопоставления изображения с имеющимися эталонами, знаниями и опыту самого дешифровщика, это процесс, выполняемый исполнителем независимо от того, в каком виде представлен снимок (фотоотпечаток, изображение на экране монитора, изображение на специальных приборах).

#### **Визуальное дешифрирование использует 2 вида восприятия:**

1. Зрительное восприятие – это восприятие яркости, цвета, размера объема;
2. Логическое восприятие - это особенность восприятия человеком действительности. Глядя на пейзаж, человек видит не отдельные пятна разной яркости или цвета, не линии и точки, а образы – лес, поле, дорогу... Составляя логическую цепочку, мы группируем отдельные признаки объектов в рисунок и определяем их, используя похожие образы.

Основной принцип визуального (экспертного) дешифрирования – это эталонное дешифрирование, основанное на сравнении изображения на снимке с образом (эталонном), сформировавшимся ранее у дешифровщика при работе с другими снимками.

Преимущество визуального метода: экономичность, легкость и быстрота получения пространственной информации (формы, размеры объектов, особенности их распределения), одновременное использование всех дешифровочных признаков (и прямых, и косвенных), применение дешифровщиком логического мышления и интуиции (что пока не умеет машина).

Недостаток визуального метода: субъективизм (зависимость от дешифровщика), малая надежность, зависимость от компетентности дешифровщика, качества дополнительных съемочных материалов, качества и достоверности эталонов.

**Автоматизированный дешифрирование** - это процесс компьютерной обработки ДДЗ, основанный на распознавании образов, с минимальным участием эксперта в процессе обработки изображений (сочетаются визуальный анализ изображения с измерением различных параметров (отражательная способность, вегетационные индексы и др.)).

Вегетационный индекс - это показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) ДДЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Эффективность ВИ определяется особенностями отражения; эти индексы выведены, главным образом, эмпирически.

Задача автоматизированного дешифрирования снимков сводится к классификации - последовательной сортировке всех пикселей цифрового снимка на несколько групп. Для этого предложены алгоритмы классификации двух видов – с обучением и без обучения (кластеризации – от англ. «скопление, группа»).

При классификации с обучением пиксели многозонального снимка группируются на основе сравнения их яркостей в каждой спектральной зоне с эталонными значениями.

При кластеризации же все пиксели разделяют на группы-кластеры по какому-либо формальному признаку, не прибегая к обучающим данным. Затем кластеры, полученные в результате автоматической группировки пикселей, дешифровщик относит к тем или иным объектам.

Достоверность компьютерного дешифрирования формально характеризуется отношением числа правильно классифицируемых пикселей к их общему числу и составляет в среднем 70 - 85.

Преимущество метода: возможность преобразования яркостей цифровых снимков для улучшения их восприятия, применение математических операций, возможность наложения изображений снимков (при многозональной съемке), сопоставление разновременных снимков одного и того же объекта (с целью изучения его изменений во времени).

Недостаток метода: не совсем самостоятельный (часто помогает и дополняет исполнитель) [3].

Дистанционным лесопатологическим мониторингом на территории Красноярского края занимаются сотрудники отдела геоинформационных систем (ГИС) и технологий Центра защиты леса Красноярского края.

Работы по дистанционному мониторингу в 2012 году выполнялись методом автоматизированного дешифрирования с элементами визуального контроля результатов по снимкам высокого разрешения. Основными материалами являлись снимки Landsat TM/ETM+, бесплатно распространяемые Геологической службой США.

Приоритетными объектами Красноярского Филиала являлись пожары 2012 гг., выявление поврежденных и погибших участков выполнялось с использованием вычислений разницы вегетационных индексов NDVI и SWVI по снимкам до момента повреждения и непосредственно в год пожара.

Нормализованный разностный индекс растительности NDVI вычисляется по формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра, соответствующее 4 каналу Landsat-TM с диапазоном 0,76 – 0,9 мкм. RED – отражение в красной области спектра, соответствующее 3 каналу Landsat-TM с диапазоном 0,63 – 0,69 мкм.

Нормализованный разностный индекс влагосодержания SWVI вычисляется по формуле:

$$SWVI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR),$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра, соответствующее 4 каналу Landsat-TM с диапазоном 0,76 – 0,9 мкм. SWIR – отражение в средней инфракрасной области спектра, соответствующее 5 каналу Landsat-TM с диапазоном 1,55 – 1,75 мкм [2].

Также проводился ряд вспомогательных и подготовительных работ: создавались маски лесов на объекты ДЛПМ, векторизовалась выделенная сеть насаждений пройденных огнем с целью сопоставления дистанционных данных с наземными.

Для первичной верификации причин повреждения использовались данные по пожарам системы ИСДМ - Рослесхоз и результаты автоматического дешифрирования космических снимков Landsat 7 с разрешением 30 метров. В результате сопоставления контуров пожаров системы ИСДМ - Рослесхоз и ДЛПМ ЦЗЛ Красноярского края уточнялись площади пожаров, а также было проведено определение степени повреждения насаждений на условно «низовой пожар» и «верховой пожар» (см. рисунок 1).

На рис. 1 изображены черным контуром - данные ИСДМ - Рослесхоз, желтым контуром – данные дешифрирования ЦЗЛ Красноярского края, красным контуром – степень «верховой пожар», оранжевым контуром – степень «низовой пожар».

В ходе проведенных работ были дешифрированы насаждения, поврежденные преимущественно пожарами, и произведено уточнение их площади на территории 1 611 860,00 га. В разрезе лесничеств площади приведены в таблице 1, поврежденные участки в таблице 2.

С целью сбора более точной информации о причинах повреждения и гибели насаждений, проводилась верификация данных полученных дистанционными методами лесопатологического мониторинга, с наземной лесопатологической таксацией 2012 года.

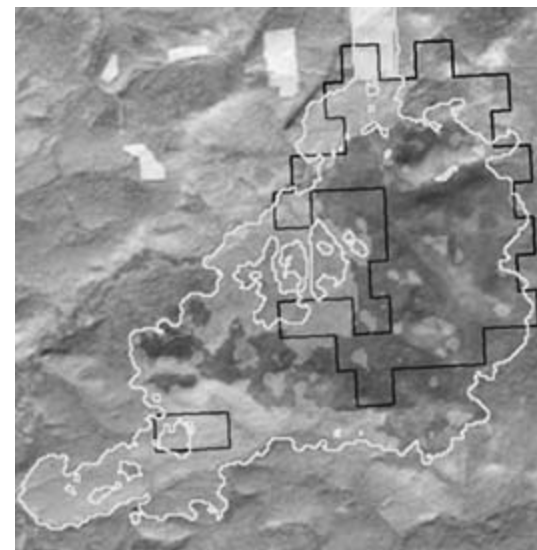


Рис. 1. Фрагмент дешифрированного участка насаждений в Терянском лесничестве Красноярского края, поврежденный пожаром 2012 года.

Таблица 1. Результаты дистанционного лесопатологического мониторинга в разрезе лесничеств Красноярского края

Субъект	Общая площадь территории лесничества, га	Результаты дистанционного лесопатологического мониторинга, га
Мотыгинское	1904704,96	1540329,387
Терянское	1064871,04	71530,61

Таблица 2.

Лесничесиво	Причина	Площадь повреждения, га
Терянское	Низовой пожар	46991,59403
	Верховой пожар	4572,080651
Мотыгинское	Низовой пожар	147071,8092
	Верховой пожар	18006,94364

Площадь поврежденных участков, покрытая ЛПТ 2012 года и данными ДЛПМ, на территориях Терянского и Мотыгинского лесничеств составляет 7372,6 га и 4866,0 га соответственно, общая площадь – 12238,6 га. Причина повреждения насаждений совпадает наземно и по данным ДЛПМ на территории 10511 га, что составляет 85,9% от общей сравниваемой площади повреждения древостоев.

На данный момент работы по дистанционному лесопатологическому мониторингу продолжаются, результаты работ за 2011 - 2012 годы показали достаточную достоверность и точность для планирования полевых работ по лесопатологической таксации, что позволит сократить расходы и время подготовки к наземным работам в полевой сезон 2013 года [4].

С использованием информации, полученной методами ДЛПМ, может выполняться следующее:

- оценка ущерба лесам от вредителей, болезней, абиотических и антропогенных факторов;
- планирование объемов и места проведения ЛПО и СОМ;
- уточнение границ проектируемых и проведенных СОМ;
- мониторинг состояния участков после проведения СОМ;
- оценка эффективности лесозащитных мероприятий.

#### Список литературы

1. Приказ МПР России от 9 июля 2007 г. №174 «Порядок организации и осуществления лесопатологического мониторинга».
2. Н. В. Королева, Д. В. Ершов. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса / Оценка погрешности определения площадей ветровалов по космическим изображениям высокого пространственного разрешения Landsat-TM. 2012. Т9. С. 80-86.
3. Л. В. Константиновская Публикации автора. – режим доступа: <http://www.astronom2000.info/different/11-g/>.
4. Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Красноярского края за 2012 год. / Красноярск: филиал ФБУ «Рослесозащита» - ЦЗЛ Красноярского края, 2012. – С. 372.



## Секция 1

---

### Чрезвычайные ситуации и техногенные катастрофы. Обеспечение деятельности подразделений МЧС России

## Математическое моделирование процесса самовозгорания твердых горючих веществ

**Необъявляющий Павел Анатольевич**

научный сотрудник, ООО «ТОРИНС»

**Дектерев Александр Анатольевич**

руководитель Филиала, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

**Марков Алексей Олегович**

аспирант, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет»

### Введение

Проблема самовозгорания твердых горючих веществ является общемировой, так ежегодные потери угольных ресурсов в результате самовозгорания составляют в Китае более 200 млн. тонн, что равно 7-й части годовой добычи, и помимо прямого экономического ущерба чревато серьезными экологическими последствиями. Самовозгорание является основной причиной пожаров на складах топлива и топливоподачах (50–60%), по этой причине происходит каждый шестой пожар на котельных и тепловых электростанциях.

Существующие сегодня методы оценки пожаро- и взрывоопасности различных веществ являются зачастую обобщенными, не отражающими реальные процессы, происходящие в твердом топливе с течением времени и в ходе его переработки.

Целью настоящей работы являлась разработка математической модели процесса самовозгорания твердых горючих веществ. Апробация и адаптация модели проводилась по результатам экспериментальных исследований по оценке пожарной опасности среднетемпературного кокса из угля марки 2Б разреза «Берёзовский-1», получаемого по технологии «ТЕРМОКОКС-КСТМ», а также ксантогената калия бутилового (гранулированного, далее по тексту – ККБ). На основе вычислительных экспериментов была выполнена оценка безопасных условий хранения и транспортирования исследуемых веществ в различных видах тары.

### 1. Математическая модель процесса самовозгорания твердых горючих веществ

Самовозгоранием горючего вещества принято считать процесс самопроизвольного возникновения горения за счёт внутренних экзотермических реакций. В процессе самовозгорания выделяются две стадии: стадия самонагрева и стадия возгорания. Если теплота, выделяемая за счёт экзотермической реакции, полностью рассеивается в окружающую среду, то происходит низкотемпературное окисление. При наличии условий для накопления тепла и разогрева вещества происходит его возгорание. Стадия горения наступает при температуре свыше 250-300°C.

Исследования, посвященные изучению механизма самовозгорания, привели к возникновению целого ряда теорий [1,2], в которых причины самовозгорания сводились к химическим особенностям отдельных компонентов, входящих в состав возгорающихся веществ.

Опираясь на гипотезу Вант-Гоффа, Н.Н. Семёнов разработал первую количественную теорию теплового воспламенения [1]. В ней источники тепла описываются уравнением Аррениуса, а теплоотвод – законом Ньютона.

Рассмотрим процесс саморазогрева вещества при взаимодействии с окружающим его воздухом в реакционном сосуде. Экзотермический эффект окисления топлива пропорционален скорости реакции окисления и в условиях неизотермического процесса определяется уравнением:

$$Q_+ = q\rho\omega, \quad (1)$$

где  $Q_+$  – скорость тепловыделения за счёт реакции окисления, Вт/м<sup>3</sup>;  $q$  – тепловой эффект реакции окисления, Дж/кг;  $\rho$  – плотность вещества, кг/м<sup>3</sup>;  $\omega$  – скорость реакции, с<sup>-1</sup>, описываемая уравнением Аррениуса:

$$\omega = Ze^{-E/RT}, \quad (2)$$

где  $Z$  – константа реакции, с<sup>-1</sup>;  $E$  – энергия активации реакции, Дж/моль;  $R$  – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);  $T$  – температура, К.

Для описания теплоотвода из вещества используем выражение:

$$Q_- = U_o(T - T_o), \quad (3)$$

где  $Q_-$  – скорость теплоотвода из объёма вещества, Вт/м<sup>3</sup>;  $U_o$  – параметр охлаждения вещества в реакционном сосуде, Вт/(м<sup>3</sup>·К);  $T$  – температура твёрдого топлива, К;  $T_o$  – температура стенки реакционного сосуда, К.

Очевидно, что математически критические условия самовозгорания описываются следующими выражениями:

$$Q_+ = Q_- \quad (4)$$

$$\left. \frac{dQ_+}{dT} \right|_{T_B} = \left. \frac{dQ_-}{dT} \right|_{T_B} \quad (5)$$

где  $T_B$  – граничная температура при которой происходит переход из стадии самонагрева вещества в стадию возгорания.

Запишем для удобства выражения (1) и (3) в терминах темпа нагрева/охлаждения (прирост/убыль температуры вещества в единицу времени). Тогда

$$P_+ = Ce^{-E/RT}, \quad (6)$$

$$P_- = V_o(T - T_o), \quad (7)$$

где  $C$  – предэкспоненциальный множитель, К/с;  $V_o$  – параметр охлаждения, с<sup>-1</sup> (аналогично  $U_o$  в выражении (3)).

Очевидно, что для выражений (6), (7) при температуре  $T_B$  будут выполняться условия равенства функций и их первых производных. Кроме того, из условия теплового баланса следует, что

$$\frac{dT}{dt} = P^* - P = 0 \quad (8)$$

Значения  $T_o'$  и  $T_B$  для данного вещества могут быть определены из физического эксперимента. Если зафиксировать условия охлаждения вещества (например, в термостате) и варьировать только температуру окружающей среды  $T_o$ , возможно установить такое критическое значение этого параметра (собственно  $T_o'$ ), при котором максимум термограммы нагрева вещества проходит своеобразную точку бифуркации ( $T_B$ ): малейшее превышение температуры термостата  $T_o'$  будет приводить к саморазогреву вещества вплоть до возгорания.

При известных условиях охлаждения вещества (параметр  $V_o$ ) и температурах  $T_o'$  и  $T_B$  выражения (6), (7) с учётом критических условий и уравнения (8) позволяют вычислить индивидуальные для исследуемого вещества значения энергии активации и предэкспоненциального множителя.

В общем случае процесс разогрева образца твердого горючего вещества в термостате можно записать в виде:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{m}{C_m} (Q_m + Q_d + Q_o) \quad (9)$$

где  $m$  - масса навески кокса, кг;

$Q_m$  - тепловая мощность, обусловленная теплопроводностью, Вт;

$Q_d$  - мощность теплотерь на десорбцию летучих (со знаком «-»), Вт;

$Q_o$  - мощность тепловыделения при окисления угля, Вт;

$C_m$  - теплоемкость кокса, Дж/(кг·К).

$Q_m$  - находится по формуле:

$$Q_m = aS(T - T_o), \quad (10)$$

где  $a$  - коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $S$  - площадь поверхности теплоотдачи, м<sup>2</sup>;

В данной работе десорбцией летучих пренебрегали.

Прямого моделирования химического реагирования окисления горючего вещества не проводилось. В подобной постановке не учитывается зависимость скорости реакции от концентрации кислорода, т.е. предполагается, что концентрация кислорода в навеске не лимитирует скорость реакции.

Таким образом, решалась нестационарная задача теплопроводности в твердом теле с источником тепловыделения. Уравнение сохранения энергии в данном случае имеет следующий вид:

$$\frac{d\rho h}{dt} + \Delta(\rho v h) = \Delta(\lambda \Delta T) + S_h \quad (11)$$

где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);  $S_h$  - источниковый член, Дж/(м<sup>3</sup>·с) отвечающий за приток энергии в процессе саморазогрева.

Энтальпия многокомпонентной среды определяется по правилу смеси:

$$h = \sum_{m=1}^N h_m(T) Y_m, \quad (12)$$

где энтальпия компонент  $h_m(T)$  вычисляется как

$$h_m(T) = \int_{T_o}^T C_P^m(T) dT \quad (13)$$

Удельная теплоемкость задавалась постоянной величиной.

Тепловыделение при окислении угля учитывалось посредством задания источника в виде:

$$S_h = C_p \rho \frac{dT}{dt} = C_p \rho \cdot n \cdot C \exp\left\{-\frac{E}{RT}\right\}, \quad (14)$$

На боковых и нижней границах задавались изотермические условия с температурой равной температуре термостата. На верхней границе задавались либо изотермические условия, либо теплоотдача.

Для аппроксимации диффузионного потока энергии использовалась противопоточная схема второго порядка. Дискретизация нестационарных членов осуществлялась неявным способом с использованием неявной схемы Эйлера первого порядка.

Математическая модель была реализована на базе пакета программ вычислительной гидродинамики «SigmaFlow» [3].

В качестве практического приложения разработанной математической модели было выполнено исследование условий самовозгорания следующих веществ:

- среднетемпературного кокса из угля марки 2Б разреза «Берёзовский-1», получаемый по технологии «ТЕРМОКОКС-КСТМ»;
- ксантогената калия бутилового (гранулированного).

## 2. Экспериментальное определение кинетических характеристик процесса самовозгорания твердых горючих веществ

Для определения критических условий процессов самовозгорания, протекающих по тепловому механизму, использовалась специальная экспериментальная установка [4]. Проба вещества в цилиндрической корзинке диаметром 30 мм и высотой 30 мм помещалась в соответствующую по размерам рабочую камеру (ячейку) термостата. В центр пробы устанавливалась термопара. Термостат снабжён собственной штатной системой регулирования температуры с точностью ±0,5 град. Температура термостата в каждом опыте имела единственное значение. Точность определения температуры составляла ±0,5 град. Каждый опыт по нагреву пробы в термостате продолжался до тех пор, пока температура в центре образца, пройдя максимальную отметку, не выходила на постоянное значение либо не превышала 297°С (начиналось неконтролируемое возрастание температуры). Температура



термостата изменялась в диапазоне 180-245°C, при этом для каждого значения температуры термостатирования было выполнено не менее 3 опытов с каждым исследуемым веществом.

В результате обработки экспериментальных данных были получены кинетические константы процесса саморазогрева и самовозгорания кокса и ККБ (Табл. 1).

Таблица 1. Значения кинетических параметров самовозгорания навески исследуемых веществ

Исследуемое вещество	Критическая температура термостата, °C	E, Дж/моль	C, К/с
Среднетемпературный кокс	194	76466	5556704
Ксантогенат калия бутиловый (гранулированный)	225	98298	7,46·10 <sup>9</sup>

### 3. Численное исследование условий самовозгорания твердых горючих веществ

Математическое моделирование процесса самовозгорания среднетемпературного кокса

Апробация и настройка математической модели самовозгорания проводилась на модели навески кокса в термостате. Расчётная сетка представлена на рис. 1. Навеска представляет цилиндр диаметром и высотой 30 мм.



Рис. 1. Расчётная сетка навески кокса

Для валидации модели самовозгорания кокса использовали кинетические константы процесса саморазогрева полученные при обработке экспериментальных данных (см. табл. 1).

Сравнение расчетных и экспериментальных данных для различных температур термостата представлено на рисунках 2, 3. В легенде числа соответствуют температуре термостатирования.

Из рисунка 2 видно, что модель воспроизводит критическую температуру термостата, при которой наблюдается возгорание образцов кокса в навеске. На рисунке 3 представлено сравнение расчетных и экспериментальных данных для различных температур термостата, превышающих критическую. Наблюдается согласие данных.

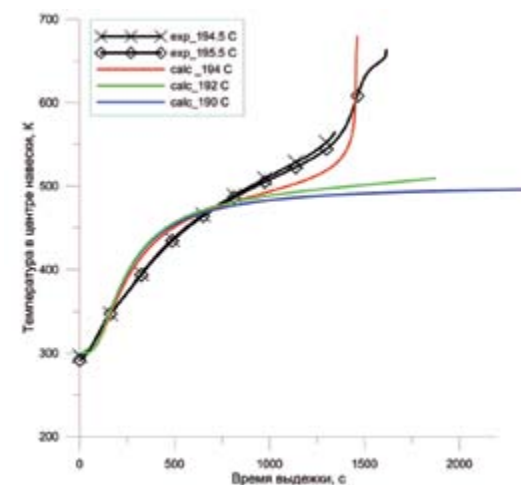


Рис. 2. Зависимость температуры в центре навески кокса от времени для различных температур термостата. Черные кривые – экспериментальные данные; цветные – расчет

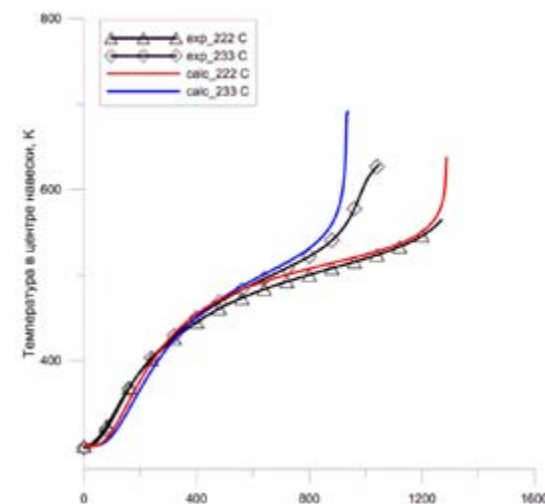


Рис. 3. Зависимость температуры в центре навески кокса от времени для различных температур термостата. Черные кривые – экспериментальные данные; цветные – расчет

На основе разработанной модели были выполнены оценки склонности кокса к самовозгоранию по ГОСТ 19433. Показано, что кокс обладает склонностью к самовозгоранию. Также были выполнены оценки индукционного периода самовозгорания при хранении кокса навалом в больших объемах.

Математическое моделирование процесса самовозгорания ксантогената калия бутилового (гранулированного)

Апробация и настройка математической модели самовозгорания проводилась на модели навески ККБ в термостате. Расчётная сетка представлена на рис. 1. Получено хорошее качественное и количественное согласование расчетных и экспериментальных данных. Результаты расчётов процесса разогрева навески ККБ в термостате при различных температурах представлены на рисунке 4.

На основе настроенной математической модели выполнено расчётное исследование режимов самовозгорания ККБ при хранении и транспортировании в полипропиленовых мешках, мягких специализированных контейнерах, стальных барабанах и полипропиленовых бочках.

Выполнена оценка предельного количества ярусов при котором не будет происходить самовозгорания вещества при хранении в складских помещениях и транспортировке всеми видами транспорта ККБ в полипропиленовых мешках, мягких специализированных контейнерах, стальных барабанах и полипропиленовых бочках.

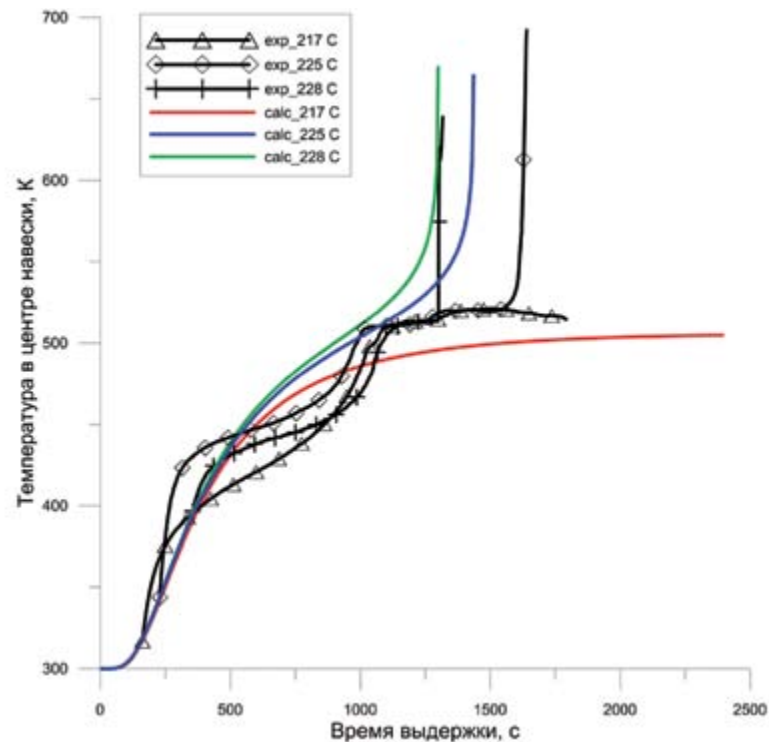


Рис. 4. Зависимость температуры в центре навески ККБ от времени: чёрные кривые – экспериментальные данные; цветные – расчёт

#### Список литературы

1. Франк-Каменецкий, Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике // М.: «Наука», 1967. – 491 с.
2. Киселев, Я.С., Киселев, В.Я. Проблемы самовозгорания органических материалов. Сообщение 2. Прогноз и профилактика самовозгорания // Пожаровзрывобезопасность. – 1992, № 2.
3. Дектерев А.А., Гаврилов А.А., Минаков А.В. Современные возможности CFD кода SigmaFlow для решения теплофизических задач // Сборник статей. Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. - 2010. № 2(4). стр. 117-122.
4. Захаренко Д.М. Особенности развития теплофизических процессов самовозгорания и взрыва пыли бурых углей // Автореф. Дисс. ... канд. Техн. Наук. – Красноярск: 2001.

## Расчетно-аналитический программный комплекс Сигма ПБ для моделирования развития пожара и эвакуации

### **Литвинцев Кирилл Юрьевич**

научный сотрудник Института кандидат физико-математических наук,  
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

### **Кирик Екатерина Сергеевна**

старший научный сотрудник Института, кандидат физико-математических наук,  
ФГБУН Институт вычислительного моделирования СО РАН

### **Дектерев Александр Анатольевич**

руководитель Филиала, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

### **Малышев Андрей Валерьевич**

ведущий программист, ФГБУН Институт вычислительного моделирования СО РАН

### **Харламов Егор Борисович**

ведущий инженер, Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

Компьютерный программный комплекс «Сигма ПБ» предназначен для выполнения расчетов распространения опасных факторов пожара (ОФП) и эвакуации из многоэтажных зданий, сооружений и строений (является составной частью программного комплекса «Енисей» по оценке и расчету пожарного риска в зданиях различного назначения). Для выполнения расчетов распространения ОФП и эвакуации используются вычислительные ядра отечественных программ «SigmaFire» [4] и «SigmaEva» [5] соответственно, в которых реализованы полевая модель развития пожара [3,7] и модель эвакуации индивидуально-поточного типа [1].

Программа «Сигма ПБ» имеет следующие особенности по сравнению с российскими и зарубежными аналогами:

- единая программная среда с единым полем информационных ресурсов и форматом данных для решения задач расчета движения людей и распространения ОФП;
- собственный построитель объектов;
- собственные расчетные модули;
- 3D-визуализация эвакуации и распространения ОФП в трехмерной виртуальной среде объекта с возможностью изменять позицию наблюдателя.

Программный комплекс состоит из следующих компонент (Рисунок 1): построитель трехмерного каркаса здания, расчетной сетки и геометрии объекта; конструктор сценариев эвакуации; модуль для задания параметров сценария пожара и полевой модели; модуль, реализующий расчет развития пожара; модуль,

реализующий расчет эвакуации людей; модуль 3D-визуализации, временного и пространственного анализа эвакуации и распространения пожара.

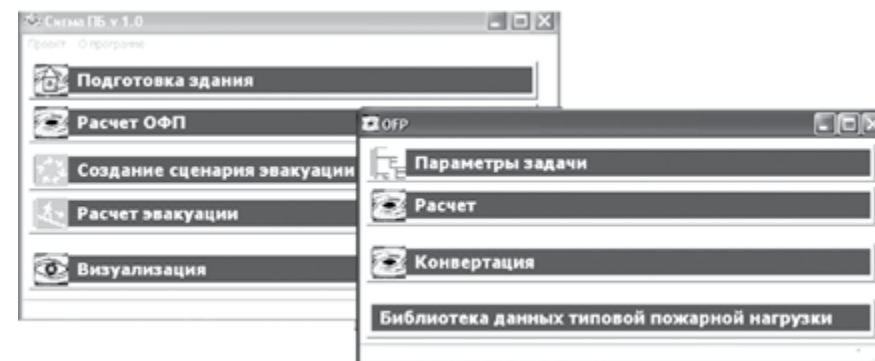


Рис. 1. Структура программного комплекса Сигма ПБ.

Каждый из компонентов программы осуществляет соответствующий этап расчета. Сначала выполняется построение трехмерного каркаса здания, расчетной сетки и геометрии объекта (Рисунок 2) в компоненте «Подготовка здания» (Рисунок 1). В качестве примера демонстрируется здание общеобразовательного учреждения (Рисунок 2а,б). Построение каркаса осуществляется с помощью набора примитивов (проем, бокс, лестничный пролет) и набора способов трансформации этих примитивов (перемещение, масштабирование, вращение, отражение). Далее на основе построенного каркаса выделяются блоки, вошедшие в расчетную область для моделирования ОФП, определяются окна, двери, проемы, область горения, строится расчетная сетка (Рисунок 2а). Кроме этого на основе построенного каркаса формируется расчетная область для моделирования эвакуации и 3D макет здания для визуализации (Рисунок 2б).

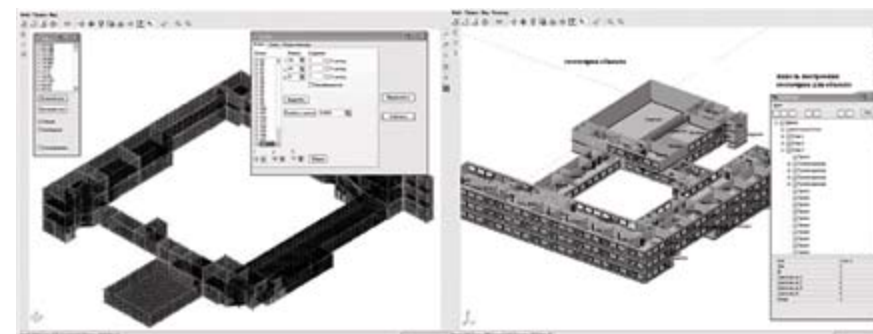


Рис. 2. Пример построения расчетной области и геометрии для здания:  
а) каркас здания и сетка для расчета распространения ОФП;  
б) геометрия здания и расчетная область для расчета эвакуации.

После создания расчетной области можно переходить к моделированию распространения ОФП. Для выполнения расчета распространения ОФП необходимо задать условия протекания пожара, которые включают в себя: состояние внутренних дверных проемов во время эвакуации, условия разрушения окон, описание связи с окружающей средой, задание расхода через дымовые клапана и свойства пожарной нагрузки. После задания всех параметров задачи запускается расчет. Для представленного здания (Рисунок 2) характерное время расчета распространения ОФП в течение 15 минут физического времени на персональном компьютере на базе Intel Core i7 составляет 15 часов. Расчетный шаг по времени 1 секунда и пространственное разбиением 0,2-0,35 м (что составляет 230 тысяч ячеек) позволяют получить численное решение удовлетворительной точности.

Для выполнения расчета времени эвакуации необходимо задать условия сценария эвакуации в компоненте «Создание сценария эвакуации» (Рисунок 1). Для удобства задания параметров эвакуации на основе ранее построенной геометрии здания генерируются двумерные планы этажей здания (Рис. 3).

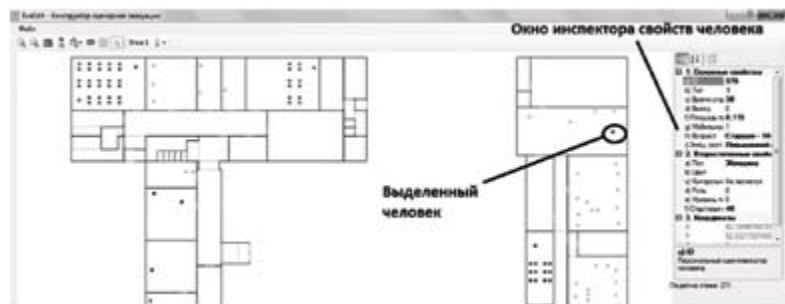


Рис.3. Пример построения сценария эвакуации из здания.

При задании сценария эвакуации осуществляется расстановка людей с индивидуальными характеристиками (группа мобильности, скорость свободного движения, возраст, площадь проекции, время начала эвакуации, маршрут эвакуации) и препятствий. Маршрут эвакуации человека формируется либо вручную путем задания конкретных проемов, через которые он должен пройти, либо автоматически, в этом случае движение осуществляется к ближайшему выходу. Можно также совмещать данные подходы. Кроме этого предусмотрена возможность менять состояние дверей: закрывать (т.е. делать недоступными для прохождения людей) или открывать. Тем самым также формируются условия сценария эвакуации.

На основе созданного сценария выполняется расчет эвакуации в компоненте «Расчет эвакуации» (Рисунок 1). Для ускорения времени счета реализовано поэтажное распараллеливание вычислений. Характерное время расчета эвакуации из здания школы с загрузкой 780 человек на персональном компьютере на базе Intel Core i7 составляет около минуты. Для контроля над протеканием расчета эвакуации реализован графический интерфейс, где отображается текущее количество людей на каждом этаже и всего в здании.

Визуализация рассчитанных полей ОФП и эвакуации в трехмерной модели здания, а также формирование отчета по выполненным расчетам производится в компоненте «Визуализация» (Рисунок 4). В окне визуализации можно вращать, перемещать или масштабировать отображение здания. Кроме этого можно управлять видимостью отдельных элементов здания. Модуль 3D-визуализации расчетов позволяет в одновременно наблюдать процесс эвакуации и изменение полей опасных факторов пожара (оптическая плотность дыма, тепловой поток, температура, концентрации CO, CO<sub>2</sub>, HCl и O<sub>2</sub>) или поле плотности людского потока. Функции анализа позволяют вывести на экран текущую информацию о количестве человек в указанном помещении и площадь, на которой в данном помещении ОФП достигли предельно-допустимых значений, или отобразить данную информацию в виде графиков (Рисунок 4).

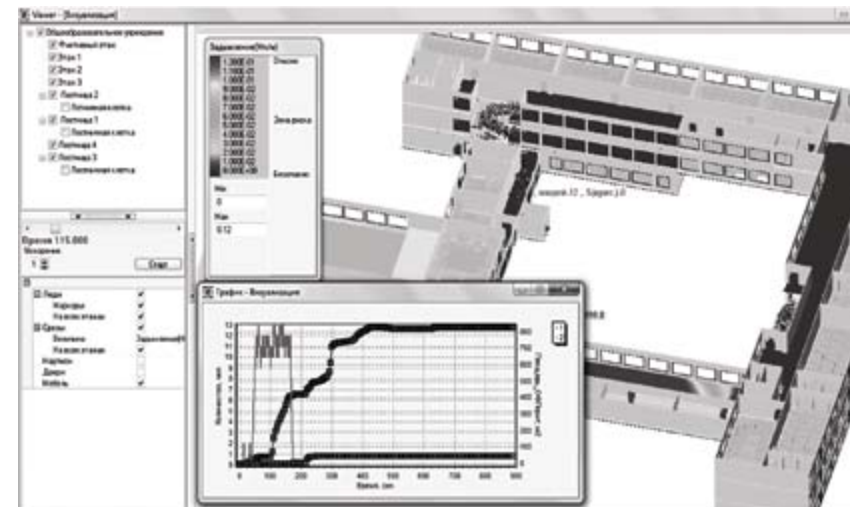


Рис. 4. Окно визуализации результатов расчета – совместная визуализация процесса эвакуации и распространения ОФП (задымление).

По запросу пользователя в виде отчета формируется статистика по рассчитанному сценарию пожара:

- времена эвакуации с этажей и здания в целом,
- времена блокирования путей эвакуации,
- длительность плотных (> 6 чел./м<sup>2</sup>) скоплений,
- количество людей, подвергшихся воздействию ОФП, превышающих предельно допустимые значения).

Реализованные функции анализа программного комплекса «Сигма ПБ» позволяют изучать влияние различных факторов на исход эвакуации при пожаре: обученность людей, наличие систем оповещения и управления эвакуацией на объекте, наличие противоподымной защиты и т.д.

Для примера приведем расчеты сценариев, демонстрирующие влияние информированности людей о наличии выходов из здания и наличия доводчиков на дверях на исход эвакуации.

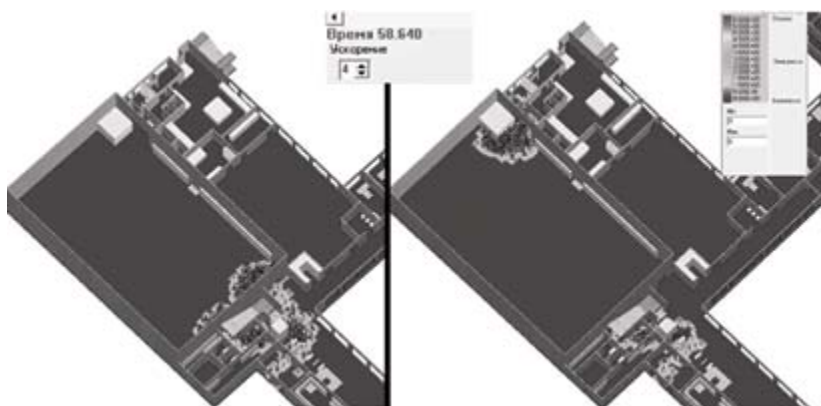


Рисунок 5. Поле плотности людей. Слева – эвакуация через центральный выход; справа – через все имеющиеся выходы.

В первом примере представлены расчеты сценариев эвакуации 500 человек из спортивного зала образовательного учреждения во время массового мероприятия с участием приглашенных гостей. В одном случае эвакуация производится через все имеющиеся выходы и занимает примерно 115 секунд. В другом случае – люди двигаются только к одному известному выходу из здания – центральному, что увеличивает время эвакуации примерно в 1,5 раза и составляет 180 секунд (Рис. 5). Тем самым показывается важность информирования людей о наличии путей эвакуации из здания.

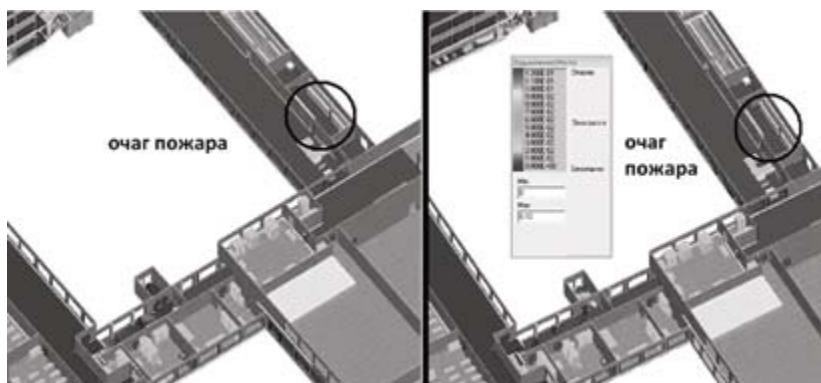


Рис. 6. Поле видимости и люди. Слева – есть доводчики на дверях; справа – доводчиков на дверях нет.

Во втором примере представлены расчеты сценариев эвакуации 784 человек из образовательного учреждения при пожаре в бытовом помещении рядом с центральным выходом. В начальный момент люди равномерно расположены по зданию. Во время эвакуации люди пользуются удаленными от очага пожара выходами из здания. В одном случае двери открыты, в результате чего более 100 человек попадают под воздействие ОФП, достигших предельно допустимых значений. В другом случае наличие доводчиков на дверях способствует созданию безопасных условий для эвакуации людей (Рисунок 6).

Функциональное наполнение программного комплекса «Сигма ПБ» позволяет применять его в различных областях, связанных с обеспечением безопасности людей. Можно выделить следующие потенциальные области применения программы:

- анализ зданий и сооружений на предмет пожаробезопасности при проектировании и на этапе эксплуатации (включая исследование эффективности систем дымоудаления, подпора воздуха);
- обучающие тренажеры в специализированных учебных заведениях (наглядное изучение особенностей развития пожара и эвакуации в зависимости от условий сценария);
- обеспечение безопасной маршрутизации потоков людей на объекте и прилегающей территории;
- в пожарных частях (база насчитанных наиболее опасных и вероятных сценариев используется оперативным дежурным для оценки наиболее вероятного развития пожара к моменту прибытия пожарного расчета на объект, для выдачи рекомендаций на объект о способах эвакуации людей).

#### Список литературы:

1. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Текст]: Приказ МЧС России № 749 от 12 декабря 2011 года.
2. Предтеченский, В.М. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков [Текст] / В. М. Предтеченский, А. И. Милинский ; Стройиздат– М., 1979, – 375 с.
3. Рыжов А.П., Хасанов И.Р., Дектерев А.А., Амельчугов С.П. и др. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях [Текст]: Методические рекомендации ; ВНИИПО. – М., 2003. – 35 с.
4. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ № 2010613073. Литвинцев К.Ю., Амельчугов С.П., Гаврилов А.А., Дектерев А.А., Негин В.А., Харламов Е.Б. «Программный комплекс для численного моделирования динамики пожаров (σFire)», регистр. 11 мая 2010 г.
5. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ № 2013610824. Кирик Е.С., Малышев А.В. «Программа по расчету времени эвакуации из многоэтажных зданий и сооружений моделью индивидуально поточного типа (SigmaEva)», 9 января 2013 г.

6. Холщевников, В.В. Эвакуация и поведение людей при пожарах. [Текст]: учеб. пособие / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин; Академия ГПС МЧС России. – М., 2009. – 212 с.
7. Guan H. Y. and Kwok K. Y. Computational Fluid Dynamics in Fire Engineering – Theory, Modelling and Practice, Butterworth-Heinemann, Elsevier Science and Technology, ISBN: 978-0-7506-8589-4 (2009). 530 p.

## **Зонирование территории природного парка «Ергаки» по степени опасности для ведения туристической деятельности**

---

***Трофимова Наталья Васильевна***

*начальник Сибирского филиала ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России»*

Горы считаются одним из наиболее опасных для человека природных ландшафтов. Опасности в горах подразделяются на две группы: объективные, связанные с самой природой гор, и субъективные, в основе которых лежат личностные качества человека.

К природным опасностям в горах относятся: горный рельеф, холод, сильный ветер, туман, снежно-ледяное покрытие, лавины, камнепады, скалы, снежные козырьки, лед, трещины, горные реки, карнизы.

К личностным опасностям в горах относятся: незнание опасности, ошибочная оценка ситуации, недостаточный уровень подготовки, перенапряжение, неправильные действия, пренебрежение опасностью, отсутствие или неправильное использование оборудования и снаряжения, преувеличение своих возможностей, несогласованность действий.

Наибольшей опасности в горах подвергаются люди, занимающиеся видами спорта, основой которых является преодоление препятствий, а риск - одним из главных побудительных мотивов к действиям. К этой категории людей относятся альпинисты, горные туристы, спелеологи, горнолыжники, путешественники по горным рекам на плавсредствах (байдарки, плоты, надувные лодки). Огромному риску подвергаются неорганизованные и неподготовленные туристские группы. Опасные ситуации также могут возникнуть с людьми, выполняющими различные работы в горах: геологами, картографами, инструкторами, спасателями, обслуживающим персоналом турбаз и альпинистских лагерей, а также с постоянно или временно проживающими в горах людьми (местные жители, отдыхающие и др.) [1].

Несмотря на все мероприятия, проводимые для повышения безопасности людей, находящихся в горах, количество происшествий, возникающих в горной местности, остается на стабильно высоком уровне.

По опубликованным статистическим данным, из участвующих на категорийных маршрутах 10 тысяч пеших туристов травмы с тяжелым исходом приходятся в среднем на 4 –х туристов; из 10 тысяч лыжников - на 5 туристов, из 10 тысяч водников - на 15 туристов и из 10 тысяч альпинистов - на 24 альпиниста[2].

Основными происшествиями в горах являются: переохлаждение (замерзание), падение со скал, ледников, склонов, попадание в лавину, камнепад, обвал, горную реку, трещину, невозможность самостоятельного передвижения, отклонение от маршрута, воздействие метеорологических факторов, зависание на веревках,

блокирование людей в пещерах, травмы на горнолыжных трассах, аварии на канатно-кресельных дорогах, падение техники (автомобили, самолеты, вертолеты).

Для решения задачи зонирования территории по степени опасности требуется комплексный подход, учитывающий анализ всех возможных источников опасностей и оценки их воздействия на реципиентов происшествий. При анализе территориальных рисков субъектов РФ широко применяются методы экспертного оценивания.

Территория природного парка «Ергаки» представляет собой горно-таежную местность, компактно расположенную в районе 620-630 км трассы М-54 «Абакан-Кызыл». Статус природного парка определен нормативными документами Красноярского края [3]. Посещаемость большинства территорий сезонная (май-сентябрь).

На рисунке 1, представлен алгоритм определения коэффициентов для расчета степени опасности территории для ведения туристической деятельности.

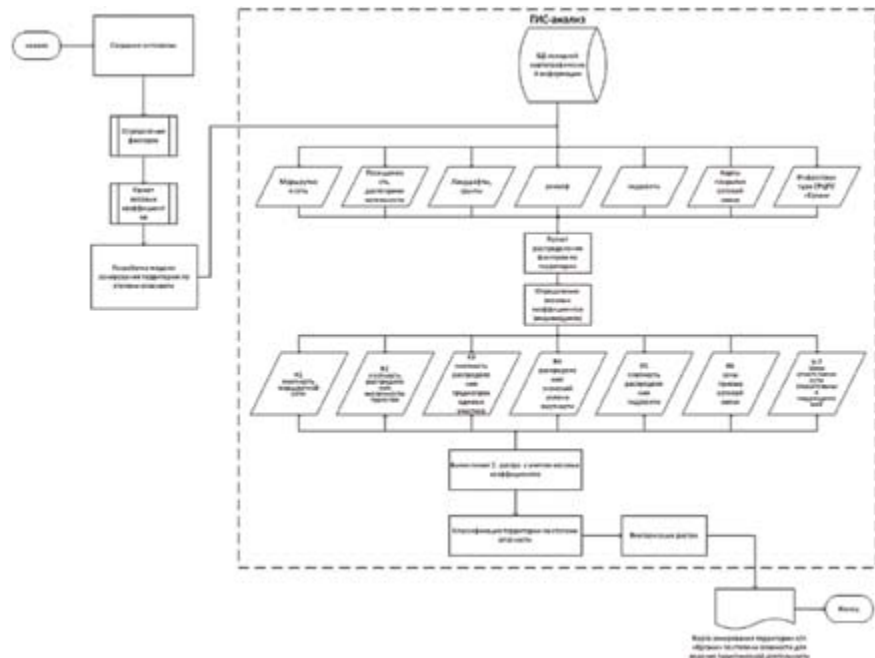


Рис. 1 Схема алгоритма оценки степени опасности территории природного парка «Ергаки»

Исходя из этого, методом экспертных оценок было выявлено 7 критериев оценки территории по степени опасности.

Критерии оценки были определены методом попарного сравнения Саати в соответствии с формулой 1.1.

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{1,2} & \dots & a_{1,7} \\ a_{2,1} & 1 & & a_{2,7} \\ \vdots & & \ddots & a_{3,7} \\ a_{7,1} & a_{7,2} & a_{7,3} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.1)$$

Работа экспертов состояла в том, что, производя попарное сравнение факторов  $A_1, \dots, A_n$  эксперт генерирует таблицу парных сравнений.

В предлагаемом варианте метода парных сравнений, определяются не величины разностей значений факторов, а их отношение. При этом очевидно  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ .

$w_1, w_2, \dots, w_n$  (искомые значения важности фактора) неизвестны заранее, попарные сравнения элементов производятся с использованием субъективных суждений, численно оцениваемых по шкале, а затем решается проблема нахождения компонента  $w$ .

Решение проблемы состоит в отыскании вектора  $(w_1, w_2, \dots, w_n)$ .

Искомый вектор является собственным вектором матрицы парных сравнений, соответствующим максимальному собственному числу ( $\lambda_{max}$ ).

В таблице 1.1 представлена матрица оценки критериев опасности территории в соответствии с их весовыми коэффициентами.

	маршрутная сеть	плотность посетителей	труднопроходимые участки	уклон	речная сеть	сотовая связь	спасатели	
маршрутная сеть	1,00	2,00	0,20	0,33	1,00	0,50	0,25	5,28
плотность посетителей	0,50	1,00	0,14	0,20	0,50	0,25	0,13	2,72
труднопроходимые участки	5,00	7,00	1,00	0,67	5,00	8,00	9,00	35,67
уклон	3,00	5,00	1,50	1,00	3,00	1,67	1,50	16,67
речная сеть	1,00	2,00	0,20	0,33	1,00	0,50	0,25	5,28
сотовая связь	2,00	4,00	0,13	0,60	2,00	1,00	0,50	10,23
спасатели	4,00	8,00	0,11	0,67	4,00	2,00	1,00	19,78

Из линейной алгебры известно, что у положительно определенной, обратносимметричной матрицы, имеющей ранг равный 1, максимальное собственное число равно размерности этой матрицы (т.е.  $n=7$  в нашем случае, мы получили 7,7 в качестве максимального собственного значения, что говорит о хорошей согласованности результатов).

Результирующий критерий степени опасности территории  $S$  рассчитывается по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n (-1)^i \cdot K_i \cdot a_i \quad (1.2)$$

Где  $K_i$  – критерии опасности, определенные в результате экспертной оценки,  $a_i$  – их весовые коэффициенты.

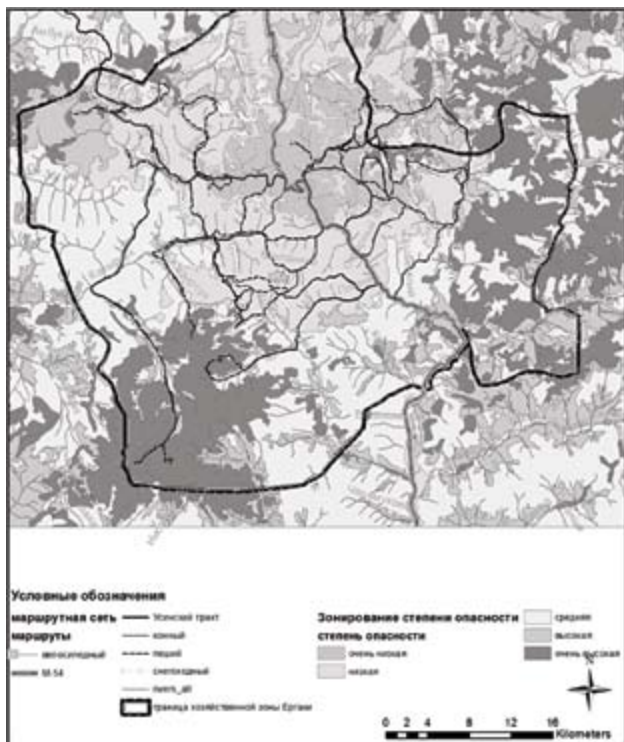


Рис.2 Зонирование территории природного парка «Ергаки» по степени опасности для ведения туристической деятельности

Реализация алгоритма выполнена в программной среде Python, используя функции пространственного анализа ArcMap 10.0.

Результат зонирования территории природного парка «Ергаки» по степени опасности для ведения туристической деятельности представлен на рисунке 2.

#### Список литературы:

1. Трофимова Н.В., Антамошкин О. А., Антамошкина О. А., Ничепорчук В.В., Информационно-управленческие методы обеспечения безопасности туристической деятельности //Технологии гражданской безопасности №2-2013, стр.62-67.
2. Информационно-коммуникационные технологии обеспечения безопасности жизнедеятельности: монография / под общ. ред. П.А. Попова, МЧС России. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2006. – 272 с.
3. Закон Красноярского края от 28.09.1995 № 7-175 (ред. от 08.07.2010) «Об особо охраняемых природных территориях в Красноярском крае.

## Автоматизированная информационная система учёта поисково-спасательных работ

**Трофимова Наталья Васильевна**

начальник Сибирского филиала ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России»

**Герасимов Валерий Сергеевич**

старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России»

Защита населения в условиях чрезвычайных ситуаций является долгом каждого государства. В нашей стране в 72-й статье Конституции устанавливается совместная ответственность федеральных властей и властей субъектов Российской Федерации за осуществление мер по борьбе с катастрофами, стихийными бедствиями, эпидемиями, ликвидацией их последствий. Неотъемлемой частью системы по реализации этих обязанностей является структура Поисково-спасательной службы МЧС России. В состав поисково-спасательной службы (ПСС) МЧС России сегодня входят 7 региональных поисково-спасательных отрядов (РПСО), 28 филиалов, 11 из которых предназначены для поиска и спасения на водных объектах. Кроме того, функционируют Байкальский ПСО, ФГУ отряд «Центроспас» (филиал в г. Туапсе), ФГУ «Госакваспас» (филиалы в Балтийске, Геленджике и Архангельске). Эти подразделения находятся на переднем рубеже защиты и спасения людей в условиях всевозможных происшествий.

Сибирский региональный поисково-спасательный отряд является одним из крупнейших в стране и обеспечивает проведение спасательных операций на территории нескольких субъектов. Деятельность отряда охватывает крайне широкий спектр работ в зоне ЧС и включает в себя следующие операции:

- разведка зоны чрезвычайной ситуации, в том числе радиационная, химическая (состояние объекта, территории, маршрутов выдвижения сил и средств, определение границ зоны ЧС);
- ввод сил и средств аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований в зону чрезвычайной ситуации;
- десантирование спасателей и груза в зону ЧС;
- оказание медицинской помощи пострадавшим (в части первой медицинской помощи);
- поисково-спасательные работы в зоне чрезвычайной ситуации;
- эвакуация пострадавших и материальных ценностей из зоны чрезвычайной ситуации;



- разборка завалов, расчистка маршрутов и устройство проездов в завалах, наведение переправ и устройство дамб;
- укрепление или обрушение поврежденных и грозящих обвалом конструкций зданий, сооружений на путях движения и в местах работ;
- радиационный, химический контроль личного состава, участвующего в аварийно-спасательных работах населения, объектов внешней среды;
- газоспасательные работы (комплекс аварийно-спасательных работ по оказанию помощи пострадавшим при взрывах, пожарах, загазованности) в зоне ЧС;
- ликвидация (локализация) чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте и метрополитене и автомобильном транспорте;
- ликвидация (локализация) чрезвычайных ситуаций, связанных с разгерметизацией систем, оборудования, выбросами в окружающую среду взрывоопасных и аварийно опасных химических веществ, а т.ч. на транспортных средствах;
- поиск и спасание пострадавших, терпящих бедствие на суше, море и внутренних акваториях;
- аварийные подводно-технические (водолазные) работы;
- ликвидация ледовых заторов;
- предупредительные и аварийно-спасательные работы в зонах схода снежных лавин и селей;
- локализация и тушение лесных пожаров.

Очевидно, что подобная деятельность требует максимально быстрого принятия решений на всех этапах подготовки спасательных операций, их проведения и осуществления анализа результатов, что достаточно затруднено в случае отсутствия современных систем сбора и управления данными.

В настоящее время не существует общей для всей страны системы сбора и управления данными в поисково-спасательных подразделениях. Необходимость поиска таких решений назрела достаточно давно, и каждый отряд решает эту задачу своими силами. Так в отряде ЦЕНТРОСПАС более десяти лет ведется разработка программного комплекса, предназначенного для подготовки документации для выезда оперативной группы, в том числе в зарубежные командировки. Среди недостатков данной системы следует отметить отсутствие возможности ее синхронного функционирования одновременно в нескольких филиалах отряда и использование проприетарных продуктов. Кроме того, достаточно ограничены возможности системы по формированию отчетной документации.

Целью настоящей работы является разработка интегрированной системы учета проводимых поисково-спасательных работ в Сибирском региональном поисково-спасательном отряде. При этом к системе предъявляются следующие требования:

- возможность централизованной работы во всех филиалах СРПСО, что позволит проводить обобщенный анализ статистики, оперативно предоставлять данные в рамках подготовки отчетности;

- возможность управления и контроля доступа к персональным и служебным данным;
- защита от несанкционированного доступа к данным третьих лиц;
- использование открытых программных решений в связи с особенностями финансирования проекта;
- масштабируемость - возможность дальнейшего расширения системы, включение дополнительных алгоритмов, таблиц данных, выгружаемой отчетности.

Для решения поставленной задачи было использовано, описанное ниже, программное обеспечение с открытыми исходными кодами. Система действует на базе сервера под управлением операционной системы FreeBSD. В качестве web сервера был выбран набирающий популярность Nginx, который доказал свою продуктивность и безопасность [1]. Защита передаваемых данных осуществляется применением протокола шифрования SSL.

В качестве системы управления базами данных в проекте используется расширяемая под свободной лицензией GPL СУБД MySQL. Планируемая загрузка системы в достаточной мере соответствует возможностям СУБД.

Работа с базой данных осуществляется с помощью системы управления содержимым Freeform Formulaze, которая представляет собой выполненный на языке PHP CMS, позволяющий создавать и управлять таблицами базы данных, проектировать, генерировать и представлять интерактивные формы. В процессе работы над проектом была осуществлена адаптация Formulaze для использования в русскоязычных проектах. Использование Formulaze позволило уйти от низкоуровневого программирования и непосредственного взаимодействия с СУБД. Кроме того, это позволило переключиться с оперирования таблицами базы данных к управлению формами (см. [2, 3]).

Работа поисково-спасательных подразделений разнообразна по своим характеристикам и отчетной документации. Это обстоятельство требует выбора для включения в формы именно тех параметров работы, которые впоследствии позволят в полной мере обеспечить полноту данных для составления всех отчетных форм, расчета всех необходимых статистических характеристик. С целью выбора таких параметров был осуществлен анализ внутренней документации отряда и отчетной документации регионального центра МЧС. По результатам этой работы спроектированы формы, позволяющие вносить в систему все необходимые данные. В целом структура форм в системе представлена на рисунке 1.

Система взаимосвязи форм выстроена вокруг основного документа, составляемого в процессе работы по вызову, этим документом является наряд-здание. Как наиболее комплексный документ он содержит в себе следующую информацию:

- временные параметры реагирования, такие как время поступления вызова, время выезда оперативной группы, время ее возвращения. Кроме того, в случае использования группы наращивания, указываются соответствующие данные;
- подробная информация об источнике поступления сигнала (ЕДДС, очевидцы, полиция и т.д.);

- данные о пострадавших, их общее число, имена и другая доступная спасателям информация;
- данные о привлекаемых к работе силах и средствах;
- общая характеристика результатов работы.

Значительную сложность представляет сбор данных о привлекаемых силах и средствах. С этой целью были созданы связанные формы, содержащие списки личного состава СРПСО, имеющейся в их распоряжении автомобильной техники и специального оборудования. Такой подход позволит впоследствии осуществлять анализ использования конкретных единиц техники и специального оборудования, рассчитывать время работы спасателей в неблагоприятных условиях.

Форма «Структура отряда» представляет собой иерархическую структуру подразделений поисково-спасательного отряда и используется как источник данных для привязки тех или иных объектов (сил и средств, выездов оперативной группы и т.д.) к конкретному подразделению. Эти данные используются, в том числе и для контроля доступа к информации.

Форма «Персонал» является основным источником информации о сотрудниках отряда. Форма предоставляет возможность вести учет списочного состава отряда с представлением всех необходимых данных о конкретном сотруднике. Эти данные не ограничены лишь фамилией и именем спасателя и содержат подробную картину, характеризующую сотрудника, его квалификацию, контактную информацию, возможность привлечения к проведению спасательных операций и так далее. Данные из этой формы используются в связанном виде при заполнении основной формы и отражают участие сотрудника в проведении операции. При этом учитываются такие параметры как время работы специалиста на выезде, время нахождения в изолирующих средах, продолжительность водолазных работ.

Список всей доступной автомобильной техники с подробным описанием каждой единицы представлен в форме «Автомобильная техника». Автомобили могут использоваться во время проведения спасательных операций как для доставки личного состава и оборудования к месту события, так и для непосредственной работы по поиску и спасению людей, что также отражается при заполнении основной формы.

Аналогичным образом построена работа со списком специального оборудования. В дальнейшем планируется введение возможности составления списка привлекаемого к работе оборудования с помощью складского терминала сбора данных со сканером штрих-кодов. Кроме того, существует возможность синхронизации данных с базами системы 1С бухгалтерии.



Рис.1. Схема взаимодействия форм.

В настоящее время система проходит тестирование своего функционала. Планируется поэтапное его расширение за счет включения аналитических возможностей, выгрузку дополнительной отчетной документации. Внедрение разрабатываемой системы в повседневную деятельность поисково-спасательного отряда позволит объединить существующие разрозненные способы хранения информации о проводимых операциях и значительно сократит время, затрачиваемое на подготовку документации. Открытость программного кода и универсальность примененных технологий и протоколов позволит в дальнейшем вносить необходимые изменения в алгоритмы работы системы, структуру данных, вводить новые формы отчетной документации.

#### Список литературы:

1. Rosse W. Nginx: the High-Performance Web Server and Reverse Proxy// Linux Journal, No 173, 2008
2. Egelstaff J. Using Formulize and Pageworks to make custom applications// Freeform Solutions, 2012.
3. Egelstaff J. Inside Formulize: a Developers Guide// Freeform Solutions, 2012.

## **Подготовка работников аварийно-спасательных формирований как фактор минимизации последствий чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах**

### ***Корнев Владимир Михайлович***

*директор Института дополнительного профессионального образования, повышения квалификации и переподготовки специалистов, заведующий кафедрой Охраны труда и промышленной безопасности, кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»*

### ***Авлохова Евгения Ивановна***

*доцент кафедры Охраны труда и промышленной безопасности, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»*

### ***Корнева Нина Андреевна***

*инженер отдела метрологии и стандартизации ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»*

Возрастание вероятности возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах обусловило необходимость подготовки членов нештатных аварийно-спасательных формирований предприятий. Для целей обучения и повышения квалификации разработаны и реализуются дополнительные профессиональные образовательные программы.

С возрастанием рисков возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций на химически опасных производственных объектах появилась необходимость повышения уровня безопасности объектов для обеспечения устойчивого функционирования экосистем города. Один из факторов увеличения количества аварий и чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах – человеческий фактор.

В обязанности работников опасного производственного объекта при возникновении аварии или чрезвычайной ситуации входит локализация аварии на опасном производственном объекте и уменьшение возможных последствий. Нештатные и профессиональные газоспасательные формирования создаются на химически опасных производственных объектах в случае, если при аварии появляется необходимость аварийной остановки производства.

Для реализации этих задач в Институте дополнительного профессионального образования, повышения квалификации и переподготовки специалистов (ИД-ПОПК и ПС) при Центре (на правах факультета) дополнительного профессионального образования, повышения квалификации и переподготовки кадров (ЦДПО) в соответствии с предложениями начальника управления по надзору в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности Федерального горного и промышленного надзора России А.А.Шаталова (письмо от 24.10.2003г.

№ 11-11/515), по согласованию с управлением Енисейского округа Госгортехнадзора РФ, приказом ректора СибГТУ от 30.12.2003 г. № 470-О был создан Сибирский центр подготовки и повышения квалификации работников аварийно-спасательных формирований (СЦППК РАСФ) с целью подготовки, повышения квалификации и переподготовки нештатных газоспасателей для организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, подконтрольные Госгортехнадзору России в республиках Тыва, Хакасия, в Красноярском крае, Новосибирской, Омской, Томской, Тюменской, Кемеровской областях, Эвенкийском, Ханты-Мансийском, Таймырском, Ямало-Ненецком автономных округах.

Обучение и повышение квалификации проводится по следующим дополнительным профессиональным образовательным программам, разработанным специалистами Центра и СибГТУ для членов нештатных газоспасательных формирований химически опасных производственных объектов: «Особенности ведения газоспасательных работ в условиях химической аварии» и «Особенности ведения газоспасательных работ по локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов». К обучению и повышению квалификации допускаются только мужчины, достигшие 18 лет, по состоянию здоровья пригодные к выполнению газоспасательных работ. В соответствии с трудовым законодательством женщины к выполнению газоспасательных работ не допускаются.

Программами обучения и повышения квалификации предусмотрено изучение следующих вопросов:

- законодательные и нормативные основы функционирования нештатных газоспасательных формирований;
- тактико-техническая подготовка газоспасателей;
- особенности ведения работ в загазованной зоне;
- эвакуация пострадавшего из загазованной зоны;
- приемы оказания первой помощи пострадавшим при химической аварии в загазованной зоне и после выхода из нее;
- газоспасательные работы на высоте, в колодцах и емкостях;
- требования безопасности при ведении газоспасательных работ.

Для работников опасных производственных объектов, связанных с добычей, транспортировкой, переработкой, хранением нефти и нефтепродуктов, в программы обучения и повышения квалификации включены специальные вопросы:

- особенности ведения газоспасательных работ в условиях разлива нефти или нефтепродуктов;
- характеристики нефти и нефтепродуктов, их трансформации на различных поверхностях;
- методы локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов;
- обеспечение безопасности при проведении работ в условиях разлива нефти или нефтепродуктов.

При обучении и повышении квалификации особое внимание уделяется освоению и отработке практических навыков ведения газоспасательных работ, которые оцениваются при проведении деловой игры во время аттестации слушателей.



За время работы в СЦППК РАСФ прошли обучение и повышение квалификации более 1500 слушателей. Это работники предприятий – химически опасных производственных объектов, поднадзорных Ростехнадзору, в том числе ОАО «АНПЗ ВНК», ЗАО «Ванкорнефть» на Ванкорском месторождении, ОАО «Пивоваренная компания «Балтика» (города Новосибирск, Красноярск), ОАО ПО «ЭХЗ», ООО «КрасКом», ОАО «РУСАЛ» (города Ачинск, Саяногорск, Красноярск) и другие.

Работники организаций и предприятий, прошедшие обучение и повышение квалификации в СЦППК РАСФ, обладают знаниями и умениями, достаточными для грамотных действий при проведении газоспасательных работ при химической аварии на опасном производственном объекте.

Преподавателями и специалистами Центра и СибГТУ совместно со специалистами подразделений МЧС разработаны и успешно реализуются программы повышения квалификации специалистов аварийно-спасательных формирований: «Организация и ведение газоспасательных работ на химически опасных объектах», «Организация и ведение работ по локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов», «Организация и ведение газоспасательных работ и работ по локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов».

В 2012 году разработана и используется для обучения и повышения квалификации руководителей и специалистов, обеспечивающих безопасное выполне-

ние работ на высоте и верхолазных работ, программа «Организация и ведение работ на высоте с применением технологий промышленного альпинизма», которая востребована во многих отраслях промышленности, так как позволяет получить не только теоретические знания, но и практические навыки по организации и безопасному ведению работ на высоте с применением современных технологий и оборудования, в том числе альпинистского. Полученные знания и навыки направлены на минимизацию вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах. По данной программе обучено и аттестовано более 50 человек.



К сожалению, не все руководители предприятий и организаций понимают всю важность и необходимость подобного обучения.

Мы считаем, что в современных условиях жизни и функционирования предприятий работа в данном направлении необходима и очень актуальна. Подготовка и повышение квалификации работников предприятий по вышеперечисленным дополнительным профессиональным образовательным программам позволит минимизировать последствия чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах.

## Системный подход при решении задач обеспечения безопасности в учреждениях образования и науки

### **Жуков Александр Анатольевич**

*доцент кафедры комплексной безопасности и мобилизационной подготовки в промышленности, экономике и образовании, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»*

### **Зыков Николай Иннокентьевич**

*доцент кафедры охраны труда и промышленной безопасности, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»*

### **Чупис Татьяна Сергеевна**

*методист учебно-методического центра по оценке степени защищенности сферы деятельности Минобрнауки от ЧС и повышению квалификации руководителей, специалистов мобилизационных органов, гражданской обороны, профессорско-преподавательского состава направления подготовки «безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»*

Успешное решение задач обеспечения безопасности учреждений образования и науки возможно при формировании комплексной системы защиты населения, предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на основе системного подхода, в основу которого положено тесное взаимодействие образовательных (научных) учреждений Минобрнауки России, МЧС России и других научных учреждений, и структур, а также производственных организаций.

В жизни современного человечества все большее место занимают проблемы, связанные с преодолением чрезвычайных ситуаций и кризисных явлений. Безопасность жизнедеятельности становится доминантой нового времени.

В последние десятилетия участились случаи гибели, физического и психологического травматизма российских граждан, попавших в чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера, а также в результате террористических актов и транспортных катастроф, что вызывает серьезную озабоченность государства и общества. Среди жертв и пострадавших все чаще оказываются дети, учащаяся молодежь, в том числе во время их пребывания в стенах учреждений образования.

Приоритетность обеспечения безопасности образовательных (научных) учреждений, как объектов с массовым пребыванием людей, стала в последние годы одной из важнейших составляющих государственной политики в области образования и науки.

Одним из важнейших условий, позволяющих умело и грамотно противостоять проявлениям любых опасностей в чрезвычайных ситуациях, является постоянное совершенствование уровня подготовки руководителей и специалистов различных профилей, способных обеспечить комплексное решение задач по обеспечению безопасности жизнедеятельности человека. В этой связи резко возрастает значе-

ние дополнительного профессионального образования в основу которого положен принцип непрерывности образования, который реализуется в учебно-методических центрах. Одним из таких центров является Учебно-методический центр по оценке степени защищенности сферы деятельности Минобрнауки России от чрезвычайных (кризисных) ситуаций и повышению квалификации руководителей, специалистов мобилизационных органов, гражданской обороны, профессорско-преподавательского состава направления подготовки (специальности) «Безопасность жизнедеятельности» при Сибирском государственном технологическом университете (СибГТУ). Учебно-методический центр (УМЦ) СибГТУ является головным по научному, методическому и программно-информационному обеспечению гражданской обороны и защиты от чрезвычайных (кризисных) ситуаций, в том числе пожарного и террористического характера, а также по повышению квалификации профессорско-преподавательского состава направления подготовки (специальности) «Безопасность жизнедеятельности» в учреждениях образования и науки Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

Успешное решение задач обеспечения безопасности учреждений образования и науки на наш взгляд возможно при формировании комплексной системы защиты населения, предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на основе системного подхода. В основу которого положено тесное взаимодействие образовательных (научных) учреждений Минобрнауки России, МЧС России и других научных учреждений, и структур, а также производственных организаций. Реализация данного системного подхода позволила Учебно-методическому центру СибГТУ совместно с Институтом вычислительного моделирования Сибирского отделения РАН, ООО «Арника» и в тесном взаимодействии с Сибирским региональным центром МЧС России, Главным управлением МЧС России по Красноярскому краю успешно разработать и реализовать в рамках федеральной целевой программы «Пожарная безопасность в РФ на период до 2012 г.» научно-исследовательскую работу по теме «Разработка пилотного проекта полигона для апробирования систем противопожарной защиты на объектах сферы образования и науки, обучения руководящего состава и специалистов образовательных (научных) учреждений Сибирского и Дальневосточного федеральных округов способам защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара».

Разработана и согласована с МЧС России и Министерством образования и науки РФ структурная схема полигона. Она включает:

- подсистему предотвращения пожара, обеспечивающую решение задач по установлению предпожарных режимов функционирования технических средств и объектов;
- подсистему противопожарной защиты, обеспечивающую решение задач по своевременному управлению системами и средствами обнаружения пожара, тушению пожара, противодымной защите, оповещения и эвакуации людей при пожаре;
- подсистему общего назначения, обеспечивающую решение задач по обучению мерам пожарной безопасности руководящего состава и специалистов образовательных (научных) учреждений;

- подсистему информационного обеспечения, содержащую необходимый банк данных (базы данных, автоматизированные системы управления, расчетно-аналитические модули и др.) по нормативным, справочным, методическим и информационным материалам;
- подсистему математического обеспечения, включающую совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, необходимых для решения задач по обеспечению пожарной безопасности объектов сферы науки и образования, в том числе конкретные расчеты для выработки управленческих решений, оптимальных путей эвакуации, расчетов по оценке пожарного риска.

Введение полигона в структуру учреждения позволяет решить следующие задачи:

- проведение апробации современных средств пожарной безопасности;
- обучение и повышения квалификации руководящего состава и специалистов учреждений по пожарной и комплексной безопасности;
- организация обязательных и дополнительных занятий в учреждениях по пожарной безопасности;
- организация первоначальной подготовки спасателей студенческих спасательных отрядов;
- оценка пожарного риска на основе моделирования последствий воздействия опасных факторов пожара и принятие управленческих решений с учетом требуемого уровня пожарной безопасности на объектах;
- освоение автоматизированных систем оповещения и информирования при возникновении угроз пожарной безопасности, последствий воздействия опасных факторов пожара и др.;
- информационное обеспечение и пропаганда в области пожарной безопасности в учреждениях.

Полигон СибГТУ в рамках подсистем, входящих в его структуру, включает в себя:

- учебный передвижной пожарно-спасательный комплекс – «ОГНЕБОРЕЦ «DEFENDER PREMIUM»;
- программный комплекс по пространственному моделированию эвакуации при чрезвычайных ситуациях – «DEFENDER SCIENCE Sigma»;
- дидактический комплекс для обучения руководителей, специалистов и спасателей способам защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара – «DEFENDER EDUCATION».

Разработана технология использования полигона, определены технологические участки, проведено их техническое оснащение.

В результате проведенных мероприятий совместно с ООО «Арника» разработан учебный пожарно-спасательный комплекс (УПСК) «ОГНЕБОРЕЦ «DEFENDER PREMIUM» предназначенный для оснащения учебных заведений в целях его использования при организации процесса обучения руководителей, специалистов и спасателей, в том числе студенческих спасательных отрядов, добровольных пожар-

ных формирований способам защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и других чрезвычайных ситуаций на различных объектах сферы образования и науки. Комплекс адаптирован для проведения лабораторных, практических занятий и отработки навыков использования пожарно-технического и аварийно-спасательного оборудования. Может быть использован для тушения пожаров до прибытия подразделений МЧС.

С учетом противопожарной защиты учебно-опытного лесхоза (площадь более 70 тыс. га.) находящегося в ведении Сибирского государственного технологического университета, а также учебно-производственных участков, находящихся в различных населенных пунктах и достаточно удаленных от специализированных пожарных подразделений МЧС, разработан передвижной пожарно-спасательный лесной пост «ОГНЕБОРЕЦ Д 1500-ЛП» «FOREST DEFENDER».

Оборудование передвижного лесного поста подобрано с целью выполнения задач по тушению лесных пожаров (низовых и подземных), загораний сухой травы, как из собственной перевозимой емкости, так и с помощью установки поста и подачи воды от искусственных и естественных водоемов (река, озеро, пруд, колодец и т.д.), тушения пожаров в производственных цехах и участках, жилым комплексе (частные дома, надворные постройки и др.), выполнение мероприятий по предотвращению распространения пожаров на населенные пункты, промышленные объекты и т.д. (минерализованные полосы, просеки, земляные рвы и т.д.), а также в учебных целях для подготовки добровольных пожарных формирований, студенческих спасательных отрядов приемам и методам тушения лесных пожаров.

В рамках оснащения полигона для реализации учебных целей была разработана во взаимодействии с Институтом вычислительного моделирования Сибирского отделения РАН учебная компьютерная программа «DEFENDER SCIENCE Sigma». Концепция программы: применение вычислительного эксперимента в качестве наглядного инструмента в учебном процессе. Программа является виртуальным наглядным дидактическим материалом для обучения пожарной безопасности.

Для удобства использования в учебном процессе были предварительно разработаны и рассчитаны с помощью программных комплексов, реализующих полевую модель пожара и модель движения людей индивидуально-поточного типа, актуальные сценарии для двух зданий (типовое общежитие ВУЗа коридорного типа, типовая общеобразовательная школа). Для расчетов использовались отечественные программные комплексы «SigmaFire»© и «SigmaEva»© соответственно. Результаты расчетов помещены в базу данных программы.

Сценарное наполнение программы соответствует содержанию курса «Пожарная безопасность». Путем пространственной визуализации, сопровождаемой количественным анализом, программа позволяет наглядно изучать динамику развития различных сценариев пожара, эвакуации при пожаре, оценивать влияние различных условий (в том числе рискообразующих факторов) на исход эвакуации.

В качестве дальнейшего развития планируется оснащение полигона вычислительным комплексом, который будет позволять выполнять расчеты развития пожара и эвакуации для произвольных зданий.

Процесс обучения по проблемам пожарной безопасности следует рассматривать в призме комплексного подхода к проблемам безопасной среды образовательного пространства и их взаимосвязанного влияния друг на друга. Создание безопасного образовательного пространства предполагает учет всех факторов оказывающих негативное влияние на образовательный процесс включая угрозы возникновения пожара, актов терроризма и аварий техногенного характера. Для эффективного решения обозначенных проблем целесообразно процесс обучения руководящего состава и специалистов учреждений, спасателей студенческих спасательных отрядов проводить на основе комплексных программ по пожарной безопасности, минимизации (ликвидации) последствий террористических актов, формированию психологической готовности к работе в экстремальных ситуациях.

В результате анализа организации теоретического обучения и практической подготовки руководителей и специалистов образовательных (научных) учреждений разработаны и согласованы с ГУ МЧС России по Красноярскому краю дополнительные профессиональные образовательные программы обучения и повышения квалификации руководителей и специалистов образовательных (научных) учреждений, спасателей студенческих спасательных отрядов по обеспечению реализации способов защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара, минимизации (ликвидации) последствий террористических актов, позволяющие в полной мере и в соответствии с современной законодательной и нормативной базой повысить эффективность процесса обучения. Образовательные программы имеют модульное построение. В целях повышения эффективности процесса обучения разработаны учебно-методические комплексы программ, включающих учебно-методическое обеспечение каждого модуля и образовательной программы в целом, тестовый контроль знаний по каждому модулю и программам в целом и др.

Важным элементом, обеспечивающим эффективное решение задач по обучению является его техническое обеспечение. Оснащены современными техническими средствами обучения классы подготовки и инструктажа руководящего состава, и специалистов учреждений образования, и науки, спасателей студенческих спасательных отрядов мерам комплексной безопасности, лаборатория средств пожаротушения и защиты. Совместно с компанией «Альт» разработаны и установлены автоматизированные стенды «Система автоматической пожарной сигнализации и речевого оповещения», «Автоматические системы пожаротушения».

Пилотный проект полигона СибГТУ «DEFENDER PREMIUM» был представлен совместно с Сибирским региональным центром МЧС России, Главным управлением МЧС России по Красноярскому краю и ООО «Арника» на:

- международной выставке «Сиббезопасность. СПАССИБ» (г. Новосибирск 25-27 сентября 2012 г.), по результатам которой удостоен Диплома и большой Золотой медали;
- международной выставке-ярмарке «Спастех-Экспо» и «Пожтех-Экспо» (г. Кемерово, 27-30 ноября 2012 г.) по результатам которой удостоен Диплома и Золотой медали;

- 14-ой межрегиональной специализированной выставке-ярмарке «Средства и системы безопасности. Антитеррор – 2012» (г. Томск, 12-14 декабря 2012 г.) по результатам которой награжден медалью конкурса «Сибирские Афины»;
- IX специализированной выставке - форуме «Современные системы безопасности – Антитеррор» (г. Красноярск, 29-31 мая 2013 г.) по результатам которого удостоен Диплома и Золотой медали.

Использование полигона в образовательном процессе на наш взгляд позволит в значительной степени повысить уровень знаний и практических навыков руководителей, и специалистов учреждений образования, и науки в вопросах обеспечения пожарной безопасности, обеспечения безопасности учреждений в целом, создаст базу для подготовки командиров добровольных пожарных дружин и спасательных студенческих отрядов.

## О применении вычислительного эксперимента в обучающих целях в области пожарной безопасности

### **Кирик Екатерина Сергеевна**

*старший научный сотрудник Института, кандидат физико-математических наук,  
ФГБУН Институт вычислительного моделирования СО РАН*

### **Литвинцев Кирилл Юрьевич**

*научный сотрудник Института кандидат физико-математических наук,  
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН*

### **Зыков Николай Иннокентьевич**

*старший преподаватель, доцент кафедры Охраны труда и промышленной  
безопасности ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический  
университет»*

В статье вычислительный эксперимент представлен как инструмент для обучения в области пожарной безопасности.

В настоящее время методы математического моделирования и вычислительные технологии достигли уровня, когда можно проводить компьютерное моделирование очень сложных процессов. Современное развитие вычислительной техники позволяет сделать доступным вычислительный эксперимент для решения широкого круга задач, в число которых входят и задачи пожарной безопасности, в том числе в части обучения нормам и правилам ПБ.

Вычислительный эксперимент является быстрым, дешевым и надежным способом оценивания возможных сценариев развития событий. А в задачах пожарной безопасности, порой, единственным. Только с помощью вычислительного эксперимента можно проиграть опасные ситуации без риска нанести ущерб жизни и здоровью людей.

**Цели обучения.** Сопровождение учебного процесса вычислительным экспериментом может проходить в разных ключах в зависимости от целей обучения. Рассмотрим отдельные примеры.

1). Общий курс по теме «Пожарная безопасность»: слушателями является представители различных организаций, руководители и специалисты по пожарной безопасности, целью является изучение общих принципов норм и правил пожарной безопасности. В этом случае в соответствии с темами учебного плана средствами вычислительного эксперимента на примере отдельных зданий можно продемонстрировать влияние тех или иных рискообразующих факторов на исход эвакуации при пожаре. Рискообразующими факторами, которые могут быть учтены в расчетах, являются:

- объемно-планировочное решение (включая противопожарные двери, доводчики),

- место возгорания,
- типы и площадь пожарной нагрузки,
- применение пожаротушения на начальной стадии горения,
- система дымоудаления
- пожарная сигнализация (тип, работоспособность),
- пути эвакуации (загроможденность, доступность эвакуационных выходов),
- время реакции на оповещение.

Для того чтобы показать влияние рискообразующего фактора на исход эвакуации изменяется состояние только этого фактора при всех прочих равных условиях. Для выбранных условий составляется расчетный сценарий и делается расчет.

Визуализация каждого сценария сопровождается количественным анализом в виде отчета, содержащего информацию: общее время эвакуации, время эвакуации с этажей через каждый выход с этажа; время блокирования ОФП каждого этажа и времена достижения критических значений всеми другими ОФП; общая статистика по контакту с ОФП людей (время начала контакта с ОФП и его вид, максимальная продолжительность пребывания людей в зоне с повышенными концентрациями ОФП, количество человек, попавших во время эвакуации в зону критических значений ОФП); статистика по контакту с ОФП для каждого человека (время начала, вид ОФП, концентрация, длительность, этаж).

В качестве ОФП рассматриваются: тепловой поток, температура окружающей среды, концентрация СО (угарный газ), концентрация СО<sub>2</sub> (углекислый газ), концентрация HCl (хлороводород), концентрация О<sub>2</sub> (кислорода), видимость в дыму.

2). Курс по пожарной безопасности для сотрудников и руководителей конкретного учреждения, целью которого является изучение общих принципов норм и правил пожарной безопасности, выработка конкретных решений для собственного здания(ий) (управление людскими потоками, формирование планов эвакуации для различных сценариев развития ЧС и в целом пространственно-временная организация безопасного движения людей).

3). Образовательный процесс в профессиональных ВУЗах МЧС РФ. Компьютерное моделирование сценариев развития пожара и эвакуации на объекте при различных условиях (в том числе с учетом рискообразующих факторов) и сопутствующий качественный и количественный анализ расчетов дают представление о пространственно-временных характеристиках процессов в заданных условиях. Анализ отдельного сценария или совокупности сценариев позволяют решать задачи:

- изучение особенностей распространения ОФП (в том числе с привязкой к объемно-планировочным решениям);
- изучение влияния типа и объема пожарной нагрузки на динамику пожара;
- изучение влияния своевременных мер по пожаротушению на исход эвакуации;
- изучение влияния времени начала эвакуации на исход эвакуации при пожаре;



- изучение влияния степени использования эвакуационных путей и выходов на исход эвакуации;
- изучения влияния использования мер противопожарной защиты;
- априорная выработка наборов решений (планов эвакуации) для различных сценариев протекания пожара с привязкой к конкретному объекту (включая поэтапную эвакуацию);
- изучение «узких» мест планировки зданий с целью формирования способов управления людскими потоками;
- формирование схем эвакуации.

Обучение пожарной безопасности для учащихся образовательных учреждений. Цель – изучение норм и правил ПБ с привязкой к конкретному объекту образовательного учреждения (изучение путей эвакуации, расположения эвакуационных выходов, выполнение ситуационных заданий в трехмерном виртуальном пространстве здания в условиях приближенных к реальному пожару).



Рис. 1. Интерфейс доступа к сценариям.

**Пример реализации учебного программного комплекса.** В Сибирском государственном технологическом университете в рамках выполнения государственного контракта по ФЦП «Пожарная безопасность в РФ до 2012 года» была разработана компьютерная программа © «DEFENDER SCIENCE<sup>Sigma</sup>». Программа является виртуальным дидактическим материалом по курсу «Пожарная безопасность» и содержит базу расчетов сценариев развития пожара и эвакуации для типовых зданий общеобразовательного учреждения и общежития. Сценарии составлены в соответствии с курсом «Пожарная безопасность» и имеют целью показать расчетным путем влияние следующих факторов на развитие пожара и исход эвакуации:

- размещение очага возгорания,
- тип пожарной нагрузки,
- площадь пожарной нагрузки,
- состояние внутренних дверей,
- сработка сигнализации,
- тушение на начальной стадии,
- использование выходов из здания,
- время начала эвакуации,
- загроможденность путей эвакуации.

Поскольку процесс расчета сценария эвакуации и пожара является трудоемким (требуется от нескольких часов до суток в зависимости от объема расчетной области) и ресурсоемким, для удобства использования в учебном процессе расчеты сценариев были сделаны предварительно и помещены в базу данных программы. Расчеты выполнены с помощью отечественных программных комплексов © SigmaFire и © SigmaEva [2], реализующих полевую модель распространения ОФП [1, 3] и модель движения людей индивидуально-поточного типа [1] соответственно. С помощью интерфейса организован удобный доступ к описаниям сценариев и расчетам путем загрузки соответствующих данных в визуализатор программы и/или формирования количественного отчета, рисунок 1.

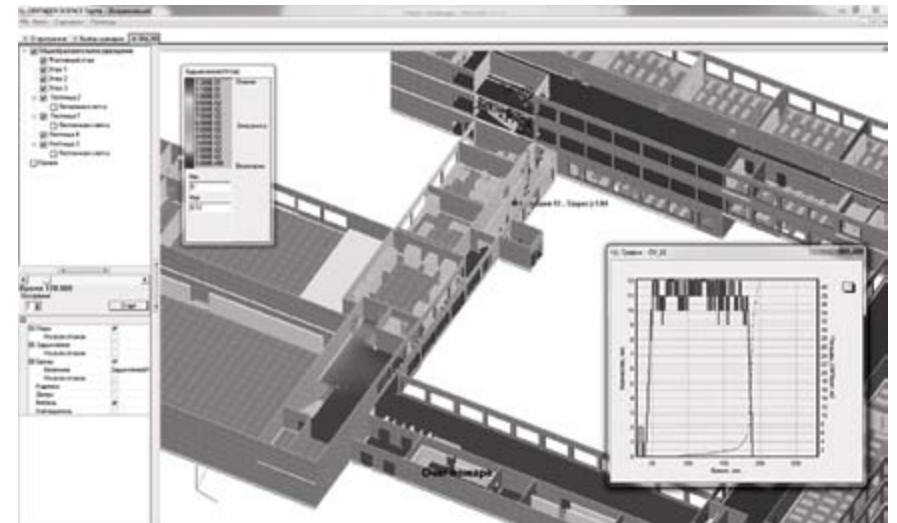


Рис. 2. Пример работы с визуализатором, сценарий эвакуации при пожаре рядом с центральным выходом. Показано распространение задымления по зданию школы, цветовая шкала для отображения количественных значений задымления, график изменения количества людей и площадь отмеченного маркером коридора, где задымление достигло критических значений.

Модуль визуализации расчетов сценариев позволяет менять позицию наблюдателя, тем самым предоставляя возможность в разных частях здания наблюдать развитие процесса. Предусмотрена одновременная пространственная визуализация движения людей в здании, распространения дыма и полей ОФП на высоте 1,7 м от пола каждого этажа, по запросу пользователя в интерактивном режиме выдает запрашиваемую статистическую информацию, рис. 2.

Таким образом, реализовано следующее наполнение программы:

- база выполненных расчетов сформированных сценариев для выбранных объектов;
- интерфейс доступа к сценариям;
- модуль пространственной визуализации людских потоков и распространения опасных факторов пожара для выбранного сценария;
- модуль формирования отчета с количественными данными по сценарию.

#### Список литературы:

1. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Текст]: Приказ МЧС России № 749 от 12 декабря 2011 года.
2. Литвинцев К.Ю., Дектерев А.А., Кирик Е.С. Расчет и анализ эвакуации и развития пожара в едином программном комплексе // Тезисы XXXIV Международной научно-практической конференции по проблемам пожарной безопасности, посвященной 75-летию создания ВНИИПО, М: ВНИИПО МЧС РФ, 2012. – С.29-32.
3. Рыжов А.П., Хасанов И.Р., Дектерев А.А., Амельчугов С.П. и др. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях // Методические рекомендации. – М.: ВНИИПО МЧС РФ, 2002.

## Управление пожарной безопасности муниципального образования на основе моделирования оценки ущерба от пожаров

**Тужиков Евгений Николаевич**

преподаватель кафедры организации надзорной деятельности, ФГБОУ ВПО  
Уральский институт ГПС МЧС России

**Тырсин Александр Николаевич**

ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, профессор,  
Научно-инженерный Центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН

Обеспечение необходимого уровня пожарной безопасности и минимизация потерь вследствие пожаров является важным фактором устойчивого социально-экономического развития Российской Федерации.

На рисунках 1,2 изображены динамика пожаров, произошедших на территории России за последнее десятилетие и динамика ущерба от них, которые свидетельствуют о стабильном снижении количества пожаров, но и о резком увеличении прямого ущерба от них [1-5].

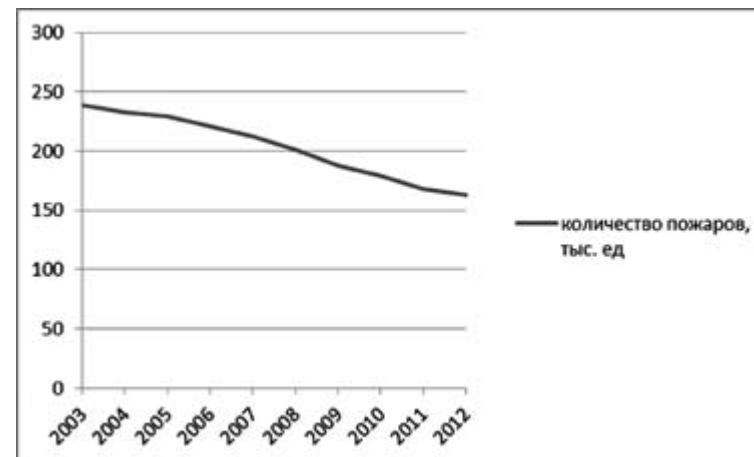


Рис. 1 Изменение количества пожаров на территории России за 2003 – 2012 гг.

Обозначив проблему существующего положения дел в области пожарной безопасности, хотелось бы отметить, что в целях обеспечения устойчивого и комплексного социально-экономического развития России в целом, большую роль играют органы местного самоуправления (далее – ОМС). Одной из основных задач, которых является обеспечение первичных мер пожарной безопасности на территории муниципальных образований [6].

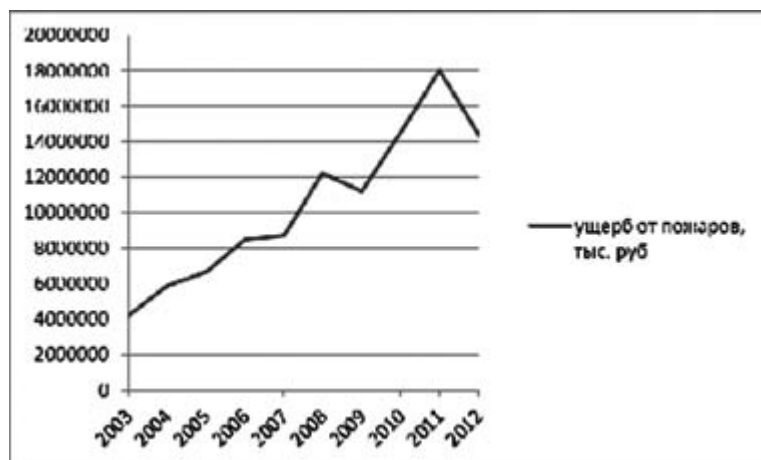


Рис. 2 Изменение прямого ущерба от пожаров в России за 2003 – 2012 гг.

В силу ряда причин на территории муниципальных образований существуют проблемы в обеспечении пожарной безопасности, которые необходимо решать, причем в основном на основе повышения эффективности деятельности органов местного самоуправления.

Еще в 2008 году Д. А. Медведев отметил в своем Послании Федеральному Собранию: «Вопрос повышения ответственности муниципальных начальников за качество и результаты их работы давно назрел. Наделение представительных органов местного самоуправления столь серьезными полномочиями предполагает, в свою очередь, и повышение требований к качеству их собственной работы» [7].

Нами предложена методика оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления в области обеспечения первичных мер пожарной безопасности (далее – методика), разработанная с целью определения единых методических подходов к организации мониторинга эффективности деятельности органов местного самоуправления для оценки эффективности расходования бюджетных средств, динамики изменения показателей, характеризующих качество жизни, уровня социально-экономического развития муниципального образования, степени внедрения методов и принципов управления, обеспечивающих переход к более результативным моделям муниципального управления, в том числе и в области пожарной безопасности.

Основой методики является математическое моделирование ущерба от пожара и его опасных факторов, с помощью которого можно управлять уровнем пожарной безопасности на территории муниципального образования.

Нами был введен комплексный показатель  $Y$  – общий (суммарный) экономический ущерб от пожаров – общая характеристика (оценка) последствий от пожаров и их опасных факторов.

$Y$  включает в себя такие показатели как: количество пожаров, случившихся на территории муниципального образования, количество пострадавших на пожарах на территории муниципального образования, в том числе пострадавшие от первичных и вторичных факторов пожаров, количество погибших на пожарах на территории муниципального образования, площадь пожаров, произошедших на территории муниципального образования за взятый интервал времени.  $Y$  определяется по формуле:

$$Y = Y_0 + \alpha_1 Y_1 + \alpha_2 Y_2, \quad (1)$$

где  $Y$  – общие потери от пожара, (млн. руб.);  $Y_0$  – потери непосредственно от пожара (уничтожено огнем) (млн. руб.);  $Y_1$  – количество погибших на пожаре от огня и опасных факторов пожара (чел.);  $Y_2$  – количество пострадавших на пожаре от огня и опасных факторов пожара (чел.);  $\alpha_1$  – коэффициент, учитывающий стоимость человеческой жизни (млн. руб.);  $\alpha_2$  – коэффициент, учитывающий стоимость лечения пострадавших от пожара, пособие по нетрудоспособности и пенсия по инвалидности (млн. руб.);  $Y_0, Y_1, Y_2$  – принимаются по официальным статистическим данным по пожарам и последствиям от них согласно РОССТАТ и данным МЧС России;  $\alpha_1, \alpha_2$  – вычисляются согласно п. 2.17 и п. 2.21 [8].

В методике были использованы, определенные методом экспертных оценок и факторного анализа [9], тридцать показателей, влияющие на количество пожаров и последствия от них. К ним относятся: площадь территории муниципального образования; количество населения, проживающего в муниципальном образовании; количество строений на территории муниципального образования; плотность застройки территории муниципального образования; количество сотрудников ГПС на территории муниципального образования; количество населения муниципального образования, задействованного в добровольной пожарной охране; количество исправной спецавтотехники на вооружении ГПС на территории муниципального образования; количество населения муниципального образования, обученного мерам пожарной безопасности; количество надлежащего состояния источников противопожарного водоснабжения, расположенных на территории муниципального образования; количество исправных средств связи для оповещения населения о чрезвычайных ситуациях; количество административных правонарушений, выявленных во время действия особого противопожарного режима и ряд других.

На примере 54 городских округов Свердловской области было проведено исследование влияния введенных показателей на общий экономический ущерб от пожаров  $Y$  за 2012 год. Статистический анализ показал, что данные факторы не в полной мере описывают выходную величину  $Y$ . Поэтому к указанным факторам были добавлены суммарные потери от пожаров за прошлый 2011 год. В результате была построена регрессионная зависимость ожидаемого суммарного ущерба от ряда факторов:

$$\bar{Y} = 19,458 + 1,229 X_1 - 77,878 X_2 - 0,394 X_3 - 56,318 X_4 + 0,909 X_5, \quad (2)$$

где  $X_1$  – количество строений на территории муниципального образования (тыс. шт.);  $X_2$  – общая протяженность автодорог и качество дорожного покрытия (тыс. км.);  $X_3$  – среднее количество осадков, выпавших на территории муниципального

образования в июле (мм.);  $X_4$  – доля территории муниципального образования покрытая лесами от общей территории;  $X_5$  – суммарные потери от пожаров в прошлом году (млн. руб.);  $X_6$  – количество исправных средств связи для оповещения населения о чрезвычайных ситуациях (шт.).

Модель (1)-(2) достаточно адекватно описывает ожидаемый средний ущерб от пожаров: коэффициент детерминации  $R^2 = 0,703$ ; все коэффициенты регрессии в (2) статистически значимы на уровне значимости 0,05.

Для того чтобы управлять состоянием (уровнем) пожарной безопасности для каждого муниципального образования делается прогноз суммарного ущерба от пожаров и их опасных факторов на требуемый период времени по уравнению (2):

$$\bar{y}_i = 19,458 + 1,229x_{i1} - 77,878x_{i2} - 0,394x_{i3} - 56,318x_{i4} + 0,909x_{i5} + 0,244x_{i6}$$

где  $i$  – это конкретное муниципальное образование (городской округ),  $x_{ik}$  – значения факторов в этом муниципальном образовании (округе).

По окончании рассматриваемого периода времени, фиксируют фактические потери  $y_i$  от пожаров на территории конкретного муниципального образования субъекта РФ (млн. руб.).

Оцениваем эффективность деятельности органов местного самоуправления по обеспечению первичных мер пожарной безопасности как:

$$\delta_i = \frac{\bar{y}_i - y_i}{y_i}, \quad (3)$$

где  $\delta_i$  – эффективность деятельности органов местного самоуправления по обеспечению первичных мер пожарной безопасности на территории муниципального образования (%).

В качестве перспективных направлений применения разработанной методики видятся следующие:

- оценка полноты и качества исполнения ОМС требований законодательных и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законодательных и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации, муниципальных правовых актов в области обеспечения первичных мер пожарной безопасности;
- анализ степени реализации полномочий в области обеспечения ОМС первичных мер пожарной безопасности;
- оценка адекватности принимаемых ОМС мер складывающейся обстановке с пожарами на территориях и объектах, степени их влияния на обстановку с пожарами;
- выявление причин и условий, приведших к не исполнению или неполному и некачественному исполнению ОМС законодательных и нормативных правовых актов Российской Федерации, законодательных и нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации, муниципальных правовых актов в области обеспечения первичных мер пожарной безопасности, а также причин и условий, способствующих росту количества пожаров и тяжести их последствий;

- принятие мер по устранению выявленных нарушений, предотвращению возможного причинения вреда жизни и здоровью людей, окружающей среде и имуществу, а также мер по привлечению к ответственности лиц, допустивших нарушения;
- оказание практической помощи в организации исполнения ОМС законодательных и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законодательных и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации, муниципальных правовых актов в области обеспечения первичных мер пожарной безопасности, в том числе по стабилизации обстановки с пожарами;
- выявление, изучение, обобщение и распространение положительного опыта, новых форм и методов работы в области обеспечения первичных мер пожарной безопасности;
- проведение конкурса на звание «лучшее муниципальное образование в области обеспечения первичных мер пожарной безопасности»;
- принятие управленческих решений, так как методика помогает руководству про дифференцировать различные варианты политики по их эффективности и действенности;
- оказывает значительное влияние на решения исполнительных или законодательных органов власти об увеличении или сокращении финансирования программ, вплоть до их прекращения. Оценка региональной политики в области обеспечения первичных мер пожарной безопасности может быть использована в качестве обоснования необходимости финансирования той или иной программы или проекта, так как позволяет сделать вывод, в какой степени программы максимизируют общественное благосостояние, а также выявить и соотнести выгоды и издержки, которые несет общество в ходе их реализации;
- способствует обеспечению обратной связи менеджмента и практического применения политики в области обеспечения первичных мер пожарной безопасности и дает возможность принять корректирующие меры.

Таким образом, оценка эффективности деятельности ОМС может обеспечить ответственность политиков за свои действия в области пожарной безопасности, как внутреннюю (перед правительством), так и внешнюю (перед электоратом).

#### Список литературы:

1. Пожары и пожарная безопасность в 2007 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Н.П. Копылова. - М.: ВНИИПО, 2008, - 137 с.: ил. 40.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2008 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Н.П. Копылова. - М.: ВНИИПО, 2008, - 137 с.: ил. 40.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2009 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Н.П. Копылова. - М.: ВНИИПО, 2010, - 135 с.: ил. 40.
4. Пожары и пожарная безопасность в 2010 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В.И. Климкина. - М.: ВНИИПО, 2011, - 140 с.: ил. 40.

5. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: Статистический сборник. Под общей редакцией В.И. Климкина. - М.: ВНИИПО, 2012, - 137 с.: ил. 40..
6. Сведения о пожарах и их последствиях за январь-декабрь 2012 г. URL: <http://www.mchs.gov.ru/folder/425568> (16.06.2013).
7. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации. Федеральный закон Российской Федерации от 28 августа 1995 г. № 154-ФЗ. Собрание законодательства Российской Федерации. 1995. № 35, ст. 3506.
8. Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию. URL: [http://archive.kremlin.ru/appears/2008/11/05/1349\\_type63372type63374type63381type82634\\_208749.shtml](http://archive.kremlin.ru/appears/2008/11/05/1349_type63372type63374type63381type82634_208749.shtml). (дата обращения 10.05.2013).
9. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования».
10. Длин А. М. Факторный анализ в производстве. [Текст]: М., Статистика, 1975 – 328 с.

## **Обеспечение пожарной безопасности на подвижном составе железнодорожного транспорта ОАО «РЖД»: состояние и ближайшие перспективы развития подразделений добровольной пожарной охраны**

***Антипина Ольга Ивановна***

*адъюнкт кафедры тактики и аварийно-спасательных работ,  
Сибирская пожарно-спасательная академия - филиал  
Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России*

Обеспечение пожарной безопасности функционирования железнодорожного транспорта ОАО «РЖД» представляет собой проблему федерального масштаба [1]. Это проявляется по целому ряду различных показателей пожарной обстановки. Прямой материальный ущерб от пожаров характеризуется устойчивой тенденцией к росту. Величина данного показателя в 2009 году составила 53,8 млн. руб., в 2010 году – 46,1 млн. руб., в 2011 году – 102,7 млн. руб. Увеличивается размер материального ущерба вследствие возрастания числа пожаров, которое также характеризуется устойчивой тенденцией прироста на протяжении ряда лет. В последние годы число пожаров варьируется в диапазоне 140-200 пожаров в год. По причине пожаров нарастает время задержек движения поездов. В 2009 году эта величина составила 682 ч., в 2010 году – 1440 ч., в 2011 году - 1334 ч.

В настоящее время пожарная безопасность на ОАО «РЖД» находится в ведении Федерального государственного предприятия «Ведомственная охрана железнодорожного транспорта Российской Федерации» (далее - ФГП ВО ЖДТ России).

На сети железных дорог ОАО «РЖД» в режиме постоянной готовности функционируют 304 пожарных поезда ФГП ВО ЖДТ России [2]. Из них 67 поездов по своим тактико-техническим характеристикам отнесены к I категории, 237 поездов к II категории. На Красноярской железной дороге – филиале ОАО «РЖД» дислоцируется 14 пожарных поездов, из них 2 поезда I категории, 12 поездов II категории (табл. 1).

Таблица 1. Сведения о местах дислокации, границах и протяженности участков обслуживания пожарных поездов на Красноярской железной дороге - филиале ОАО «РЖД»

№ п/п	Место дислокации пожарного поезда	Границы участков обслуживания пожарного поезда	Протяженность обслуживания (км)
1.	Пожарный поезд ст. Аскиз	От ст. Аскиз до ст. Абаза, Тея, 68 км (граница с Западно-сибирской жел. дорогой - филиалом ОАО «РЖД») (включительно). До ст. Хоных (исключительно)	379
2.	Пожарный поезд ст. Абакан	От ст. Абакан до ст. Хоных, Сон Черногорские, Копи (включительно). До ст. Курагино (исключительно)	260

3.	Пожарный поезд ст. Кошурниково	От ст. Кошурниково до ст. Канзыба, Большая Ирба, Курагино, Мана (включительно)	232
4.	Пожарный поезд ст. Саянская	От ст. Саянская до ст. Авда, 1030,8 км (граница с Восточно-Сибирской жел. дорогой - филиалом ОАО «РЖД») - (включительно). До ст. Мана (исключительно)	367,8
5.	Пожарный поезд ст. Мариинск	От ст. Мариинск до ст. Тяжин, 3707 км (граница с Западно-Сибирской жел. дорогой - филиалом ОАО «РЖД») (включительно)	66
6.	Пожарный поезд ст. Боготол	От станции Боготол до станции Критово - включительно. До станции Тяжин (исключительно)	105
7.	Пожарный поезд ст. Ачинск-1	От ст. Ачинск-1 до ст. Новая Еловка, Суриково - включительно. До станции Кемчуг, Красная Сопка, Критово (исключительно)	333
8.	Пожарный поезд ст. Ужур	От ст. Ужур до ст. Красная Сопка, Шарыпово, Кия Шалтырь (включительно). До ст. Сон (исключительно)	407
9.	Пожарный поезд ст. Лесосибирск-1	От ст. Лесосибирск-1 до станции Суриково (исключительно)	172
10.	Пожарный поезд ст. Красноярск	От ст. Красноярск до ст. Кемчуг, Дивногорск, Красноярск – Северный, Сорокино (включительно)	208
11.	Пожарный поезд ст. Иланская	От ст. Иланская до ст. Камала, Тинская (включительно)	165
12.	Пожарный поезд ст. Решоты	От ст. Решоты до ст. Новобирюсинская, Ключи, 4487 км (граница с Восточно-Сибирской жел. дорогой - филиалом ОАО «РЖД») (включительно). До ст. Тинская (исключительно)	158
13.	Пожарный поезд ст. Уяр	От ст. Уяр до станции Заозерная (включительно). До ст. Сорокино, Камала, Авда (исключительно)	157
14.	Пожарный поезд ст. Чунояр	От ст. Чунояр до ст. Карабула (включительно). До ст. Новобирюсинская (исключительно)	151

Особенности пожаров на железнодорожном транспорте связаны с работой подвижного состава (далее - ПС). Пожары возникают как на тяговом ПС, так и в вагонах различного назначения (пассажирские, грузовые, специальные). Ежегодно из-за пожаров уничтожается около 100 единиц ПС, что значительно выше потерь предыдущих десятилетий в 40-60 единиц.

К примеру, количество уничтоженных пожарами тепловозов в период с 2009 года по 2011 год увеличилось с 15 до 35 единиц. Средний темп прироста по данному виду ПС составил 54 % в год. По грузовому ПС за тот же период – 28 % в год, по специальным машинам – 33 % в год.

Основными причинами пожаров на ПС главным образом более чем в 70% случаев явились технические неисправности, такие как: неисправности высоковольтных цепей, неисправности тяговых электродвигателей, короткие замыкания силовых и вспомогательных цепей, а также неисправности дизеля. Способствовало развитию пожаров отсутствие или неудовлетворительное состояние имеющихся систем автоматической противопожарной защиты, что снижает эффективность реагирования на аварийные ситуации при сложившейся системе пожарной безопасности на ОАО «РЖД». Эти и другие характеристики пожарной обстановки определяют проблему обеспечения пожарной безопасности на ОАО «РЖД» как проблему федерального масштаба.

Анализ пожарной обстановки на ОАО «РЖД» позволил выявить ряд моментов:

- тенденция к ухудшению обстановки с пожарами устойчива и будет прогрессировать в ближайшие годы;
- неблагоприятная обстановка с пожарами наблюдается на фоне растущих материальных затрат по обеспечению пожарной безопасности;
- неблагоприятная обстановка наблюдается на фоне показателей, характеризующих снижение пассажирских и грузовых перевозок;
- снижение интенсивности и объема пассажирских и грузовых перевозок, вследствие роста времени задержек движения поездов;
- невозможность снижения времени реагирования пожарных поездов из-за большого радиуса обслуживания;
- отсутствие подразделений добровольной пожарной охраны на ОАО «РЖД».

Таким образом, проблема обеспечения пожарной безопасности на железнодорожном транспорте для ОАО «РЖД» и Красноярской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» в том числе актуальна.

Обеспечение пожарной безопасности на основе федеральных и ведомственных подразделений пожарной охраны на ОАО «РЖД» или ее филиалах, с одной стороны, мало эффективно, с другой стороны, требует значительных материальных затрат, способныхкратно понизить рентабельность функционирования ОАО «РЖД». В связи с этим свою огромную по значимости и экономической эффективности роль здесь и сейчас могла бы сыграть добровольная пожарная охрана (далее – ДПО) при соответствующей системной проработке данного вопроса.

Мировой опыт свидетельствует о том, что эффективным решением в сфере обеспечения пожарной безопасности на объектах экономики и инфраструктуры является привлечение к ликвидации пожаров подразделений ДПО, что ведет к значительному повышению уровня противопожарной защиты при возникновении минимальных расходов. Эффективность деятельности подразделений ДПО, как правило, сочетается с ее значительной численностью и преобладанием удельного веса над численностью формирований других ведомственных подразделений пожарной охраны. Так в США из общего числа пожарных 72 % составляют пожарные-добровольцы, во Франции и в Швеции – 80 % добровольцев, в Германии – 96 %.

Если же говорить о Российской Федерации, то с момента принятия в мае 2011 года Федерального закона № 100 – ФЗ «О добровольной пожарной охране» [3]

огромное внимание уделяется созданию добровольных пожарных формирований на территориях городских и сельских поселений, межселенных территориях (территориальные добровольные пожарные команды или территориальные добровольные пожарные дружины), а также в организациях (объектовые добровольные пожарные команды или объектовые добровольные пожарные дружины). На территории Российской Федерации сейчас имеется 11946 подразделений ДПО общей численностью 71297 человек, что составляет удельный вес намного меньше величины в 50%. На вооружении у них находится около 6000 единиц пожарной техники и около 6100 приспособленной техники.

Передовой российский опыт в пределах отдельных ведомств (авиатранспорт, нефтегазовый комплекс) свидетельствует о том, что комплексная проработка вопросов формирования и нормативного обеспечения ДПО сопровождается стабилизацией и нормализацией пожарной обстановки.

Анализ пожаров, произошедших на ОАО «РЖД», позволяет утверждать, что при разнообразии условий и причин их возникновения, в зависимости от характера перевозимого груза, скорости развития аварийной ситуации, только добровольные пожарные, сформированные при ОАО «РЖД», могут первыми и с большим опережением оказаться на месте аварийной ситуации, вступить в борьбу с огнем, снизив тем самым риск и уровень возникновения человеческих и материальных потерь.

Таким образом, представляемые данные позволяют прийти к выводу о возможности и целесообразности создания и обеспечения деятельности подразделений добровольной пожарной охраны для борьбы с пожарами и повышения уровня пожарной безопасности на ОАО «РЖД». Наиболее оптимальным направлением обеспечения пожарной безопасности на объектах ОАО «РЖД» является обеспечение пожарной безопасности на подвижном составе. В связи с вышеизложенным необходимо:

- провести анализ влияния размещения пожарных поездов и подразделений ГПС, расположенных в населенных пунктах вдоль железнодорожных магистралей, на эффективность обеспечения пожарной безопасности ПС железнодорожного транспорта;
- провести оценку фактической и требуемой оснащенности ПС железнодорожного транспорта средствами обнаружения и тушения пожаров;
- разработать требования к технической оснащенности ПС железнодорожного транспорта средствами обнаружения и тушения пожаров для использования подразделениями ДПО.

Проработка данных вопросов позволит создать:

- модель привлечения подразделений ДПО, пожарных поездов и подразделений ГПС для тушения пожаров на ПС железнодорожного транспорта.
- методику оптимального расположения пожарных поездов, количества подразделений ДПО и оптимального их размещения для тушения пожаров на ПС железнодорожного транспорта с учетом дислокации подразделений ГПС.

В целом, представляемые результаты свидетельствуют о том, применительно к современным проблемам обеспечения пожарной безопасности на ОАО «РЖД» и Красноярской железной дороге – филиале ОАО «РЖД», в частности, необходимо решить ряд задач по реализации принципов и способов обеспечения пожарной безопасности на основе создания и полномасштабного обеспечения ресурсных потребностей подразделений добровольной пожарной охраны.

#### Список литературы:

1. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере транспорта (Госжелдорнадзор) // <http://www.rwnadzor.ru/>
2. Приказ филиала ОАО «РЖД» - Красноярская железная дорога от 20 июня 2011 г. № 282н «О содержании железнодорожного подвижного состава пожарных поездов в боевой готовности».
3. Федеральный закон от 6 мая 2011 № 100-ФЗ «О добровольной пожарной охране». - «Собрание законодательства РФ». - 09.05.2011. - № 19. С. 2717.

## Обеспечение эксплуатации пожарной техники в условиях низких температур на территории Красноярского края

### **Татаркин Иван Николаевич**

научный сотрудник отдела экспериментальных исследований и опытно-конструкторских разработок Центра НИОКР, Сибирская пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

### **Мартинovich Николай Викторович**

научный сотрудник отдела экспериментальных исследований и опытно-конструкторских разработок Центра НИОКР, Сибирская пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

Основным средством пожарной охраны используемой для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ является мобильные средства пожаротушения-пожарные автомобили основного и специального назначения. Отказы либо поломки техники не допустимы и чреваты тяжелыми последствиями. Наиболее уязвима техника, когда на конструкции автомобиля и агрегатов, воздействуют не только рабочая нагрузка, но и низкая температура. Что как следствие ведет к повышенному износу, поломкам и выходу ее из строя.

Эксплуатация пожарной техники в Красноярском крае обусловлена особенностями края. На территории края преобладает резко континентальный, континентальный климат особо суровый на севере. Зима продолжительная 245 суток. Средняя температура января от –30 до –36 °С на севере и Среднесибирском плоскогорье и от –18 до –22 °С в районах Енисейска, Красноярска и на юге. В Красноярске температура наиболее холодной пятидневки –43°С абсолютная минимальная температура составляет –53°С. Известно что низкая температура отрицательно влияет на эксплуатируемую технику в таких условиях.

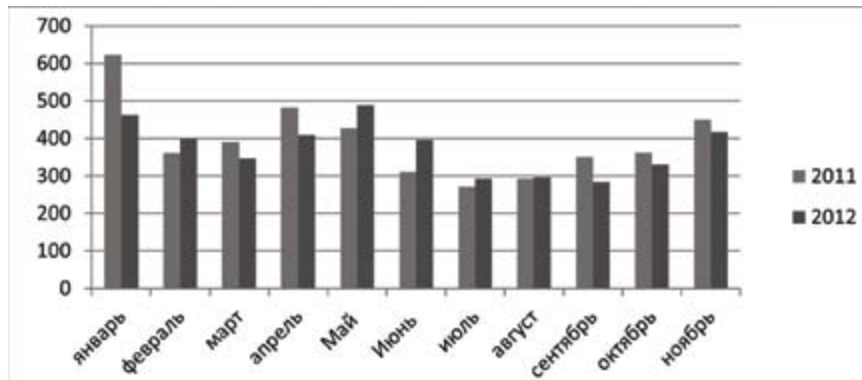


Рис. 1. Количество техногенных пожаров в Красноярском крае по месяцам за 2011-2012 год

Как видно из графика большое количество техногенных пожаров приходится на холодный период года. Так же на технику влияют перепады температуры при выезде техники из пожарного депо, в соответствии с нормативной документацией расчетная температура воздуха в помещении пожарной техники должна составлять + 16 °С. Очевидно, перепад температуры отрицательно сказывается на надежности техники.

Воздействие таких температур затрудняет эксплуатацию и увеличивается износ. Как следствие, в течение продолжительного времени снижение динамических показателей, снижение надежности техники увеличивает вероятность отказа техники.

Возникает проблема сокращения износа при эксплуатации техники при воздействии отрицательных температур. Возможные пути решения данной проблемы применение как организационно, так и технических мероприятий, например мероприятий по снижению теплоотдачи корпуса и агрегатов техники и предпусковому прогреву техники. Таким образом, для поддержания в высокой готовности сил и средств пожарной охраны имеется потребность в периодической оценке пожарной техники к переменным условиям эксплуатации.

Также применение системы анализа и контроля технических показателей техники с дальнейшим вероятностным прогнозом и рекомендациями по эксплуатации узлов и агрегатов. В настоящий момент нормативно-правовое регулирование эксплуатации техники в пожарной охране не затрагивает данный аспект, а ограничивается только типовыми рекомендациями по эксплуатации. Сезонное обслуживание производится в соответствии с планом проведения технического обслуживания, является основным мероприятием по подготовке техники к эксплуатации в зимний период года. Учет территориально климатических особенностей, и интенсивность практической работы в нормативной документации не учитывается. Возможно, предположить, дифференцированный подход к содержанию и объему организационно-технических мероприятий в зависимости от особенностей работы, комплексная оценка эксплуатируемых характеристик пожарной техники на основании экспертных методов оценки, обеспечит повышению надежности и безотказности работы. Что как следствие приведет к повышению надёжности при эксплуатации. Система поддержки и принятия решений при определении объема превентивных организационно-технических мероприятиях повышающих надежность техники при эксплуатации в условиях низких температур. Позволит так же снизить затраты на средний и капитальный ремонт, снизить количество отказов при тушении и проведении аварийно-спасательных работ. Комплекс мероприятий направленных на поддержание техники в исправном состоянии.

### Список литературы:

1. Официальный сайт Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий [Эл. ресурс] // МЧС России, 2013. – Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru>.
2. Инструкция по организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: утвержденной приказом МЧС России от 18.09.2012 № 555.



3. Сайт Красноярского края [Эл. ресурс] // Красноярский край, 2013. – Режим доступа: <http://www.krasnoyarskkr.ru/>
4. Нормы проектирования объектов пожарной охраны НПБ 101-95: утв. ГУГПС МВД РФ, введены Приказом ГУГПС МВД РФ от 30.12.1994 N 36.

## **Подходы к управлению системой практической подготовки пожарно-спасательных подразделений МЧС России**

---

***Мартинovich Николай Викторович***

*научный сотрудник отдела экспериментальных исследований и опытно-конструкторских разработок Центра НИОКР, Сибирская пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России*

Использование расширяющегося спектра спасательного, пожарно-технического оборудования приводит к изменениям взглядов на характер, способы подготовки, ведение действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ. Совершенствование профессиональной подготовки сотрудников к действиям в условиях чрезвычайных, внестатных ситуаций определено в качестве основного фактора повышения эффективности влияющего на успешное решения задач МЧС России. При этом отмечается, что подготовка должна осуществляться с учётом особенностей функционирования конкретных подразделений федеральной и региональной специфики.

Несмотря на наличие большого количества работ, раскрывающих различные стороны профессиональной подготовки специалистов, теории профессиональной подготовки специалистов ГПС МЧС России не удалось обнаружить исследований, посвященных вопросам влияния и учета региональных особенностей оперативной работы при осуществлении практической подготовки специалистов оперативных подразделений пожарной охраны.

Для оценки региональных особенностей работы подразделений пожарной охраны, необходимо, исследовать взаимосвязь последствий пожара, прямых результатов работы противопожарных подразделений и видов применяемых работ на конкретной территории. Комплексный анализ статистических данных по оперативной работе и региональным особенностям конкретного региона позволил бы проводить подготовку сотрудников с учетом специфики предстоящего спектра работ.

Данный подход реализован в процессе выполнения п. 6.4-2/Б Плана научно-технической деятельности МЧС России на 2011-2013 годы, в объеме научно-исследовательской работы «Обоснование и разработка состава учебно-тренировочного комплекса практической подготовки и полигона экспериментальных исследований с учетом территориальных особенностей Сибири и Дальнего Востока» выполнено научно-техническое обоснование структуры и состава учебно-тренировочного комплекса практической подготовки и полигона экспериментальных исследований.

Для достижения поставленной цели, согласно техническому заданию введены работы по следующим направлениям:

1. Осуществлен аналитический обзор социально - экономических особенностей регионов Сибири и Дальнего Востока;
2. Осуществлен аналитический обзор региональных особенностей оперативной работы подразделений ФПС Сибири и Дальнего Востока;

3. Осуществлен аналитический обзор отечественного и зарубежного опыта практической подготовки подразделений ФПС;
4. Для оценки актуальности применения элементов практической подготовки на основе выявленных региональных особенностей, разработана оригинальная методика, базирующаяся на представлении статистических данных о пожаре как вектора в шестимерном евклидовом пространстве.

На основании Парето-анализа объектов пожара и экспертного анализа видов работ установлены те виды боевой работы, отработка которых наиболее актуальна в регионах Сибири и Дальнего Востока. По результатам проведенной работы сформированы общие требования к составу и структуре учебно-тренировочного комплекса практической подготовки и полигона экспериментальных исследований.

Данный подход позволил реализовать не только принцип: «Учить в первую очередь тому, что действительно пригодиться», но и стал основой экономического обоснования при формировании объема финансирования подразделений, максимально эффективно используя выделяемые денежные ресурсы. В тоже время для более успешного решения стратегических и оперативных задач управления системой профессиональной подготовки практических работников МЧС, необходима объективная информация так же и о процессах, осуществляемых в системе подготовки. Повышение эффективности практической подготовки сотрудников пожарно-спасательных подразделений МЧС России должно основываться не только на основе результатов фактических работ с учетом территориальных особенностей, но и на основании анализа функциональной модели их деятельности.

Так, в ряде научно-исследовательских работ, обосновано применение международных стандартов функционального моделирования при разработке систем различных организаций (К.С. Зайцев, 2002; В.В. Михалев, 2007; А.Н. Гупаленко, 2010), а также использование методологии базирующейся на теории систем, теории принятия решений, теории управления при решении задач в системе МЧС России (И. Г. Малыгин, Ю. И. Жуков, А. В. Смольников 2004; С.А Панов, 2007; С.В Субачев, 2008). В тоже время исследования, посвященные применению математических моделей, носят в основном узконаправленный характер и посвящены решению общих задач управления, при осуществлении оперативной деятельности без учета многофакторного анализа региональных особенностей деятельности пожарно-спасательных подразделений в условиях изменяющихся задач.

На практике использование теоретических и практических достижений в управлении профессиональной подготовкой и реализация дифференцированного подхода при формировании состава программ практической отработки наиболее важных приемов тушения пожаров и проведению иных аварийно-спасательных работ продолжает оставаться фрагментарной.

Повышение качества практической подготовки сотрудников пожарно-спасательных подразделений МЧС России на основе анализа функциональной модели их деятельности и результатов фактических работ с учетом территориальных особенностей позволяет более эффективно использовать имеющиеся ресурсы.

### Список литературы

1. Официальный сайт Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий [Электронный ресурс] // МЧС России, 2013. – Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru/>
2. Статистика пожаров [Электронный ресурс] / Статистика Пожаров, 2011 – Режим доступа: <http://statp.ru/index.php>.
3. Отчет о НИР «Обоснование и разработка состава учебно-тренировочного комплекса практической подготовки и полигона экспериментальных исследований с учетом территориальных особенностей Сибири и Дальнего Востока» (НИР «Полигон - Сибирь») (п. 6.4-2/Б Плана научно-технической деятельности МЧС России на 2011-2013 годы)
4. Подходы к созданию методики комплексной оценки боевой работы пожарных. Печатн. Проблемы информатизации региона. ПИР-2011 : Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск, 2011 – С. 119 – 123. В. С. Коморовский, Н. В. Мартинович
5. Оценка приоритетности направлений практической подготовки пожарных подразделений, с учетом региональных особенностей Печатн. Материалы межвузовской научно-практической конференция «Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности» - Москва, 2012. С. 19-21 Н. В. Мартинович

## Система менеджмента качества в пожарно-спасательном подразделении МЧС России

### *Калюжина Жанна Сергеевна*

*научный сотрудник отдела информационных технологий и компьютерного моделирования Центра НИОКР, Сибирская пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России*

В современных условиях российской экономики возрастает актуальность изменений в различных структурах государства, создания и внедрения новых форм управления, обеспечивающих повышение эффективности деятельности государственных структур при использовании имеющихся ресурсов. В условиях расширения круга решаемых подразделениями ФПС МЧС России задач, обусловленных возникновением новых угроз как техногенного, так и природного характера требуется применение универсальных и современных подходов к управлению, как в дежурном режиме, так и в режиме ликвидации угроз. Потребность в реформах обусловлена ещё и тем, что на работу пожарно-спасательных подразделений достаточно критично смотрят отечественные специалисты, граждане, и непосредственно сами пожарные. Обоснованно обращается внимание на нерациональность распределения сил и времени, сосредоточения на формальных точках работы.

Во всех отраслях мировой экономики происходит масштабное внедрение Системы Менеджмента Качества (СМК) на базе постоянно эволюционирующих стандартов ISO серии 9001. Это определено тем, что СМК является универсальным набором инструментов, позволяющим достичь максимальной эффективности во всех аспектах деятельности любого предприятия или организации, а также обеспечивает работу механизмов дальнейшего самосовершенствования.

Системы менеджмента качества приводятся в движение требованиями потребителя организации. Потребителям необходима продукция (услуга), характеристики которой удовлетворяли бы их потребности и ожидания. В контексте внедрения СМК в государственную пожарную службу, потребителями является население, которое ожидает от подразделений ФПС защиты людей и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности, а также безопасности людей на водных объектах в пределах компетенции МЧС России.

Потребности и ожидания населения повышаются в связи с учащением возникновения катаклизмов, аварий, чрезвычайных ситуаций, происшествий, в которых от оперативности служб МЧС России, их слаженной работы, наличия всей необходимой техники и инвентаря, зависят жизни людей. Из-за чего возникает необходимость пересмотра старой системы управления, выявления сфер, идущих вразрез с техническим прогрессом, замедляющих или препятствующих должной готовности подразделения. Для поддержания безопасности населения на должном уровне противопожарная служба должна постоянно совершенствовать процессы, влияющие на качество выполняемых функций. СМК организации, как один из инструментов менеджмента, дает уверенность высшему руководству

организации и её потребителям (населению), что организация способна осуществлять возложенные государством задачи и оправдывать ожидания населения.

СМК основана на принципах менеджмента качества:

- Ориентация на потребителя (население) – организации необходимо делать то, что необходимо потребителю сейчас и то, что понадобится в будущем, даже если он (потребитель) этого не осознает. То есть, важно не только отладить слаженную работу подразделений ФПС сегодня, но и предугадать перспективные направления исследований и разработок в области техники и технологий, которые помогут выполнять задачи служб завтра;
- Лидерство руководителя – так как организация действует всегда в рамках ограниченности ресурсов и входных данных, то только лидер, обладающий специальными знаниями, компетенциями, проницательностью, силой духа, способен обеспечить достижение целей.
- Вовлечение персонала – персонал организации является ее основным ресурсом и одновременно самой чувствительной заинтересованной стороной. Пожарный может нести службу как в старом обмундировании, которое не защищает должным образом ни от жара огня, ни от холода, так и в новом, обеспечивающем определенный комфорт. Удовлетворенность условиями труда у сотрудников непосредственно влияет на мотивацию к качественному выполнению должностных обязанностей и формирует доверие к лидеру. А когда лидер может быть уверен не только в профессионализме каждого члена команды, но и в его поддержке - это залог успеха.
- Принятие решений, основанных на фактах – напоминание о том, что стабильность функционирования организации возможна не только на основе интуиции, но и с использованием объективных данных.
- Взаимовыгодные отношения с поставщиками – вместе с принципом «ориентация на потребителя (население)» предполагает создание устойчивых цепей поставок на основе взаимовыгодного сотрудничества.

При внедрении процессного подхода в любую организацию стоит помнить о потенциальных трудностях, ведь формальное внедрение не принесет желаемого эффекта. Тем более, при внедрении процессного подхода в организацию пожарно-спасательного подразделения МЧС России, неизбежно возникнут проблемы из-за жесткого регламента деятельности, не учитывающего некоторые особенности населенного пункта, региона, климата, и прочее.

Процессный подход базируется на нескольких основных принципах:

1. Восприятие деятельности, как системы, а будучи в устойчивом состоянии, никакая система не может эволюционировать.
2. Восприятие деятельности как процесса:
  - деятельность любого предприятия, в том числе и пожарно-спасательного подразделения МЧС России, можно рассматривать как сеть связанных между собой процессов, поскольку все виды деятельности и процессы, соответствующие им, взаимосвязаны;

- в любой деятельности может иметь место разделение как по времени, так по материальным ресурсам и персоналу;
- любая целенаправленная, спланированная и при этом использующая ресурсы деятельность преобразует входную продукцию в выходную;
- каждый процесс имеет внешнего или внутреннего поставщика входных ресурсов и внешнего или внутреннего потребителя выходного продукта или услуги.

### 3. Стандартизация и прозрачность ответственности:

- высшее руководство должно полностью отвечать за создание системы качества на предприятии и управление качеством;
- каждый процесс должен иметь владельца, то есть должна иметь место персонализация, и ответственность должна распределяться по видам деятельности;
- все процессные составляющие должны быть по возможности максимально стандартизированными и прозрачными;
- следует проводить стандартизацию на основе взаимосвязанных стандартов, которые реализуются в виде нормативной документации и корпоративных стандартов.

Руководителю важно помнить, что при внедрении процессного подхода в подразделении и получении разового улучшения, со временем эффективность опять начнет снижаться. Процессы нужно улучшать постоянно, при этом необходимо поддерживать достигнутые уровни эффективности.

Анализ мирового и российского опыта показал, что передовые организации и учреждения добиваются лидирующих позиций с помощью внедрения сертифицированных систем менеджмента качества. В России сертификат ISO 9001 (ISO 9001:2008), как правило, получают организации, осуществляющие следующие виды деятельности:

- строительство, проектирование, инженерные изыскания;
- техническое обслуживание, ремонт, эксплуатация;
- торговля, поставки оборудования;
- производство продукции;
- частная охранная деятельность;
- научные исследования и разработки.

В Москве и Московской области, Ярославской, Мурманской областях разработаны и активно внедряются системы менеджмента качества, как в коммерческие, так и в государственные организации: общеобразовательные, медицинские учреждения, учреждения социального обслуживания.

Робертом Капланом и Дэвидом Нортоном разработаны стандарты полицейского участка, которые около 10 лет успешно внедрены в Министерство обороны Великобритании, канадскую Королевскую конную полицию, ВВС Норвегии, армию

США. Благодаря чему наблюдаются положительные тенденции в работе всего данных организаций: рост эффективности работы, улучшение условий службы, и как следствие, повышение мотивации служащих. Можно предположить, что, не смотря на жесткие рамки регламента деятельности пожарно-спасательного подразделения, внедрение системы менеджмента качества приведет к улучшению условий труда и повышению эффективности работы подразделения.

Цель внедрения SMK в деятельность пожарно-спасательного подразделения МЧС России - достижение долгосрочного успеха путем максимального удовлетворения запросов населения, сотрудников и руководства.

### Список литературы

1. Каплан Роберт С., Нортон Дейвид П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. / Пер. с англ. - М.: ЗАО <Олимп-Бизнес>, 2003, 304 с.
2. Найджел Хилл, Билл Сельф, Грег Роше. Измерение удовлетворенности потребителя по стандарту ИСО 9000:2000. / Пер. с англ.: С. Шумов, Издательский Дом «Технологии», 2004, 304 с.
3. Глоссарий процессного управления. Электронный ресурс. / [2013]. - Режим доступа: <http://www.piter-soft.ru/automation/more/glossary/>.
4. В. Репин. Процессный подход на практике: проблемы внедрения. Электронный ресурс. / В. Репин. [2009]. - Режим доступа: <http://quality.eup.ru/DOCUM6/protsessnyi-podhod-na-praktike-problemy-htm>.
5. Robert S Kaplan and David P Norton, Alignment: using the Balanced Scorecard to Create Corporate Synergies, Harvard Business School Press, 2006.
6. Robert Kaplan & David Norton Interview. Электронный ресурс. / Режим доступа: <http://www.thinkers50.com/interviews/robert-kaplan-david-norton-interview/>

## **Роль добровольных пожарных формирований в обеспечении безопасности объектов гражданской авиации, расположенных в северных районах**

***Злобина Александра Сергеевна***

*преподаватель ФГБОУ ДПО Красноярский учебный Центр ФПС*

Транспорт является важной частью экономической системы населенных пунктов, государств и всего мира.

Гражданская авиация сегодня – это составная часть экономического потенциала страны, средство развития и укрепления международных связей в науке, культуре, экономике. Самолеты выполняют регулярные рейсы почти во все города мира. Они оказывают большую помощь при проведении научных исследований земли, геологоразведческих работах, тушении лесных пожаров. Сегодня воздушный транспорт – массовый вид транспорта общего пользования, а в некоторых районах страны он является основным средством передвижения. Это требует разработки и обеспечения мер безопасности полетов. Анализ авиационных транспортных происшествий показал, что около 80% катастроф происходит на этапах взлета, захода на посадку и посадки. Основными факторами приводящим к жертвам при авиационных происшествиях, является удар о землю и пожар.

В настоящий момент российская авиация переживает кризисные времена: за последние 20 лет прекратили свое существование более тысячи российских аэропортов из 1400, а региональные и местные перевозки сократились в 4 и 10 раз соответственно. Прежде всего, это касается районов Крайнего севера, Сибири и Дальнего востока. Россия вышла на первое место в мире по количеству разбившихся самолетов и погибших в авиакатастрофах людей: только за 2011 год в России произошло 8 авиакатастроф и более 26 авиaproисшествий. Причинами авиакатастроф является ветхость авиапарка и низкий уровень подготовки пилотов. Между тем, в северных районах авиация – единственный способ круглогодичного транспортного сообщения с другими территориями. Из-за специфического географического положения и погодных условий в северных территориях большую часть года невозможно использовать наземный транспорт.

Несмотря на принимаемые меры по обеспечению пожарной безопасности на объектах гражданской авиации расположенных в северных районах, обстановка с пожарами в том числе связанными с крушением воздушных судов продолжает оставаться сложной.

Большинство пожаров на объектах авиации произошли по техническим причинам. Развитию пожаров, в том числе связанных с авиакатастрофами способствовало отсутствие или неудовлетворительное состояние имеющихся систем автоматической противопожарной защиты, несвоевременное прибытие аварийно-спасательных формирований, также из-за нарушения требований пожарной безопасности при проведении огневых работ, неисправности электрооборудования.

Для обеспечения пожарной безопасности на авиапредприятиях создана служба поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов. На сегодняшний день СПАСОП в полном объеме не обеспечивает снижение прямого материального ущерба, наносимого в результате пожаров, том числе связанных с авиакатастрофами из-за позднего прибытия, низкого уровня подготовки личного состава и их технической оснащенности, что, прежде всего, связано с недостаточным финансированием авиапредприятий, расположенных в северных районах, так как они являются дотационными.

Одним из путей решения данной проблемы является привлечение добровольных пожарных формирований из числа обслуживающего персонала авиапредприятий.

В ходе этого должны быть выполнены следующие задачи:

1. Определение основных задач добровольных пожарных формирований авиапредприятий, их структуры, численного состава и организации деятельности по тушению пожаров на объектах гражданской авиации.
2. Разработка методики расчета оптимального состава добровольных пожарных формирований авиапредприятий на основе модельного представления о процессе развития пожара на конкретных объектах гражданской авиации, с учетом классификации аэропортов, типов принимаемых воздушных судов, а также тактико-технических возможностей пожарного подразделения.
3. Разработка типовой методики расчета тактических возможностей добровольных пожарных формирований авиапредприятий по тушению пожаров (их локализации и ликвидации) и проведению аварийно-спасательных работ, в том числе:
  - объема работ по спасению людей, эвакуации имущества и тушения пожара, выполняемых пожарным формированием за определенный промежуток времени;
  - максимально допустимого радиуса обслуживания, гарантирующего успешную ликвидацию (локализацию) любого возможного пожара при одновременном обеспечении безопасности людей;
  - зон первоочередного обслуживания (радиуса обслуживания) пожарного формирования с учетом обеспечения минимального времени прибытия к месту пожара.
4. Разработка типовых требований к технической оснащенности добровольных пожарных формирований авиапредприятий, необходимой для осуществления работ по тушению пожаров, в том числе:
  - мобильными пожарными средствами;
  - пожарным оборудованием;
  - средствами индивидуальной защиты органов дыхания;
  - специальной защитной одеждой;
  - средствами спасения людей при пожарах;
5. Разработка методики расчета дислокации добровольных пожарных формирований, гарантирующей успешную ликвидацию возможного пожара при

одновременном обеспечении безопасности людей с учетом минимального времени прибытия к месту пожара, максимального радиуса обслуживания или максимально допустимой площади обслуживания, а также технических возможностей пожарного формирования.

6. Разработка основ управления и всестороннего обеспечения действий добровольных пожарных формирований авиапредприятий, (пожарная разведка, инженерное, медицинское и материально-техническое обеспечение) при ликвидации (локализации) пожара или снижении интенсивности горения в очаге пожара, а также спасения и эвакуации людей из воздушных судов, горящих, задымленных и загазованных зданий и сооружений объектов гражданской авиации.
7. Разработка рекомендаций для руководителей и специалистов авиапредприятий всех типов и видов по организации деятельности добровольных пожарных формирований.

В соответствии со статьей 9 Федерального закона РФ от 20.04.2011г. №100-ФЗ «О добровольной пожарной охране» основными задачами добровольной пожарной охраны в области пожарной безопасности являются:

1. осуществление профилактики пожаров;
2. спасение людей и имущества при пожарах, проведении аварийно-спасательных работ и оказание первой помощи пострадавшим;
3. участие в тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ.

Повышение степени защищенности объектов гражданской авиации, расположенных в северных районах привлечением добровольных пожарных формирований поможет значительно снизить финансовые затраты на содержание штатных спасательных формирований, на их техническую оснащенность, обучение личного состава.

#### Список литературы

1. Федеральный закон РФ от 20.04.2011г. №100-ФЗ «О добровольной пожарной охране».
2. Наставление по пожарной охране в гражданской авиации СССР (НПО ГА-85).
3. Пожаротушение на транспорте. Учебное пособие. Терехнев В.В., Артемьев Н.С., Подгрушный А.В., Грачев В.А. под общей редакцией Верзилина М.М. Москва, 2009
4. Официальный сайт Федерального агентства воздушного транспорта [www.favt.ru](http://www.favt.ru)
5. Официальный сайт МЧС России [www.mchs.gov.ru](http://www.mchs.gov.ru)

## Перспективы применения и развития системы СМИС в процессе проектирования и строительства социально-значимых объектов

### *Шмановский Вадим Александрович*

*заместитель начальника Уральского филиала ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России»*

В целях обеспечения безопасного функционирования объектов использования атомной энергии, опасных производственных объектов, особо опасных, технически сложных и уникальных объектов их оснащают структурированными системам мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений (далее - СМИС).

СМИС предназначена для осуществления мониторинга технологических процессов и процессов обеспечения функционирования оборудования непосредственно на потенциально опасных объектах, в зданиях и сооружениях и передачи информации об их состоянии по каналам связи в дежурно-диспетчерские службы этих объектов для последующей обработки с целью оценки, предупреждения и ликвидации последствий дестабилизирующих факторов в реальном времени, а также для передачи информации о прогнозе и факте возникновения ЧС, в т.ч. вызванных террористическими актами, в единые дежурно-диспетчерские службы муниципальных образований и центры управления в кризисных ситуаций МЧС России.

СМИС подлежат установке на потенциально опасных, особо опасных, технически сложных и уникальных объектах.

К особо опасным объектам относят:

- ядерно- и/или радиационно опасные объекты (атомные электростанции, исследовательские реакторы, предприятия топливного цикла, хранилища временного и долговременного хранения ядерного топлива и радиоактивных отходов);
- объекты уничтожения и захоронения химических и других опасных отходов;
- гидротехнические сооружения 1-го и 2-го классов;
- крупные склады для хранения нефти и нефтепродуктов (свыше 20 тыс. тонн) и изотермические хранилища сжиженных газов;
- объекты, связанные с производством, получением или переработкой жидкофазных или твердых продуктов, обладающих взрывчатыми свойствами и склонных к спонтанному разложению с энергией возможного взрыва, эквивалентной 4,5 тонн тринитротолуола;
- предприятия по подземной и открытой (глубина разработки свыше 150 м) добыче и переработке (обогащению) твердых полезных ископаемых;
- тепловые электростанции мощностью свыше 600 МВт.

К технически сложным объектам относят:

- морские порты, аэропорты основной взлетно-посадочной полосой длиной не менее 1800 м, мосты и тоннели длиной более 500 м, метрополитены;
- крупные промышленные объекты с численностью занятых более 10 тысяч человек.

К уникальным объектам относят объекты, для которых не установлены технические регламенты (высотные здания, стадионы, крупные торговые центры, киноконцертные залы и т.п.). Отнесение объектов к уникальным проводят на стадии согласования технического проекта.

При выдаче исходных данных и требований для создания СМИС в составе Мероприятий ГОЧС на объекте строительства следует руководствоваться требованиями действующего в РФ законодательства, государственных строительными нормами и правилами, стандартами в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера. Перечень основных руководящих, нормативных и методических документов, рекомендуемых для использования при разработке СМИС.

СМИС объекта осуществляет автоматический мониторинг в режиме реального времени критически важных параметров технологических процессов, инженерных систем, состояния строительных конструкций объекта и оперативное информирование ДДС объекта и ЕДДС муниципального образования с целью предупреждения и ликвидации ЧС (рис.).

В структуру СМИС объекта входят подсистемы:

- мониторинга и управления (ПМУ) – осуществляет мониторинг подсистем СМИС, инженерных систем, систем безопасности, связи, противопожарной защиты, и информирование ДДС объекта и ЕДДС муниципального образования о возникновении предаварийных, аварийных, чрезвычайных ситуаций, пожаров;
- мониторинга состояния несущих конструкций объекта (СМИК)<sup>1</sup> -осуществляет автоматический в режиме реального времени мониторинг интегральных характеристик напряженно-деформированного состояния несущих конструкций и периодический автоматизированный мониторинг состояния несущих конструкций объекта.

Также на объекте могут создаваться и другие подсистемы СМИС, например - связи и управления в кризисных ситуациях (СУКС), которая обеспечивает управление подразделениями ликвидации последствий аварий, пожаров, ЧС, в том числе вызванных террористическими актами.

СМИС объекта должна обеспечить возможность информационного обмена с ЕДДС (ЦУКС) с использованием информационных сетей общего пользования или специально выделенных линий связи, включая и ведомственные. При этом следует учитывать, что информация от СМИС объекта в зависимости от расчетных кризисных ситуаций будет передаваться в органы повседневного управления РСЧС (ДДС - ЕДДС - ЦУКС - НЦУКС).

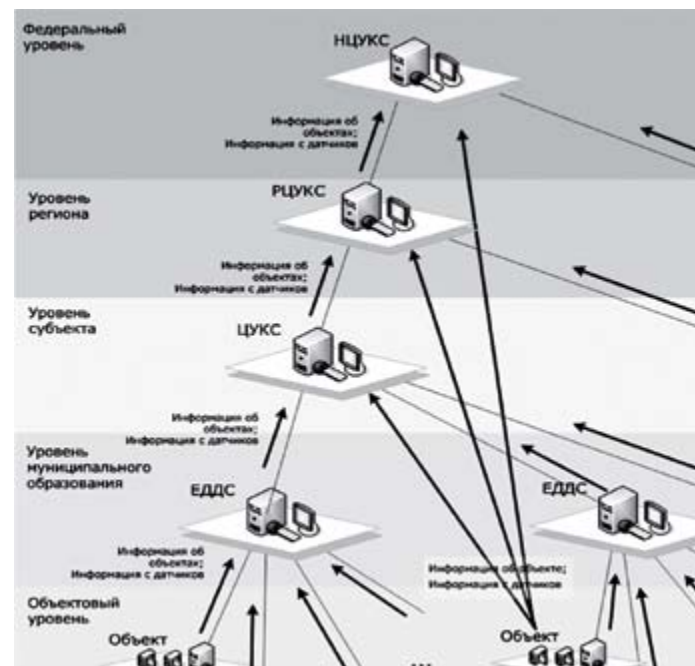


Рис.1. Схема передачи сообщений от СМИС объектов в органы повседневного управления РСЧС

Перечень сообщений СМИС объекта, передаваемых в ЕДДС (ЦУКС) должен быть определен в соответствии с расчетными кризисными ситуациями, которые могут возникнуть на объекте или в районе его расположения.

Порядок проектирования и внедрения СМИС на объекте:

- получение Заказчиком (проектировщиком) в территориальном органе МЧС России исходных данных о потенциальной опасности территории, на которой намечается строительство, а также требований к объекту строительства для их последующего учета в составе мероприятий ГОЧС;
- разработка проектной организацией СТУ (если недостаточно требований по надежности и безопасности, установленных нормативными техническими документами);
- разработка и согласование в ЕДДС (ЦУКС) и территориальных органах МЧС России перечня и порядка передачи информации;
- получение в территориальном органе МЧС России технических условий на сопряжение СМИС объекта с ЕДДС (ЦУКС);
- выполнение проектных работ по созданию СМИС на объекте строительства (стадия «Проект»);

- государственная экспертиза проектной документации на создание СМИС в составе проектной документации на объект строительства;
- проектирование СМИС стадии «Рабочая документация» с учетом нормативно-правовых документов, проекта и требований СТУ (если они разрабатывались);
- выполнение работ по вводу в действие СМИС на объекте;
- техническое обслуживание СМИС объекта после сдачи его в эксплуатацию.

Разработка и оформление проектной документации на создание СМИС на объекте строительства осуществляется с учетом требований ГОСТ Р 22.1.12-2005. В проектную документацию на СМИС рекомендуется включать: сведения о наличии свидетельства СРО, позволяющие осуществлять разработку Мероприятий ГОЧС, перечень исходных данных и требований необходимых для разработки СМИС, специальные технические условия на СМИС объекта при их наличии, краткие сведения об объекте, участке строительства, проектные решения по СМИС.

Проектирование, монтаж, эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт, сопряжение СМИС объектов с ЕДДС муниципальных образований осуществляться специализированными организациями, отвечающих требованиям Методики по оценке систем безопасности и жизнеобеспечения на потенциально опасных объектах, зданиях и сооружениях.

Специализированные организации, наряду с наличием соответствующей материально-технической базы и квалифицированных специалистов, должна иметь свидетельство о допуске к работам, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, выданное в порядке, установленном законодательством о градостроительной деятельности, организацией, осуществляющей саморегулирование в области архитектурно-строительного проектирования. Указанное свидетельство должно содержать сведения о допуске организации-разработчика тома «ПМ ГОЧС» к выполнению работ по подготовке материалов, связанных с разработкой раздела «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами» проектной документации.

В настоящий момент имеется необходимый нормативно-технический и нормативно-правовой базис, отработаны технологии проектирования и разработаны необходимые технические и программные средства для создания СМИС;

- внедрение СМИС позволит осуществлять предупреждение ЧС, что существенно повысит безопасность людей, снизит ущерб от техногенных аварий и чрезвычайных ситуаций;
- эксплуатация СМИС позволит повысить эффективность проведения государственным надзором в области защиты от ЧС плановых и внеплановых проверок по выполнению требований в области защиты от ЧС в части повышения уровня безопасности объектов и устранения угроз возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций.

## **О некоторых результатах по разработке интеллектуальной советующей системы управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте**

**Цуриков Александр Николаевич**

*ассистент кафедры информатики, аспирант, ФГБОУ ВПО Ростовский государственный университет путей сообщения*

В Ростовском государственном университете путей сообщения (РГУПС) ведется разработка интеллектуальной советующей системы управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) на железнодорожном транспорте. ЧС на станции Белая Калитва, произошедшая 9-го мая текущего года, подтвердила актуальность разработки системы.

Одной из основных функций системы является предварительная оценка масштаба ЧС на основе неполных данных и прогнозирование вариантов ее развития, как основа принятия управленческих решений [1].

Предложено решать задачу предварительной оценки масштаба ЧС, как задачу классификации, используя технологию искусственных нейронных сетей (ИНС), поскольку ИНС эффективно справляются с задачами классификации. На вход ИНС подаются некоторые известные данные о произошедшей ЧС, на выходе ИНС выдает описание ЧС, наиболее близкой (похожей) к текущей, которое используется для предварительной оценки масштаба ЧС и принятия соответствующих управленческих решений. Это позволяет создать самообучающуюся систему, основанную на современной технологии интеллектуализации.

Универсальность разрабатываемой системы обеспечивает использование нескольких ИНС, каждая из которых обучена на распознавание ЧС определенного типа. В данный момент внимание разработчика уделено такому типу ЧС, как выброс аварийно химически опасных веществ (АХОВ). Выбор обусловлен тем, что значительная часть перевозимых по железной дороге опасных грузов принадлежит к АХОВ, при выбросе которых может произойти заражение окружающей среды в поражающих концентрациях (токсодозах). Оперативность и правильность принятия решений, своевременное оповещение руководства и населения при ликвидации последствий подобных ЧС играют важную роль [2].

В данном направлении получены результаты, в частности, разработан способ обучения ИНС (подана заявка на предполагаемое изобретение РФ № 2012123310) [3], с помощью ИНС решена практическая задача определения класса устойчивости приземного слоя атмосферы [4], являющаяся актуальной для лиц, принимающих решения при выбросах АХОВ. Ведется работа по применению ИНС для оценки глубины зоны заражения АХОВ на основе таких данных, как тип АХОВ, количество АХОВ в проливе, класс устойчивости приземного слоя атмосферы, скорость ветра и т.д.

Система может быть внедрена на рабочих местах дежурного по станции, поездного диспетчера, начальника станции, которых можно отнести к лицам, принимающим решения, первого уровня.



Анализ предметной области позволил разделить информацию, необходимую системе, на семь основных групп, перечисленных ниже.

**Группа 1** (информация о грузе): наименование груза, класс опасности, масса груза, номер аварийной карточки.

**Группа 2** (информация о подвижном составе): номер вагона, тип вагона или цистерны, информация о собственнике, информация о грузополучателе, грузоотправителе.

**Группа 3** (информация о месте ЧС): номер перегона, на каком километре произошло происшествие, рельеф прилегающей местности, профиль пути, схема станции (если ЧС произошла на станции), расположение близлежащих населенных пунктов, характеристики подстилающей поверхности, возможности подхода аварийно-восстановительных сил к месту ЧС.

**Группа 4** (информация о метеословиях): скорость ветра, направление ветра, уровень облачности, время суток, температура воздуха, наличие снежного покрова, атмосферное давление.

**Группа 5** (собственно информация о ЧС): тип происшествия (сход вагонов, возгорание, взрыв опасного груза, столкновение подвижного состава, пролив (просып) груза и т.д.), количество участвующих единиц подвижного состава, прошедшее с момента начала ЧС время, степень повреждения подвижного состава, интенсивность течи или возгорания.

**Группа 6** (информация о силах и средствах): места дислокации и готовность пожарных и восстановительных поездов, их оснащенность техническими средствами, расположение ближайших медицинских учреждений их вместимость (койко-мест), расположение ближайших пожарных частей, аварийно-восстановительных формирований (на станциях, на предприятиях), их оснащенность техническими средствами.

**Группа 7** (информация об оповещении): кого, каким образом и при каких видах ЧС следует оповещать, номера телефонов, адреса организаций, должности заинтересованных лиц.

Рассматривается возможность интеграции разрабатываемой системы с функционирующими автоматизированными системами ОАО «РЖД» (ГИД-Урал, ОСКАР, АС ТРА и т.д.), которая освободит от ручного ввода данных и сэкономит драгоценное время при ЧС, когда каждая секунда на счету.

ЧС в Белой Калитве показала важность эффективного и своевременного оповещения. Фрагменты цистерн повредили близлежащие строения, потребовалась эвакуация жителей. Необходимо совершенствование технологии оповещения. Для этого в разрабатываемой системе предусмотрена подсистема адресного оповещения.

Мной предложен способ и устройство адресного оповещения о ЧС при помощи SMS [5], защищенные заявкой на изобретение № 2012137743. Разрабатываемая система генерирует SMS-сообщение, направляемое руководителям и ЛПР разного уровня, содержащее алфавитно-цифровой код ситуации. Код содержит предварительную оценку масштаба ЧС, полученную при помощи описанной интеллектуальной системы, предполагаемые последствия, информацию о месте и характере

ЧС. Сообщения направляются в соответствии со схемой оповещения («Правила безопасности и порядок ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами» ЦМ-407). Расшифровку кода из SMS осуществляет устройство, устанавливаемое в мобильные телефоны абонентов.

Подобным образом можно организовать адресную рассылку соответствующих SMS-сообщений и для населения, проживающего на территории воздействия поражающих факторов. Возможно определение местоположения абонентов по сигналам мобильных сетей и организация рассылки только тем абонентам, которые находятся в зоне предполагаемого поражения, рассчитанной интеллектуальной системой.

В итоге разрабатываемая система будет обладать функциями: предварительная оценка масштаба ЧС и прогнозирование ее развития; расчет сил и средств; распределение сил и средств; организация оповещения руководства, служб и населения (при необходимости); расчет времени ликвидации ЧС и нанесенного ущерба.

Есть все предпосылки, что начатую работу удастся довести до логического завершения. Реализация и внедрение системы может снизить материальный ущерб от возможных ЧС на 10-15%, спасти множество человеческих жизней.

#### Список литературы:

1. Цуриков, А.Н. Разработка интеллектуальной советующей системы управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте: некоторые теоретические аспекты // Физико-математические науки и информационные технологии: проблемы и тенденции развития: сб. материалов междунар. заоч. науч.-практ. конф., 8 мая 2012 г., Новосибирск. – С. 82-89.
2. Цуриков, А.Н. Обзор проблем транспортировки химически опасных грузов железнодорожным транспортом / Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития. – Москва, 2013. - №1.- С. 123-125.
3. Цуриков, А.Н. Способ обучения искусственной нейронной сети // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2012. – № 4 (48). – С. 91-95.
4. Tsurikov, A.N. Application of artificial neural network for identification of stability of bottom layer of atmosphere. Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 2nd International Academic Conference. March 8-10, 2013, St. Louis, Missouri, USA. Publishing House «Science and Innovation Center», 2013. P. 226-231;
5. Цуриков А.Н. Совершенствование технологии адресного оповещения о чрезвычайной ситуации при помощи SMS-сообщений // Научно-технический вестник Поволжья. – Казань, 2013. – № 1. – С. 287-291.

## Повышение качества планирования действий по тушению пожаров с помощью компьютерных систем моделирования пожаров в зданиях

**Субачев Сергей Владимирович**

*ученый секретарь Института, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО  
Уральский институт ГПС МЧС России*

**Субачева Алла Александровна**

*старший преподаватель кафедры физики и теплообмена, кандидат педагогических наук, ФГБОУ ВПО Уральский институт ГПС МЧС России*

**Пешков Алексей Владимирович**

*старший преподаватель кафедры пожарной тактики и службы, ФГБОУ ВПО  
Уральский институт ГПС МЧС России*

Прогноз развития пожара является важнейшим этапом при планировании действий по ликвидации пожара, выполняемым с целью определения параметров пожара и расчета необходимых сил и средств. От полноты и качества этого прогноза будет зависеть успех всех действий по тушению пожара. Учитывая, что в настоящее время в городах наблюдается интенсивное строительство объектов с наличием в одном здании помещений разного функционального назначения, со сложной планировкой, большим количеством коридоров, холлов и атриумов, возникает необходимость более качественного и детального прогнозирования обстановки на путях эвакуации при пожаре.

Есть масса примеров, когда при планировании действий по тушению пожара очень сложно правильно спрогнозировать его развитие в здании, не применяя математические методы и системы моделирования.

В качестве самого простого примера можно привести пожар в пятиэтажном общежитии, произошедшем в г. Сухой Лог [1]. Не смотря на то, что площадь пожара, возникшего в комнате на первом этаже, составила всего 10 м<sup>2</sup>, его результатом стала гибель молодой семьи от отравления продуктами горения на самом дальнем от очага - пятом этаже. Этот пример показывает, что даже в таких зданиях обычной коридорной планировки динамика распространения опасных факторов пожара может быть не всегда очевидной и легко предсказуемой. В то же время, при моделировании с помощью компьютерной программы это наглядно видно (рис. 1).

В связи с этим при подготовке документов предварительного планирования действий по тушению пожаров мы предлагаем использовать компьютерные программы моделирования пожаров, которые в настоящее время позволяют достаточно точно прогнозировать развитие пожара и широко используются для расчетной оценки пожарного риска.

Количество и качество получаемой с помощью моделирующих программ информации о развитии пожара в зданиях, такой как: среднеобъемная температура,

задымленность, концентрация кислорода и продуктов горения, характер распространения ОФП по путям эвакуации – позволит не только автоматизировать процесс расчета сил и средств, необходимых для тушения пожара, но и учесть множество различных факторов и особенностей развития пожара в здании, и, тем самым, значительно повысить качество подготовки личного состава к тушению пожара, обеспечить своевременную и безопасную эвакуацию людей.

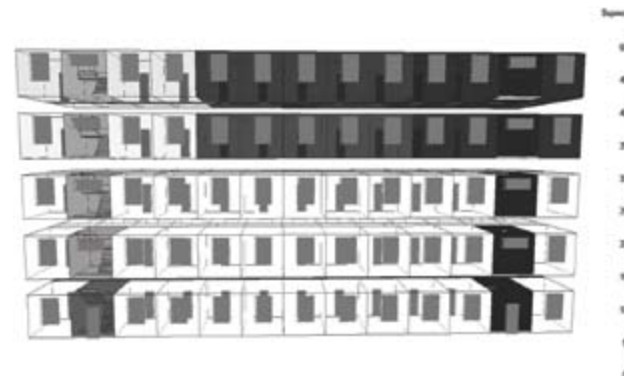


Рис. 1. Задымление лестниц и помещений общежития

В качестве основы была взята компьютерная программа «СИТИС: ВИМ» [2], используемая в настоящее время для расчетной оценки пожарного риска. Она реализует интегральную модель развития пожара в зданиях и позволяет в трехмерном виде отображать значения опасных факторов пожара во всех помещениях и на путях эвакуации здания.

Для определения площади развития пожара в данной программе используется вероятностная модель, разработанная в Уральском институте ГПС МЧС России [3]. Она позволяет моделировать распространение пожара не только в рамках одного помещения по общепринятой методике (в форме круга, прямоугольника, сектора), а по всей площади этажа с учетом формы помещений, расположения и свойств горючей нагрузки, наличия противопожарных преград, проемов и др. (рис. 2). Это значительно расширяет возможности применения программы для составления планов тушения пожаров.

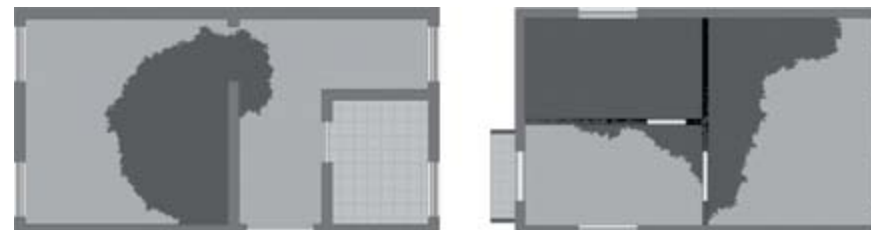


Рис. 2. Моделирование распространения пожара с учетом горючих и негорючих перегородок

Более того, в модель распространения пожара по площади добавлены функции, позволяющие в любой момент времени определять не только площадь пожара, но и его периметр, фронт, а также площадь тушения с учетом глубины тушения стволов (рис. 3).

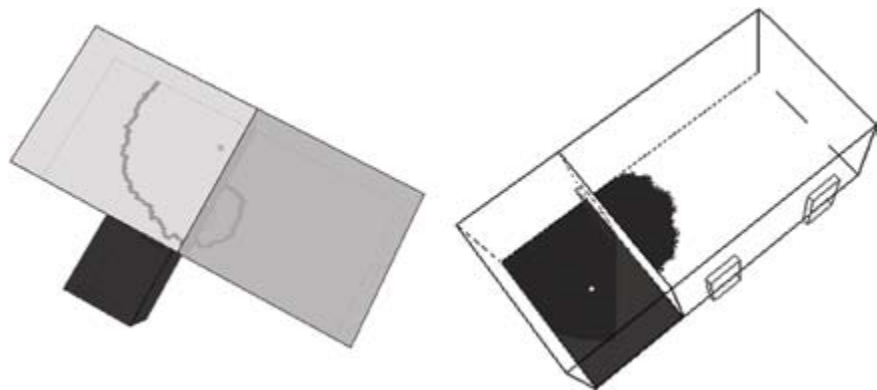


Рис. 3. Автоматическое определение параметров пожара и площади тушения

Эти функции, собственно, и позволяют автоматизировать расчет сил и средств, необходимых для тушения пожара: при известном времени свободного развития пожара до прибытия пожарных подразделений программа автоматически определяет все параметры пожара на данный момент времени, и пользователь с помощью специально разработанного интерфейса, исходя из полученных данных, производит расчет необходимых сил и средств. После того, как расчет будет произведен, все рассчитанные значения и введенная информация об объекте выводятся на печать.

Обобщая, можно сказать, что разработан специальный модуль в программе «СИТИС: ВИМ», позволяющий на основе результатов моделирования пожара автоматизировать процесс составления планов тушения пожара и, в частности, выполнять расчет сил и средств, необходимых для его тушения.

Моделирование пожара в здании позволяет получить более полную информацию о характере его развития и распространении продуктов горения по путям эвакуации, что способствует более эффективному планированию действий по тушению пожаров.

В дальнейшем планируется расширять функционал программы. Необходимо обеспечить проведение всего спектра расчетов, которые могут быть необходимы при составлении планов тушения пожаров, а также прорабатываются варианты реализации в программе анализа своевременности прибытия и достаточности сил и средств, исходя из оперативно-тактических характеристик имеющейся в конкретном гарнизоне пожарной техники и последовательности прибытия пожарных подразделений в соответствии с утвержденным расписанием выездов.

#### Список литературы:

1. Субачева А.А. Перспективы применения методов моделирования пожаров для экспертизы произошедших пожаров / Безопасность критических инфраструктур и территорий: материалы V Всероссийской конференции и XV школы молодых ученых.- Екатеринбург: УрО РАН, Изд-во АМБ, 2012.- С. 178-180.
2. СИТИС: ВИМ. Расчет распространения опасных факторов пожара: руководство пользователя.- ООО «СИТИС», 2012.- 133 с.
3. Субачев С.В. Моделирование пожаров в зданиях: программная реализация и применение в системе подготовки специалистов пожарной безопасности. - Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 99 с. – ISBN 978-3-8443-5008-1.

## Методы описания гидродинамики роторных аппаратов для приготовления огнетушащих составов

**Савенкова Анастасия Евгеньевна**

*преподаватель-методист отделения информатизации учебного процесса отдела технологий открытого образования института заочного и дистанционного обучения, ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России*

Совершенствование аппаратов с механическими перемешивающим устройствами предполагает создание более точных и корректных методов описания происходящих в них процессов. Одна из главных задач при этом - описание гидродинамики аппарата.

Моделирование гидродинамики является основой для решения нескольких проблем:

- определения мощности, затрачиваемой при перемешивании;
- определения коэффициента теплоотдачи от стенки аппарата;
- определения коэффициентов массоотдачи при перемешивании дисперсных систем;
- определения величин, связанных с турбулентной диффузией: коэффициента продольного перемешивания и времени перемешивания.

С точки зрения инженерного использования методы описания гидродинамики можно условно разделить на несколько групп.

Наиболее хорошо разработанной группой являются методы моделирования ламинарных течений. Они сводятся к аналитическому либо численному решению уравнений Навье-Стокса с граничными условиями, соответствующими конструкции аппарата. Полученные на их основе поля скоростей и давлений позволяют решить все перечисленные задачи.

При описании гидродинамики турбулентных потоков в инженерной практике широко применяются полуэмпирические методы. Каждый из них ориентирован на решение отдельных вопросов моделирования перемешивания. Например, определение профиля осредненного течения и коэффициента гидравлического сопротивления дает возможность определить мощность, затрачиваемую на перемешивание, и приближенно описать перенос пассивной примеси.

Более общий характер носят статистические методы. Эти методы направлены на установление различных корреляционных зависимостей, позволяющих описать поле скоростей и давлений в аппарате. Очевидно, что в случае успешного решения они могут дать полную картину перемешивания в аппарате.

Очень полезными для инженерного применения оказываются качественные методы. Они позволяют моделировать, хотя и в общих чертах, структуру потоков в аппарате, что может служить основой моделей переноса тепла и вещества в масштабах аппарата. Но на основе этих методов нельзя определить потребляе-

мую мощность и описать процессы переноса в дисперсных системах на границе раздела фаз.

Наиболее обширную группу образуют численные методы. Они направлены на непосредственное решение уравнений Навье-Стокса и получение полей скоростей и давлений. Так как их использование дает возможность описать любые процессы, происходящие при перемешивании, они являются наиболее привлекательными для исследователей. Однако их применение сталкивается с рядом трудностей.

Существуют также методы описывающие турбулентный поток как некоторую гетерогенную систему. Эти методы позволяют определить гидравлическое сопротивление, а, следовательно, оценить мощность, затрачиваемую при перемешивании, и моделировать крупномасштабный перенос вещества и теплоты в аппарате. Но все возможности этих методов, особенно с учетом быстрого развития теории фрактальных множеств, пока не исчерпаны.

### Список литературы:

1. Мун Ф. Хаотические колебания: Вводный курс для научных работников и инженеров: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990. - 312 с., ил.
2. Климонтович Ю.Л. Турбулентное движение и структура хаоса: Новый подход к статической теории открытых систем. - М.: Наука. Гл.ред. физ.-мат. лит., 1990. - 320 с.
3. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика (теория турбулентности). Изд. 2-е перераб. и доп. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. - 696 с.

## Модель анализа пожарной опасности в сельском населённом пункте с использованием нейронных сетей

**Абдуллаев Фарид Абдуллаевич**

начальник отделения инновационных проектов и программ института развития,  
кандидат технических наук, ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский университет  
ГПС МЧС России

Новые условия современного состояния промышленной инфраструктуры, направлены на улучшение пожарной безопасности. Большое значение имеют вопросы, связанные с моделированием ситуаций в местах расположения объектов промышленности с прилегающими населенными пунктами, которые являются наиболее потенциально опасными для населения.

Кроме того, возможны различные стихийные бедствия (возникновение и развитие пожаров лесных массивов, граничащих с сельскими населенными пунктами), которые наносят огромный ущерб народному хозяйству. Таким образом, промышленные объекты, расположенные на открытых территориях сельских населенных пунктов представляют собой источник повышенной опасности для жилого сектора, и требуют совершенствования эффективности управления.

Пожары на открытых территориях особенно в сельских населенных пунктах, отличаются большими масштабами, необходимостью учета погодных условий, удаленностью пожарных частей, наличием и расположением водоисточников. При повышении эффективности промышленных объектов на открытых территориях необходимо системно прорабатывать их противопожарную защиту, не допуская отступлений от нормативных требований, нарушение или несоблюдение которых, как правило, приводит к огромному материальному ущербу, человеческим жертвам, негативным социально-психологическим и экологическим последствиям.

При определении оценки пожарной опасности объектов расположенных на открытых территориях, возникло два вопроса. Первый вопрос был связан с внешними факторами окружающей среды, влияющих на развитие и распространение пожаров. Вторым был связан с точностью обработки данных. Решением этих вопросов достигнуто путем использования нейронных сетей.

Проведен анализ применимости нейронных сетей к моделированию развития пожара с учетом погодной обстановки и тушения пожарными подразделениями.

Для того чтобы обучить нейронную сеть применяемую в исследовании процесса распространения пожаров на открытых территориях, использовался математический пакет MATLAB® (лицензия № 576818), в качестве входных характеристик были взяты статистические данные 50 пожаров в сельских населенных пунктах, произошедших в Ленинградской области в период с 2009 по 2011 г.

В качестве входных данных модели использовали: скорость ветра, температуру, расстояние от ПЧ до пожара, время следования, время подачи первых стволов, время локализации, расстояние до водоисточника (рисунок 1).

Слои выбираются с помощью экспертной оценки. Максимальное отклонение в обученной нейронной сети составляет  $5,2 \times 10^{-5}$ . Максимальное количество циклов обучения составило 1200.

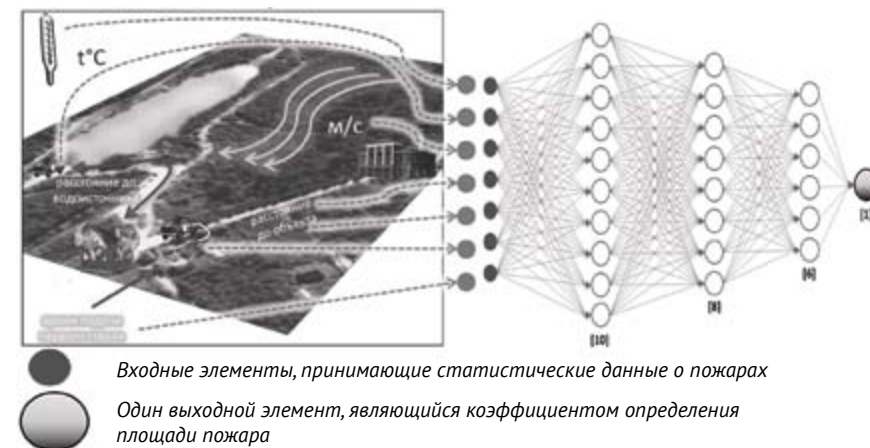


Рис. 1. Схема применения нейронной сети для оценки пожарной опасности сельских населённых пунктов

Связи элементов показаны стрелками. Входные элементы получают информацию непосредственно от статистических данных по пожарам. Выходной элемент является коэффициентом определения площади пожара.

Таким образом, исследование показало, что прогнозирование развития пожаров в сельских населенных пунктах на основе перколяционного процесса с применением функции нейронной сети, позволит дать оценку пожарной опасности объектов, расположенных на открытых территориях.

### Список литературы:

1. Abdulaliev F.A., Motorigin Y.D. Description of fire development by percolation models //Proceedings on II international scientific conference: Safety engineering (Fire, Environment, Work environment, Integrated risk). Novi Sad, Republic Serbia: Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, Republic Serbia, 2010.
2. Abdulaliev F.A., Motorigin Y.D. Description development of fire in rural settlements on the basis of percolation process with use of the neural networks//scientific and expert journal – Monitoring and expertise in safety engineering. NoviSad, Republic Serbia. 2011. № 4.

3. Abdulaliev F.A., Ivanov A.V., Baskin Y.G. Development of fires in rural settlements adjoining on forests // Proceedings on 7th International Scientific Conference: Wood and Fire Safety. – Strbske Pleso, Slovakia, 2012.
4. Abdulaliev F.A., Ivanov A.V. Modeling of fire extension in rural settlements// Proceedings international scientific conference on the occasion of the jubilee of the 20th anniversary of establishment of the state fire department safety engineering and civilization threats, Czestochowa, Poland 2012.

## **Обзор существующих зарубежных программ для моделирования развития пожара и эвакуации**

---

***Шкельтин Александр Петрович***

*Начальник отдела надзора за критически важными объектами и транспортом  
Управления надзорной деятельности Главного управления МЧС России  
по Красноярскому краю, подполковник внутренней службы*

В настоящее время в мире существуют десятки программ, предназначенных для моделирования развития пожара и эвакуации.

Опишем состояние дел в области программных продуктов по моделированию развития пожара. В настоящее время Методика расчета пожарного риска позволяет использовать три математические модели развития пожара и распространения ОФП – это интегральная, зонная и полевая модели.

Интегральная и зонная модели могут применяться для ограниченного набора планировочных решений зданий.

Полевая модель является универсальным инструментом компьютерного моделирования, позволяющим получить подробную информацию о протекании пожара. В силу существенного роста производительности вычислительной техники полевое моделирование стало доступным для массового использования в прикладных задачах, в том числе в расчетах пожарного риска. И в ближайшей перспективе большая часть расчетов развития пожара будет основана на полевых моделях.

На сегодняшний день можно выделить два класса зарубежных программных комплексов предназначенных для моделирования развития пожаров на основе полевой модели: это коммерческий и свободно распространяемый софт. Пример первого – «SmartFire» (Великобритания) цена двухгодичной версии, которого составляет около 12 тыс. долларов. Свободный софт – это FDS (США) и FireFOAM (международный проект). Фактически при расчете пожарных рисков в РФ используется только FDS, «SmartFire» слишком дорогой, а FireFOAM начал активно развиваться относительно недавно.

Для свободно распространяемых программ существует ряд специфических проблем. Во-первых, на основании открытых кодов, каждый пользователь может создать свой вариант программы со своими параметрами математической модели. Во-вторых, отсутствует поддержка разработчиков как в плане обучения использования программы, так и в плане развития программного комплекса применительно к расчетам рисков. Практика использования FDS в РФ позволяет говорить, что большая часть пользователей не имеют достаточной квалификации для его использования при расчетах развития пожаров в рамках Методики. В третьих, зачастую свободно распространяемые программы требуют для удобного ввода данных платных программ -надстроек.

Основными общими недостатками зарубежных программных комплексов является повышенные требования к квалификации пользователя в области вычисли-

тельной гидродинамики и тепло-массообмена, отсутствие адаптации под требования Методики, как при проведении расчетов, так и при анализе исходных данных и данных расчетов.

Для использования зарубежных программ в рамках методики расчета риска необходимо провести их адаптацию, которая заключается:

- в приведении параметров математической модели в соответствие с Методикой;
- в создании инженерного интерфейса для задания сценария пожара, который не требует глубоких знаний, используемых математических моделей, и не позволяет манипулировать параметрами математической модели для достижения нужных результатов;
- в создании удобного модуля анализа исходных данных и результатов численного моделирования с точки зрения требований Методики.

Фактически можно резюмировать, что зарубежные программные комплексы, предназначенные для расчетов развития пожаров, в первую очередь создавались для детального исследования и анализа протекания пожара, а не для проведения массовых расчетов рисков.

Для решения задачи определения времени эвакуации Методика расчета пожарного риска предполагает использование трех различных моделей эвакуации: упрощенно-аналитическая, имитационно-стохастическая, индивидуально-поточная.

Первые две модели принадлежат классу поточных моделей, где описывается изменение во времени плотности потока на каждом выделенном участке путей эвакуации. Корректная область применения таких моделей – сформировавшиеся среднеплотные и плотные потоки на путях эвакуации.

Наиболее универсальным методом моделирования эвакуации являются модели индивидуально-поточного типа, которые позволяют моделировать движение каждого отдельного человека с учетом окружающей обстановки (других людей, препятствий) в зданиях как угодно сложной внутренней инфраструктурой без ограничений на локальную плотность. Именно модели этого типа наибольшим образом представлены в современных зарубежных программных продуктах.

Предлагается несколько десятков различных программ. Имеются коммерческие, из них наиболее известны Exodus (Великобритания), PathFinder (США), ASERI (Германия), PedGo (Германия), Simulex (Великобритания), Myriad (Великобритания). Стоимость одной копии программы может составлять десятки тысяч долларов.

Имеются программные продукты, созданные для исследовательских целей, они имеют богатый функционал, но не являются коммерческими продуктами.

Спецификой моделирования эвакуации согласно Методики расчета риска является использование определенной зависимости скорости от плотности (фундаментальной диаграмме). Зарубежные программы используют иные данные, что либо требует специальной надстройки, либо вообще исключает их использование.

Поскольку моделирование развития пожара и расчет эвакуации являются сопутствующими при решении задач пожарной безопасности, то в последнее время

появилась тенденция к созданию программных продуктов, предполагающих взаимный импорт данных.

Таких программ насчитываются пока единицы, среди них наиболее известные и хорошо зарекомендовавшие себя парные продукты:

Exodus и SmartFire (Великобритания), Evac и FDS (Финляндия и США), PathFinder и FDS (США), ASERI и KOBRA-3D (Германия).

В программе по расчету эвакуации Exit 89 [США] используются поля ОФП, рассчитанные программой CFAST(США), в которой реализована зонная модель развития пожара.

Суммируя, можно сказать, что мировой рынок программных продуктов насыщен программами для решения задач пожарной безопасности в части моделирования эвакуации и развития пожаров. Многие программы создавались для исследовательских целей и не предназначены для выполнения массовых расчетов. Требуется существенная адаптация любой из них для решения задачи расчета пожарного риска в рамках регламентированных в РФ Методик. Требуется хорошее владение иностранным (как правило, английским) языком для работы с программами. К тому же стоимость одного рабочего места может достигать десятки тысяч долларов. Все это является существенным препятствием для использования зарубежных программ для расчета пожарного риска в РФ.



## Секция 2

### Мониторинг и моделирование опасных природных процессов

## Моделирование геоэкологических рисков на основе шиа́рлет-преобразования данных наблюдений

**Симонов Константин Васильевич**

*ведущий научный сотрудник, доктор технических наук,  
ФГБУН Институт вычислительного моделирования СО РАН*

**Кадена Ласлуиса Луис Рауль**

*аспирант кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности  
Института космических и информационных технологий, Федеральное  
государственное автономное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Сибирский федеральный университет»*

### Введение

В последние годы исследователи в области прикладного гармонического анализа предложили несколько новых подходов, направленных для эффективного представления пространственных данных наблюдений. Эти предложения и подходы основаны на новых результатах в теоретическом гармоническом анализе [1-5].

В работе предлагается обзор нового направления в обработке данных томографии и геоэкологического мониторинга, который может быть использован при диагностике сложных геоэкологических объектов и систем – сдвиговой «геометрический» анализ изображений, где совместно выполняется вейвлет-преобразование данных для «круглых структур» и шиа́рлет-преобразование для «линейных структур» [5-6].

### 1. Геометрический анализ данных наблюдений

Отметим, что задаче разделения изображения на морфологически разные составляющие в последнее время уделяют много внимания в связи с её значимостью для различных актуальных приложений [1-4, 6].

Разрабатываемая вычислительная методика для эффективного решения этой задачи может быть применена к широкому кругу областей, в том числе для решения задач визуализации данных диагностики сложных экологических систем с целью оценки территориальных рисков.

И так, в последние годы проведены ряд исследований по проблеме разделения морфологических отличительных черт в пространственных данных. В [8] положено начало этим исследованиям по разложению изображений, в частности, на основе применения вариационных методов.

В работе [9] предложен «морфологический анализ компонентов», в котором предполагается, что задача разложения может быть разрешима, если есть информация о типе особенностей, которые должны быть извлечены, и при условии, что морфологическая разница между ними достаточно сильна.



В этой связи приведем полученный результат в [2]: для разделения точки и криволинейной особенности теоретически доказано, что  $\ell_1$ -минимизация решает эту задачу со сколь угодно высокой точностью, изучая и комбинируя вейвлеты и кёрвлеты.

Вейвлет-преобразования данных здесь обеспечивают оптимально разложение для точечных структур, а кёрвлеты обеспечивают оптимально разложение для криволинейных структур.

Следовательно,  $\ell_1$ -минимизация, применяемая к разложению коэффициентов исходного изображения, преобразует точечные структуры в вейвлеты, а криволинейные структуры в кёрвлеты, таким образом, автоматически разделяя изучаемое изображение. Соответствующий алгоритмический подход, использующий вейвлеты и кёрвлеты, реализован в MCALab [4].

## 2. Алгоритм шиарлет-преобразование данных

Сравнительно недавно появилась новая система представлений, так называемое шиарлет-преобразование данных [6-7]. Шиарлет-преобразование – это преобразование данных, включающее сдвиг и оператор параллельного переноса, это вейвлет-преобразование, имеющие масштабирование по частоте и параллельный перенос по времени, однако также включающий характеристику направленности, имея дополнительную операцию сдвига.

Операция сдвига, фактически, дает более эффективный подход для изучения направленности, обеспечивая тем самым единую обработку сложных изображений. Далее показывается возможность использования вейвлетов и шиарлетов для разделения точечных и криволинейных особенностей.

Теоретические результаты из [2] показывают также, что они справедливы и для комбинирования вейвлетов и шиарлетов. Кроме того, численные результаты анализа изображений свидетельствуют в пользу алгоритмов разложения, основанных на шиарлетах [6-10].

Расчеты также свидетельствуют, что представленные алгоритмы быстрее и обеспечивают более точное разделение, если, кривизна криволинейной части велика.

Используемый алгоритм включен авторами указанных исследований в доступный инструментарий – в ShearLab. При обработке и анализе данных томографии сложных геообъектов (в многомерных задачах) важные особенности рассматриваемых данных, как правило, сосредоточены в многообразиях малых размерностей. Например, при обработке изображений край – это одномерная кривая, на которой интенсивность изображения резко меняется.

Таким образом, в последнее время новая вычислительная методика шиарлет-преобразования пространственных данных [5-6] предоставила эффективные инструменты для анализа внутренних геометрических черт изображений, использующие анизотропные и направленные оконные функции.

При таком подходе, учет направленности достигается за счет применения целых степеней матриц сдвига, а эти операции сохраняют структуру целочисленной решетки, что имеет решающее значение для цифровой реализации.

Как уже упоминалось, шиарлет-преобразования порождены параболическим масштабированием, сдвигом и оператором параллельного переноса. В работе [6-7] предоставлена теория шиарлет-преобразований с компактным носителем, показано, что большой класс шиарлет-преобразований с компактным носителем обеспечивает оптимальное приближение изображений, управляемое криволинейными структурами [1].

В работе рассмотрены принципы построения алгоритма дискретного шиарлет-преобразования, в основе реализации которого лежат быстрые алгоритмы Фурье-преобразования [10]. В [8, 11] введено непрерывное шиарлет-преобразование, а затем, посредством дискретизации параметров, дискретное шиарлет-преобразование. Рассмотрены шиарлеты на конусе [11], такой подход позволяет получить хорошее разделение горизонтального и вертикального направлений шиарлетов в частотной области.

## 3. Методика моделирования геоэкологических рисков

Далее, авторами в среде Матлаб для обработки и анализа изучаемых пространственных данных геоэкологического мониторинга применяется алгоритмическое обеспечение для выполнения непрерывного вейвлет- и шиарлет-преобразований.

Рассмотрены ряд примеров, где показаны возможности шиарлет-анализа пространственных данных геомониторинга сложных геоэкологических объектов и систем для решения задач анализа рисков ЧС природно-техногенного характера.

В итоге проведенных исследований, разработана вычислительная методика, позволяющая решать задачу обработки пространственных данных геоэкологического мониторинга на основе шиарлет-преобразования.

В настоящее время вычислительная методика тестируется на пространственно-временных рядах данных наблюдений различных сложных природных явлений и процессов, связанных с ЧС природно-техногенного характера.

Вычислительная методика состоит из несколько этапов (рис. 1):

- подготовительное, исходное изображение форматируется под расчетный шаблон и намечается последовательность расчетных процедур для наиболее оптимального решения поставленной задачи;
- запуск и настройка алгоритмического обеспечения в shearletlab, выбор конкретного алгоритма для поставленной задачи;
- загрузка и обработка исходных изображений для различных расчетных условий в соответствии с поставленной задачей;
- анализ получаемых расчетных изображений в результате шиарлет-преобразования, контрастирование изображения, в итоге получаем атлас расчетных изображений с интерпретацией изучаемого явления.

На рисунке 2 представлена обработка пространственных данных геоэкологического мониторинга на основе разработанной вычислительной методики.

Резюмируя вышесказанное, приходим к следующим выводам: сдвиговое (шиарлет) преобразование учитывает свойства исследуемой среды, причем математический аппарат, применяемый для анализа сложных пространственных данных

тот же для различных физических сред и моделей; сдвиговое преобразование позволяет работать с криволинейными особенностями.

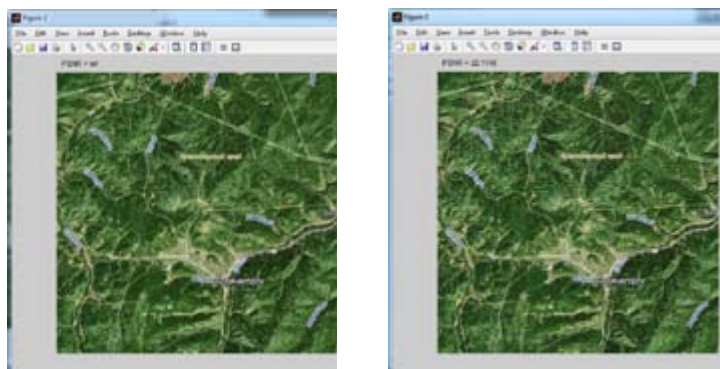
Шиарлет-преобразование хорошо применимо для фиксации регулярности изображения в сложных случаях, учитывает масштаб, пространство и направление. Шиарлет-преобразование эффективный инструмент для анализа внутренних геометрических черт изображения, использующий анизотропные и направленные оконные функции.

```

1  %% DEMOISEDEMO
2  \ denoising demo using shearlets
3  \
4  %% Description
5  \ Denoising demo using shearlet transf
6  %% Examples
7  \
8  %% See also SHEARLETTRANSFORM, GENERATEIN,
9  %% INV_SHEARLETTRANSFORM, DENOISE
10 \

```

Рис. 1. Вид соответствующих окон программы для выполнения расчетов



а) оригинал, б) обработано шиарлетом

Рис. 2. Шиарлет-преобразование данных для изучаемого геобъекта.

### Заключение

В итоге представлено новое перспективное направление в обработке сложных пространственных данных и изображений геэкологического мониторинга – сдвиговое преобразование данных наблюдений, а также его взаимосвязь с вейвлет-преобразованием пространственно-временных рядов.

Данный тип преобразования позволяет получить новую геометрическую интерпретацию в процессе обработки пространственно-временных рядов и изображений при диагностике сложных геэкологических объектов и систем для выявления криволинейных особенностей (сингулярностей) и оценки территориальных рисков ЧС природно-техногенного характера.

### Список литературы:

1. Candes E.J., Donoho D.L. New tight frames of curvelets and optimal representations of objects with piecewise C2 singularities, *Comm. Pure and Appl. Math.* 56 (2004), 216–266.
2. Donoho D.L., Kutyniok G. Geometric Separation using a Wavelet-Shearlet Dictionary, *SampTA'09* (Marseille, France, 2009), Proc., 2009.
3. Donoho D.L., Maleki A., Shahram M., Stodden V., Ur-Rahman I. Fifteen years of reproducible research in computational harmonic analysis, *Comput. Sci. Engrg.* 11 (2009), 8–18.
4. Fadilli M.J., Starck J.-L., Elad M., Donoho D.L. MCA Lab: Reproducible research in signal and image decomposition and inpainting. *IEEE Comput. Sci. Eng. Mag.* 12 (2010), 44–63.
5. Guo K., Kutyniok G., Labate D. Sparse multidimensional representations using anisotropic dilation and shear operators, *Wavelets and Splines* (Athens, GA, 2005), Nashboro Press, Nashville, TN, 2006, 189–201.
6. Labate D., Lim W.-Q., Kutyniok G., Weiss G. Sparse multidimensional representation using shearlets, in *Wavelets XI*, edited by M. Papadakis, A.F. Laine, and M.A. Unser, *SPIE Proc.*, 5914, SPIE, Bellingham, WA, 2005, 254–262.
7. Lim W.-Q. The discrete shearlet transform: A new directional transform and compactly supported shearlet frames, *IEEE Trans. Image Proc.* 19 (2010), 1166–1180.
8. Meyer Y. Oscillating Patterns in Image processing and nonlinear evolution equations, *University Lecture Series*, Amer. Math. Soc. 22 (2002).
9. Starck J.-L., Elad M., Donoho D. Image decomposition via the combination of sparse representation and a variational approach, *IEEE Trans. Image Proc.* 14 (2005), 1570–1582.
10. Hauser S. Fast finite shearlet transform: a tutorial. Preprint University of Kaiserslautern, 2011.
11. Laugesen R. S., Weaver N., Weiss G. L., and Wilson E. N. A characterization of the higher dimensional groups associated with continuous wavelets. *The Journal of Geometrical Analysis*, 12(1): 89–102, 2002.
12. Mallat S. *A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way*. Academic Press, San Diego, 2008.

## Разработка системы дешифровочных признаков для выявления нарушенности экосистем Севера Красноярского края на основе ГИС-технологий

**Антамошкина Ольга Александровна**

*заместитель начальника Сибирского филиала ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)*

Оценка нарушенности экосистем проводилась в 100 км зоне охвата высотной мачты ZOTTO (Zotino Tall Tower facilities), предназначенной для мониторинга парниковых газов в приземных слоях атмосферы лесных экосистем бореальной зоны Енисейского района Красноярского края.

Территория 100 км зоны охвата высотной мачты ZOTTO имеет низкую степень промышленного освоения. Основным видом промышленной деятельности является заготовка эксплуатационной древесины. Промышленное освоение лесов на территории исследования началось с 70-х годов прошлого века и по настоящее время сохраняет экстенсивный характер за счет вовлечения в эксплуатацию новых лесных площадей. Увеличение количества вырубленных площадей, лесных просек под автомобильные дороги и сейсмологических площадей для нужд геологоразведки, все это приводит к нарушению лесных территорий. Наибольший ущерб экосистемам исследуемого региона наносят лесные пожары.

Проведены исследования нарушенности территории путем сравнительного анализа о состоянии растительности в период с 1970 по 2012 годы. Нарушенность лесных территорий 100 зоны охвата высотной мачты оценивалась с использованием архивных материалов космической съемки спутников серии LANDSAT, топографических карт, результатов детектирования пожаров и дешифрирования промышленных вырубок леса.

К настоящему времени выработаны основные концепции оценки нарушенности экосистем территории высотной мачты:

- отработан процесс получения и анализа информации;
- разработана методика оценки площади пожара;
- разработан алгоритм верификации площади пожара по натурным и спутниковым данным среднего и высокого пространственного разрешения; создана и поддерживается в актуальном состоянии база данных по пожарам, обнаруженным в 100 километровой зоне охвата высотной мачты по информации со спутников TERRA и NOAA;
- разработан и поддерживается в актуальном состоянии блок оперативного мониторинга пожаров в ГИС района высотной мачты, содержащий векторные слои контуров пожаров по периодам мониторинга.

Данные детектирования пожаров заносятся в базу данных оперативного мониторинга в табличной форме, шейп-файлы контуров обнаруженных пожаров в районе исследования помещаются в блок оперативного мониторинга в ГИС района охвата высотной мачты.

В результате, база данных оперативного мониторинга содержит информацию о пожарах, зарегистрированных в 100 км зоне охвата высотной мачты с 1996 года. Данные с 1996 по 2005 год получены из архива данных детектирования лесных пожаров с использованием информации серии метеорологических спутников NOAA, с пространственным разрешением 1100 метров (информация предоставлена Сибирским филиалом ВНИИ ГОЧС г. Красноярск). Данные 2005-2010 годов генерируются по результатам детектирования пожаров по данным TERRA в оперативном режиме.

Ежегодно в конце текущего отчетного периода производится валидация данных оперативного мониторинга с уточнением границ и площади гарей, по снимкам среднего пространственного разрешения (LANDSAT TM, LANDSAT +ETM, SPOT4). В целом, разработанный метод и технология картографирования повреждений растительности пожарами по данным LANDSAT позволяет оценивать их площади с ошибкой, не превышающей 30%, около 70% всех обнаруженных очагов горения по данным MODIS (TERRA).

В ходе экспедиционных работ исследовательскими группами проведены маршрутные обследования различных типов экосистем с глазомерной оценкой параметров насаждений и определением их границ вдоль пешеходных и водных маршрутов передвижения. Выявлено несоответствие некоторых выделенных на космоснимках классов с реально существующими типами экосистем. Поправки, внесенные в ходе маршрутных обследований, позволяют скорректировать карты растительности и типов экосистем.

Общая площадь 100 км зоны территории исследования оценивается в 3683139,4 га. Общая площадь деструктивной растительности (поврежденной лесными пожарами и рубками) на 1970 год составляла 8,24% от площади исследования. На сентябрь 2012 года нарушенность территории 100 км зоны охвата высотной мачты составляет порядка 24,6% от общей площади исследования. 65% территории, пройденной огнем в 2012 году приходится на гари и рубки прошлых лет. На старых гарях остаются продукты горения, пни, сухостой и валеж, на старых рубках остаются сухие порубочные остатки, что в условиях аномально высоких температур является хорошим проводником горения.

На основе полученных результатов по оценке нарушенности экосистем исследуемой территории создана геоинформационная система, использующая картографическую, справочную и оперативную информацию как единый информационный массив с возможностью управления и формирования запросов и визуализацией картографической информации.

Информационно-программный комплекс включает в состав следующие основные компоненты: программные средства ГИС (Erdas Imagine, ArcGis), базы данных лесной таксации и других показателей, цифровые карты ландшафтной структуры для классификации лесных выделов по видовому составу деревьев, прикладные программы математического моделирования зон выгорания в лесном массиве. Базовым форматом для хранения и последующего анализа результатов обработки выбраны картографические покрытия программной среды ARC MAP.

На основе реляционной БД создана информационная система, использующая картографическую, справочную и оперативную информацию как единый информационный массив с возможностью управления и формирования запросов и визуализацией картографической информации.

## **Прогноз чрезвычайных ситуаций, связанных с лесными пожарами вблизи населенных пунктов**

---

**Волокитина Александра Витальевна**

*ведущий научный сотрудник лаборатории лесной пирологии, доктор сельскохозяйственных наук, Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН*

**Софронова Татьяна Марковна**

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева*

### **Введение**

В двадцать первом веке проблема природных пожаров становится все острее. Ожидаемое потепление климата может усилить засухи в бореальной зоне и вызвать массовые лесные пожары. Вполне возможно, что сильнейшая засуха в Средней Сибири летом 1994 года и выгорание огромной площади лесов, а также последующие засухи и катастрофические вспышки лесных и торфяных пожаров в Европейской части России (2010 г.), на Дальнем Востоке (2011 г.), в Центральной Сибири (2012 г.) – это симптомы глобального потепления. Особенно грозно огненная стихия показала свою мощь в летнюю засуху 2010 года в центральных областях России, когда пострадали 199 населенных пунктов, сгорело 3200 домов, погибло 62 человека.

Повторение подобной катастрофической ситуации в России вполне возможно, так как «климатическая болтанка» на планете усиливается. Все чаще средства массовой информации сообщают об ураганах, наводнениях, а также о засухах, которые сопровождаются вспышками природных пожаров. Уничтожаются леса, дымят болота, горят поселки, гибнут люди. Видимо, пришло время всерьез заняться пожарной проблемой. И не только в плане наращивания технической силы, поскольку она несопоставима с мощью стихии огня.

Природные пожары, включая лесные, являются проблемой потому, что в периоды сильных засух их количество резко возрастает, часть возникших пожаров не успевают вовремя потушить или плохо локализуют, они достигают крупных размеров и могут наносить огромный ущерб, создавая чрезвычайные ситуации, когда на пути пожаров оказываются населенные пункты или другие важные объекты. Их обычно пытаются защитить, но эффективность принимаемых мер часто оказывается невысокой. Поэтому, прежде всего, необходимо рассмотреть условия, при которых могут возникать подобные чрезвычайные ситуации, а также проанализировать имеющиеся способы защиты населенных пунктов и усовершенствовать их на основе имеющихся в лесной пирологической науке фундаментальных разработок.

В Институте леса им. В.Н.Сукачева СО РАН (ИЛ СО РАН) вопросы защиты таежных населенных пунктов от лесных пожаров разрабатывались в 2000-2001 гг. в рамках проекта по гранту фонда Макартуров (США) [2] и в 2010 гг. по Госконтракту

между ИЛ СО РАН и Агентством лесной отрасли Красноярского края. Подготовлены практические рекомендации, где кроме традиционного противопожарного устройства территории предлагаются меры для активных действий при возникновении чрезвычайных ситуаций, связанных с природными пожарами [3].

#### Оценка возможности и характера чрезвычайных пожарных ситуаций в связи с природными пожарами

Населенные пункты повреждаются или уничтожаются, чаще всего, лесными пожарами, причем не только верховыми, но и сильными низовыми, реже – сильными степными пожарами и луговыми (обычно в весенний период, когда имеется много усохшей травы).

Анализ чрезвычайных ситуаций, связанных с природными пожарами, включая лесные, показывает, что угрозу населенным пунктам создают, как правило, не пожары, возникающие в непосредственной близости от них (поскольку эти пожары обычно оперативно ликвидируются), а крупные лесные пожары, пришедшие со стороны. Так было в России летом 2010 года, так бывало и раньше.

Мы провели исследования условий, при которых были уничтожены крупными лесными пожарами два поселка: один, п.Хая, сгорел в 1994 году при сильном низовом пожаре в Красноярском Приангарье, другой, п.Улбугай, был уничтожен в 1996 году крупным верховым пожаром в Тункинской котловине в Бурятии.

Сгоревший п. Хая имел площадь 20 га и был окружен сосновым лесом высотой 16-18 м с покровом из лишайников и зеленых мхов. С юго-восточной стороны лес находился очень близко от поселка, с северной стороны – на расстоянии 100-200 м (Рис. 1).

Пожар возник 26 июля в 2,5 км восточнее деревни. Ветер дул с северо-востока. Пожар вначале достиг р. Чуны в 2 км южнее деревни и был частично локализован. Но 28 июля ветер подул с юго-востока и при этом усилился, в результате чего длинная правофланговая кромка пожара превратилась в широкий фронт, который стал распространяться в сторону деревни. На отдельных участках пожар развивался в верховой. По рассказам очевидцев, деревня была, буквально, засыпана горящими частицами. Необходимо подчеркнуть, что вблизи от границы с территорией деревни пожар не был верховым, а только сильным низовым. Это было установлено нами в ходе специальных маршрутных обследований.

Из анализа развития данной чрезвычайной лесопожарной ситуации можно сделать следующие выводы:

1. Населенные пункты могут загораться не только от верховых, но и от сильных низовых пожаров.
2. Достаточно крупный природный пожар (более 100 га), действующий недалеко от населенного пункта, в случае изменения направления ветра может создать реальную угрозу населенному пункту, которая усугубляется тем обстоятельством, что длинный фланг пожара превращается в широкий фронт.

Во втором случае, когда сгорел п. Улбугай, пожар действовал на территории, которая представляет собой как бы остров (размером 10 x 17 км), возвышающийся

на 100 м среди заболоченных пространств Тункинской долины и расположенный между двумя притоками р.Иркут: Енарга (с запада) и Тунка (с востока). Эта территория покрыта сосняками. Преобладают рододендроновые, злаково-разнотравные и бруснично-разнотравные сосняки в возрасте 30-90 лет (т.е. жердняки и средневозрастные насаждения).

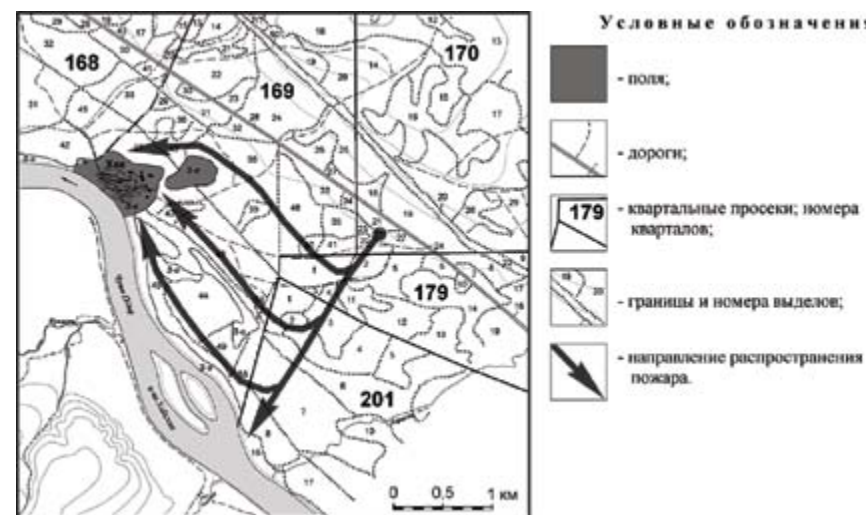


Рис.1. Схема распространения лесного пожара 26-29 июля 1994 г. от которого сгорел поселок Хая.

Пожар возник 13 мая 1996 года в 14 часов на сельскохозяйственных землях южнее квартала 136 Кыренского лесничества возле дороги. Стояла засушливая погода (IV класс засухи), дул сильный юго-западный ветер. Именно в этом направлении (т. е. на северо-востоке от точки возникновения пожара) находились два населенных пункта: 1) в 7 км, почти в центре соснового массива – небольшой поселок Солнечный (научная база Института солнечной и земной физики) и 2) в 16 км, у восточной границы соснового массива – село Улбугай.

Под влиянием сильного ветра лесной пожар стал быстро распространяться на северо-восток и приобрел высокую интенсивность, на многих участках он развивался в верховой пожар. Поселок Солнечный был засыпан горящими частицами, жители своевременно покинули поселок и спаслись от пожара в ближайшем болотце, поэтому жертв не было. Из шести домов сгорели три.

Около 19 часов пожар в форме верхового огня с шириной фронта более 2 км (общая ширина фронта всего пожара – 5-6 км) достиг восточной границы соснового массива, в полукилометре от которой находилось село Улбугай. Порывы ветра достигали скорости 30 м/с. Село было буквально засыпано на расстоянии от стены леса около 500 м горящими частицами и ветками, дома загорелись. Для жителей это было полной неожиданностью, они в панике покинули горящее село и спаслись

на заболоченной безлесной равнине. Но четверо пожилых жителей села не смогли убежать и погибли. Из 30 домов сгорело 26. Погиб почти весь скот.

Из анализа рассмотренных выше, а также многих других чрезвычайных ситуаций, связанных с лесными пожарами, можно заключить, что загорания домов в населенных пунктах непосредственно от пламени пожара случаются не так часто, поскольку дома и сами населенные пункты бывают окружены негоримыми площадями (полями, огородами, улицами, дорогами и т. п.). Обычно загорания возникают от горящих частиц, которые разбрасываются перед фронтом пожара. Количество горящих частиц и дальность их переброски зависят от интенсивности природного пожара и скорости ветра. От сильных пожаров при сильном ветре пятнистые загорания растительного покрова (а, следовательно, и домов) могут возникать, по результатам наших исследований на расстоянии до 400 – 500 м.

В связи с этим очень важно спрогнозировать поведение возникающих природных пожаров, которые могут угрожать населенным пунктам, по специально разработанным методическим рекомендациям [4]. Но, прежде всего, необходимо заранее определить, каким населенным пунктам могут угрожать крупные лесные пожары.

#### **Методика по выявлению населенных пунктов, которым могут угрожать лесные пожары**

На основании известных закономерностей распространения и развития природных пожаров, а также анализа случаев повреждения или уничтожения природными пожарами населенных пунктов нами разработана методика по выявлению населенных пунктов и других объектов, которым могут угрожать природные пожары. Она включает следующие основные этапы:

1. Оценка характера растительного покрова и его природной пожарной опасности по периодам пожароопасного сезона (в радиусе 50 км от населенного пункта). Источником информации служат планы лесонасаждений, таксационные описания и книги учета лесных пожаров.
2. Выделение населенных пунктов, расположенных на территории с преобладанием хвойных лесов (особенно молодняков и средневозрастных древостоев), где высока вероятность развития верховых пожаров. Также с большой скоростью при сильном ветре могут распространяться и беглые низовые пожары по безлесным участкам (чаще в весенний период при наличии усохшей травы).
3. Определение вероятного количества дней с сильным ветром в каждом месяце (или декаде) пожароопасного сезона. Такие сведения имеются в агроклиматических и климатических справочниках.
4. Выделение в районах лесостепной зоны населенных пунктов (в том числе, дачных поселков, садовых товариществ) с наличием поблизости от них не только лесных участков, но и примыкающих к поселку участков открытых и частично открытых (с куртинами деревьев и кустарников), имеющих развитый травостой, особенно злаковый.

5. Выделение в районах таежной зоны тех населенных пунктов, у которых расстояние от крайних домов до опушки хвойного леса менее 500 м. Для этого используются планы лесонасаждений, топокарты масштаба 1:25 000, аэрофотоснимки (можно и обычные снимки, сделанные с борта самолета или вертолета) и космоснимки с большим разрешением (взятые из Интернета). Ограничиваться только планом лесонасаждений нельзя ввиду того, что территория, прилегающая к поселку с лесными участками на ней, может не относиться к гослесфонду.

6. Выделение населенных пунктов и объектов, расположенных в местах, где возможно усиление ветра (например, в сужениях глубоких долин, особенно в горной местности); для этого используется топографическая карта.

Примечание: Оценка опасности повреждения природными пожарами других ценных объектов, расположенных в лесу (например, нефтедобывающих промыслов) делается по этой же методике.

Используя данную методику мы выявили населенные пункты в Красноярском Приангарье, имеющие риск повреждения природными (лесными) пожарами:

а) вблизи от р. Ангары – Нижнетерянский, Каменка, Артюгино, Ангарский, Гремучий, Красногорьевский, Шиверский, Хребтовый, Манзя, Пинчуга, Ярки, Богучаны, Гольявино, Говорково, Таежный, Карабула;

б) вблизи от р. Чуны – Первомайск, Бурный, Осиновый Мыс, Новохайский, Чунояр, Октябрьский.

#### **Противопожарное устройство территории вокруг населенного пункта**

Главная задача при защите населенного пункта от крупного лесного пожара – не допустить его приближения на опасное расстояние, т. е. на 500 м. Существует два способа решения этой задачи, два метода защиты населенного пункта – пассивный и активный. При пассивном методе на территории вокруг поселка создают различные противопожарные барьеры и снижают пожароопасность насаждений. Именно эти мероприятия являются основой большинства существующих рекомендаций [1]. Их эффективность часто невысокая.

Из активных методов самым эффективным способом остановки пожара является своевременный отжиг. К сожалению, при его организации возникает ряд трудностей, и прежде всего, это создание опорной полосы для отжига. На подготовку опорной полосы требуется довольно много времени, учитывая, что длина полосы может быть несколько километров. Да и сам отжиг, т. е. создание достаточно широкой зоны с выжженным напочвенным покровом, также выполняется не моментально. В случае приближения природного пожара времени на эти операции, обычно, не хватает. Поэтому рациональнее заблаговременное – еще в процессе противопожарного устройства – создание вокруг населенного пункта опорной полосы для отжига. Это является главной задачей противопожарного устройства возле населенных пунктов. Выполнение этой задачи не исключает планирование и проведение обычных противопожарных мероприятий, которые, безусловно, имеют положительное значение.

С целью планирования оптимального размещения опорной полосы для отжига и планирования других противопожарных мероприятий необходимо составить крупномасштабную карту на сам населенный пункт и прилегающую территорию в радиусе до 1,5 км. Основой может служить часть плана лесонасаждений. Но он должен быть дополнен картой территории за пределами гослесфонда, т. е. возле населенного пункта и внутри его самого. Для этого можно воспользоваться топокартой или спутниковой картой (космоснимком) из Интернета. Карту следует составлять с особой полнотой и тщательностью. На ней должны быть отражены все существующие строения и другие объекты, лесные участки, вырубки, заросли кустарников, поля, огороды, луга, пустыри, пастбища, дороги, тропы, просеки, квартальная сеть, ручьи, речки, болота, водоемы, а также проверена и уточнена таксационная характеристика участков. Карта составляется в масштабе 1: 5000 – 1: 10 000 по типу плана лесонасаждений, т. е. с приложением подробного описания выделов. На самой карте дается только краткая характеристика.

Очень полезно составить пирологическое описание выделов, и на его основе – карты растительных горючих материалов (карты РГМ) для весны, лета и осени, а также карты текущей природной пожарной опасности по классам засухи. Такие карты окажут большую помощь в оценке лесопожарной ситуации вокруг населенного пункта в случае приближения крупного пожара, при борьбе с пожарами, возникающими возле населенного пункта, а также при планировании противопожарного устройства и других мероприятий (например, профилактических палов). Технология составления карт РГМ и метод прогноза поведения лесного пожара на их основе разработаны в ИЛ СО РАН [5].

### **Заключение**

Прогноз и профилактика чрезвычайных ситуаций, связанных с лесными пожарами вблизи населенных пунктов, вполне возможны на основе имеющихся фундаментальных и прикладных разработок в отечественной лесной пирологии. Для внедрения имеющихся разработок в практику, прежде всего, необходимо обратить серьезное внимание на подготовку и переподготовку кадров лесопожарной охраны, включая специалистов МЧС. В настоящее время уровень подготовки и повышения квалификации указанных специалистов в России оставляет желать лучшего. Результаты неправильных действий при ликвидации лесных пожаров можно наблюдать по телевидению по сводкам новостей с мест событий. В Красноярском крае имеются все условия для изменения данной ситуации: недавно создан Лесопожарный центр на базе которого вполне можно организовать обучение специалистов лесопожарной охраны; имеется единственная в стране лаборатория лесной пирологии в ИЛ СО РАН со специалистами высокой квалификации, которые могли бы вести занятия на высоком научном уровне и с учетом зарубежного опыта.

### **Список литературы:**

1. Амельчугов С.П., Андреев Ю.А., Брюханов А.В., Воробьев А.О. Защита населения и территорий от природных пожаров // Юбилейный сб.трудов ФГУ ВНИИПО МЧС России. – М.: 2007. – С.191-203.

2. Волокитина А.В. Защита населенных пунктов от чрезвычайных ситуаций, связанных с природными пожарами. (Практические рекомендации).– Красноярск: ИЛ СО РАН. – 2002. – 63 с.
3. Волокитина А.В., Софронова Т.М. Защита населенных пунктов от лесных пожаров. (Практические рекомендации). – Красноярск: ИЛ СО РАН. – 2011. – 71 с.
4. Волокитина А.В., Корец М.А., Софронова Т.М. Управление действующими лесными пожарами. (Методические рекомендации). – Красноярск: ИЛ СО РАН. – 2012. – 78 с.
5. Волокитина А.В., Софронов М.А., Корец М.А., Софронова Т.М., Михайлова И.А. Прогноз поведения лесных пожаров. – Красноярск: СО РАН, Институт леса им.В.Н.Сукачева СО РАН. – 2010. – 211 с.

## Информационная поддержка системы мониторинга цунами на параллельных вычислительных архитектурах

**Симонов Константин Васильевич**

*ведущий научный сотрудник ФГБУН Института вычислительного моделирования СО РАН, доктор технических наук*

**Курако Михаил Александрович**

*ассистент кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности Университета, аспирант ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»*

**Диденко Алена Олеговна**

*аспирант кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности Университета, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»*

### Введение

Параметры природных катастроф (их сила, характер воздействия и др.) разнообразны. Многочисленность и разнообразие морских природных опасных процессов, сложность и изменчивость режима сильнейших подводных землетрясений и цунами делают актуальной проблему создания алгоритмического и информационного обеспечения для анализа данных комплексного мониторинга и оценки опасности.

Известно [1, 3], что причиной большинства цунами являются подводные землетрясения большой магнитуды и определенного механизма очага, во время которых происходит резкое смещение участка морского дна. В результате над очаговой зоной возникает поднятие водной поверхности, которое затем распространяется в виде цуга волн.

В работе предлагаются подходы для анализа соответствующих данных гео- и гидрофизического мониторинга с целью оперативной оценки опасности. В ходе исследований разработаны вычислительные методики оценки параметров сильных землетрясений и восстановления формы источника по мареограммам на ближайших DART станциях. Осуществлена программная реализация параллельной версии вычислительного комплекса для двух типов параллельных архитектур, а также системы поддержки моделирования цунами и анализа данных комплексного мониторинга за очаговыми областями сильнейших цунамигенных землетрясений.

### 1. Информационная поддержка геомониторинга очаговых зон цунамигенных землетрясений

Решение указанной задачи предполагает разработку схем типизации морских катастроф сейсмической природы и моделей единообразного описания процессов подготовки сильных цунамигенных землетрясений. В ходе исследований разработана вычислительная методика оценки параметров сильных землетрясений, включающая несколько этапов.

На первом этапе происходит выделение области подготовки сильного цунамигенного землетрясения. Критерием для такого выделения служат признаки, характеризующие общий повышенный фон значений ряда предвестников, регистрируемых на основе системы сейсмического мониторинга. Регистрируемые сейсмические события в анализируемой пространственно-временной последовательности разделяются на высоко- и низкоэнергетические уровни, характеризующие состояние изучаемой среды и определяющие условия возникновения сейсмической катастрофы. Для выделенной очаговой области осуществляется оценка стадий процесса подготовки сильнейшего землетрясения.

Стадия катастрофы определяется отношением экстремального состояния к нормальному. Для 1-й стадии разброс силы катастроф и значений поражающих факторов мал, характер распределения этих величин обычно описывается нормальным законом с малой дисперсией. При 2-й стадии катастрофы эмпирические распределения величин часто описываются экспоненциальным законом. Функции распределения величин для 3-й стадии катастрофы в большинстве случаев достаточно хорошо описываются степенным распределением. Показано, что процесс подготовки сильного землетрясения описывается комбинацией схем кумулятивного и мультипликативного типов, где экспоненциальный закон описывает распределение энергии от землетрясений в целом, а степенной позволяет учесть наиболее сильные, но редкие значения энергии землетрясений, которыми нельзя пренебречь.

На следующем этапе анализа рассматривается «энергетический» подход описания очаговой области подготовки сильного цунамигенного землетрясения, основанный на параметризации энергетической характеристики изучаемого сейсмического процесса. В качестве характерного временного интервала изучаемого процесса берутся сейсмические периоды между двумя сильными землетрясениями, количественное описание которых позволяет установить закономерности в последовательности землетрясений с магнитудой в интервале между минимальным и пороговым значениями. Состояние сейсмической системы внутри сейсмического цикла описывается кумулятивными энергетическими параметрами среды, на основе которых вычисляется энтропия системы и производится оценка магнитуды ожидаемого землетрясения.

На третьем этапе на основе анализа эмпирических временных рядов геомониторинга процесса подготовки сильного землетрясения для выделенных очаговых областей выполняется аппроксимация неизвестной функциональной зависимости по известным парам  $(t, M(t))$ . Разработанная методика позволяет быстро обрабатывать и анализировать данные, что важно, так как точность оценки параметров ожидаемого сильного землетрясения увеличивается с каждым новым сейсмическим событием.

### 2. Алгоритмическая поддержка гидрофизического мониторинга цунами

Прямая задача гидрофизического мониторинга распространения волн цунами в реальной акватории решается методом расщепления по направлениям с использованием параллельной версии программного комплекса MOST [2]. Также разработаны элементы вычислительной методики восстановления формы источника по



мареограммам на ближайших DART станциях [5]. Объединение вычислительной методики решения обратной задачи совместно с методикой решения прямой задачи позволяет производить моделирование на различных параллельных вычислительных системах.

Программная реализация параллельной версии комплекса выполнена для двух типов параллельных вычислительных архитектур: многоядерные вычислительные системы (SMP) и графические процессоры (GPU). При реализации комплекса на SMP системах использована технология OpenMP, применяемая для распараллеливания внешних расчетных циклов.

Таковыми циклами в программном комплексе являются циклы расчетов смещения волны вдоль осей, которые благодаря удобной для распараллеливания структуре алгоритма позволяют эффективную реализацию. Как показали вычислительные эксперименты, данный подход целесообразно применять для систем с количеством процессоров не более шести.

Хорошая масштабируемость достигается для систем с числом вычислительных ядер не более четырех. Падение производительности связано с тем, что итерации цикла выполняются очень быстро и вычислительным ядрам требуется часто обращаться к общей памяти, что приводит к постоянному сбросу кэша и необходимости производить синхронизацию, занимающую более половины от общего времени вычислений.

При реализации комплекса для расчетов на GPU использована технология CUDA компании Nvidia. Благодаря высокой степени потенциального параллелизма, заложенного в алгоритме, реализация для графических процессоров наиболее эффективна. Адаптация кода для GPU выполнена путем последовательного переноса участков кода на GPU. Пространство моделирования разбито на блоки, оптимальный размер которых по результатам профилирования и вычислительных экспериментов равен 16x16.

Наиболее сложной в реализации является функция расчета высоты волны. Внутри функции необходимо выполнять большое количество проверок на граничные условия (наличие берегов, материков и островов) и вести интенсивное чтение данных из памяти. Для упрощения этой функции заранее выполнен просчет некоторых условий, что позволило исключить вложенные проверки. Кроме того, все необходимые для расчета данные перенесены в разделяемую память.

Анализ тестовых запусков профилировщика показал, что в функциях вычисления инвариантов используется некорректный шаблон доступа к памяти, который приводит к значительным потерям производительности. Замена шаблона доступа к памяти позволила ускорить выполнение этих функций на порядок. Полученный результат – ускорение расчетов по времени на 2 порядка.

### 3. Реализация системы поддержки численного моделирования цунами

Для реализации системы поддержки моделирования цунами и анализа данных комплексного мониторинга за очаговыми областями сильнейших цунамигенных землетрясений применяется параллельная версия системы, разрабатываемая в настоящее время. Анализируемые данные геомониторинга хранятся в базе данных,

где каждая таблица базы данных представляет собой каталог землетрясений для одной выделенной области [4].

Структура подсистемы сейсмического мониторинга системы поддержки моделирования цунами включает в себя следующие компоненты:

1. диспетчер, задачей которого является слежение за актуальностью данных, проверкой их корректности, обновлением данных в режиме реального времени, распределением вычислительных задач между вычислительными ядрами;
2. вычислительные ядра, обрабатывающие поступающие данные, относящиеся к конкретному очагу, результаты расчетов записываются в базу данных;
3. база данных – хранилище, содержащее первоначальные данные комплексного мониторинга и результаты их обработки;
4. большой экран, позволяющий оперативно, в режиме, близком к реальному времени, отображать текущую обстановку по выбранным очаговым зонам и результатам их обработки.

В настоящее время при реализации подсистемы гидрофизического мониторинга производится адаптация и тестирование алгоритмического и программного обеспечения для моделирования длинных волн типа цунами в открытом океане для источника, форма которого близка к реальному очагу цунами

Тестирование вычислительного комплекса проводится на суперкомпьютере СФУ. Результаты тестирования комплекса на основе данных о последних подводных землетрясениях и цунами в районе Коста-Рики (05.09.2012), Канады (28.10.2012) и Японии (07.12.2012) показали, что комплекс пригоден для выполнения расчетов в условиях разнородной и не полной информации о природном процессе.

Одной из задач тестирования разработанного вычислительного комплекса является оптимизация и ускорение расчетов по моделированию распространения цунами в реальных акваториях от реальных источников цунами при решении задачи оценки опасности цунами. Результаты расчетов комплекса в свою очередь являются основой для генерации в кратчайший срок после разрушительного цунамигенного землетрясения в автоматическом или полуавтоматическом режимах рекомендаций для служб предупреждения об опасности цунами.

Таким образом, в рамках вычислительного комплекса решение задач гео- и гидрофизического мониторинга цунами в акватории Тихого океана обеспечивает:

- оперативную оценку опасности цунами от сильного подводного землетрясения по магнитудному критерию на основе предвычислений высот волн цунами;
- уточнение параметров и местоположения очаговой зоны изучаемого цунамигенного землетрясения на основе решения кинематической задачи гидрофизического мониторинга;
- оценку параметров очага цунами путем выбора наилучшего приближения из предварительно рассчитанной базы данных об источниках цунами;

- построение передаточных функций вдоль трассы распространения волн цунами используя данные регистрации гидрофизических станций;
- обработку и анализ расчетных и натуральных мареограмм исследуемого волнового процесса;
- решение задачи зонирования защищаемой береговой зоны в критериях «риск–ущерб»;
- решение задачи поиска расположения наиболее эффективного локального набора гидрофизических станций для целей прогноза опасности цунами.

В рамках тестирования выполнялись следующие этапы работы вычислительного комплекса: оценка очага цунамигенного землетрясения; оценка параметров источника цунами; поиск и выбор локального набора гидрофизических станций; анализ данных регистрации волнового процесса; моделирование распространения волны от источника цунами; сравнительный анализ результатов расчета и данных регистрации; оценка распределения максимальной энергии волны цунами для прогноза опасности цунами.

#### **Заключение**

Таким образом, в ходе работы вычислительного комплекса анализируется информация о подводном цунамигенном землетрясении в исследуемом регионе и выявляется местоположение наиболее вероятных источников цунами, оцениваются параметры возможного источника цунами и осуществляется поиск оптимального набора гидрофизических станций.

Затем анализируется информация о регистрации волны цунами на указанных станциях и выполняется моделирование распространения волн цунами в рамках выделенной локальной системы станций.

Следующий этап – сравнительный анализ времени вступления, амплитуды, периода и формы расчетной наблюдаемой волны цунами.

Важный этап – процедура построения распределения энергии волнового процесса для прогнозирования опасности цунами конкретных областей исследуемой акватории.

Получаемые при решении задач гео- и гидрофизического мониторинга карты-схемы распределения максимальной энергии волны цунами, являющиеся конечным результатом расчетов распространения цунами, с хорошей точностью и заблаговременностью решают задачу оценки опасности цунами для выделенных очаговых зон цунамигенных землетрясений и источников цунами.

На основе разработанной вычислительной методики выполнены численные эксперименты по моделированию распространения волн цунами в акватории Тихого океана последних цунамигенных землетрясений и цунами за период 2012-2013 гг. (Коста-Рики (05.09.2012), Канады (28.10.2012) и Японии (07.12.2012)).

#### **Список литературы:**

1. Titov V.V. Numerical modeling of tsunami propagation by using variable grid. 1989. Proceedings of the IUGG/IOC International Tsunami Symposium,

46-51. Computing center Siberian Division USSR Academy of Sciences, Novosibirsk, USSR.

2. Pelinovski E.N., Hydrodynamics of Tsunami Waves, Nizhnii Novgorod, 1996.
3. Dotsenko S.F., Sergievskii B.Yu., Cherkasov L.V., Space tsunami waves generated by alternating displacement of the ocean surface, In "Tsunami research", Moscow, 1986, N 1, pp. 7-14.
4. [http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/quakes\\_all.php](http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/quakes_all.php)
5. <http://www.ndbc.noaa.gov/dart.shtml>

## Исследование влияния стохастической структуры горючего на параметры низового лесного пожара

**Лепп Наталья Эвальдовна**

старший преподаватель кафедры высшей математики и информатики  
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»

**Ушанов Сергей Викторович**

заведующий кафедрой высшей математики и информатики, кандидат  
технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный  
технологический университет»

Модельное описание природной среды в зоне пожара является неотъемлемой частью и особенностью математических моделей динамики природных пожаров. Следовательно, создание достаточно полной информационной базы является одним из важнейших условий эффективного использования математических моделей [1].

Работы по созданию базы данных типовых лесных участков проводятся в различных регионах России и за рубежом. При моделировании осуществляется выбор из базы данных типов растительности, наиболее близких к реальным. Модель М.А.Софронова получила информационное обеспечение благодаря разработанной классификации растительных горючих материалов (РГМ) и методу их картографирования [2]. Информационная база одной из наиболее распространенных на сегодняшний день математических моделей лесного пожара, полуэмпирической модели Р. Ротермела, включающая 13 оригинальных моделей горючего, дополнена данными [3].

Структура РГМ определяется набором его характеристик, таких как объемный вес, степень размельченности и пористости, распределение по слою и т.д. Теплофизические свойства горючего, необходимые для расчета скорости распространения, моделирования процесса распространения и прогноза интегральных характеристик низового лесного пожара (ЛП), как правило, определяются на основе пространственного усреднения. Однако реальная горючая среда представляет собой неоднородную многокомпонентную смесь живой и мертвой растительности, неравномерно распределенную по поверхности. Толщина подстилки в пределах одного типа леса также подвержена сильным колебаниям: она зависит от степени однородности участка, его микрорельефа, особенностей древостоя и др. Естественное варьирование морфологических показателей (горизонтальная и вертикальная структура) древостоев даже в пределах пробной площади достаточно велико и во многих случаях превышает 60%. Флуктуации теплофизических характеристик РГМ вместе с влиянием главных факторов - ветра и уклона поверхности приводят к флуктуации скорости распространения пожара.

Для расчета процесса распространения по неоднородному слою РГМ необходим комплексный подход в оценке влияния стохастической структуры горючего на параметры пожара.

В настоящее время проводятся экспериментальные исследования по изучению совместного влияния ветра и неоднородного горючего, уклона поверхности и неоднородного горючего на скорость распространения и форму контура природного пожара. В работе [4] показано, что неоднородность РГМ приводит к увеличению скорости движения фронта и оказывает существенное влияние на форму контура пожара, как для равнинной местности, так и для пожара, распространяющегося вверх по склону.

В рамках стохастического подхода предлагается описание скорости распространения низового ЛП в виде однородного случайного коррелированного гауссовского поля, заданного на двумерной целочисленной решетке [5].

На рис. 1 представлены фрагменты сгенерированных случайных полей скорости распространения ЛП с заданными вероятностными характеристиками: математическое ожидание  $M=4,5$  м/мин, дисперсии  $\sigma^2=1,7$  и  $\sigma^2=3,2$ . Коэффициенты корреляции по пространственным координатам  $\rho_1$  и  $\rho_2$  закладываются в модель меру связи соседних элементов поля и являются априорными данными (при моделировании  $\rho_1=0,5$  и  $\rho_2=0,7$ ) Увеличение дисперсии скорости при моделировании приводит к формированию областей локальной однородности, соответствующих распространению горения по неоднородному слою РГМ в целом.

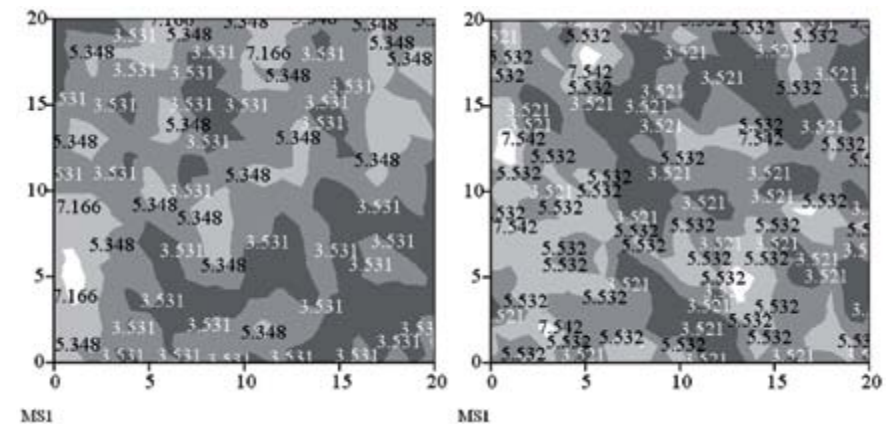


Рис.1. Фрагменты реализации имитационной модели случайного поля скорости распространения ЛП при  $M=4,5$  м/мин, дисперсии  $\sigma^2=1,7$  (слева) и  $\sigma^2=3,2$  (справа).

На рис. 2 показаны сечения случайного поля скорости по пространственной координате.

На рис. 3 представлены результаты вычислительных экспериментов, соответствующих моделированию распространения низового лесного пожара на случайных гауссовских полях скоростей [7]. Линии уровня соответствуют временам достижимости процесса распространения.

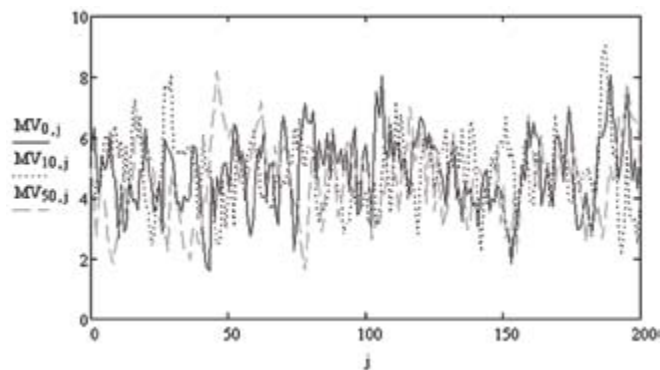


Рис.2. Сечения случайного поля скорости распространения ЛП по пространственной координате

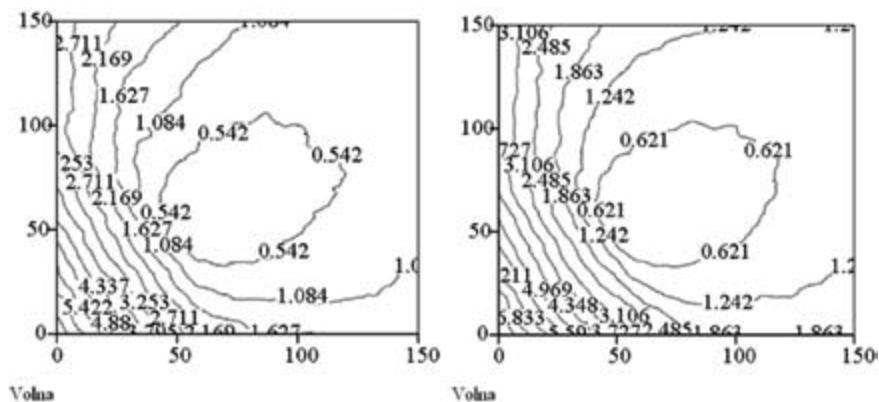


Рис.3. Реализации процесса распространения ЛП на случайных гауссовских полях скоростей ( $M=4,5$  м/мин,  $\sigma^2=1,7$  (слева) и  $\sigma^2=3,2$  (справа), скорость ветра  $5,5$  м/сек, уклон  $10^\circ$ , шаг дискретизации  $\Delta x=\Delta y=0,2$  м)

Вычислительные эксперименты показали ускорение процесса, распространяющегося в неоднородных условиях, при увеличении угла склона этот эффект будет выражен еще сильнее.

Таким образом, рассмотренный стохастический подход может быть применен для определения диапазона ошибки при расчете процесса распространения ЛП, а также для моделирования различных его сценариев.

#### Список литературы

1. Доррер Г.А. Динамика лесных пожаров. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 404 с.

2. Волокитина, А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. - 314 с.
3. Scott J.H., Burgan R.E. Standard fire behavior models: a comprehensive set for use Rothermel's surface fire spread model/ USDA Forest Service, Gen.Tech. Rep. RMRS-GTR-153, 2005. 72p.
4. Linn R.R., Winterkamp J.L., Weise D.R, Edminster C. A numerical study of slope and fuel structure effects on coupled wildfire behavior. Int. J. of Wildland fire. 19(2).2010.C.179 - 201
5. Пригарин, С.М. Методы численного моделирования случайных процессов и полей. / С.М. Пригарин // Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН. 2005. - 259 с.
6. Лепп, Н.Э. Влияние флуктуаций скорости на процесс распространения лесного пожара /Н.Э. Лепп, С.В. Ушанов, О.В. Фадеенков, А.Г. Французов // Сборник материалов 3-й международной научно-практической конференции: Составляющие научно-технического прогресса. Тамбов: ТГТУ.- 2007. – С. 213-216.
7. Лепп, Н.Э. Имитационное моделирование процесса распространения лесного пожара по неоднородному слою горючего материала. /Н.Э. Лепп, С.В. Ушанов // Сборник материалов международной конференции: Кубатурные формулы, методы Монте-Карло и их приложения. - Красноярск: ИПЦ ИКИТ СФУ. – 2011. – С. 73-76.

## Ландшафтная структура территории как основа для долгосрочного прогнозирования паводковых ситуаций

**Деева Ульяна Викторовна**

*преподаватель кафедры физики, математики и информационных технологий  
Сибирской пожарно-спасательной академии – филиала Санкт-Петербургского  
университета ГПС МЧС России*

Весенне-летнее половодье относится к категории чрезвычайных ситуаций, требующих определенной подготовки и слаженности в работе многих служб – МЧС России, Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), с подключением региональных служб: Среднесибирского УГМС, ЦСМ КНИИГиМС, Сибирского филиала ФКУ «НЦУКС МЧС России», Енисейского БВУ и др. Основные силы специалистов направлены не только на спасение и предотвращение этих ситуаций, но и на проведение мониторинга и ежегодного планирования (долгосрочные и краткосрочные прогнозы) паводковых ситуаций в регионах.

Половодье, как фаза водного режима реки, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и продолжительным подъемом уровня воды, часто сопровождается выходом воды на пойму [9], что обуславливает подтопление прирусловых территорий.

Основными факторами определяющими характер прохождения весеннего половодья являются: максимальные снегозапасы и величина воды в снеге на начало половодья, а также метеорологическая обстановка которая будет складываться в период прохождения половодья [4]. Однако не только гидрометеорологические показатели влияют на интенсивность весеннепаводковых наводнений на определенных территориях, большую роль оказывают площадь, рельеф и форма водосбора, наличие озер, болот, лесов, влияющих на условия стекания снеговых и дождевых вод.

От рельефа территории (особенно для бассейнов горных рек) зависит интенсивность и характер половодий. Снегонакопление на различных участках природно-территориальных комплексов (ПТК) отличается в зависимости от мезо- и микрорельефа, крутизны, экспозиции склонов, их площади, залесенности и ветра.

Склоны менее  $10^\circ$  – от пологих до крутопокатых – интенсивно накапливают снег в течении всего зимнего периода. Склоны, крутизной до  $45^\circ$  (умеренно крутые – очень крутые) хорошо накапливают и удерживают выпадающий и «переносной» снег, но иногда снег может обрушаться с этих склонов в виде небольших лавин. На склонах круче  $45^\circ$  (обрывистые) снег скатывается и практически не задерживается. На вогнутых склонах снег накапливается интенсивнее, чем на выпуклых.

Зависимость снегонакопления от экспозиции склона уже доказана исследованиями многих ученых [5, 11 и др.]. На плакорах и южных склонах снег тает быстрее, чем на склонах северной и восточной экспозиции (северный массив). Склоны се-

верной экспозиции аккумулируют большее количество снега. На склонах северной экспозиции величина снегонакопления в 1,5–2 раза выше, чем на южных. Максимальное снегонакопление фиксируется в восточной части северного массива у кромки леса. Образовавшиеся сугробы в весенний период сохраняются дольше, чем основная масса снега, что при наступлении теплой погоды увеличивает интенсивность снеготаяния и смыва почв [1].

Снегонакопление больше на наветренных склонах, чем на подветренных. Чем больше растительности на склоне (залесенность), тем интенсивнее идет накопление снега, т.е. древесная растительность способствует снегозадержанию на склонах, а при плотной замкнутости крон еще и длительному таянию снега.

Такой экологический режим ПТК, как водность [7] также будет играть значительную роль в паводковой ситуации бассейна рек. Водность определяется количеством и режимом воды земель. Наличие близко расположенных грунтовых вод будет влиять на весеннее таяние снега, его интенсивность (снег пропитывается водой: и весенними тальми водами и выходящими на поверхность грунтовыми, что увеличивает вероятность скатывания больших масс снега со склонов в русловой поток). Проявление карстовых процессов и выход грунтовых вод на поверхность увеличивают обводненность территории, что в летний период во время дождевых паводков также скажется на увеличении объема воды и, соответственно, подтопления пойменных ПТК.

Эти факторы будут обуславливать неравномерное течение половодья и делить его на несколько этапов, можно сказать, что на некоторых территориях половодье будет иметь волновой характер. На территории Красноярского края ГУ МЧС России выделяет два периода прохождения половодья [10]: 1 - период активного снеготаяния в степной зоне, и вскрытие малых рек, в первую очередь в южных районах края (склоновые стоки, подтопления пониженных участков местности, переполнение прудов, возникновение наледей и заторов на малых реках); 2 - период активного снеготаяния в предгорных и горно-таежных районах Саян, вскрытие крупных рек (значительный подъем уровней воды в реках, подтопление пойменных территорий, мощные заторы льда на больших реках).

Таким образом, к факторам, которые обуславливают максимальное накопление воды на территории бассейнов рек, относятся форма рельефа, крутизна и экспозиция склонов, их площадь, грунтовые воды, растительность. Все перечисленные элементы являются функциональными звеньями ландшафта. Поэтому ландшафтная основа, как некий критерий увлажнения ПТК, позволяет классифицировать территории по степени потенциальной опасности развития паводковых ситуаций.

Примером может служить ландшафтная основа Манского низкогорья и среднегорья, составленная с помощью программного обеспечения MapInfo 7.8 и Transform 2.0. Горная река Мана относится к категории средних рек, на своем пути принимает 1520 притока, общей длиной 4693,5554 км, образующих бассейн площадью 9419,2087 км<sup>2</sup>. Количество притоков длиной менее 10 км составляет 1459, общей длиной 3429,2879 км. Бассейн реки имеет асимметричное строение, речная сеть хорошо развита по левобережью.

Рельеф бассейна реки Мана сильно расчленен (перепад высот от устьевой части к истокам более 1700м). Наиболее сильной расчлененностью обладает юго-восточная часть территории, где находятся отроги Восточного Саяна (Койское, Кутурчинское и Манское белогорье). Остальная часть территории бассейна реки Мана обладает средней расчлененностью и более низкими высотами (от 200 до 894м). Глубина расчленения на всей исследуемой территории достаточно сильная (высота колеблется от 195,9 до 1917м). Долина горной реки Мана на всем своем протяжении не имеет надпойменных террас, глубоко врезана. ПТК долинного комплекса достаточно разнообразны, чередуются меж собой крутые залесенные склоны, скалистые утесы, заболоченные пойменные участки и широкие луга. На всем протяжении реки встречаются узкие высокие поймы и высокие широкие поймы, с луговой растительностью. Долина реки также характеризуется наличием эвтрофных болот (7,7%).

На территории бассейна р. Мана выделяются три ландшафтные местности: местность А – Приенисейско-Урманское увалисто-холмистое низкогорье с сосняками лугово-разнотравными на дерновых лесных почвах, производными осинниками; местность Б – Колбинско-Баджейское грядово-гривистое среднегорье с сосняками лугово-разнотравными и производными березняками на дерново-лесных почвах; местность В – Верхне-Манское грядово-холмистое среднегорье с кедровыми лесами на горно-таежных перегнойных почвах [3].

На основе полученных данных из ландшафтной основы была составлена таблица сравнительной характеристики групп урочищ ПТК – местностей (табл.1).

Таблица 1. Морфометрические показатели компонентов ландшафтных местностей Манского низкогорья и среднегорья

Компонент	Местность А	Местность Б	Местность В
Площадь местности	1639,3 км <sup>2</sup>	2574,6 км <sup>2</sup>	5205,2 км <sup>2</sup>
Общая длина водотоков	1386,1 км	1539,2 км	2786,8 км
Густота речной сети	0,845 км/ км <sup>2</sup>	0,597 км/ км <sup>2</sup>	0,535 км/ км <sup>2</sup>
Длина реки Мана	161,01 км	118,98 км	164,64 км
Коэффициент извилистости	2,675	1,945	3,825
Количество островов	71	64	33
Площадь островов	4,26 км <sup>2</sup>	2,36 км <sup>2</sup>	0,68 км <sup>2</sup>
Максимальная площадь острова	944408,61 м <sup>2</sup>	196426,84 м <sup>2</sup>	104004,46 м <sup>2</sup>
Площадь северных склонов Количество (виды)	271,29 км <sup>2</sup> 416 (7)	369,32 км <sup>2</sup> 713 (8)	1106,37 км <sup>2</sup> 313 (9)
Площадь южных склонов Количество (виды)	206,74 км <sup>2</sup> 449 (10)	343,51 км <sup>2</sup> 896 (10)	615,84 км <sup>2</sup> 1018 (7)
Площадь западных склонов Количество (виды)	243,57 км <sup>2</sup> 474 (7)	456,36 км <sup>2</sup> 924 (8)	1195,24 км <sup>2</sup> 1362 (9)
Площадь восточных склонов Количество (виды)	441,33 км <sup>2</sup> 529 (7)	546,89 км <sup>2</sup> 862 (8)	1139,36 км <sup>2</sup> 1270 (8)
Площадь плакоров Количество	295,09 км <sup>2</sup> 346	595,19 км <sup>2</sup> 596	690,24 км <sup>2</sup> 584

Для ландшафтных местностей бассейна реки Мана характерно увеличение их площади от устьевой части к верховьям и, соответственно с сочетанием с достаточно сильным расчленением рельефа, увеличение разнообразия и количества природно-территориальных комплексов.

Распределение склоновых ПТК по инсоляционной экспозиции в каждой местности практически равномерное (от 15% до 30% на каждую экспозицию). Но все же есть незначительные преобладания той или иной позиции. По мезоэкспозиции (солярной) на всей территории бассейна р. Мана преобладают склоны восточной (32,6%) и западной (25,6%) экспозиции, получающие среднее количество тепла. В местности А на вторую позицию выходят северные склоны (23,3% от площади местности), обладающие самым малым количеством тепла для северного полушария. Склоновые ПТК, получающие максимальную продолжительность и интенсивность солнечного облучения – южные, находятся в малом составе по количеству (всего 2363 контура из 10230 полученных) и площади (17,6%) на всей территории бассейна р. Мана.

Весь ландшафт Манское низкогорье и среднегорье характеризуется средней обеспеченностью теплом, так как определяется незначительное преобладание западных и восточных склонов.

В общем, на территории нет ярко выраженного преобладания тех или иных склонов по экспозиции, разница варьируется в пределах 100-300 по количеству. Можно говорить о равномерном распределении потоков веществ и энергии по экспозиции. Но все же, для всего ландшафта Манское низкогорье и среднегорье есть незначительное преимущественное направление потоков веществ - западное и восточное. Скорость потоков веществ достаточно сильная, что подтверждается преобладанием умеренно крутых и крутых склонов на всей территории изучаемого ландшафта. Большинство склонов залесенные, что препятствует задержанию снега и других потоков веществ.

Обводненность территории довольно значительная. Местность А характеризуется большей густотой речной сети (0,845 км/ км<sup>2</sup>) по сравнению с остальной территорией (0,566 км/ км<sup>2</sup>), что подтверждается меньшей площадью местности, сильным расчленением рельефа и хорошей обводненностью территории. Местность Б характеризуется наличием карстовых проявлений, выходом грунтовых вод на поверхность.

В ходе комплексных исследований установлены характерные морфоструктурные особенности ландшафта Манского низкогорья и среднегорья [2] - фоновыми ПТК являются урочища умеренно крутые и крутые склоны (65%) с кедровыми и пихтовыми лесами, узкие водораздельные поверхности, приоритетны склоны восточной и северной экспозиции; субдоминантными являются ПТК с известковыми породами и выходами интрузивных пород, покатые и круто покатые склоны (22%) с сосняками лугово-разнотравными и производными березняками и осинниками, широкие плакорные поверхности и склоны западной экспозиции.

Проводя анализ площадных характеристик ландшафта с сочетанием экологических режимов ПТК можно сделать вывод об интенсивном накоплении снега

на покатых - крутых склонах (6°-30°) восточной и северной экспозиции с лесной растительностью способствующей задержанию снегового покрова. Многие крутые склоны обладают моховой подстилкой, что способствует интенсивному скатыванию мокрого снега в весенний период. На очень крутых склонах отмечаются обвалы, конусы выноса горных пород, что также приводит к обрушениям снега, поддерживаясь талыми весенними водами. Данные факторы указывают на волновой характер паводковых ситуаций. Также поэтапному таянию снега на территории бассейна р. Мана способствует порядок последовательного расположения ландшафтных местностей, связанный с увеличением уровня высот от низкоротной устьевой части бассейна реки к верховьям в отрогах Восточного Саяна (определяется ступенчатым характером геологического фундамента ландшафта). Хорошая обводненность территории также говорит о значительном накоплении воды в ПТК.

Таким образом, ландшафт Манское низогорье и среднегорье обладает большой вероятностью возникновения чрезвычайных паводковых ситуаций. Являясь низкоротной территорией, бассейн реки накапливает большое количество снега. Обладая достаточно узкой долиной и небольшим количеством пойменных участков, р. Мана в период половодья выносит основную массу воды в реку Енисей, что способствует подтоплению близлежащих территорий вниз по течению Енисея. Имея ступенчатый характер ландшафта и обладая разными в экологическом отношении ландшафтными местностями, можно говорить о волновом течении половодья в весенне-летний период. Это и подтверждается данными гидрологических постов – вскрытие реки Мана начинается иногда в апреле, но в основном после 10 мая, в этот период амплитуда колебания уровня воды может достигать до 100 см [6], 70-80% годового стока реки проходит в период весенне-летнее половодья (апрель – июнь). В июле – сентябре нередки дождевые паводки, которые иногда бывают очень высокими [8].

Совокупность ландшафтных факторов помогает прогнозировать сход и таяние снега, площадь накопления снега, а подключая стандартные исследования для паводков - высоты снежного покрова и климатические показатели, можно более точно осуществлять долгосрочный прогноз ступеней половодья, имея представление в объемных и площадных единицах накопления воды на территориях бассейнов рек. Ландшафтная структура территории позволяет выделить потенциально опасные районы с точки зрения паводковых ситуаций.

#### Список литературы

1. Голубев И.А. Смыв почв талыми водами на пашне северной части Красноярской лесостепи/ Вестник Томского государственного университета. – 2012. - № 360. - с. 172 - 175
2. Деева У.В. Ландшафтно-морфологическая характеристика Манского низкогорья и среднегорья / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2011. - №6 – с. 68-71.
3. Деева У.В. Природно-территориальные комплексы бассейна реки Мана / Вестник Красноярского государственного университета 5/1. – 2006. – с. 138-144.
4. Долгосрочный прогноз чрезвычайных ситуаций, обусловленных весенне-летним половодьем на территории Томской области в 2013 г. [электронный ресурс] – 2013. Режим доступа: <http://www.70.mchs.gov.ru>, свободный. - Главное управление МЧС России по Томской области. – яз.рус.
5. Евсеева Н.С. Современный морфолитогенез юго-востока Западно-Сибирской равнины. - Томск : Изд-во НТЛ, 2009. - 484 с.
6. Запекина-Дулькейт, Ю.В., Дулькейт, Г.Д. Гидробиологическая и ихтиологическая характеристика водоемов заповедника «Столбы»/ Тр. Государственного заповедника «Столбы». – 1961. - Вып. III.– с.7-110.
7. Киреев Д.М. Лесное ландшафтоведение: текст лекций – СПб.: СПбГЛТУ, 2012. – 328с.
8. Кoryтный, Л.М. Реки Красноярского края. – Красноярск: кн. изд-во, 1991. – с.65-69.
9. Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология – М.: Высшая школа, 2007. – с. 196-197.
10. Прогноз чрезвычайных ситуаций на территории Красноярского края на 2013 год [электронный ресурс] – 2013. Режим доступа: <http://www.24.mchs.gov.ru>, свободный. - ГУ МЧС России по Красноярскому краю. – яз.рус.
11. Танащенко А.А. Специфика эрозии почв в Сибири. - Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2003. - 176 с.

## **ГИС - ориентированная система поддержки принятия решений по тушению природных пожаров вблизи населенных пунктов и объектов защиты**

### ***Доррер Георгий Алексеевич***

*ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела Центра НИОКР Сибирской пожарно-спасательной академии - филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, доктор технических наук, профессор*

### ***Коморовский Витольд Станиславович***

*старший научный сотрудник отдела информационных технологий и компьютерного моделирования Центра НИОКР Сибирской пожарно-спасательной академии - филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, кандидат технических наук*

### ***Осавелюк Пётр Алексеевич***

*заместитель начальника отдела информационных технологий и компьютерного моделирования Центра НИОКР Сибирской пожарно-спасательной академии - филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, кандидат технических наук*

Ежегодно в Российской Федерации возникает от 10 до 40 тыс. лесных пожаров. Только в субъектах СФО они угрожают 4000 населенным пунктам, в которых проживают более 2 млн. человек. Ландшафтные пожары как опасный и динамичный процесс, возникая, как правило, случайно во времени и пространстве, зачастую в труднодоступных местах, являются сложным объектом с точки зрения мониторинга и моделирования. Однако эффективная борьба с ними невозможна без прогнозирования, которое основывается на использовании адекватных математических моделей, описывающих их поведение. Установлено, что одной из значимых причин возникновения крупных и массовых лесных пожаров, угрожающих населенным пунктам, жизни и здоровью людей, является отсутствие достоверных краткосрочных прогнозов их развития на границе «лес – населенный пункт». Для осуществления эффективного прогнозирования опасностей, вызываемых лесными пожарами, требуется наличие математического, программного и информационного обеспечения процесса принятия управленческих решений по борьбе с ними. В настоящее время разработано определенное количество математических и компьютерных моделей развития лесного пожара. Причем, практически все модели прогнозируют распространение тактических частей кромки лесного низового пожара – фронта, флангов, тыла. В связи с этим разработка ГИС - ориентированной системы поддержки принятия решений по тушению природных пожаров вблизи населенных пунктов и объектов защиты в свете задач, возложенных на МЧС России, представляется актуальной.

Важной задачей при разработке информационной системы является построение функциональной модели бизнес процессов, происходящих в системе. Существуют различные методологии (нотации) построения таких моделей. Нами была выбрана нотация IDEF0, как наиболее подходящая в данном случае. В результате моделирования было выявлено множество бизнес процессов, среди которых для автоматизации избрали процессы, существенные для решения поставленных задач: оценить полученную информацию и принять решение о направлении сил и средств [1].

ГИС-интерфейс программы реализован с помощью компонента MapWinGIS. MapWinGIS используется для обеспечения геоинформационных и картографических функций для любых приложений Windows. MapWinGIS является свободным программным обеспечением с открытым исходным кодом на языке C++ [2].

Программа написана на языке высокого уровня Delphi. В качестве системы управления базами данных используется СУБД Absolute DataBase.

Программа «ГИС – Лесные пожары» предназначена для выполнения расчетов и определения опасности пожара для населенных пунктов и объектов защиты. В состав программного средства входит расчетный модуль, интерфейс ввода данных и ГИС-модуль. Программное средство предназначено для использования специалистами МЧС России и авиалесоохраны.

Программа предназначена для выполнения на компьютерах под управлением операционной системы Microsoft Windows XP, Vista, 7.

Программа поставляется в виде исполняемого файла forest\_fire\_setup.exe. При запуске данного файла будет запущен стандартный мастер установки программ Windows. Установка не представляет сложности для пользователя средней квалификации. Для использования программы, после установки, необходимо запустить файл ГИС-Лесные пожары.exe. Все необходимые настройки системы производятся в процессе установки. Никакая дополнительная настройка программы для ее дальнейшего использования не требуется. Главное окно программы с примером заполнения данными представлено на рисунке 1.

Программа использует в качестве входных данных информацию о лесопожарной обстановке, которую пользователь вводит в соответствующие разделы главного окна программы. ГИС-модуль использует данные в виде файлов с расширением \*.shp («Шейп-файлы»). Атрибутивная информация должна храниться в файлах с расширением \*.dbf. При необходимости могут быть загружены растровые изображения в формате \*.jpg.

На выходе программа формирует рекомендацию по срочности тушения пожара. Рекомендация может быть выведена в виде текстового документа, содержащего входные данные, сведения о программе и рекомендацию по срочности тушения пожара.

Для получения рекомендаций по срочности тушения пожара необходимо заполнить разделы главного окна программы. Заполнение может производиться вручную, путем ввода значений в соответствующие текстовые поля, путем перемещения интерактивных элементов – «бегунков». Для наглядного отображения



лесопожарной ситуации могут быть загружены векторные либо растровые изображения, либо слои ГИС. Со слоя ГИС также может быть выгружена информация об лесопожарной обстановке.

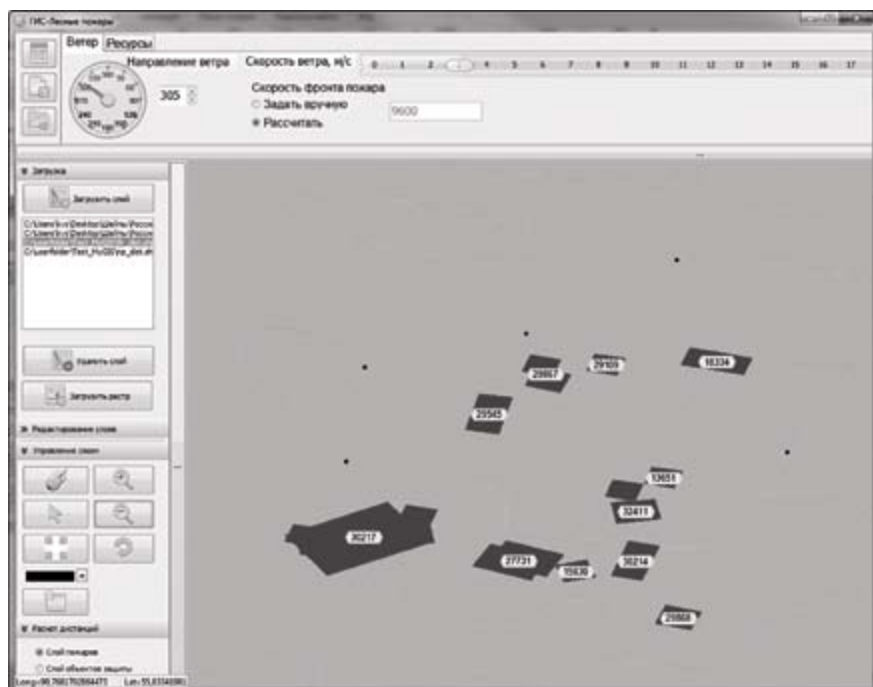


Рис. 1. Главное окно программы

Для оценки степени опасности конкретного пожара для конкретного населенного пункта важно знать время локализации и ликвидации пожара. Для этого в программе предусмотрен ввод данных о располагаемых силах и средствах по тушению пожаров. В программе содержатся характеристики производительности по локализации и тушению современных отечественных технических средств. На основе этих характеристик, по методике, описанной в [3], производится расчет ориентировочного времени, необходимого на локализацию и полное тушение пожара.

Скорость движения фронта пожара может быть задана пользователем непосредственно, либо рассчитана на основе информации о типах основных проводников горения в данной местности. Такая информация заложена в программе, пользователю необходимо только выбрать тип РГМ из списка. В зависимости от направления ветра и азимута населенного пункта скорость движения фронта пожара корректируется с использованием индикатрис скорости фронта [4]. К сожалению,

на текущий момент не реализована такая важная функция, как учет изменения скорости фронта пожара в зависимости от уклона местности. Отчасти это связано с отсутствием картографических материалов подходящего разрешения. Разработчики надеются реализовать данную функцию в следующих версиях ПО.

В контексте задач, решаемых МЧС России и исходя из сложившейся практики привлечения подразделений федеральной противопожарной службы к тушению лесных пожаров, важно иметь возможность оценки пространственного положения лесных пожаров относительно пятикилометровых зон вокруг объектов защиты. Программа позволяет строить пятикилометровые зоны вокруг центров объектов защиты для визуальной оценки положения пожаров относительно объектов защиты. Разумеется, расстояние от данного пожара до объекта защиты может быть более точно посчитано с помощью программы и выведено в отчетную форму.

Дружественный программный интерфейс позволяет оперативно просчитывать различные сценарии развития лесопожарной ситуации, например, при изменении силы и направления ветра, выходе из строя или прибытии технических средств пожаротушения и т.д. Это особенно важно в связи с тем, что поступающая информация об оперативной обстановке может быть неполной, недостоверной или обновляться недостаточно часто.

Разработанное программное средство позволяет выполнять следующие действия:

1. Загружать данные об объектах защиты и лесных пожарах в векторном формате, просматривать атрибутивные таблицы. Кроме того, могут быть загружены любые другие необходимые векторные слои или растровые изображения для подложки.
2. Настраивать режим отображения загруженных данных, удалять лишние данные.
3. Вводить данные о скорости и направлении ветра, типах основных РГМ, типе пожара, классах природной пожарной опасности, классах природной пожарной опасности по условиям погоды, доступных силах и технических средствах тушения пожара.
4. Рассчитывать время подхода фронта пожара к объекту защиты, время необходимое на локализацию и ликвидацию пожара.
5. Ранжировать пожары по степени опасности, строить пятикилометровые зоны вокруг объектов защиты.

Таким образом, программное средство представляет функциональность системы поддержки принятия решений, формируя и ранжируя множество альтернатив при возникновении пожаров вблизи населенных пунктов или других объектов защиты. Перспективами развития данного программного средства являются доработка и расширение функциональности программы, уточнение используемых математических моделей, а также внедрение программы в эксплуатацию в подразделениях МЧС России или других ведомств, участвующих в борьбе с лесными пожарами.

**Список литературы**

1. Коморовский, В. С. Разработка ГИС-ориентированной системы поддержки принятия решений по тушению природных пожаров вблизи населенных пунктов и объектов защиты / В.С. Коморовский, А. В. Дудин //X Всероссийская конференция по теоретическим основам проектирования и разработки информационных систем (ПРИС-2012). – Красноярск, 2012. – С. 78 – 80.
2. Официальный сайт проекта MAPWINGIS [Электронный ресурс] / MapWinGIS, 2012. – Режим доступа: <http://mapwingis.codeplex.com/>.
3. Андреев, Ю. А. Профилактика, мониторинг и борьба с природными пожарами (на примере Алтае-Саянского экорегиона): справочное пособие / Ю. А. Андреев, А. В. Брюханов. – Красноярск, 2011. – 272 с.
4. Коморовский, В. С. Методика расчета параметров лесных пожаров как динамических процессов на поверхности Земли с использованием данных космического мониторинга / В. С. Коморовский, Г. А. Доррер // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2010. – Вып. 3 (29). – С. 47-51

---

## Анализ системы Солнце-Земля

---

### **Двирный Валерий Васильевич**

*главный специалист по выявлению и защите интеллектуальной собственности, доктор технических наук, профессор, ОАО «Информационные спутниковые системы им. ак. М.Ф. Решетнёва»*

### **Двирный Гурий Валериевич**

*инженер, кандидат технических наук, ОАО «Информационные спутниковые системы им. ак. М.Ф. Решетнёва»*

### **Романенко Иван Валентинович**

*инженер, ОАО «Информационные спутниковые системы им. ак. М.Ф. Решетнёва»*

### **Сидорова Екатерина Сергеевна,**

*инженер, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»*

### **Елфимова Марина Владимировна**

*заместитель начальника филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России по учебной работе*

Земля возникла 4,5 млрд. лет тому назад. Термоядерные реакции на Солнце будут продолжаться еще 4,5 млрд. лет, затем оно превратится в красного гиганта, который уничтожит все планеты Солнечной системы по мере роста. Человечество существует порядка 20 тыс. лет, т.е. оно возникло посередине 9 млрд. периода существования системы Солнце-Земля, а нынешнее поколение по существу является ровесниками космической эры, поскольку первый спутник запущен на орбиту в 1957 г., а первый человек в космосе побывал в 1961 г. Эти достижения оказались возможными благодаря возникновению новых теорий и новых технологий, связанных с созданием ракетно-ядерного щита.

В дальнейшем эти достижения приведут к спасению человечества, когда необходимо будет искать новое светило с новой планетой, чтобы выжить. Возможно, к тому времени развитие технологий достигнет фантастических по нынешним меркам уровней и не исключено, что космическое путешествие к новому светилу станет возможным совместно со всей планетой Земля.

Как знать? Ведь, до открытия нейтрона в 1932 г. никто не подозревал о ядерных силах и впоследствии о ядерных технологиях. А теорию космических полетов многие всерьез не воспринимали вплоть до первых практических достижений совершенно новых технологий.

Анализ системы Солнце-Земля можно рассматривать, как прикладную задачу теории случайных процессов с проблемой «пересечений уровней» или задачу ис-

следования выбросов случайных процессов, которые уже давно относят к классу «постоянно актуальных» задач. Причин для этого, безусловно, много, но наиболее важными, по-видимому, следует считать междисциплинарный характер теории, сложность аналитических исследований, широту и разнообразие практических приложений, в которых эта теория помогает решать новые задачи. Применительно к управлению процессами такие задачи возникают при изучении вероятностных моделей колебаний характеристик и цен, при изучении флуктуационных явлений, анализе работы пороговых лимитных цен.

В проблематике пересечений уровней получено много новых аналитических и расчетно-экспериментальных результатов. Одновременно с этим из-за большого разнообразия приложений заметно увеличился и разрыв между самой теорией и ее практическими применениями. Несмотря на многочисленные (в основном журнальные) зарубежные и отечественные публикации до настоящего времени по существу не предпринимали попыток охватить проблематику пересечений уровней «в целом» с точки зрения прикладных задач управления инновациями.

Особенности проблемы пересечений уровней заключаются в том, что прежде чем рассматривать какой-либо самостоятельный раздел исследований, целесообразно очертить его границы. В данном случае нужно определить само содержание проблемы – класс изучаемых характеристик, основные задачи, входящие в теорию пересечений уровней, связь этих задач со смежными направлениями исследований.

При изучении системы Солнце-Земля предложено использовать модели, построенные на основе теории случайных процессов. Любой случайный процесс полностью определяется семейством своих реализаций. Если рассмотреть отдельную реализацию  $\xi(t)$ ,  $t \in [t_0, t_0+T]$ , непрерывного процесса  $\xi(t) \in \{\xi(t), t \in T\}$ , то при описании ее поведения можно выделить совокупность «особых точек» и ввести физически наглядные числовые характеристики. Так, в частности, зафиксировав некоторый постоянный пороговый уровень  $H$ , поведение функции  $\xi(t)$  можно характеризовать числом ее положительных выбросов  $n^+(H, T)$  над этим уровнем  $H$ , числом отрицательных выбросов  $n^-(H, T)$  или общим числом пересечений  $n(H, T) = n^+(H, T) + n^-(H, T)$  уровня  $H$  реализацией  $\xi(t)$  на интервале времени  $[t_0, t_0+T]$ ,  $T < \infty$ . Величины  $T^+(H) = T_+(H)$  и  $T^-(H) = T_-(H)$  соответствуют при этом длительностям положительных и отрицательных выбросов или длительностям интервалов между последовательными положительными и отрицательными: (+ -) и (- +) пересечениями уровня  $H$ . В момент времени  $t = t_+$  траектория  $\xi(t)$  впервые выходит за уровень  $H$ , следовательно,  $T_0$  - время первого достижения границы  $H$ .

Функция  $\xi(t)$ ,  $t \in [t_0, t_0+T]$ , на интервале  $T < \infty$  имеет конечное число максимумов  $n_{\max}(T)$  и минимумов  $n_{\min}(T)$  с различными высотами  $\xi_m$ , причем в момент времени  $t = t_m$  функция  $\xi(t)$  достигает наибольшего (абсолютного) максимума  $\xi_{\max}(t) = \xi(t_m)$ . Следовательно, при описании реализации  $\xi(t)$  можно воспользоваться числом ее экстремальных значений, величиной экстремальных значений, длительностью временных интервалов между отдельными экстремумами. В точках максимумов и минимумов функции  $\xi(t)$  производная этой функции  $\xi'(t)$  пересекает нулевой уровень  $H=0$ . При учете этой особенности многие характеристики экстремумов принципиально могут быть также рассмотрены как характеристики типа «пересечений уровней».

Ясно, что помимо названных характеристик интерес могут представлять пересечения траектории  $\xi(t)$  с некоторой функцией  $H(t)$ , поведение производной  $\xi'(t)$  в моменты выхода  $\xi(t)$  за уровень  $H$ , относительные длительности нахождения реализации  $\xi(t)$  в заданных областях и ряд других. Характеристики, наиболее часто используемые в приложениях по анализу системы Солнце-Земля, сведены в таблице.

Число пересечений траекторией $\xi(t)$ , $t \in T$ , заданного уровня $H$ (число выбросов)	$n(H, T)$ , $n^+(H, T)$
Число экстремальных значений траектории цен (число максимумов, минимумов, ...)	$n'_{\text{экс}}(T)$ , $(n'_{\text{экс}}(T))/\text{мин}$
Высота локальных максимумов цен	$\xi_m$
Высота абсолютного максимума - супремума	$\xi_{m,m}$
Время первого достижения заданной границы	$T_0(H)$
Относительная длительность пребывания траектории $\xi(t)$ в заданной области $\xi(t) \geq H$ или $\xi \in [H_1, H_2]$	$t^+(H)$ , $t(H_1, H_2)$
Длительность выбросов траектории $\xi(t)$ над уровнем $H$	$t^+(H)$
Длительность интервалов между последовательными максимумов и минимумов траектории цен	$T_{m-m}$

Необходимо подчеркнуть, что характеристики подобного типа являются функционалами, заданными на выборочных функциях случайного процесса, т.е. сами являются случайными величинами. При их анализе можно интересоваться математическими ожиданиями (средними значениями)  $M\{...\}$ , дисперсиями  $D[...]$  или плотностями вероятностей  $p(...)$  соответствующих величин.

Вся совокупность перечисленных характеристик принципиально может быть отнесена к характеристикам выбросов случайного процесса  $\xi(t)$ , так как в той или иной мере они отражают особенности временной структуры выбросов траектории  $\xi(t)$ ,  $t \in T$  на уровне  $H$ . При иной интерпретации эти же характеристики можно отнести к характеристикам класса пересечений уровней. Более того возможен и еще один полезный способ представления (а, следовательно, и анализа) введенных характеристик. Последовательность особых точек траектории  $\xi(t)$  можно интерпретировать как случайную последовательность событий (выбросов, максимумов, экстремумов, ...), происходящих во времени. Множество точек  $\{t_j\}$ ,  $j=1, 2, 3, \dots$ , случайно распределенных на оси времени, образуют при этом поток случайных событий, т.е. случайный точечный процесс.

При решении этой практической задачи очень многое зависит от целей исследования, условий задачи, вида рассматриваемой вероятностной модели и вида изучаемых или используемых характеристик выбросов.

Рассмотрим анализ структуры флуктуационных процессов. Модели флуктуационных явлений весьма разнообразны, однако центральное место в теории флуктуаций занимает модель гауссовского процесса. Эту модель предложено использовать в данном приложении.

Предположим, что  $\xi(t)$  - непрерывный стационарный гауссовский процесс с математическим ожиданием  $m_\xi = M\{\xi(r)\} = 0$ , дисперсией  $\delta_\xi^2$  и некоторой корреляцион-

ной функцией  $R_{\xi}(T) = \delta_{\xi}^2 r(T)$ . Одномерная плотность вероятности такого процесса имеет вид

$$p_{\xi}(\xi; t) = (2\pi\delta_{\xi}^2)^{-1/2} \exp(-\xi^2 / 2\delta_{\xi}^2), \quad (1)$$

а совместная плотность вероятности для значений  $\xi(t)$  и  $\xi'(t) = d\xi(t)/dt$  записывается как

$$p(\xi, \xi'; t) = p_{\xi}(\xi; t) p_{\xi'}(\xi'; t) = (1/(2\pi\delta_{\xi}\delta_{\xi'})) \exp(-(\xi^2/2\delta_{\xi}^2) - (\xi'^2/2\delta_{\xi'}^2)), \quad (2)$$

$$\text{где } \sigma_{\xi'}^2 = \sigma_{\xi'}^2 = -\left. \frac{d^2 R_{\xi'}(\tau)}{d\tau^2} \right|_{\tau=0} = -R_{\xi'}''(0) - \text{дисперсия производной } \xi'(t).$$

Результат (2) непосредственно следует из общих свойств производной  $\xi'(t)$  стационарного случайного процесса  $\xi(t)$  и известного свойства устойчивости гауссовского распределения при линейных преобразованиях (в данном случае при дифференцировании). По аналогии с формулой (2) может быть записана и совместная плотность вероятности для значений первой и второй производных  $\xi'(t)$ ,  $\xi''(t)$  рассматриваемого процесса:

$$p(\xi', \xi''; t) = \frac{1}{2\pi\sigma_{\xi'}\sigma_{\xi''}} \exp\left(-\frac{\xi'^2}{2\sigma_{\xi'}^2} - \frac{\xi''^2}{2\sigma_{\xi''}^2}\right), \quad (3)$$

где  $\delta_{\xi'}^2 = \delta_{\xi'}^2 = d^4 R_{\xi}(T)/dT^4|_{T=0} = R_{\xi}^{(4)}(0)$  - дисперсия процесса  $\xi''(t)$ .

Выражения (1)-(3) являются достаточными исходными данными для вычисления основных характеристик траектории  $\xi'(t)$ ,  $t \in [t_0, t_0 + T]$ , гауссовского процесса:

$$N^-(H, T) = \frac{1}{2} N(H, T) = \frac{T}{\sqrt{2\pi}} [-r'(0)]^2 \varphi(h),$$

$$h = H/\delta_{\xi'}$$

$$T^+(H) = 1 - \Phi(h),$$

$$\bar{r}^-(H) = \frac{1}{N^-(H, 1)} [1 - \Phi(h)] = \left(\frac{2\pi}{-r'(0)}\right)^{1/2} \frac{1 - \Phi(h)}{\varphi(h)},$$

$$N_{\text{max}}(T) = 2N_{\text{max}}(T) = \frac{T}{\pi} \left(\frac{\sigma_{\xi'}}{\sigma_{\xi}}\right) = \frac{T}{\pi} [-r^{(4)}(0)/r'(0)]^{1/2}. \quad (4)$$

Для удобства численных расчетов характеристики (4) выражены через табулированные функции:

$$\varphi(x) = (\Phi'x) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-x^2/2),$$

$$\Phi(x) = (2\pi)^{-1/2} \int_{-\infty}^x \exp(-y^2/2) dy. \quad (5)$$

Величина  $[1 - \Phi(x)]\varphi^{-1}(x)$  известна как отношение Миллса и для гауссовского распределения также табулирована.

Обычно при изучении флуктуационных явлений интерес представляет зависимость характеристик вероятностной структуры  $\xi'(t)$  от спектрально-корреляционных свойств процесса  $\xi(t)$ . В данном случае эта зависимость определяется параметром:

$$-r''(0) = \sigma_{\xi'}^2 \sigma_1^2 = \int_0^{\infty} \omega^2 S_{\xi}(\omega) d\omega / \int_0^{\infty} S_{\xi}(\omega) d\omega = \lambda_2 \quad (6)$$

При широкополосных процессах  $\xi(t)$ , когда спектральная плотность  $S_{\xi}(\omega)$  сосредоточена вблизи частоты  $\omega_0 = 0$ , а нормированная корреляционная функция  $r(T) = p(T)$  - некоторая монотонно убывающая функция  $T$ , значение спектрального момента  $\lambda^2$  полностью определяется эффективной шириной  $\Delta\omega_3$  и коэффициентом формы  $k$  спектральной плотности:

$$\lambda_2 = k^2 \Delta\omega_3^2.$$

Если процесс  $\xi(t)$  узкополосный и функция  $R_{\xi}(T)$  имеет вид

$$R_{\xi}(T) = \delta_{\xi}^2 r(T) = \delta_{\xi}^2 p(T) \cos \omega_0 T, \quad (7)$$

$$\omega_0 > \Delta\omega_3,$$

то значение

$$\lambda_2 = -\delta_{\xi}^{-2} R_{\xi}''(0) = \omega_0^2 - p''(0) = \omega_0^2 + k^2 \Delta\omega_3^2. \quad (8)$$

При учете этих результатов формулы (4) в решении нашей задачи состояния Солнце-Земля по времени возможно выполнять детальный анализ вероятностной структуры флуктуационных гауссовских процессов.

Таким образом, имея модель, которая со временем будет уточняться на основе наблюдений дальнего космоса системы Солнце-Земля, возможно будет предсказать пути ее развития и времени существования для своевременного принятия мер по спасению человечества.

#### Список литературы

1. В.И. Тихонов, В.И. Хименко. Проблема пересечений уровней случайными процессами. Радиофизические приложения. Радиотехника и электроника, 1998, том 43, № 5, с. 501-523.

## Существующие и новые технологии тушения торфяных пожаров

### **Хорошавин Лев Борисович**

*научный сотрудник, доктор технических наук, Уральский филиал  
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам  
гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России»*

### **Медведев Олег Анатольевич**

*начальник филиала, Уральский филиал ФГБУ «Всероссийский  
научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны  
и чрезвычайных ситуаций МЧС России»*

На территории России сосредоточены около 40% мировых запасов ценнейших торфяных ресурсов, которые в настоящий момент используются крайне неэффективно. Продолжающиеся торфяные пожары указывают на крайне неэффективные существующие технологии их тушения. Ежегодно лесные, лесоторфяные и торфяные пожары наносят ущерб экономике, который складывается из безвозвратных потерь лесного фонда, запасов добытого торфа и уничтожения торфяных месторождений, а также затрат на локализацию и ликвидацию пожаров.

Существующие способы тушения торфяников до настоящего времени не могут решить проблему их горения.

**Тушение водой.** Крайне неэффективный способ тушения торфяников водой подтверждается их ежегодным горением. Для тушения торфяников требуется большой расход воды, которая проникает вглубь не более 0,5 м. При этом торф поглощает только около 5-8% воды, быстро высыхает, что приводит к новому загоранию торфа. Очаг загорания торфа находится, как правило, на глубине около 1-1,5 м. Горение торфа временно прекращается только при достижении им более 500% влажности.

Вода плохо смачивает торф из-за своего высокого поверхностного натяжения, наличия в торфе до 10% битумов и термобитумов, которые при нагревании торфа выделяются на его поверхности с образованием гидрофобных пленок, что затрудняет проникновение воды. Это обуславливает быстрое испарение воды. Кроме того, в настоящий период только 5-10% поданной воды используется для тушения пожаров. Фактически 90-95% воды при этом является излишне пролитой. Убытки от излишне пролитой воды часто наносят больший ущерб, чем сам пожар.

**Неэффективность сброса воды авиацией.** Торф обычно горит в глубине, а сбрасывание воды с большой высоты разрушает торфяники, вода проникает на глубину не более 5-7 см, разрыхляет торф и усиливает его взаимодействие с кислородом воздуха. Поэтому в данном случае авиация малоэффективна.

**Механическое воздействие на торфяники.** Окапывание торфяников и перекапывание торфа. Эта технология так же неэффективна, требует больших затрат и не может решить проблему торфяных пожаров.

Теоретически одной из наиболее эффективных технологий тушения торфяных пожаров является их тушение с применением наночастиц.

Существует множество наночастиц самого различного состава для легирования торфа по прототипу легирования металлов.

Для предотвращения и ликвидации возгорания торфяников применяют оптимальное насыщение торфа наночастицами, препятствующими реакции углерода с кислородом и поглощающими кислород без горения вследствие эндотермических окислительно-восстановительных реакций, происходящих с поглощением тепла и разложением химических веществ.

К таким наночастицам относятся:

- различные химические соединения, особенно термолизные (разлагающиеся при нагревании с поглощением тепла);
- существующие, готовые техногенные наночастицы – цементные, металлургические, химические, асбестовые и множество других;
- углекислый газ в виде сухого льда, угольной кислоты и баллонного газа;
- специально приготовленные из экологически чистых материалов комплексного состава путем их совместного помола, преимущественно в струйных и вибромельницах.

В качестве исходных для синтетических нанотехнологий использую добавки термолизных материалов, разлагающиеся с повышением температуры при термообработке на наночастицы и летучие вещества.

После легирования торфа наночастицами получают новый вид модифицированного торфа – наноторф с новыми свойствами.

Возгорание торфа является процессом, проходящим под влиянием внутренних факторов: биохимических и химических реакций взаимодействием органических и минеральных компонентов торфа с кислородом самого торфа, воздуха и воды, сопровождающихся выделением тепла стимулирующего возгорание торфа и под влиянием внешних факторов: основным – человеческим фактором и дополнительным фактором - природным (повышением температуры, засуха, грозы и др.). Поэтому одним из основных направлений снижения возгорания торфа является торможение внутренних реакций взаимодействия углерода с кислородом путем: насыщения торфа углекислым газом CO<sub>2</sub> в виде сухого льда, жидкости, газа и легирования торфа природными и техногенными наночастицами с образованием наноторфа.

Одними из основных технологий тушения торфяников является введение в торф различных функциональных, экологически чистых добавок: щелочных, кальцийсодержащих, карбонатных и др., а также CO<sub>2</sub> и наночастиц.

Промежуточной целью снижения возгорания торфа и исключения торфяных пожаров является сохранение торфа для его дальнейшего эффективного применения.

Конечной целью сохранившегося торфа является перевод торфяной продукции на новый, более высокий уровень развития путем композиционного объединения торфа с различными химическими соединениями и материалами для получения торфокомпозитов для многих отраслей промышленности: энергетической, строительной, металлургической, химической и др., а также, композиционных торфяных удобрений для сельского хозяйства.

## Проблемы развития экологии нового поколения

### **Хорошавин Лев Борисович**

*научный сотрудник, доктор технических наук, Уральский филиал ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России»*

### **Почечун Виктория Александровна**

*научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук, Уральский филиал ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России»*

### **Беляков Владимир Александрович**

*ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, Уральский филиал ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России»*

Главная проблема сегодняшнего дня – это перевод существующей экологии на новый более высокий уровень развития экологии с целью оздоровления, повышения уровня безопасности человека и Природы, т.е. создания экологии нового поколения. Это обусловлено вступлением нашей страны в период жесточайшего экологического кризиса. Огромными темпами увеличиваются отходы деятельности человечества, что приводит к загрязнению окружающей среды – биосферы и возрастанию техногенных аварий. В итоге сейчас все больше осуществляются справедливые слова Жана Батиста Ламарка: «Человек появился для того, чтобы уничтожить Природу и погибнуть самому».

Поэтому, если сейчас не предпринимать существенных, решительных мер по повышению уровня экологии во всех ее областях, то население России утонет в отходах и исключит прогрессивное развитие нашей страны.

По сравнению с существующим уровнем экологии переход на экологию нового поколения должен происходить в полном соответствии с объективными законами диалектического материализма и диалектической логики.

Экология нового поколения включает в себя следующие положения:

1. Усиление экологического образования на всех его уровнях, ибо образование начинается и определяет абсолютно все.
2. Введение в экологию академической терминологии и освобождение ее от устаревших слов:
  - «охрана окружающей среды» заменить на «оздоровление окружающей среды». Если для существующей экологии приемлема ее «охрана», то для экологии нового поколения необходимо ее «оздоровление». Следовательно, необходимо заменить парадигму «охрана» на парадигму «оздоровление»;

- «устойчивое» развитие заменить на «прогрессивное» развитие, ибо «устойчивое» развитие означает сохранение качественного состояния систем во времени, что ведет к отставанию страны, а «прогрессивное» развитие означает постоянное повышение качественного состояния систем во времени;
- «чистые технологии», «малоотходные технологии» заменить на «экологически чистые» технологии, что означает полный охват экологией технологических процессов;
- «тепло», измеряемое в калориях, заменить на «теплоту», измеряемую в Джоулях в полном соответствии с физикой и Международной системой единиц (СИ);
- «прикладную» экологию заменить на «отраслевую» экологию.

3. Гармоничное единство ноогенеза – биогенеза – техногенеза, где ноогенез первичен, биогенез – вторичен и техногенез – третичен. В итоге техногенный мир должен существовать и развиваться в полной гармонии с природным миром, соблюдая их динамическое равновесие.
4. Усиление «экологической экономики», «космической экологии», «биологии человека» и других областей экологии.
5. Первым разделом любых видов образования, наук и технологий должен быть раздел по экологии и только после этого переходить к специализации.
6. Создание единой технологической цепочки в стране, где отходы одного производства являются ценнейшим сырьем для другого производства.
7. Получение из экологических отходов высококачественной продукции нового поколения.
8. Введение прогрессивной налоговой системы по экологии: установление максимальных сборов на отходные производства, минимальных налогов на малоотходные производства и освобождение от всех налогов безотходных производств, изготавливающих высококачественную продукцию из экологических отходов, отвалов и шламохранилищ.
9. Предотвращение вреда человеку при употреблении им генно-модифицированных пищевых продуктов.
10. Дополнить «Экологическую доктрину Российской Федерации» [1] положениями экологии нового поколения.
11. Создание «Закона об экологии РФ» на основе доработанного Федерального закона «Об охране окружающей среды» 7-ФЗ, где экология нового поколения прочно занимает первое место во всех областях человеческой деятельности в гармонии с природным миром.

Таким образом, экология в любых образовательных процессах, науках, технологиях, производстве должна прочно стоять на первом месте. Если этого не будет осознано и внедрено, то страна утонет в отходах и деградирует.

Поэтому целью экологии нового поколения является обеспечение прогрессивного развития нашей цивилизации, безопасности человека и Природы, а не просто ее сохранение и охрана, а также в итоге укрепление единства России [2].

## Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 1225-р «Об Экологической доктрине Российской Федерации»;
2. Хорошавин Л.Б. Диалектическое развитие технологических наук и технологий. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2013. – 393 с.

## Сорбционные свойства торфяных залежей болот в защите окружающей среды от радиоактивного загрязнения и мониторинговых исследованиях

---

**Нифонтова Майя Гедальевна**

*ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук, ФГБУН «Институт экологии растений и животных» УрО РАН*

**Михеева Елена Владимировна**

*ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Уральский филиал ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России»*

Проблемы накопления, миграции искусственных радионуклидов, защиты от них компонентов окружающей природной среды не становятся менее актуальными с течением времени. При этом сорбционно-активные биологические объекты, в том числе и торфяные залежи, способны накапливать и длительное время удерживать различные загрязнители. Торф благодаря своим сорбционным качествам является важным фактором защиты окружающей среды, снижая благодаря накоплению и сохранению радионуклидов масштабы распространения радиоактивного загрязнения.

Известно, что при низком содержании солей в воде торф способен количественно извлекать катионы изотопов цезия, стронция и других радионуклидов. Торф благодаря свойствам содержащихся в нем гумусовых кислот может быть использован для очистки воды от радиоактивных примесей.

Сорбционные свойства торфяных залежей наглядно продемонстрированы на примере Ольховского болота, в которое поступают дебалансные воды Белоярской атомной электростанции. В качестве контрольной проанализирована торфяная залежь болота вблизи озера Песчаное, не подвергающегося техногенному загрязнению, в 60 км от Ольховского болота.

Данные сравнительной оценки содержания радионуклидов в торфяной залежи Ольховского (загрязняемого) болота и болота вблизи оз. Песчаное (контрольного) представлены в таблице (табл.). За единицу принята концентрация радионуклидов в торфе контрольного болота.

Содержание радионуклидов на периодически затопляемых дебалансными водами участках в несколько раз меньше по сравнению с постоянно залитыми.

Содержание стронция-90 в торфе постоянно залитых участков в 7-8 раз, а периодически заливаемых – в 1,3-2 раза превышает его содержание в торфе контрольного болота. На постоянно залитых сбросными водами участках Ольховского болота запас цезия<sup>137</sup> на 2 порядка, а на периодически заливаемых – на 1 порядок величин выше, чем контрольного болота.

Показано, что в деятельном, 75-сантиметровом слое торфа сосредоточено основное количество радионуклидов. Наибольшее количество изотопов стронция и

цезия при этом выявлено в верхнем 25-сантиметровом слое торфа. В более глубоких слоях торфяной залежи концентрация радионуклидов значительно меньше.

Концентрация и запас цезия<sup>137</sup> в торфяной залежи в десятки раз выше, чем стронция<sup>90</sup> ввиду особенностей производственного цикла АЭС, формирующих определенный состав сбрасываемых вод. По глубине залежи миграция и накопление цезия идет более интенсивно.

Таблица. Содержание радионуклидов в торфяных залежах болот, в расчете на 1 м<sup>3</sup> залежи

Место отбора проб торфа	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs
Контрольная залежь	1	1
Ольховское болото		
постоянно заливаемые участки		
верховье	7,1	133,8
середина	7,0	112,5
низовье	8,8	236,1
периодически заливаемые участки		
верховье	1,3	15,8
середина	2,1	29,1

Зона максимального накопления радионуклидов приурочена к местам слива дебалансных вод, то есть к местам поступления загрязнителей. С удалением от мест слива концентрация радионуклидов снижается.

Снижение концентрации радионуклидов в верхних слоях торфяной залежи, как правило, связано либо с вымыванием радионуклидов при увеличении объема воды в болоте, либо с нарастанием новой, незагрязненной дернины [1, 2].

Таким образом, торфяные залежи демонстрируют значительную сорбционную способность. Торф способен накапливать и удерживать искусственные радионуклиды, локализуя тем самым радиоактивное загрязнение окружающей среды.

Использование данных о количественном и качественном составе радиоизотопов в торфе, их распределении в горизонтальной и вертикальной плоскости торфяной залежи позволяет осуществлять оперативный и долгосрочный радиационный мониторинг, выявлять районы с глобальным (фоновым) и повышенным уровнем содержания радионуклидов, достаточно полно охарактеризовать качественные и количественные характеристики аварийных выпадений, в некоторых случаях – указать их источник, ретроспективно восстановить радиационную обстановку территории, провести прогнозные радиологические исследования.

#### Список литературы

1. Нифонтова М.Г., Маковский В.И., Куликов Н.В. <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs в торфяных отложениях низинного болота в зоне влияния Белоярской АЭС // Экология. 1986. № 3. С. 46-52.
2. Маковский В.И., Нифонтова М.Г., Новгородова Г.Г. Аккумуляционная роль Ольховского болота в зоне действия Белоярской АЭС // Влияние Ольховского болота на экологическое состояние района Белоярской АЭС. Свердловск, 1991. С. 3-24.

## Тушение лесных пожаров метанием грунта – обоснование компоновки грунтомета и методика его расчета

**Орловский Сергей Николаевич**

доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, кандидат технических наук, ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»

Для тушения кромки лесного пожара грунтом и прокладки минерализованных заградительных барьеров используются тракторные грунтометы и полосопрокладыватели. Называемые грунтометами орудия АЛФ-10, ГТ-2, ГТ-3, ОФ-1 фактически являются полосопрокладывателями с шириной минполосы 10 - 20 м [1, 2]. По условиям техники безопасности работа тракторного агрегата не может выполняться ближе 20 метров от кромки лесного пожара.

Целью исследований является выбор направления метания грунта для эффективного тушения кромки лесного пожара, обоснование компоновки тракторного грунтомета, теоретический анализ резания и метания лесных почв его активным рабочим органом. При этом необходимо получить математические зависимости определения удельных затрат энергии по элементам технологического процесса, позволяющие решить задачу оптимизации параметров рабочих органов, а также режимов их работы по критерию минимума энергоёмкости.

Экспериментальные исследования выполнены на созданном с участием автора лесопожарном грунтометающем агрегате на базе трактора ТТ-4 [3].

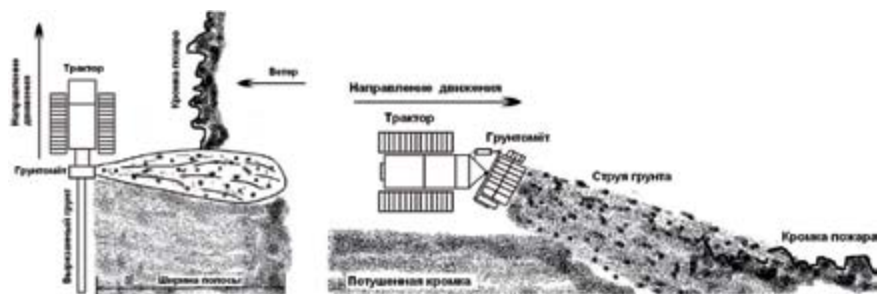
Существующая технология активного тушения кромки пожара и разработанные под неё орудия имеют существенный недостаток, заключающийся в том, что метание грунта на кромку лесного пожара предусматривается перпендикулярно к траектории движения агрегата (рисунок 1А). Ширина кромки пожара составляет всего 3 - 7 процентов от ширины засыпанной грунтом полосы, то есть на активное тушение используются незначительная часть метаемого грунта. Уменьшение ширины забросанной грунтом полосы возможно лишь тогда, когда борозда будет прокладываться рядом с потушенной кромкой. Для этого направление метания необходимо изменить с перпендикулярного кромке пожара на продольное, под острым углом к ней (рис. 1Б).

Транспортировка грунта в виде пластов дернины позволяет значительно увеличить дальность метания и огнетушащее действие грунта. Коэффициенты парусности при этом не превышают 0,01. При падении пласта дернины происходит отряхивание грунта. Разрушение пласта в воздухе и на земле способствует увеличению дальности транспортировки грунта. Опад и подстилка с малым объёмным весом и большим коэффициентом парусности легко сепарируются, способствуя образованию пыли.

При транспортировке грунта по ходу движения агрегата вначале на действующую кромку пожара падают и перекатываются по ней пласты дернины, значительно снижая интенсивность горения. Затем на ослабленную кромку пожара воздей-



стует чистый грунт, производя окончательное тушение. Опад и лесная подстилка падают, не долетая до кромки пожара.



**А** – метание, перпендикулярное кромке **Б** – метание под острым углом  
Рис. 1. Тушение фронтальной кромки лесного пожара грунтометом

Таким образом, при фронтальной схеме работы агрегата эффективность тушения возрастает. Двигаясь рядом с потушенной кромкой, тракторист и оператор могут визуально наблюдать за эффективностью действия струи грунта и направлять её на кромку пожара. При тушении агрегат находится вне влияния действующей кромки пожара с любой интенсивностью горения.

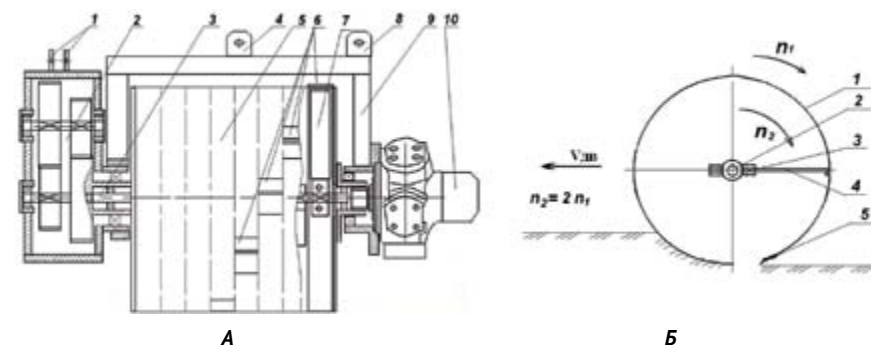
Управление струей предполагает возможность вести прицельную подачу грунта в любую точку кромки пожара. В грунтометах с неподвижными направляющими кожухами этого добиваются путем их поворота. При этом контакт грунта с кожухом приводит к торможению материала, что снижает дальность метания и повышает энергоёмкость процесса.

Рассматриваемая конструкция роторного метателя с вращающимся направляющим кожухом даёт возможность:

- снизить энергоёмкость процесса;
- увеличить дальность метания;
- получить возможность управления дальностью и направлением полёта струи грунта во время работы агрегата.

Изменение угла выброса можно осуществить изменением момента обгона ковшеобразной лопасти фрезы лопастью метателя (рисунок 2 А, Б) [2].

При повороте редуктора 2 относительно рамы 9 с помощью гидроцилиндра происходит поворот относительно друг друга вращающегося кожуха 5 и лопастей метателя 7, что приводит к перемещению точки обгона, а значит, и к изменению момента выброса грунта из него. Частота вращения вала 2 метателей (см. рис. 2 Б) в два раза превышает частоту вращения вращающегося кожуха 1, что позволяет получать совпадение его окон с лопастями метателя 4 два раза за один оборот кожуха 1. При навеске орудия на трактор последний должен быть оборудован системой гидравлического отбора мощности [2].



**А** – 1 – кронштейн крепления гидроцилиндра поворота редуктора; 2 – редуктор привода метателей и управления дальностью струи грунта; 3 – вал метателей; 4 – кронштейн навески; 5 – ротор фрезы (он же вращающийся кожух); 6 – нож; 7 – лопасть метателя; 8 – кронштейн гидроцилиндра управления поворотом в горизонтальной плоскости; 9 – рама; 10 – двигатель радиально-поршневый высокомоментный гидравлический  
**Б** – 1 – ротор фрезы (вращающийся кожух); 2 – вал метателей; 3 – ступица; 4 – лопасть метателя; 5 – нож

Рис. 2. Схема грунтомета и механизма управления дальностью метания

При передаточном числе редуктора, равном двум, угол поворота редуктора равен углу изменения направления метания в вертикальной плоскости. Изменение угла выброса происходит в вертикальной плоскости вдоль оси машины. Выброс грунта в сторону осуществляется посредством поворота рабочего органа в горизонтальной плоскости на кронштейне 4. Управление направлением и дальностью метания грунта производит оператор посредством рычагов управления гидрораспределителем, воздействующим на гидроцилиндры поворота редуктора и рамы грунтомета (не показаны). При испытаниях производительность по метанию грунта составила 500 м<sup>3</sup>/ч [4].

Особенность грунтомета рассматриваемой конструкции заключается в отделении процесса резания грунта от его метания. Вращающийся кожух своими ножами разрабатывает грунт, захватывает его внутрь и лопастями метателя переносит в точку выброса, при этом сообщая ему дополнительную скорость. Процесс забора и выброса грунта повторяется два раза за один оборот рабочего органа. Резание грунта производится на обоснованно низкой скорости, что обеспечивает снижение энергоёмкости технологического процесса.

#### Методика расчёта рабочего органа грунтомета для тушения кромки лесного низового пожара

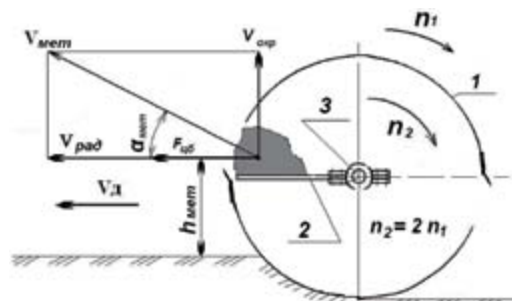
Лесная подстилка представляет собой волокнистую среду, для которой теоретические основы расчёта процессов резания грунтов не подходят и могут быть заменены с большей точностью математическими зависимостями, основывающимися на законах теории упругости и пластичности и на теоретических работах В.К. Фомина, С.Н. Орловского и А.И. Карнаухова [5-7].

Их использование позволило на основе физико-математической модели разработать методику и уравнения для определения аналитическим методом энергоёмкости резания и метания лесных почв с подстилкой, а также древесными включениями рабочим органом грунтомета.

Для условий работы грунтомета удельная работа  $e_{\Sigma}$  представлена в виде суммы затрат энергии на:

- преодоление упругих сил резания грунта  $e_{упр.г}$  и подстилки  $e_{упр.п}$ ;
- преодоление сопротивления вязкопластического течения продуктов резания при прохождении ножом дуги контакта с залежью и протаскивании по вращающемуся кожуху  $e_{\lambda}$ ;
- резание древесных включений (корней и валежа)  $e_n$ ;
- сообщение кинетической энергии продуктам резания  $e_{отбр}$ ;
- преодоление трения в трансмиссии привода рабочего органа  $e_{тр}$ .

Схема взаимодействия грунтомета с разрабатываемой средой представлена на рисунке 3.



1 - вращающийся кожух, 2 - лопасть метателя, 3 - вал со ступицей  
Рис.3. Схема взаимодействия грунтомета с разрабатываемой средой

Энергетический баланс работы грунтомета может быть представлен уравнением

$$e_{\Sigma} = e_{упр.г} + e_{упр.п} + e_{\lambda} + e_{\lambda n} + e_n + e_{отбр} + e_{тр}. \quad (1)$$

Удельная работа на преодоление упругих сил резания грунта и подстилки  $e_{упр.г}$  и  $e_{упр.п}$ , Дж/м<sup>3</sup> определяется с учётом взаимодействия ножа грунтомета с разрабатываемой средой по выражению [5].

$$e_{упр} = \tau \cdot \left( \frac{1}{\operatorname{tg} \psi'_0} + \frac{1}{\operatorname{tg} \psi} \right), \quad (2)$$

где  $T$  – сопротивление разрабатываемой среды сдвигу, Па;  
 $\psi'_0$  - угол сдвига стружки в плоскости резания, град.;  
 $\psi$  - угол сдвига стружки относительно плоскости резания, град.

Угол сдвига стружки для подстилки  $\psi'_n$  и минерального грунта  $\psi'_z$  в плоскости резания, град, (рисунок 4) определим по известной формуле К.А. Зворыкина [6]:

$$\psi'_0 = 90 - \frac{\varphi - \rho + \beta'_0}{2}, \quad (3)$$

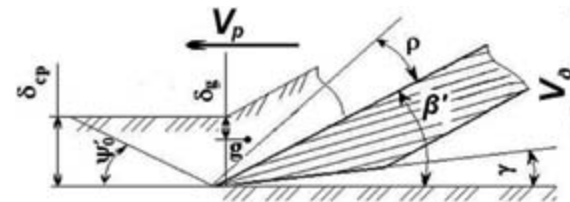


Рисунок 4 – Схема резания грунта ножом вращающегося кожуха грунтомета

где  $\beta'_0$  - угол резания, приведённый к направлению подачи, град;

$\varphi_n, \varphi_z$  и  $\rho_n, \rho_z$  - углы внешнего и внутреннего трения разрабатываемого грунта и подстилки, град;

$$\psi = 90 - \frac{(90 - \alpha) + \varphi + \rho}{2}$$

угол сдвига стружки относительно плоскости резания, град; где  $\alpha$  - угол расположения режущей кромки относительно плоскости, перпендикулярной плоскости резания, град.

Сопротивление сдвигу продуктов резания  $T$ , Па, определяется согласно уравнению Кулона

$$T = \theta + P_u \cdot f_2, \quad (4)$$

где  $\theta$  - предельное напряжение сдвига подстилки и минерального грунта, Па;

$f_2$  - коэффициент внутреннего трения разрабатываемого материала (грунт, подстилка);

$P_u$  - нормальное давление от действия инерционных сил в плоскости, проходящей под углом  $\psi$  к направлению подачи, Па.

Нормальное давление стружки на поверхность ножа от действия инерционных сил  $P_u$ , Па, с учётом абсолютной скорости движения ножа может быть определено по выражению [5]

$$P = \frac{\gamma_0 \cdot V_0^2 \cdot \operatorname{Sin} \beta'_0 \cdot \operatorname{Sin} \psi'_0 \cdot \operatorname{Cos}^2 \alpha \cdot \operatorname{Cos}^2 \psi \cdot \operatorname{Sin}(\varphi + \psi'_0 + \beta'_0 - 90)}{g \cdot \operatorname{Cos} \varphi \cdot \operatorname{Sin}^2(90 - \psi + \alpha)}, \quad (5)$$

где  $V_p$  – скорость резания, м·с<sup>-1</sup>;

$\gamma_0$  - удельный вес разрабатываемого материала, Н/м<sup>3</sup>;

$g$  - ускорение свободного падения, м·с<sup>-2</sup>.

Затраты мощности на преодоление упругих сил резания грунта и подстилки  $N_{упр}$ , Вт, определяется как сумма произведений работы по преодолению упругих сил резания грунта и подстилки на соответствующую производительность рабочего органа

$$N_{\text{упр.}\Sigma} = P_1 \cdot e_{\text{упр.н}} + P_2 \cdot e_{\text{упр.г.}} \quad (6)$$

где:  $P_1$  и  $P_2$  - производительность рабочего органа по резанию подстилки и грунта, м<sup>3</sup>/с,  $P = b \cdot a \cdot V_{\delta}$ ,

где  $b$  - ширина прорезаемой полосы, м;

$a$  - глубина резания, м;

$V_{\delta}$  - поступательная скорость движения, м·с<sup>-1</sup>.

Величина удельной работы, происходящей при воздействии лопасти метателя на продукты резания, складывается из степени её воздействия в процессе резания  $\lambda_{\text{рo}}$  Дж/м<sup>3</sup> при свободном  $\lambda_{\text{рo}}$  и стеснённом  $\lambda_{\text{рt}}$  заполнении пространства секции, а также за счёт протаскивания продуктов резания по кожуру  $\lambda_{\text{к}}$ .

$$e_{\lambda} = K_{\text{о.ср}} \cdot \lambda_{\text{рo}}, \text{ Дж/м}^3, \quad (7)$$

На основании проведённых исследований предложено уравнение для определения указанных величин [7]

$$\lambda_{\text{рo}} = \sqrt{2} \cdot (l - l_{\tau}) \left[ \frac{\text{Cos} \alpha \cdot \text{Sin} \beta'_0 \cdot \text{Sin}(\varphi_1 - \psi'_{01} + \beta'_0 - 90) \cdot \text{Cos} \psi_1 \cdot \sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha \cdot \text{tg}^2 \psi_1} + \frac{1}{B}}{2 \delta_{\text{св}} \cdot \text{Sin}(90 - \psi_1 + \alpha)} \right] \quad (8)$$

где  $B$  - ширина лопасти метателя;

$l$  - длина дуги волочения при свободном заполнении секции, м;

$l_{\tau}$  - длина дуги волочения при стеснённом заполнении секции, м.

В данном выражении все значения углов применяются для случая трения грунта по металлу вращающегося кожуха (с индексом  $m$ ).

Условия свободного заполнения продуктами резания площади лопасти метателя  $F_{\text{ан}}$ , м<sup>2</sup> определяются конструктивными особенностями её передней грани и углами установки. Для лопасти метателя с плоской передней гранью её свободное заполнение возможно до величины удельного объёма на единицу ширины

$$F_{\text{ан}} = 1/2 \cdot h_n^2 \cdot [\text{tg}(90 - \beta_0) - \text{tg} \rho_1], \quad (9)$$

где  $h_n$  - высота лопасти по радиусу, м;

У лопасти метателя, имеющей переднюю грань вогнутой цилиндрической формы, площадь впадины определится по выражению (рисунок 5)

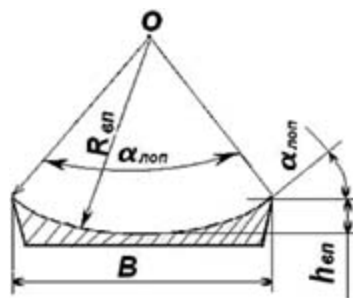


Рисунок 5- Схема лопасти метателя вогнутой цилиндрической формы

$$F_{\text{ан}} = \frac{R_{\text{ан}}^2}{2B} \left( \pi \cdot \frac{\alpha_{\text{ан}}}{180} - \frac{1}{2} \text{Sin} \alpha_{\text{ан}} \right) \cdot \left\{ \frac{1}{\text{Sin} \beta'_0} \left[ h - \frac{h_{\text{ан}} \cdot \text{Sin} \gamma}{\text{Sin}(\beta'_0 - \gamma)} - \frac{h_{\text{ан}} \cdot \text{tg}(\beta'_0 + \rho_{\text{св}})}{2} \right] \right\} + \frac{1}{2} \left\{ h_n - h_{\text{ан}} \cdot \left[ \frac{\text{Cos} \rho_{\text{св}}}{\text{Cos}(\rho'_0 + \rho_{\text{св}})} + \frac{\text{Sin} \gamma}{\text{Sin}(\beta'_0 - \gamma)} \right] \right\}^2 \cdot [\text{tg}(90 - \beta'_0) - \text{tg} \rho_{\text{св}}] \quad (10)$$

Удельная работа, Дж/м<sup>3</sup>, резания древесных включений  $e_p$  рассчитывается по эмпирическим зависимостям, приведённым в работе [7].

$$E_n = \left[ 78 - V_p \cdot \left( 0,9 - \frac{9,55 \cdot z}{V_{\text{ос}} \cdot R_{\text{фр}}} \right) \right] \cdot 10 \cdot \xi \quad (11)$$

где  $\xi$  - степень пнистости в процентах (отношение объёма фрезеруемых древесных включений к объёму вырезаемого грунта).

Удельная работа на сообщение кинетической энергии продуктам резания  $e_{\text{отбр}}$  Дж/м<sup>3</sup> определяется по выражению

$$e_{\text{отбр}} = \frac{\gamma \cdot V_p^2 \cdot \eta}{2g} \quad (12)$$

Удельная работа на выполнение технологического процесса определяется как сумма всех его элементов по выражению (1). По приведённым математическим зависимостям произведены расчёты энергоёмкости тушения кромки низового лесного пожара при суммарной мощности почвенных горизонтов  $A_0$  и  $A_1$  0,07 м и глубине резания 0,21 м. Результаты расчётов представлены на гистограмме (рис. 6), где приведён баланс затрат мощности на грунтометание при скорости движения 0,6 м·с<sup>-1</sup>, диаметре рабочего органа 1 м, частоте его вращения 3 с<sup>-1</sup>. Ширина прорезаемой полосы 1,2 м, производительность по метанию 0,144 м<sup>3</sup>/с или 518 м<sup>3</sup>/ч. Механические свойства грунта взяты из таблицы 2.5 работы [7].

При испытаниях макетного образца орудия затраты мощности определялись по результатам замеров давления в гидросистеме привода рабочего органа и составляли 52 - 57 кВт. Расчётные затраты мощности на выполнение технологического процесса составляют 49,2 кВт.

Расчётная энергоёмкость технологического процесса тушения составила 0,095 кВт·ч/м<sup>3</sup>. Для сравнения - энергоёмкость грунтомета АЛФ-10 составляет 0,82 кВт·ч/м<sup>3</sup> при производительности 175 м<sup>3</sup>/ч [1].

Дальность отбрасывания грунта по горизонтали при ограничении по высоте траектории 2,5- 3 м (высота крон, мешающих полёту струи грунта) составляет 29 м, что свидетельствует о возможности снижения скоростей резания и метания и, соответственно, энергоёмкости рабочего процесса. Сравнение зависимостей энергоёмкости, полученных экспериментально и расчётным путём показывает, что эти значения достаточно точно согласуются. Определение энергосберегающих режимов резания, конструктивных и геометрических параметров грунтометров для

параметрического ряда тракторов может быть выполнено методом сопряжённых градиентов, изложенным в работе [6].

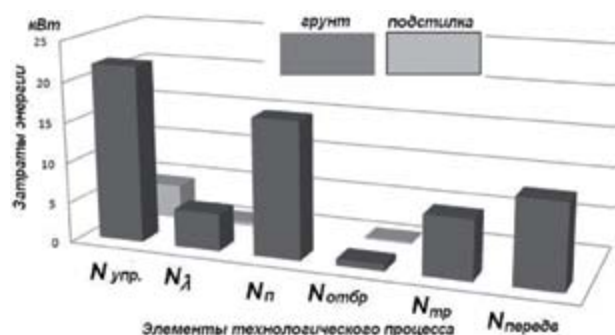


Рис. 6. Гистограмма баланса затрат мощности на выполнение технологического тушения кромки пожара грунтометом при скорости резания  $9,42 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$

Анализ полученных результатов показал:

1. Снижение скорости резания во всех случаях обеспечивает снижение затрат мощности на выполнение работ, пределы снижения скорости лимитируются дальностью отбрасывания грунта и высотой траектории его полёта, рациональная скорость резания составляет  $5 - 6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ;
2. Предложенная методика аналитического определения энергоёмкости резания и метания лесных почв даёт возможность выбирать режимы резания и параметры рабочего органа с одновременной оценкой затрат удельной работы на выполнение технологического процесса по элементам, что позволяет достичь минимальных значений энергоёмкости создаваемых орудий на стадии проектирования.
3. Учёт влияния подстилки повышает точность расчётов на 13-21 %.
4. Реализация результатов исследований позволит повысить технический уровень лесопожарных агрегатов, обеспечивающих выполнение работ по энергосберегающим технологиям при минимальных нарушениях окружающей среды.

#### Список литературы

1. Фомин, Г.Е. Особенности конструкции и параметры лесопожарного агрегата АЛФ-10 [Текст] / Г. Е. Фомин, В. В. Ниукканен // Сб. науч. тр. Механизация лесохозяйственных работ на северо-западе таёжной зоны, Л.: ЛеНИИЛХ, - 1987. – С. 59-65.
2. Чукичев, А. Н. Результаты испытания тракторного грунтомета ГТ-3 и совершенствование его конструкции [Текст] / А. Н. Чукичев, Ю. М. Кодянов, Е. В. Веденина, Г. Е. Фомин // Сб. науч. тр. Механизация лесохозяйственных работ в таёжной зоне, Л.: ЛеНИИЛХ, - 1981. – С. 94-107.

3. Стахеев, Ю.И. Оборудование трактора ТТ-4 для лесохозяйственных работ [Текст] / Ю.И. Стахеев, С.Н. Орловский // Лесное хозяйство. -1976. - № 9. С. 61 - 63.
4. Халитов, А. Г. Результаты испытания тракторного грунтомета [Текст] / А. Г. Халитов, Ю. А. Худоногов // Горение и пожары в лесу. Тезисы докладов и сообщений первого Всесоюзного научно-технического совещания. Красноярск – 1978. С. 159 – 160.
5. Орловский, С.Н. Определение энергетических и динамических параметров тракторов, режимов резания активных рабочих органов машинно-тракторных агрегатов [Текст]: Монография/ С.Н.Орловский. Красноярск, КрасГАУ, 2011. – 376 с.
6. Зеленин, А.Н. Лабораторный практикум по резанию грунтов. [Текст]: учебник/А.Н. Зеленин. – М.: Высшая школа, 1969. -310 с.
7. Карнаухов, А.И. Лесопожарные агрегаты с торцевой фрезой. Концепция энергосбережения [Текст]: монография для студентов, преподавателей и научных работников технических вузов / А.И. Карнаухов. Красноярск: СибГТУ, 2011. – 220 с.

## Способ снижения лавинной опасности в Красноярском крае и орудие для его осуществления

**Орловский Сергей Николаевич**

доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, кандидат технических наук,  
ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»

### 1. Лавинная опасность в Красноярском крае

Лавина - масса снега, падающая или соскальзывающая со склонов гор. Снежные лавины могут представлять немалую опасность, вызывая человеческие жертвы и принося существенный ущерб имуществу [1]. Иногда снежные лавины несут катастрофические последствия (в марте 2013 года лавина похоронила под собой шестерых любителей горных лыж в республике Тыва Красноярского края), в начале марта 2012 года серия лавин в Афганистане разрушила жилые дома и убила более 100 человек.

Снег удерживается на склоне за счет силы трения. Сход лавины происходит в тот момент, когда сила давления массы снега начинает превышать силу трения. Лавинобезопасным считается склон положе  $15^\circ$  или круче  $60^\circ$ . Объем снега в лавине может достигать до нескольких миллионов кубических метров. Однако опасными для жизни могут быть даже лавины объемом даже около  $5 \text{ м}^3$ . Лавины делятся на сухие и мокрые. Скорость движения сухих лавин обычно составляет 20 - 70 м/с (до 125 м/с) при плотности снега от 0,02 до 0,3 г/см<sup>3</sup>. Сход лавины из сухого снега может сопровождаться образованием снеговоздушной волны, производящей значительные разрушения.

Мокрые лавины обычно возникают на фоне неустойчивых погодных условий, непосредственной причиной их схода является появление водяной прослойки между слоями снега разной плотности. Мокрые лавины движутся со скоростью 10 - 20 м/с (до 40 м/с) и имеют плотность 0,3 - 0,4 г/см<sup>3</sup>. Более высокая плотность обуславливает быстрое «схватывание» снежной массы после остановки, что затрудняет проведение спасательных работ.

Для предотвращения появления опасных для человека лавин проводится комплекс специальных мероприятий по лавинной безопасности, который включает в себя активные и пассивные меры противолавинной защиты [1].

К активным методам относят мероприятия, направленные на инициирование схода лавин, чтобы последствия этого были минимальными. Для этих целей издавна применялась стрельба из артиллерийского орудия снарядом в область нахождения опасной снежной массы. Также применяются способы сброса лавин взрывами газокислородной смеси.

Пассивные меры направлены на удержание снега на склоне и недопущение схода лавин либо на направление сошедших лавин в безопасном направлении. К таким мерам относится возведение на склонах противолавинных барьеров, лотков, лавинорезов и дамб. На линейных объектах, таких как автомобильные или железные дороги, сооружают лавинозащитные галереи.

Карта степени лавинной активности России представлена на рисунке 1 [2].

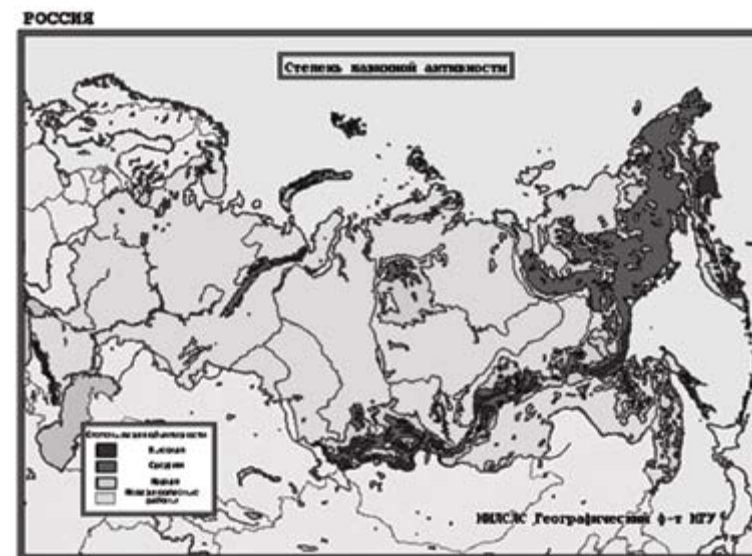


Рис.1. Степень лавинной активности России



Рис. 2. Степень лавинной активности юга Красноярского края

В пределах Красноярского края лавиноопасные районы приурочены к хребтам Крыжина, Эргак-Таргак-Тайга, Куртушибинский. Густота лавинных очагов не превышает пяти на 1 км дна долины. Пик лавинной деятельности приходится на март, когда наблюдаются снегопады с последующим весенним снеготаянием. На рисунке 2 представлена карта лавинной опасности Красноярского края [2].

В Красноярском крае борьбой с лавинами занимается Главное управление МЧС по Красноярскому краю. Направление работы- прогнозирование схода лавин, угрожающих транспортным объектам, контроль надёжности противолавинных сооружений на транспортных путях, принудительный сброс лавин с применением взрывчатых материалов.

Активные профилактические мероприятия, заключающиеся в планомерном искусственном обрушении снега с лавиноопасных склонов. Для этих целей используются также минометы или зенитные пушки. В США и многих других странах применяются пневматические пушки – «аваланчеры» (Рисунок 3). Есть четыре промышленных производителя аваланчеров, которые выпускаются под различными названиями. Стоимость пусковой установки разнится: Launcher Comrapu предлагается по цене \$ 15 000, Avalanche Mitigation Services - \$ 9850, канадская SEARs gun - \$ 17000 и французская установка порядка \$ 30 000. Пневмопушка LOCAT работает с давлением 21 МПа, что выше максимального давления аваланчера -15 МПа, но её стоимость 190 тыс. долларов [1].



Рис. 3. Пневматическая пушка - «аваланчер» для заброса снаряда на лавину

Как видно из рисунка 3, орудие «аваланчер» нетранспортабельно, его питание производится от баллонов со сжатым воздухом, которые требуется заменять при падении давления.

### Орудие для снижения лавинной опасности

Автором предлагается конструкция орудия для забрасывания в лавины снаряда с выполненным из пластмассы корпусом, со взрывчатым веществом, смонтированного на автомобиле «КамАЗ». Там же установлено помещение для проживания обслуживающего персонала и компрессор для закачки баллонов сжатым воздухом (Рисунок 4).

Применяемое в орудии давление сжатого воздуха 33 МПа позволяет уменьшить длину ствола по сравнению с прототипом в 3 раза (до 1500 мм), а дульное зарядание - исключить затвор. Монтаж устройства на автомобиле позволяет обслуживать значительную территорию в пределах транспортной доступности, а наличие автономного компрессора- производить подкачку баллонов сжатым воздухом. Безосколочные снаряды снижают экологические нарушения окружающей среды по сравнению с обстрелом лавин из артиллерийских орудий и миномётов. Стоимость орудия ориентировочно составит 150 -200 тыс. руб. Изготовление его возможно на любом металлообрабатывающем предприятии.

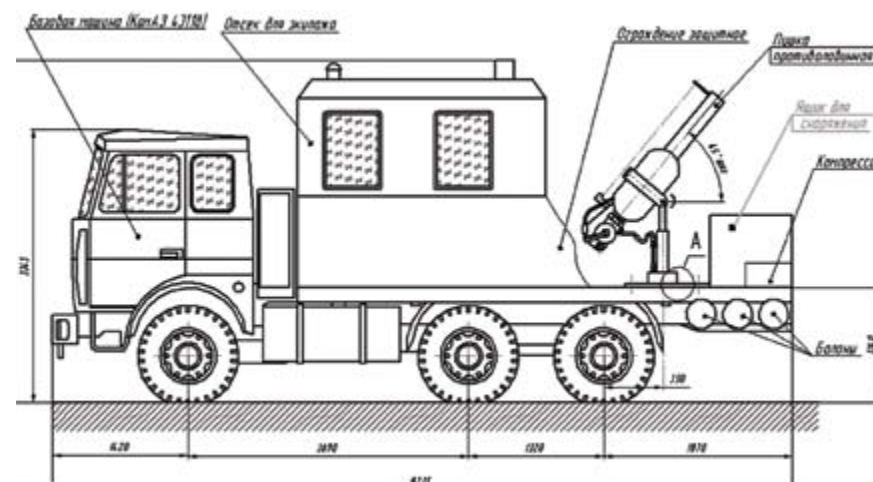


Рис.4. Орудие для борьбы с лавинами на автомобиле «КамАЗ»

Ствол орудия изготавливается из стальной цельнотянутой трубы внутренним диаметром (калибром) после чистовой обработки 100 мм. При объёме ствола пушки 11775 см<sup>3</sup>, ресивера 16750 см<sup>3</sup> и начальном давлении  $P_{нач}$  33 МПа, давление  $P_{кон}$  на выходе снаряда из ствола составит 19,4 МПа. Среднее расчётное давление  $P_{ср}$  в стволе составит 26,2 МПа.

Вплоть до момента пересечения днищем снаряда дульного среза орудия система «снаряд-ствол-газы» является замкнутой, то есть к ней применимы законы сохранения импульса, энергии и момента импульса. Однако для расчета дульной скорости практическое значение имеют только два первых закона сохранения, так

как в гладкоствольных орудиях вращательные движения отсутствуют. Оба этих закона сохранения позволяют оценить энергию отдачи и КПД орудия как машины в целом.

Рассматривая выстрел как сложный процесс быстрого превращения потенциальной энергии сжатого воздуха в механическую работу перемещения снаряда, внутренняя баллистика различает в явлении выстрела: предварительный период - от начала открытия крана подачи воздуха до начала движения снаряда; 1-й период - от начала движения снаряда до момента вылета снаряда из канала ствола (период адиабатического расширения воздуха) и период последствия выброса воздушного заряда на снаряд и ствол [4].

Ускорение среднее  $a_{cp}$ , м/с<sup>2</sup> снаряда в стволе

$$a_{cp} = F/m \quad (1)$$

$$a_{cp} = 20567/2 = 10283,5 \text{ м/с}^2$$

Отсюда, дульная скорость  $V_0$  снаряда составит

$$V_0 = \sqrt{2 \cdot a \cdot S}, \quad (2)$$

$$V_0 = \sqrt{2 \cdot 10283,5 \cdot 1,5} = 175,6 \text{ м/с}$$

Дальность полёта снаряда определяется по выражению [5]

$$S = \frac{V_0^2}{g} \cdot \sin 2\alpha \quad (3)$$

где  $\alpha$  – угол метания.

$$S = 175,6^2 / 9,81 \cdot \sin 2 \cdot 45^\circ = 3143 \text{ м.}$$

Для углов метания 30°, 60° и 75° дальность метания снаряда массой 2 кг составит соответственно 2722 м и 1571 м, высота полёта составит 1571 м.

Расчёт суммарного импульса газов интегрированием вдоль канала ствола орудия дает значение  $p_{nz} = 0,5 m_{nz} v$ . Применяя закон сохранения импульса, получаем [6]

$$m_{ch} \cdot v + 0,5 \cdot m_{nz} \cdot v = M \cdot V \quad (4)$$

Подставляя численные значения, получим

$$2 \cdot 175,6 + 0,5 \cdot 13,93 \cdot 175,6 = 1524,254 \text{ кгм/с}$$

Из этого уравнения можно рассчитать скорость откатных частей и значение кинетической энергии отдачи  $E = 0,5 \cdot M \cdot V^2$  от вылета снаряда, которая нужна в ходе проектирования устройств для смягчения ударных нагрузок на лафет при отдаче орудия.

Энергия выстрела орудия  $e$  определяется по выражению

$$E = 0,5 \cdot m_{ch} \cdot V^2 \quad (5)$$

$$E = 0,5 \cdot 20 \cdot 200^2 = 400000 \text{ Дж}$$

КПД орудия  $\eta_0$  определяется по выражению

$$\eta_0 = e / m \text{ газов} \cdot Q \quad (6)$$

$$\eta_0 = 400000 / 9872 \cdot 25000 = 0,16 \text{ или } 16\%$$

Для сравнения у 121,92-мм корпусного орудия А-19 обр. 1931/37 года КПД составляет 21%.

В артиллерийской науке существует эмпирическое правило, что в механическую энергию отдачи уходит 3 % от дульной энергии снаряда [6].

$$E = 0,5 \cdot (2/9,81) \cdot 175,6^2 = 3143 \cdot 0,03 = 94,298 \text{ кгм}$$

Данная энергия может быть погашена резиновым амортизатором, встроенным в основание орудия в месте его крепления к кузову автомобиля.

Уровень звукового давления от выстрела определяется по выражению

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0} \text{ дБ} \quad (7)$$

где  $P$  – фактическое звуковое давление, Па;

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па- давление на пороге слышимости.

Давление воздуха на выходе из ствола принимаем 15 МПа. Отсюда

$$L = 20 \lg \frac{15000000}{2 \cdot 10^{-5}} = 237,5 \text{ дБ}$$

Шум убывает пропорционально квадрату расстояния. Отсюда - шум на рабочем месте наводчика на 2 м от дульного среза орудия составит

$237,5 / 2^2 = 59,375 \text{ дБ}$ . Допустимый уровень звукового давления 85 дБ по ГОСТ 12.1.003-83. Шум от выстрела не превышает допустимых норм.

Вывод

**Применение предлагаемого орудия для** снижения лавиноопасных рисков на территории Красноярского края позволит сократить трудоёмкость работ и снизить затраты на профилактические сбросы снега со склонов гор. Исключение работ по ручной закладке взрывчатых веществ в тело лавины или использования артиллерийских орудий повысит их безопасность и снизит экологические нарушения горных склонов.

#### Список литературы

1. Отуотер М. «Охотники за лавинами» Перевод с английского М.: Географиздат, 1977. 154 с.
2. Архив Главного управления МЧС по Красноярскому краю.
3. Федосьев, В.И. Сопротивление материалов. Изд-во «Наука» М.: 1970, 544 с.
4. Серебряков, М. Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет. М.: Воениздат.1962. 345 с.
5. Сорокина Т.П. Физика для инженерных специальностей (ЭУМК)/ Т. П. Сорокина, Б. П. Сорокина [и др.] Красноярск, КрасГАУ, 2004, 228 с.
6. Толочков И.М. Теория лафетов. М.: Воениздат. 1999. 299 с.

**Для заметок:**


Научное издание

МОНИТОРИНГ, МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ  
ЯВЛЕНИЙ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Материалы всероссийской научно-практической конференции  
14 июня 2013 года

СОСТАВИТЕЛИ:

МЕЛЬНИК Антон Анатольевич,  
кандидат технических наук, доцент;

БАТУРО Алексей Николаевич;

КАЛЮЖИНА Жанна Сергеевна.

Подписано в печать 12.09.2013. Печать ризограф.

Бумага офс. 80 гр/м<sup>2</sup>, Формат 84x108<sup>1/32</sup>.

Усл. печ. л. 11,16. Тираж 100.

Заказ № 2647.

Отпечатано в типографии ООО «Версо».  
660079, г. Красноярск, ул. А. Матросова, 30к.  
Тел.: 235-05-89, 235-04-89.



