

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

СИБИРСКИЙ ИНСТИТУТ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ – ФИЛИАЛ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ
СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ
ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ
СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций

*Материалы научно — практического семинара
6 июня 2012 года*

г. Железногорск
2012

Содержание

Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Материалы научно-практического семинара. г. Железногорск, 6 июня 2012 года / Составители: Мельник А. А., Батура А. Н., Калюжина Ж. С. – Железногорск, 2012. – 128 с.

6 июня 2012 года в Сибирском институте пожарной безопасности – филиале Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России состоялся научно-практический семинар «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций».

В сборнике представлены материалы семинара, 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.

Издание предназначено для студентов и преподавателей ВУЗов, аспирантов и специалистов, а так же всех интересующихся мониторингом, моделированием и прогнозированием опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций.

ISBN 978-5-904140-40-3

УДК 634.0.43

ББК 43.488

© Сибирский институт пожарной безопасности —
филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

Создание территориального центра мониторинга и прогнозирования ЧС Красноярского края	5
<i>Терешков В.И.</i>	
Порядок работы оперативных дежурных смен МЧС России с термическими точками - возгораниями, выявленными космическим мониторингом	12
<i>С.С. Мецераков, С.Ю. Черных</i>	
Организация инструментального мониторинга территориального центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций Красноярского края	18
<i>В.А. Иванников</i>	
Математическое моделирование радиационного загрязнения реки Енисей	23
<i>А.Г. Дегерменджи, Н.Н. Дегерменджи</i>	
Информационные ресурсы процесса создания современных противопожарных средств (ППС)	32
<i>Н.А. Тестоедов, Р.П. Туркенич, А.А. Носенков, В.В. Двирный, М.В. Елфимова</i>	
Реализация инновационных проектов в системе МЧС России	39
<i>Р.П. Туркенич, В.В. Двирный, В.П. Вашкевич, М.В. Елфимова, Е.В. Домаев</i>	
Мониторинг и прогноз лесопатологической ситуации лесного фонда РФ с использованием информационной системы лесопатологического мониторинга	46
<i>В.В. Солдатов, М.Н. Ягунов, А.Ю. Редькин</i>	
Мониторинг природных пожаров с применением маломатериалоёмких мачт для видеонаблюдения за охраняемыми территориями	53
<i>С.Н. Орловский</i>	
К вопросу о постановке задачи по созданию системы раннего обнаружения пожаров	60
<i>А.А. Брызгалов, С.Ю. Новожилов, В.В. Якубин</i>	

Комплексная методика оценки опасности природных пожаров для населенных пунктов и объектов защиты.....	64
<i>В.С. Коморовский, Г.А. Доррер</i>	
Биологический мониторинг техногенного воздействия и экологических катастроф.....	74
<i>А.С. Шишкин</i>	
Анализ риска загрязнения окружающей среды по данным космического мониторинга атмосферы.....	80
<i>В.Б. Кашкин, К.В. Симонов, Д.В. Зуев</i>	
Геодинамические предвестники недавних землетрясений Алтае-Саянской сейсмоактивной области.....	89
<i>А.А. Кабанов, В.Г. Сибгатулин, К.В. Симонов</i>	
Математическое моделирование развития пожара и эвакуации.....	94
<i>К.Ю. Литвинцев, А.А. Дектерев, Е.С. Кирик</i>	
Экспертная модель анализа пожарной опасности в сельских населенных пунктах на основе нейронных сетей.....	103
<i>Ф.А. Абдулалиев, А.В. Иванов</i>	
Концепция проекта распределенной автоматизированной системы мониторинга деятельности курсантов Сибирского института пожарной безопасности.....	109
<i>А.А. Мельник, В.С. Коморовский, С.П. Якимов, Л.Д. Якимова</i>	
Разработка методики повышения точности прогнозирования количества пожаров.....	115
<i>А.Н. Батура</i>	
Для заметок.....	124

Создание территориального центра мониторинга и прогнозирования ЧС Красноярского края

Терешков В.И.

Красноярский край является крупнейшим субъектом Российской Федерации, имеет площадь территории 2339,7 тыс. кв.км, (45,7% территории СФО, 13,7% территории РФ). По площади край равен половине европейской части России или всем государствам СНГ (исключая Казахстан), вместе взятым. Площадь территории края в 10 раз больше территории Великобритании, в 4,5 раза – Франции. Протяженность территории с севера на юг – около 3000 км, с запада на восток 1250 км (в северной части) и 650 км (вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали). Численность населения около 3 млн. человек. Край имеет 11 природно-климатических зон: в том числе арктическая, тундра, тайга (большая часть), лесостепь и степь Красноярский край занимает 1-е место в России по запасам угля, никеля, нефелиновых руд, магнетитов, графита. В крае - 25 месторождений нефти, запасы которой по промышленным категориям - 618 млн. т. Запасы газа - более 1 трлн. куб. м, газоконденсата – более 58 млн. т. Месторождения газа: Южно-Соленинское, Северо-Соленинское и Пеляткинское.

Общая площадь лесного фонда края – 163 696 тыс. га (44,02% от общей площади лесного массива в СФО.

Климат Красноярского края чрезвычайно сложен и разнообразен. На территории края, осуществляют деятельность самые крупные гидроузлы страны, единственный в России крупнейший заполярный Норильский промышленный район, крупнейшие предприятия ядерной, химической, нефтехимической, металлургической и деревообрабатывающей промышленности. Красноярский край пересекает с запада на восток крупнейшие транспортные магистрали Транссибирская железнодорожная магистраль и нефтепроводы: «Транссибнефть» и «Восточная Сибирь-Тихий океан».

Вследствие производственной деятельности, а также неблагоприятных климатических условий, возможно возникновение крупных чрезвычайных ситуаций различного характера: в том числе аварий с выбросом радиоактивных веществ, аварий на химически опасных объектах с выбросом АХОВ, катастрофического затопления при разрушении плотин гидроузлов, крупных производственных аварий и пожаров, лесных пожаров, наводнений и паводков, землетрясений, аварий и крушений на железнодорожном и речном транспорте, авиакатастроф, аварий на коммунально-энергетических сетях, снежных лавин, заносов и селевых потоков.

Принимая во внимание вышеизложенное, в целях обеспечения всестороннего мониторинга и оперативного прогнозирования ЧС при-

родного и техногенного характера на территории Красноярского края, своевременного проведения превентивных мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций во исполнение:

1. Постановления Правительства РФ от 30.12.2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».
2. Приказа МЧС РФ от 04.03.2011 г. № 94 «Об утверждении Положения о функциональной подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций». (п. 4.5. Силами и средствами функциональной подсистемы СМП ЧС являются: на региональном уровне - территориальные центры мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, учреждения и организации МЧС России, уполномоченные на проведение работ в области мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций на территории субъекта Российской Федерации).
3. Постановления Правительства Красноярского края от 09.02.2011 г. № 80-П «Об утверждении Положения о краевой подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Красноярского края». п. 3.1. (Краевая подсистема мониторинга включает в себя: центр мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера Главного управления министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по Красноярскому краю (далее - ТЦМП ЧС по Красноярскому краю).

А так же в целях развития комплексной систем безопасности жизнедеятельности населения и проведения мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природно-техногенного характера в Красноярском крае, обеспечения всестороннего мониторинга и оперативного прогнозирования ЧС природного и техногенного характера на территории Красноярского края, своевременного проведения превентивных мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в 2011 году в соответствии с федеральной целевой программой «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций до 2015 года» были созданы программно-технический комплекс информационно-аналитической поддержки территориального центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, совместно с которым развернуты 11 систем инструментального мониторинга:

Программно-технический комплекс информационно-аналитической поддержки ТЦМП ЧС Красноярского края развернут 30.12.2011 г. в составе:

- информационно-аналитический центр (в составе 15 рабочих мест), в том числе 10-доя экспертного совета Комиссии по ЧС края, 5 ддя аналитиков по направлениям;
- система аудиовизуальной связи, система связи с удаленными абонентами через компьютерные сети (IP-телефония);
- система сбора и обработки информации с удаленных объектов мониторинга (установленных собственных датчиков на наиболее важных и опасных объектах);
- система автоматизированного информационного взаимодействия с другими системами мониторинга (в том числе краевыми системами сейсмического и радиационного мониторинга) без участия человека-оператора;
- развернуто рабочее место для анализа информации по средствам массовой информации и управления терминалами ОКСИОН.

Система сбора информации с удаленных объектов включает в себя 11 опытных участков:

4. Участок взаимодействия с системой сейсмического мониторинга Красноярского края работает в автоматизированном режиме, выведены на средства визуализации ТЦМП сейсмограммы с сейсмических станций работающих в режиме реального времени (в г. Кызыл, г. Абакан, г. Красноярск, международная сейсмическая станция «Талая» (н.п.Слюдянка на оз. Байкал)
5. Система ускоренного мониторинга сейсмособытий включает в себя 2 прямопоказывающих программно-технических комплекса фиксации сильных движений земли в Ермаковском районе Красноярского края (1 комплекс в природном парке «Ермаки», 2-й в районном центре Ермаки) они позволяют фиксировать сотрясаемость в реальном масштабе времени в месте его размещения и немедленно передавать в ТЦМП информацию об интенсивности сейсмических событий по шкале MSK-64 (время передачи не более 15 сек. с момента наступления события, чувствительность от 1 балла и выше)
6. Система наблюдения за лавиноопасным участком на Буйбинском перевале установлена на высоте 2200 м. включает в себя 4 видеокамеры на входном и выходном порталах противолавинной галереи, датчики дистанционного измерения высоты снега на лавиноопасных участках, автономная система энергоснабжения (солнечные батареи+ ветроэнергетическая установка), система передачи информации(через GSM связь). Режим обновления информации 1 минута, она позволяет в реальном масштабе вре-

мени наблюдать за состоянием за обстановкой как вне так и внутри галереи, при необходимости принимать экстренные меры.

7. Опытная зона системы мониторинга мест массового пребывания людей в природном парке «Ергаки» создана в составе 2-х участков (турбаза «Ергаки» и Сибирский региональный центр подготовки спасателей СЦР ПС «Ергаки») позволяет осуществлять оптический мониторинг, в том числе фактическое состояние работы лыжных трасс и работу подъемников, метеопараметры (2 цифровых метеомодуля), состояние пожарной сигнализации «Стрелец-Мониторинг» в зданиях и сооружениях с передачей в Центр мониторинга Красноярского края
8. Опытные участки системы контроля состояния крыш и нагрузок на них, а так же критического состояния несущих конструкций крупнопролетных сооружений в местах массового пребывания людей (установлены датчики наблюдения за уровнем снега, видеонаблюдение за состоянием крыш, контроль деформаций несущих конструкций) – ТРК «Июнь», «Планета», так же установлен мониторинг состояния инженерных сооружений Кардиологического центра, Спортивного комплекса «Арена-Север», в процессе пуско-наладки Богучанская ГЭС.
9. Установлена система наблюдения за состоянием теплоснабжения населения на 4 объектов ООО «Краском» (4 теплораспределительных пункта котельных № 1-4 Советский район - «Зеленая роща» ежеминутно поступают параметры температуры и давления теплоносителя для обеспечения населения прямого и обратного контуров).
10. Установлены элементы системы контроля движения общественного и школьного транспорта с использованием системы ГЛО-НАСС. Под наблюдением находятся 560 школьных автобуса, 358 пригородных автобуса, 115 - машин скорой помощи (это позволяет при возникновении аварийной ситуации сразу же направлять в место аварии спасателей).

Разработано специализированное программное обеспечение по анализу радиационной, гидрологической, метеорологической обстановки в автоматизированном режиме. Ведется подключение к системе лавиноопасной обстановки, обстановки на объектах ЖКХ.

Работа систем инструментального мониторинга спроектирована и основывается на регламентированном распределении функциональных обязанностей между оперативными дежурными и специалистами – аналитиками в составе ТЦМП ЧС (мониторинг источников ЧС – прогнозирование ЧС – оповещение о ЧС).

В соответствии с возложенными на него задачами ТЦМП ЧС Красноярского края способен обеспечить:

- сбор, обработку и анализ информации о параметрах источников чрезвычайной ситуации, о состоянии окружающей природной среды и объектов техносферы (в том числе от собственных датчиков, развернутых на наиболее опасных и критически важных объектах, а так же систем мониторинга иных организаций в режиме реального времени). Анализ и обработку оперативной информации о прогнозе чрезвычайной ситуации (или ее возникновении), поступающей от организаций, входящих в краевую подсистему мониторинга;
- разработку и представление в Национальный ЦУКС, органы исполнительной власти Красноярского края, местного самоуправления и другим заинтересованным организациям анализа текущей обстановки и прогнозов чрезвычайных ситуаций на территории края, а так же оперативных предупреждений о возможности возникновения чрезвычайных ситуаций;
- проводить совещания экспертного совета комиссии по чрезвычайным ситуациям края с участием учреждений и организаций, входящих в краевую подсистему мониторинга для выработки рекомендаций по складывающейся обстановке разработке рекомендаций по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, предотвращению, локализации и смягчению их последствий;
- организовать направление совместных с учреждениями и организациями, входящими в краевую подсистему мониторинга оперативных групп со средствами инструментального мониторинга в районы возникновения чрезвычайных ситуаций для анализа складывающейся обстановки и выдачи экспертных заключений по дальнейшему ее развитию, а также организация непрерывного контроля за параметрами окружающей природной среды в зоне чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера, за обстановкой на аварийных объектах и на прилегающих к ним территориях.

Для обеспечения выполнения задач по предназначению в составе ТЦМП ЧС сформированы следующие отделы:- отдел мониторинга и прогнозирования ЧС, отделение оценки рисков и выработки прогнозов, отделение лабораторного контроля:

1. Отдел мониторинга и прогнозирования для организации круглосуточного дежурства, в том числе на средствах инструментального мониторинга ТЦМП ЧС и контроля взаимодействующих систем мониторинга, в том числе контроля сейсмической, радиационно-химической, гидрологической, метеорологической геофизической обстановкой, контроль за объектами ТЭК и ЖКХ.

Главные задачи оперативных дежурных:

- ведение работ по мониторингу источников чрезвычайных ситуаций, лабораторному контролю и прогнозированию чрезвычайных ситуаций;

- сбор, обработка и анализ информации об источниках чрезвычайных ситуаций и показателях риска возникновения чрезвычайных ситуаций, представление информации в Национальный ЦУКС, МЦУКС СРЦ;
- контроль состояния источников чрезвычайных ситуаций через различные системы мониторинга ЧС (в том числе от собственных датчиков, развернутых на наиболее опасных и критически важных объектах, а так же систем мониторинга иных организаций в режиме реального времени);
- обеспечение готовности сил и средств краевой системы мониторинга и прогнозирования ЧС, предназначенных для осуществления оперативного мониторинга;
- обеспечение оперативного оповещения о возникновении (угрозе) ЧС вышестоящего командования, органов государственной власти, местного самоуправления и населения Красноярского края.

2. Отделение оценки рисков и выработки прогнозов для организации работ по оценке обстановки природного, биолого-социального и техногенного характера, а также выработки прогнозов различной заблаговременности.

Главные задачи отделения оценки рисков и выработки прогнозов:

- углубленный анализ информации о складывающейся обстановке и показателях риска возникновения чрезвычайных ситуаций на основании мониторинга источников чрезвычайных ситуаций, анализа паспортов безопасности, баз данных и ретроспективной информации;
- разработка уточненных сценариев возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, оценка риска их возникновения и возможного ущерба от них;
- координация деятельности, контроль, организационное и методическое обеспечение сети наблюдений и лабораторного контроля (СНАК), организация взаимодействия с учреждениями СНАК;
- обеспечение работы экспертного совета комиссии по чрезвычайным ситуациям края с участием учреждений и организаций, входящих в краевую подсистему мониторинга для выработки рекомендаций по складывающейся обстановке разработке рекомендаций по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, предотвращению, локализации и смягчению их последствий;
- информационное обеспечение организаций и учреждений краевой СМП ЧС прогнозными данными и рекомендациями в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- выработка прогнозов различной заблаговременности - среднесрочных (месяц) и долгосрочных прогнозов (циклических, годовых).

3. Отделение лабораторного контроля для обеспечения работы мобильного комплекса ТЦМП ЧС Красноярского края и технического обслуживания систем инструментального мониторинга ТЦМП ЧС.

Основные задачи:

- проведение оперативных радиометрических, радиохимических, химических и других анализов объектов окружающей среды;
- совместная работа в составе оперативных групп учреждений и организаций, входящих в краевую подсистему мониторинга, анализа складывающейся обстановки и выдачи экспертных заключений по дальнейшему ее развитию;
- организация непрерывного контроля за параметрами окружающей природной среды в зоне чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера, за обстановкой на аварийных объектах и на прилегающих к ним территориях;
- контроль за исправностью работы технических средств инструментального мониторинга.

Сведения об авторах:

Терешков Валерий Ильич, заместитель начальника территориального органа, государственный советник Российской Федерации 3 класса.

Место работы: Главное управление МЧС России по Красноярскому краю.

Адрес: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 68, тел.: 8 (391) 211-00-89. Эл. адрес: kia@mchskrsk.ru.

Порядок работы оперативных дежурных смен МЧС России с термическими точками - возгораниями, выявленными космическим мониторингом

С.С. Мещеряков, С.Ю. Черных

Целью данной работы является – повысить эффективность работы сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС) по предупреждению и ликвидации очагов природных пожаров используя для этого данные мониторинга обстановки по природным пожарам, данные прогноза возможного развития ситуации, своевременную работу по доведению данной информации до органов управления РСЧС, руководителей администраций территориальных образований, собственников земель на которых функционируют природные пожары или выявлена угроза возникновения природных пожаров.

Центр мониторинга и прогнозирования ЧС центра управления в кризисных ситуациях регионального центра использует в работе по оценке и прогнозированию обстановки связанной с природными пожарами данные получаемые от Красноярского филиала по космическому мониторингу Национального центра управления в кризисных ситуациях МЧС России.

Для проведения мониторинга природных пожаров используется приемный комплекс «УниСкан-24», расположенный в Академгородке г. Красноярска.

Комплекс устойчиво принимает данные со спутников TERRA и AQUA (разрешение от 250 м до километра, полосой 2300 км), SPOT-4, SPOT-5 (разрешение 2,5-20 м, полосой 180 км).

Данные космического мониторинга МЧС России используются как оперативные данные о местонахождении термических точек и их местоположению относительно населенных пунктов, объектов инфраструктуры.

Организация комплекса мероприятий по выявлению и контролю обстановки с природными пожарами, реагированию на вновь выявленные очаги пожаров (термические точки), организация ликвидации очагов горения осуществляется:

- на федеральном уровне – оперативно-дежурной сменой Национального центра управления в кризисных ситуациях, Всероссийским центром мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, ФГУ «Авиалесохрана» и Рослесхоз;
- на межрегиональном уровне – ОДС центров управления в кризисных ситуациях региональных центров МЧС России, департаментами лесного хозяйства по Федеральному округу;

- на региональном уровне – ОДС центров управления в кризисных ситуациях главных управлений МЧС России по субъектам РФ, Региональных диспетчерских служб субъектов, органами исполнительной власти в области лесных отношений субъекта РФ;
- на муниципальном уровне – единой дежурно-диспетчерской службой, органами исполнительной власти муниципального уровня (главы администраций, председатели КЧС), собственниками территорий (участков) на которых обнаружены очаги природных пожаров (термические точки).

Информация по термическим точкам после каждого пролета искусственного спутника Земли поступает в дежурную смену через (интервал от 40 минут до 1 часа 10 минут) по каналам электронной почты и параллельно этому размещается на специальном геоинформационном ресурсе МЧС России.

Информация поступает в виде таблиц с данными выявленных термоточек по каждому пролету спутника, два раза (утром и вечером) поступают сводные таблицы оперативных сводок, карты-схемы термоточек, обзорные снимки пожаров, облачной системы, карты температур Сибири.

В течение суток дежурная смена центра управления в кризисных ситуациях получает данные от 10 до 12 витков пролета спутника среднего разрешения и 5-7 снимков высокого разрешения.

По спутникам TERRA и AQUA определяются очаги возгораний с географическими координатами, по спутникам высокого разрешения SPOT-4, SPOT-5 видно наглядное распространение пожара с учетом направления ветра. При необходимости по заказу производится детальная съемка с разрешением от 2,5 до 5 метров.

Ежедневно информация по выявленным термически активным точкам отображается на картах-схемах. Что позволяет наглядно и оперативно анализировать обстановку, контролировать ход пожаров и рост площадей пожаров.

Исходная информация получаемая от Красноярского филиала по космическому мониторингу содержит следующие сведения:

- место обнаружения термической точки с привязкой ее к ближайшему населенному пункту, расстояние до населенного пункта, координаты, площади активного горения и пройденной огнем, дата первого наблюдения.

Согласно действующего регламента вся информация дистанционного зондирования Земли из космоса доводится до регионального центра МЧС России, главных управлений МЧС России, единых дежурно-диспетчерских служб муниципальных образований.

При необходимости от регионального центра или главных управлений МЧС информация о возгораниях доводится до органов повседневно-

ного управления Федеральных органов исполнительной власти межрегионального и регионального уровней.

Диспетчера ЕДДС муниципальных образований доводят информацию по действующим каналам связи до гарнизонов пожарной охраны, глав администраций населённых пунктов, управлений лесами, арендаторам (собственникам) земель и другим должностным лицам.

По решению председателей комиссий по предупреждению чрезвычайных ситуаций, глав муниципальных образований принимаются меры по идентификации термических точек. При обнаружении горения вблизи населённых пунктов, а также на землях сельскохозяйственного назначения организуется выезд оперативных групп на место горения.

При обнаружении термических точек в труднодоступных районах (зоне космического или авиационного мониторинга) информация доводится до лесхозов.

Порядок доведения информации о термических точках и представления отчетных документов диспетчерами ЕДДС в пожароопасный период должен быть утвержден Постановлением Главы администрации муниципального образования.

Результаты работы оперативных групп по проверке данной информации докладываются в ЕДДС по действующим каналам связи. Диспетчера ЕДДС сверяют информацию с лесхозами о наличии действующих пожаров. Согласно требований регламента на проведение всех перечисленных работ по идентификации термических точек отводится до 3 часов.

После чего специалист ЕДДС муниципального образования формирует отчет по термическим точкам и направляет его в главное управление МЧС России.

В отчетных документах заносится следующая информация:

- по типу возгорания (лесной пожар, контролируемый или не контролируемый сельхозпал, сжигание отходов, техногенный пожар);
- по принимаемым мерам (задействованные силы и средства на ликвидацию пожара, сельхоз пала, окарауливание), ответственные лица;
- о собственнике (арендаторе) земельного участка: ФИО, телефон;
- о категории земель (земли лесного фонда, сельхоз назначения, населённых пунктов, особо охраняемых природных территорий);
- и источнике предоставления информации.

Таким образом, информация по всем термическим точкам анализируется, выявляется наличие лесных пожаров, контролируемых и не контролируемых палов травы.

Специалисты главных управлений формируют отчетные документы и через FTP-сервер доводят информацию до регионального центра.

Далее оперативно-дежурная смена регионального центра анализирует информацию и доводит ее до Национального центра управления в кризисных ситуациях.

При ухудшении обстановки, региональный центр, главные управления по субъектам, готовят заявку на оперативную съемку высокого разрешения и отправляют ее в Национальный ЦУКС дежурному по космическому мониторингу. В течение суток – трое можно получить результаты съемки.

Параллельно этому оперативно-дежурные смены ЦУКС регионального центра и главных управлений в своей повседневной работе используют следующие информационные ресурсы данных дистанционного зондирования Земли, находящиеся в ведомственной цифровой сети МЧС:

1. Электронная библиотека данных дистанционного зондирования Земли. Библиотека космических снимков создана на базе архивных и оперативно пополняемых данных.
2. Расчет зон покрытия и сеансов приема данных дистанционного зондирования Земли. Настоящий ресурс создан для просмотра зон покрытия ближайших сеансов приема спутниковой информации с космических аппаратов.
3. Геоинформационный ресурс. Настоящий ресурс создан для просмотра результатов обработки спутниковой информации на карте.

Далее расскажу об использовании в оперативном режиме геоинформационного портала.

Вся получаемая информация для мониторинга регионального, местного и локального уровней отображается на картографическом материале с имеющейся координатной сеткой и отраженной на ней степени пожарной опасности лесов.

В качестве основного картографического материала для ведения лесопожарного мониторинга этих трех уровней используются подложки карт масштабом — 1:1000000, 1:500 000, 1:200 000, а также космоплан спутника, космоплан гибрида.

На основании картографического материала, при получении обновлённых данных результатов космической съемки по каждой термической точке определяются:

- территории лесного фонда активно охраняемых лесов, где ведётся наземный, авиационный и космический мониторинг 1 уровня;
- леса, где предусмотрен только космический мониторинг 2 уровня;
- заповедники, национальные парки;
- земли населённых пунктов;
- лесничества;

- находящиеся в зоне возможного поражения огнём населённые пункты, наличие автодороги, железные дороги, ЛЭП, нефтепроводов, газопроводов;
- возможное наличие естественных преград (реки, озёра).

Наибольшее внимание уделяется отработке термических точек находящихся в так называемой «опасной зоне» - на расстоянии 5 км и менее от населённых пунктов.

По каждой выявленной термической точке представляющей угрозу распространения пожаров на населённые пункты ведётся:

- наблюдение, сбор и обработка данных о степени пожарной опасности в лесу по условиям погоды;
- контроль параметров за температурой воздуха, количеством осадков, скоростью и направлением ветра.

После обобщения результатов метеорологической обстановки даётся оценка степени пожарной опасности в лесу по условиям погоды и готовится прогноз развития пожаров (опасных термоточек) – расчёт времени достижения верховых и низовых пожаров с учетом скорости и направления ветра населённых пунктов.

Для прогноза используется исходная информация:

- дата обнаружения пожара;
- координаты очага пожара;
- параметры ветра (скорость м/с и направление);
- тип пожара;
- радиус удаления от населённого пункта и интервал зоны поражения в градусах.

На выходе определяются:

- населённые пункты попадающие в радиус поражения пожаром;
- время достижения пожара до населённого пункта;
- данные по государственным пожарным службам (ГПС), их расстоянию до населённых пунктов, расчёту времени прибытия в населённый пункт, а так же необходимые мероприятия по реагированию.

Использование данных оперативного космического мониторинга с географически привязанными изображениями пожаров в ГИС формате, позволяют своевременно:

- вести работу по мониторингу и динамике пожаров;
- давать оценку пройденной огнём площади (оценка пройденной огнём площади от 200 до 1000 га - с точностью до 30%, - более 1000 га с точностью до 5%);

- сопоставлять данные наземных, авиационных и космических наблюдений, в обратной связи с регионами;
- вести прогнозирование и мониторинг пожарной опасности;
- определять оперативность регистрации загораний – от 4 до 12 часов (в зависимости от частоты пролёта спутников в различных регионах);
- определять точность координат от 250м до 500 м (в зависимости от широты точки загорания);
- прогнозировать поведение лесных пожаров;
- прогнозировать возможный ущерб (для принятия решения о целесообразности тушения);
- оценивать реальный ущерб от лесных пожаров и других негативных воздействий;
- повысить качество дистанционного контроля за переданными полномочиями субъектам Российской Федерации в области лесных отношений.

В целом роль МЧС заключается:

- в контроле применения сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, привлекаемых к ликвидации природных пожаров;
- определение ответственных лиц по тушению пожаров;
- контроле применения авиации для проведения воздушной разведки, переброски сил и средств на тушение пожаров;
- своевременному обнаружению и ликвидации природных пожаров.

Сведения об авторах:

Мещеряков Сергей Сергеевич, начальник центра мониторинга и прогнозирования ЧС природного и техногенного характера центра управления в кризисных ситуациях Сибирского регионального центра МЧС России.

Черных Сергей Юрьевич, заместитель начальника отдела мониторинга и прогнозирования ЧС центра управления в кризисных ситуациях Сибирского регионального центра МЧС России.

Место работы: Центр управления в кризисных ситуациях Сибирского регионального центра МЧС.

Адрес: 660074, г. Красноярск, ул. Ленинградская, 42, тел.: 8 (391) 298-55-32. Эл. адрес: rcmp@mail.ru.

Организация инструментального мониторинга территориального центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций Красноярского края

В.А. Иванников

Развитие системы инструментального мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Красноярском крае.

В целях развития комплексной систем безопасности жизнедеятельности населения и проведения мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природно-техногенного характера в Красноярском крае, обеспечения всестороннего мониторинга и оперативного прогнозирования ЧС природного и техногенного характера на территории Красноярского края, своевременного проведения превентивных мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в 2011 году по федеральной целевой программе «Снижение рисков и смягчение последствий ЧС до 2015 года» было выделено и освоено 41 млн. рублей. Созданы программно-технический комплекс информационно-аналитической поддержки ТЦМП ЧС, развернуты 11 систем инструментального мониторинга:

Программно-технический комплекс информационно-аналитической поддержки ТЦМП ЧС Красноярского края развернут 30.12.2011 г. в составе:

- информационно-аналитический центр (в составе 15 рабочих мест), в том числе 10-для экспертного совета Комиссии по ЧС края, 5 для аналитиков по направлениям;
- система аудиовизуальной связи, система связи с удаленными абонентами через компьютерные сети (IP-телефония);
- система сбора и обработки информации с удаленных объектов мониторинга (установленных собственных датчиков на наиболее важных и опасных объектах);
- система автоматизированного информационного взаимодействия с другими системами мониторинга (в том числе краевыми системами сейсмического и радиационного мониторинга) без участия человека-оператора;
- развернуто рабочее место для анализа информации по средствам массовой информации и управления терминалами ОКСИОН.

Система сбора информации с удаленных объектов включает в себя 11 опытных участков:

1. Участок взаимодействия с системой сейсмического мониторинга Красноярского края работает в автоматизированном режиме, выве-

дены на средства визуализации ТЦМП сейсмограммы с сейсмических станций работающих в режиме реального времени (в г.Кызыл, Абакан, Красноярск, международная сейсмическая станция «Талая» (н.п. Слюдянка на оз. Байкал)

2. Система ускоренного мониторинга сейсмособытий включает в себя 2 прямопоказывающих программно-технических комплекса фиксации сильных движений земли в Ермаковском районе Красноярского края (1 комплекс в природном парке «Ергаки», 2-й в районном центре Ермаки) они позволяют фиксировать сотрясаемость в реальном масштабе времени в месте его размещения и немедленно передавать в ТЦМП информацию об интенсивности сейсмических событий по шкале MSK-64 (время передачи не более 15 сек. с момента наступления события, чувствительность от 1 балла и выше).

3. Система наблюдения за лавиноопасным участком на Буйбинском перевале установлена на высоте 2200 м. включает в себя 4 видеокамеры на входном и выходном порталах противолавинной галереи, датчики дистанционного измерения высоты снега на лавиноопасных участках, автономная система энергоснабжения (солнечные батареи+ ветроэнергетическая установка), система передачи информации(через GSM связь). Режим обновления информации 1 минута, она позволяет в реальном масштабе времени наблюдать за состоянием обстановки как вне так и внутри галереи, при необходимости принимать экстренные меры

4. Опытная зоны системы мониторинга мест массового пребывания людей в природном парке «Ергаки» создана в составе 2-х участков (турбаза «Ергаки» и Сибирский региональный центр подготовки спасателей СЦР ПС «Ергаки») позволяет осуществлять оптический мониторинг, в том числе фактическое состояние работы лыжных трасс и работу подъемников, метеопараметры (2 цифровых метеомодуля), состояние пожарной сигнализации «Стрелец-Мониторинга» в зданиях и сооружениях с передачей в Центр мониторинга Красноярского края

5. Опытные участки системы контроля состояния крыш и нагрузок на них, а так же критического состояния несущих конструкций крупнопролетных сооружений в местах массового пребывания людей (установлены датчики наблюдения за уровнем снега, видеонаблюдение за состоянием крыш, контроль деформаций несущих конструкций) – ТРК «Июнь», «Планета», так же установлен мониторинг состояния инженерных сооружений Кардиологического центра, Спортивного комплекса «Арена-Север», в процессе пуско-наладки Богучанская ГЭС.

6. Установлена система наблюдения за состоянием теплоснабжения населения на 4 объектов ООО «Краском» (4 теплораспределительных пункта котельных № 1-4 Советский район - «Зеленая роща» ежемесячно поступают параметры температуры и давления теплоносителя для обеспечения населения прямого и обратного контуров).

7. Установлены элементы системы контроля движения общественно-го и школьного транспорта с использованием системы ГЛОНАСС. Под наблюдением находятся 560 школьных автобуса, 358 пригородных автобуса, 115 — машин скорой помощи (это позволяет при возникновении аварийной ситуации сразу же направлять в место аварии спасателей).

Разработано специализированное программное обеспечение по анализу радиационной, гидрологической, метеорологической обстановки в автоматизированном режиме. Ведется подключение к системе лавино-опасной обстановки, обстановки на объектах ЖКХ.

Принимая во внимание, что существующая традиционная система сейсмического мониторинга может дать информацию о происходящих событиях только через 15-20 минут после наступления события (времени необходимое для расчетов) целесообразно дальнейшее создание сети прямопоказывающих программно-технических комплексов фиксации сильных движений земли до (70 датчиков).

Требуется установить датчики: в наиболее сейсмически-нестабильных районах г. Красноярска (мкр. «Ветлужанка», «Черемушки», «Северный», «Взлетка», «Солнечный» и др, в соответствии с проведенным микросейсморайонированием, в местах расположения критически важных объектов в Красноярске (ТЭК и ЖКХ, потенциально-опасные объекты, социально-значимые объекты, с массовым пребыванием людей). Всего предлагается установить 10 таких комплексов в г. Красноярске, с выводом информации (она поступит через 15 сек после события) в ТЦМП Красноярского края.

Установить подобные комплексы в городах Канске, Ачинске, Минусинске, Назарово, в сельских районах на сейсмически-опасных направлениях. Южное направление (очаги в Тыве, Монголии, Тибете), Западное направление(очаги- в Горном Алтае, Западном Саяне, Кемеровской области), Восточном направлении (очаги - Восточный Саян, оз.Байкал, Монголия, Караганский очаг). Это позволит иметь наиболее полную информацию о фактически происходящих событиях в режиме реального времени (информация поступит через 15 сек. после наступления события), вовремя оповестить население, вовремя организовать спасательные работы (если потребуется).

В городах края, на объектах с массовым пребыванием людей, социально-значимых объектах установить комплексы наблюдения за деформациями наиболее важных несущих конструкций. Что обеспечит своевременное выявления опасности обрушения зданий. Создаваемая сеть прямопоказывающих программно-технических комплексов фиксации сильных движений земли позволит оперативно (не позднее нескольких минут) формировать сообщения о возникновении ощутимых землетрясений. При этом в сочетании с системой инструментального контроля зданий и сооружений в режиме реального времени будет формироваться наиболее полная информация о складывающейся обстановки в крае в целом.

Работа систем инструментального мониторинга спроектирована и основывается на регламентированном распределении функциональных обязанностей между оперативными дежурными и специалистами – аналитиками в составе ТЦМП ЧС (мониторинг источников ЧС – прогнозирование ЧС – оповещение о ЧС).

В соответствии с возложенными на него задачами ТЦМП ЧС Красноярского края способен обеспечить:

- сбор, обработку и анализ информации о параметрах источников чрезвычайной ситуации, о состоянии окружающей природной среды и объектов техносферы (в том числе от собственных датчиков, развернутых на наиболее опасных и критически важных объектах, а так же систем мониторинга иных организаций в режиме реального времени). Анализ и обработку оперативной информации о прогнозе чрезвычайной ситуации (или ее возникновении), поступающей от организаций, входящих в краевую подсистему мониторинга;
- разработку и представление в Национальный ЦУКС, органы исполнительной власти Красноярского края, местного самоуправления и другим заинтересованным организациям анализа текущей обстановки и прогнозов чрезвычайных ситуаций на территории края, а так же оперативных предупреждений о возможности возникновения чрезвычайных ситуаций;
- проводить совещания экспертного совета комиссии по чрезвычайным ситуациям края с участием учреждений и организаций, входящих в краевую подсистему мониторинга для выработки рекомендаций по складывающейся обстановке разработке рекомендаций по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, предотвращению, локализации и смягчению их последствий;
- организовать направление совместных с учреждениями и организациями, входящими в краевую подсистему мониторинга оперативных групп со средствами инструментального мониторинга в районы возникновения чрезвычайных ситуаций для анализа складывающейся обстановки и выдачи экспертных заключений по дальнейшему ее развитию, а также организация непрерывного контроля за параметрами окружающей природной среды в зоне чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера, за обстановкой на аварийных объектах и на прилегающих к ним территориях.

Список литературы

1. «Проведение комплекса организационно-технических мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного-техногенного характера в Красноярском крае и Республике

Математическое моделирование радиационного загрязнения реки Енисей

А.Г. Дегерменджи, Н.Н. Дегерменджи

Аннотация

Река Енисей является одной из крупнейших рек мира: длина Енисея 3487 км, среднегодовой расход воды в устье Енисея составляет около 600 км³/год. В Красноярском крае в г. Железногорске расположен Горно-химический комбинат (ГХК) Минатома РФ, в составе которого находятся реакторное предприятие и радиохимическое производство. Многолетняя деятельность комбината привела к радиоактивному загрязнению поймы Енисея (Vakulovsky et al., 1995; Bolsunovsky, 2001), в том числе трансурановыми элементами. Среди трансурановых элементов наиболее значимыми являются изотопы плутония, америция и нептуния (Болсуновский и др., 2002). В работе на основе математического моделирования изучаются возможные механизмы распределения радиоактивных элементов вдоль русла Енисея и управление этим распределением.

Чернобыльская авария дала мощный импульс развитию радиоэкологии, в том числе развитию методов математического моделирования в радиоэкологии, благодаря усилиям, прежде всего, украинских и российских математиков, а также зарубежных, которые стимулировались несколькими проектами Европейского сообщества.

Гидрофизические речные модели. Гидрофизические речные модели, чаще всего, рассчитывают содержание радионуклидов в воде, седиментах в зависимости от загрязненности водосборного бассейна. В основе речной модели лежит количественный анализ миграционных процессов, возникающих в элементарном водном теле, состоящем из дна (седиментов), водной колонки, содержащей некоторое количество взвешенного вещества, правосторонней и левосторонней водосборной территории.

Модели миграции радионуклидов в водных экосистемах, включающие биоту. Речные модели миграции радионуклидов, включающих в рассмотрение биологическую компоненту, должны учитывать активное накопление нуклидов гидробионтами.

Одной из первостепенных задач мы полагали оценку существующего состояния радиоактивного загрязнения р. Енисей, оценку вклада различных естественных гидрологических, физико-химических и биологических процессов в самоочищение воды реки от радиационного загрязнения и затем уже сделать попытку с помощью управляющих параметров отдельных процессов оценить эффективность вмешательства в эти процессы для уменьшения отрицательных последствий сброса радиоактивных отходов предприятия по производству и переработке плутония в реку.

Тыва» (п. 4.3.1 ОФП ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года» на 2011 г.

2. «Разработка и создание Системы мониторинга и прогнозирования (СМП) чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и их последствий» (п. 5.2.1.1. ЕТП НИОКР МЧС России), 2004 г.
3. «Разработка технологических схем и автоматизированных технологий оценки текущей обстановки в целях оперативного прогноза чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (п. № 2.1.2.2 ЕТП НИОКР МЧС России на 2008 - 2010 гг.), 2009 г.
4. «Разработка и реализация пилотного проекта по оценке состояния и повышению защищенности критически важных объектов субъекта Российской Федерации от угроз сейсмического характера на примере Республики Тыва» (п. № 3.4.2.1 ОФП ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года» на 2009 г.
5. «Развитие и опытная эксплуатация первой очереди системы мониторинга сейсмической опасности и состояния защищенности критически важных объектов субъекта Российской Федерации от угроз техногенного и природного, в том числе сейсмического характера на примере Республики Тыва» (п. № 3.4.2.1 ОФП ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года» на 2010 г.

Сведения об авторах:

Иванников Вячеслав Алексеевич, начальник отдела мониторинга и прогнозирования.

Место работы: Главное Управление Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по Красноярскому краю (Главное управление МЧС России по Красноярскому краю).

Адрес: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 68. Тел.: 8 (391) 275-16-14, 8-913-550-66-83.

Эл. адрес: iva180271@mail.ru.

Блок-схема взаимодействия компонент и потоков вещества и энергии в экосистеме р. Енисей и банк данных для использования в динамических прогнозных моделях.



Помимо исследования фундаментальной проблемы о механизмах миграции можно сформулировать и ряд прикладных вопросов: а) каков прогноз радиологического состояния экосистемы р. Енисей после отключения сброса вод ГХК, содержащих радиоизотопы; б) каков вклад различных механизмов (радиоактивный распад, разбавление, сорбция, потребление гидробионтами) в процесс самоочищения реки; в) можно ли ожидать быстрого выхода радионуклидов из донных и береговых отложений или естественный процесс «рассасывания» растянется на длительное время; г) какова была в прошлом интенсивность выноса радионуклидов в Карское море; д) какова экологическая эффективность и последствия различных водохозяйственных «дезактивирующих» мероприятий (регламент гидрологических попусков воды из Красноярского водохранилища, варьирование сбросами и уровнем лимитирования роста гидробионтов, дезактивация территорий и др.)

Модель включает следующие блоки: 1) гидрологический, позволяющий рассчитывать пространственно-временную динамику скорости течения (в зависимости от морфометрии ложа реки, трения, уклонов, расходов воды, приточности); 2) экосистемный для расчета пространственно-временной динамики биомасс основных групп гидробионтов (в зависимости от количества биогенов в реке, температуры воды, освещенности и т.д.); 3) радиологический, позволяющий рассчитывать содержание радионуклидов в гидробионтах и 4) гидрофизический для исследования динамики взвешенных и влекомых наносов и переносимых ими радионуклидов.

Для исследования проблемы миграции и распределения радионуклидов, тяжелых металлов, органических токсикантов в компонентах природных экосистем методом математического моделирования требуется достаточно адекватная модель экосистемы.

База данных. Основой для моделирования и верификации модели экосистемы р.Енисей служат комплексные гидробиологические исследования Енисейской экспедиции Лимнологического института СО РАН. Эти исследования проводились в разные сезоны (весна, лето, осень) с 1971-1986 гг. с разными целями и задачами, частотой разрезов и протяженностью обследованной акватории и оценивали компоненты: фитопланктон, бактериопланктон, микрофитобентос, зоопланктон, продукцию фитопланктона, различных групп микроорганизмов, деструкцию органического вещества, химический состав воды.

Несмотря на бедность гидрофауны в количественном отношении, качественный состав или, другими словами, видовой состав гидробионтов Енисея весьма разнообразен: фитопланктон насчитывает 460 видов и внутривидовых таксонов, зоопланктон – 114 видов, фитобентос представлен 633 видами (Левадная, 1986). Учесть в модели даже только доминирующие виды не представляется возможным, поэтому в качестве фазовых переменных математической были выбраны агрегированные компоненты: бактериопланктон, фитопланктон, зоопланктон, фитобентос и зообентос, которые характеризуются суммарной биомассой.

Растворенное и взвешенное органическое вещество реки пополняется за счет аллохтонного (привнесенного) органического вещества и за счет поступления со дна. Бактериопланктон питается растворенным и взвешенным органическим веществом. Рост фитопланктона и фитобентоса регулируется биогенными элементами, температурой и освещенностью. У зоопланктона два источника питания: бактериопланктон и фитопланктон. Зообентос питается фитобентосом и детритом. Имеет смысл моделировать среднемесячные значения прогнозируемых величин. Было также проведено экспериментальное определение кинетических коэффициентов модели экосистемы, включая и коэффициенты накопления радионуклидов в организмах и скорости их миграции в экосистеме.

Модель динамики концентрации фитопланктона, зоопланктона, бактерий, основных гидрохимических компонент и загрязнителей в толще воды и донных гидробионтов в зависимости от межпопуляционных биологических взаимодействий, характера круговорота веществ, лимитирующих факторов, гидрофизических и гидродинамических условий.

Река Енисей характеризуется исключительно высокими скоростями течения и, следовательно, большой турбулентностью (перемешиваемостью) вод, что позволяет производить осреднение всех показателей по ширине и глубине реки и рассматривать одномерную модель речной

экосистемы. Математическая модель для расчета скорости течения реки основана на использовании классических уравнений Сен-Венана (Белоплицкий и др., 2001).

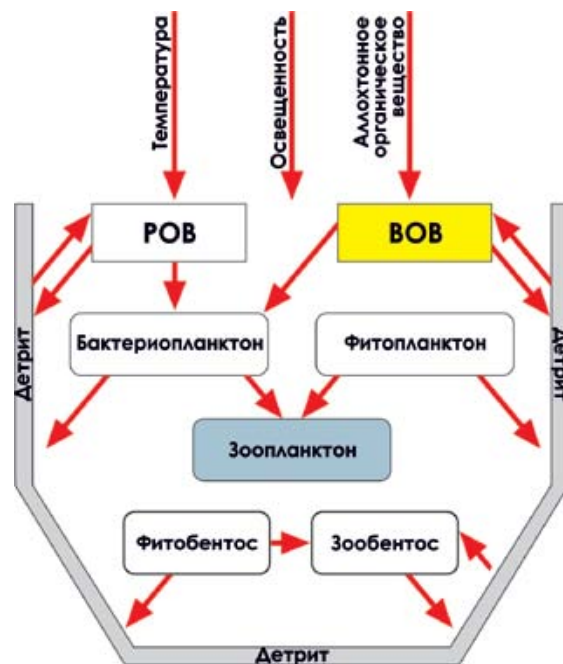


Рис. 1. Блок-схема потоков вещества и энергии в экосистеме р. Енисей. Обозначения: POB – растворенное органическое вещество, BOB – взвешенное органическое вещество

Основой для моделирования экологических систем служат уравнения роста, а ключевым понятием в уравнениях роста является удельная скорость роста. Удельная скорость роста популяции (U) описывается функцией Моно:

$U = \mu_{max} * S / (K_S + S)$, где μ_{max} – максимальная скорость роста; K_S – константа полунасыщения субстратом; S – субстрат. Влияние температуры на скорость роста популяции описывается формулой:

$$TK = \exp(-((T - T_{opt})/TD)^{**2}),$$

где T_{opt} – температурный оптимум группы организмов, TD – температурная дисперсия для данной группы видов, T – текущая температура. Влияние температуры на смертность описывается аналогичной формулой. Влияние освещенности, которая зависит от глубины реки, концентрации взвешенного вещества и биомассы планктона, на скорость роста фитопланктона и фитобентоса описывается формулой:

$$IK = e / (QK * H) * (\exp(-I / I_{opt} * \exp(-QK * H)) - \exp(-I / I_{opt})),$$

где I – суммарная солнечная радиация на поверхности, I_{opt} – оптимальная для вида освещенность, $QK = CW + CP * P + CD * (POB + BOB)$, CW , CP , CD – коэффициенты ослабления света в чистой воде, взвешенными водорослями и детритом, соответственно.

Описание модели

В рассматриваемой нами модели речной экосистемы представлены все основные группы гидробионтов, обитающих в воде – бактерио-, фито-, зоопланктон и на дне – фитобентос и зообентос. Несмотря на то, что р. Енисей олиготрофна по биогенам, скорости роста фитопланктона и фитобентоса, по оценкам специалистов, не лимитированы биогенными элементами, поэтому они достаточно просто описываются через максимальные скорости роста (MP , MPB) с учетом температурной (TP , TPB) и световой поправок (IP , IPB), соответственно для фитопланктона (P) и фитобентоса (PB)

Общая система уравнений экосистемы реки выглядит следующим образом:

$$\partial POB / \partial t + v(t, x) \cdot \partial POB / \partial x = -RBPOB \cdot B + SV \cdot k1 \cdot D$$

$$\partial BOB / \partial t + v(t, x) \cdot \partial BOB / \partial x = -RBBOB \cdot B + SV \cdot k2 \cdot v \cdot D - VS \cdot k3 / v \cdot BOB$$

$$\partial B / \partial t + v(t, x) \cdot \partial B / \partial x = (UB \cdot TB \cdot IB - EB \cdot TEB) \cdot B - RZB \cdot Z$$

$$\partial P / \partial t + v(t, x) \cdot \partial P / \partial x = (MP \cdot TP \cdot IP - EP \cdot TEP) \cdot P - RZP \cdot Z$$

$$\partial Z / \partial t + v(t, x) \cdot \partial Z / \partial x = (UZ \cdot TZ - EZ \cdot TEZ) \cdot Z$$

$$\partial PB / \partial t + kv(t, x) \cdot \partial PB / \partial x = (MPB \cdot TPB \cdot IPB - EPB \cdot TEPB) \cdot PB - RZBPB \cdot ZB$$

$$\partial ZB / \partial t + kv(t, x) \cdot \partial ZB / \partial x = (UZB \cdot TZB - EZB \cdot TEZB) \cdot ZB$$

$$\partial D / \partial t + kv(t, x) \cdot \partial D / \partial x = VS \cdot (EP \cdot TEP \cdot P + EPB \cdot TEPB \cdot PB + EB \cdot TEB \cdot B + EZ \cdot TEZ \cdot Z + EZB \cdot TEZB \cdot ZB + DB + DZ + DZB) - k1 \cdot D - k2vD$$

где t – время, x – расстояние вдоль реки, v – скорость течения реки, kv – придонная скорость течения; POB – растворенное органическое вещество, BOB – взвешенное органическое вещество, P – фитопланктон, B – бактериопланктон, Z – зоопланктон, PB – фитобентос, ZB – зообентос, D – детрит (мертвое органическое вещество).

Проведена идентификация параметров и верификация математической модели экосистемы р. Енисей по имеющимся многолетним рядам экспедиционных наблюдений.

Начальное распределение всех компонент системы считалось равномерным. На рис. 2 и 3 представлены кривые, рассчитанные по одномерной модели речной экосистемы (Институт биофизики СО РАН) и натурные данные (Лимнологический институт СО РАН). Совпадение данных для бактерий удовлетворительное.

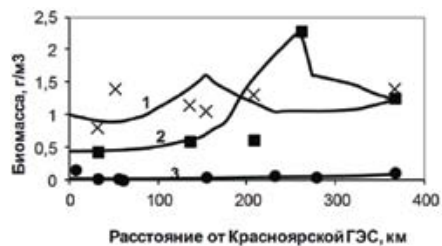


Рис. 2 Верификация модели экосистемы р. Енисей. Сравнение расчетных данных с натурными: 1- бактерии, 2 – фитопланктон, 3 – зоопланктон.

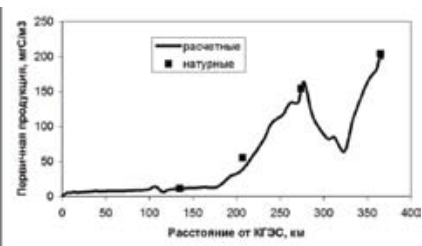


Рис.3. Сравнение расчетной первичной продукции фитопланктона с натурными данными

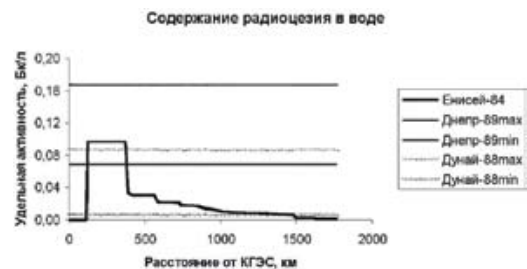


Рис.4. Расчетное содержание Cs-137 в воде р.Енисей и сравнение с активностью вод рек Дунай и Днепр

Радиоэкологическая подмодель

Система уравнений радиоэкологической подмодели включает 10 уравнений: 2 уравнения для расчета содержания стабильного (химического) аналога (S) и радионуклида (R) в воде, 5 уравнений для расчета содержания радионуклида в единице живой биомассы моделируемых групп гидробионтов (фитопланктоне (rP), бактериях (rB), зоопланктоне (rZ), фитобентосе (rPB) и зообентосе (rZB)) и 3 уравнения для расчета содержания радионуклида в мертвой биомассе гидробионтов – детрите. Максимальное содержание радионуклида в живой биомассе (SP^0 , SB^0 , SZ^0 , SPB^0 , SZB^0 – соответственно фитопланктона, бактерий, зоопланктона, фито- и зообентоса) определяется содержанием стабильного аналога в химическом составе биомассы, который по предположению постоянен. Детрит, который состоит из мертвой биомассы всех гидробионтов имеет переменный химический состав и поэтому вводятся уравнение для расчета содержания стабильного аналога в детрите (sD), для расчета коэффициента пересчета сухой массы детрита, измеренной в граммах вещества, лимитирующего рост фитопланктона (фосфора или азота) в полный сухой вес (hD) и уравнение для расчета содержания радионуклида в детрите. Уравнения здесь не приводятся.

Прогнозные расчеты динамики компонентов радиоэкологического состояния бассейна р. Енисей при разных сценариях планируемой и текущей хозяйственной деятельности. Созданные модели позволяют просчитывать различные сценарии воздействия на экосистему и смотреть ее ответ на внешнее воздействие. На рис. 4 представлены расчеты по пространственному распределению радиоизотопов цезия в воде при среднемноголетнем расходе воды, среднемесячных температурах воды за 1984 год и начальной концентрации Cs-137 за 1991 год - год, когда еще работали все три реактора. На графике также приведены данные комплексных радиоэкологических экспедиций по Дунаю и Днепру, указаны границы, в которых изменялась концентрация радиоцезия в водах этих рек. Как видно из рисунка содержание Cs-137 в воде Енисея до впадения Ангары выше, чем в Дунае, но на уровне нижней границы загрязнения Днепра. Воды Енисея после впадения Ангары сильно разбавляются притоками и концентрация загрязнителя уменьшается вниз по течению.

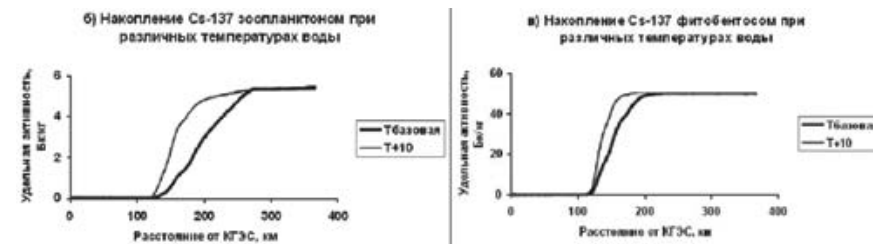


Рис. 5. Изменение содержания радиоцезия в гидробионтах: б) зоопланктоне и в) фитобентосе при увеличении исходной температуры на 100С

Модельные эксперименты с вариацией температуры. После строительства Красноярской ГЭС температура воды в нижнем бьефе снизилась примерно на 100С, что привело к обеднению гидрофауны и снижению самоочистительной способности реки от загрязнителей. В литературе часто обсуждаются проекты изменения водозаборов в плотине КГЭС для повышения температуры воды в реке в летнее время. Поэтому представляет интерес имитировать на модели различные температуры воды. На рис. 5 представлено пространственное распределение удельной активности бактерий, зоопланктона и фитобентоса при различных температурах воды. Видно, что при увеличении температуры воды происходит более быстрое накопление радиоизотопов цезия в биомассе гидробионтов.

Заключение

Для моделирования миграции радионуклидов по компонентам речной экосистемы (вода, донные отложения, биота) создана достаточно адекватная модель экосистемы реки Енисей, включающая основные группы гидробионтов: бактерии, фитопланктон, фитобентос, зооплан-

ктон и зообентос. Успешному созданию модели способствовала база данных Лимнологического института, их многолетние исследования видового и количественного состава гидробионтов Енисея. Достаточно полные данные по пространственному распределению планктонных организмов позволили верифицировать расчетные среднемесячные значения биомасс этих групп организмов. Созданная модель экосистемы р. Енисей помимо определения роли живых организмов в очищении воды от радиационного загрязнения и расчета накопления радионуклидов в биоте позволяет решать и многие другие задачи: те же самые задачи по отношению к другим загрязнителям, определение предела антропогенных нагрузок и устойчивости речных экосистем по отношению к внешним и внутренним воздействиям.

Впервые выведены уравнения для расчета накопления радионуклидов в биомассе гидробионтов, исходя из химического состава вида, содержания химического аналога радионуклида (цезий-калий, стронций-кальций) в составе сухой биомассы и скорости роста гидробионта. Однако, определить загрязненность фитопланктона радионуклидами в природных образцах не всегда удается из-за невозможности отделить фитопланктон от бактериопланктона и натурные пробы позволяют пока говорить лишь о содержании тех или иных радионуклидов в альго-бактериальном сообществе. Вследствие этого верификация радиоэкологического блока проводилась по отрывочным сведениям по енисейским видам, а также с использованием данных по Днепру и Дунаю. Созданная нами радиоэкологическая модель позволяет имитировать следующие процессы, влияющие на распределение и содержание радионуклидов в компонентах речной системы: адвективный перенос (перенос водными массами), радиоактивный распад, разбавление притоками, биопотребление. Наша модель ориентирована прежде всего на те радионуклиды, которые химическими аналогами имеют биогенные элементы (К, Са) и вследствие этого активно потребляются живыми организмами и прочно удерживаются в составе биомассы и, поэтому, наиболее опасны для человека. Математическая модель позволяет провести такие эксперименты, которые невозможно провести ни в природе, ни воспроизвести в эксперименте. Если рассматривать только два процесса: регулярный сброс одинаковой мощности и перенос водным потоком, то примерно через месяц от места сброса до впадения реки вода равномерно будет загрязнена радионуклидами. Если учесть разбавление притоками, то уже после впадения Ангары произойдет существенное разбавление (в 2-3 раза), а в районе г.Игарка разбавление увеличится до 6-7 раз. Вклад радиоактивного распада для долгоживущих радионуклидов (^{137}Cs) не существенный, а вклад короткоживущих в ближней зоне – максимальный.

Изменением расхода воды в створе КГЭС имитировались маловодный ($Q=1280 \text{ м}^3/\text{сек}$), средневодный ($Q=2400 \text{ м}^3/\text{сек}$) и многоводный ($Q=7620 \text{ м}^3/\text{сек}$) годы. Вклад всех процессов в самоочищение воды на

ближнем участке «Красноярская ГЭС-Ангара» составил всего 8,65%, в то время как в маловодный год самоочищение составляет 34,75% и в многоводный год самоочищение составляет наибольшую величину – 47,97%. Увеличение самоочистительной способности реки при низких и высоких расходах воды происходит вследствие значительного увеличения скорости течения. Увеличение температуры воды на ближнем участке приводит к увеличению скорости роста гидробионтов и, как следствие, к более быстрому накоплению радионуклидов в их биомассе, наиболее существенное влияние увеличение температуры оказывает на накопление радионуклидов в детрите. При увеличении температуры воды в ближней зоне на 100C содержание Cs-137 в воде снижается менее чем на 1%, а накопление в детрите увеличивается примерно в четыре раза.

Список литературы

1. Серебренников Е.А. Пожарная безопасность и современные направления ее совершенствования / Е. А. Серебренников, А. П. Чуприян, Н. П. Копылов и др.; под ред. Ю.А. Воробьева // ВНИИПО. – М., 2004. – 187 с.

Сведения об авторах:

Дегерменджи Андрей Георгиевич, директор института, доктор физико-математических наук, академик РАН.

Место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биофизики Сибирского отделения Российской академии наук (ИБФ СО РАН).

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50, стр. 50, тел.: 8 (391) 243-15-79. Эл. адрес: ibp@ibp.ru.

Дегерменджи Надежда Николаевна, доцент кафедры биологии.

Место работы: Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф.Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации.

Адрес: 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1. Эл. адрес: nd1947@yandex.ru.

Информационные ресурсы процесса создания современных противопожарных средств (ППС)

**Н.А. Тестоедов, Р.П. Туркенич, А.А. Носенков,
В.В. Девирный, М.В. Елфимова**

Информационные ресурсы (ИР) представляют собой знания, сведения, данные, указания, которые могут быть использованы в общественном производстве и управлении как фактор увеличения объёма производства и повышения его эффективности. Поскольку способ достижения цели в самом общем виде задаётся директивным документом, то ИР в этом случае должны содержать все данные, достаточные для достижения поставленной цели. На этапах проектирования, конструирования и непосредственного изготовления ППС вводятся в технологический оборот специфические ИР. Согласно изложенной в статье концепции результаты, полученные на каждом предыдущем этапе изготовления ППС, являются ИР последующего этапа, а также информационной базой для разработки перспективных КА. Исследуются проблемные вопросы оптимизации процесса создания ППС исходя из объёмов и номенклатуры ИР.

Ключевые слова: информационные ресурсы, проектирование, конструирование, изготовление ППС, оптимизация, обобщённая функциональная схема, техническое задание, конкурентоспособность.

Процесс создания ППС состоит из трёх компонентов: проектирования и конструирования, представляющих в совокупности процесс разработки, а также технологического процесса изготовления первого образца ППС.

Обобщённая функциональная схема процесса проектирования ППС в поэтапном варианте представлена на рисунке 1, где: $\{v_1^{(n)}, \dots, v_n^{(n)}\}$ – множество входных (возмущающих) действий; $\{r_1^{(n)}, \dots, r_k^{(n)}\}$ – множество выходных переменных (переменные состояния, сигналы реакции); $\{x_1^{(n)}, \dots, x_m^{(n)}\}$ – множество управляющих воздействий (команд); $\{y_1^{(n)}, \dots, y_l^{(n)}\}$ – множество наблюдаемых переменных (контрольная информация).

Множество $\{v_1^{(n)}, \dots, v_n^{(n)}\}$ – это все обеспечивающие материальные, экономические и человеческие факторы процесса проектирования (количество и качество задействованного персонала, оборудование и принадлежности, методология выполнения проектных работ и др.), а также исходные данные директивно-информационного характера (требования технического задания, информация об изделиях-аналогах и прототипах, патентная информация, научно-техническая информа-

ция и др.). Множество $\{r_1^{(n)}, \dots, r_k^{(n)}\}$ – выходные результаты процесса проектирования (проектная документация, математические и физические модели, часть эксплуатационной документации и др.). Множество $\{x_1^{(n)}, \dots, x_m^{(n)}\}$ – все виды управляющих воздействий (УВ) на процесс проектирования (распоряжения, приказы, сигналы управления, директивы и др.). Множество $\{y_1^{(n)}, \dots, y_l^{(n)}\}$ – разнообразная информация (доклады, донесения, контролируемые сигналы и параметры и др.), по которой можно объективно и полностью оценивать процесс проектирования. Физическая суть компонент множеств $\{x_i^{(n)}\}$ и $\{y_j^{(n)}\}$ зависит от уровня автоматизации системы управления.

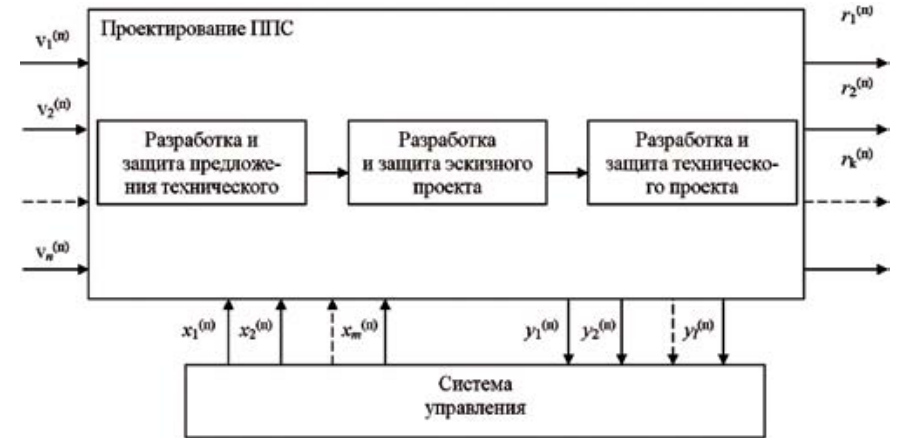


Рис. 1. Обобщённая функциональная схема процесса проектирования ППС

Таким образом, процесс проектирования является системой «система управления – объект управления», математическую модель которой в самом общем виде можно представить как

$$R^{(n)}(t_j) = f[R^{(n)}(t_o); V^{(n)}(t_p, t_o); X^{(n)}(t_p, t_o); Y^{(n)}(t_p, t_o)], \quad (1.1)$$

$$R^{(n)}(t_j) \in A(t),$$

$$V^{(n)}(t_j) \in B(t),$$

$$X^{(n)}(t_j) \in C(t),$$

$$Y^{(n)}(t_j) \in D(t),$$

где $R^{(n)}(t_o)$, $R^{(n)}(t_j)$ – состояние системы в начальной (t_o) и любой (t_j) моменты времени; $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$, $D(t)$ – некоторые замкнутые области векторного пространства состояния, возмущения, управления и контроля, лимитирующие все возможные замечания соответствующих векторов $r_1^{(n)}, \dots, r_k^{(n)}$, $v_1^{(n)}, \dots, v_n^{(n)}$, $x_1^{(n)}, \dots, x_m^{(n)}$, $y_1^{(n)}, \dots, y_l^{(n)}$, обусловленные физическими закономерностями, в соответствии с которыми функционируют технические системы (ограничения первого рода) и ограниченностью привлекаемых ресурсов (ограничения второго рода).

Если компоненты множеств $\{v_i^{(n)}\}$, $\{r_j^{(n)}\}$, $\{x_q^{(n)}\}$, $\{y_s^{(n)}\}$ можно считать детерминированными, то имеют место многомерные векторы:

$$V^{(n)}(t) = \begin{pmatrix} V_1^{(n)}(t) \\ \vdots \\ V_n^{(n)}(t) \end{pmatrix}; \quad R^{(n)}(t) = \begin{pmatrix} r_1^{(n)}(t) \\ \vdots \\ r_k^{(n)}(t) \end{pmatrix}; \quad X^{(n)}(t) = \begin{pmatrix} x_1^{(n)}(t) \\ \vdots \\ x_m^{(n)}(t) \end{pmatrix}; \quad Y^{(n)}(t) = \begin{pmatrix} y_1^{(n)}(t) \\ \vdots \\ y_l^{(n)}(t) \end{pmatrix}, \quad (1.2)$$

представляющие соответственно векторы-столбцы возмущения, состояния, управления и контроля, а модель (1.1) является детерминированной, динамической.

Если множества $\{v_i^{(n)}\}$, $\{r_j^{(n)}\}$, $\{x_q^{(n)}\}$, $\{y_s^{(n)}\}$ состоят из элементов случайного типа, то последние тоже можно представить векторами-столбцами, но эти элементы являются математическими ожиданиями соответствующих величин.

Полагая, что поведение системы $R^{(n)}(t_j)$ может быть описано системой обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнение (1.1) можно привести к виду:

$$\frac{\partial R^{(n)}}{\partial t} = f[R^{(n)}(t_j); V^{(n)}(t_j); X^{(n)}(t_j); Y^{(n)}(t_j)] \quad (1.3)$$

Целевая функция исследуемого процесса может быть представлена как:

$$G^{(n)} = \Phi[R^{(n)}(t_j); V^{(n)}(t_j); X^{(n)}(t_j); Y^{(n)}(t_j)] \quad (1.4)$$

Если для простоты считать, что оптимальный процесс проектирования соответствует некоторому экстремальному значению целевой функции (1.4), то задачу оптимального управления процессом проектирования в наиболее простом её виде можно сформулировать как определение оптимального вектора $X_{opt}^{(n)}(t)$, обеспечивающего экстремальное значение целевой функции $G^{(n)}$ и удовлетворяющего ограничениям (1.1). Для большей математической строгости необходимо, разумеется, исследовать случай одновременного изменения векторов $R^{(n)}(t)$ и $V^{(n)}(t)$. Но такая задача весьма сложна по причине высокой размерности этих векторов их состояний.

Процесс конструирования ППС как объект математической интерпретации и управления аналогичен процессу проектирования (рис. 2).

Технологический процесс изготовления ППС укрупнённо можно представить набором операций по изготовлению и отработке бортовых узлов и приборов, операций по изготовлению и отработке бортовых устройств и систем более высокого иерархического уровня, по экспериментальной отработке (ЭО) пожаробезопасности аппаратуры в составе образца ППС, по сборке и испытанию пилотного образца ППС. Формализованная таким образом обобщённая функциональная схема технологического процесса (ТП) изготовления представлена на рис. 3. Информационным ресурсом этого ТП являются соответствующие компоненты вектора состояния $R^{(n)}(t)$ процесса разработки ППС, а также технологическая документация, разработанная на основании конструкторских документов и документов по технологическому обеспечению.

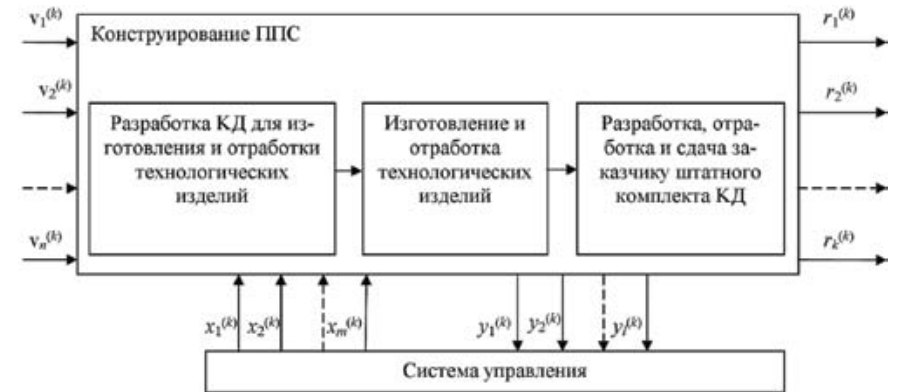


Рис. 2. Обобщённая функциональная схема процесса конструирования ППС



Рис. 3. Обобщённая функциональная схема технологического процесса изготовления ППС

Поскольку все представленные выше процессы имеют одинаковую математическую трактовку и в совокупности представляют собой процесс создания КА, то можно отметить, что задачу оптимизации здесь следует решить в два этапа. На этапе первичной оптимизации определяют идеальный вектор управления $X_{ид}(t)$, который практически не реализуем, но является тем пределом, к которому должна стремиться система управления. На этом этапе вторичной оптимизации выбира-

ют так называемый квазиоптимальный вектор управления $X_{кон}(t)$, который можно реализовать, зная вектор $X_{ис}(t)$. При этом цель задачи управления заключается в получении наиболее полноценных, исходя из содержательного уровня векторов входных воздействий (возмущения), информационных ресурсов процесса создания КА. Следует при этом отметить, что в мировой практике даже удачно оптимизированные процессы создания современной техники подвергаются корректировке. Это обусловлено невозможностью математически достаточно учесть ряд воздействующих факторов. Кроме того, проблема процесса управления зависит и от сложности создаваемого изделия. Чем проще изделие, тем более строго можно математически представить процесс управления, а сама СУ по своей сути более похожа на систему автоматического управления (САУ). И наоборот, повышение сложности создаваемого изделия приводит к более абстрактным моделям управления, а сама СУ реализуется в лучшем случае, на уровне автоматизированной системы управления.

Возвращаясь к обобщённым функциональным схемам (рис. 1-3), следует отметить, что если для ПС ППС они являются средствами демонстрации проблемы, то для проблемы ИО этого процесса они рассматриваются как своего рода опорные точки её решения, так как во всех своих структурных составляющих содержат компоненты ИР.

Априорное изложение затронутой проблемной ситуации начнём с того, что начальный период ПС любого типа ППС должен быть обеспечен определённым объёмом исходных ресурсов (людских, материальных, финансовых, технических, информационных) $R_{ис} \in R$ (рис. 2,3,1). Однако такая работа выполняется на основании исходного директивного документа – Постановления правительства РФ. А поскольку этот документ своим информационным содержанием оказывает на весь ПС ППС организационно-управляющее воздействие высшего иерархического уровня, то его следует считать внешним ИР, поступающим в числе всех ресурсов, и обосновывающим решение всех необходимых вопросов, в том числе и по формированию требуемых ресурсов. Для головного предприятия выход Постановления является важнейшим моментом, поэтому оно принимает самое непосредственное участие в его подготовке.

На основании Постановления головное предприятие выдаёт смежным предприятиям ТЗ на разработку, изготовление и поставку необходимых приборов и оборудования и финансирует эти работы.

По ТЗ выполняются (с соответствующим финансированием) и научные исследования, необходимость в которых, как правило, возникает при открытии новых тем по созданию ППС и систем пожаробезопасности на их основе. Все указанные ТЗ также следует считать директивными ИР R_{ja} для выполнения предусмотренных ими работ, относящихся к более низким иерархическим уровням. Эти ИР явля-

ются составной частью всего объёма затрачиваемых на конкретные работы ресурсов. Так, для научных исследований это можно представить как $R^{(H)}_{ja} \in R^{(H)}$.

Результаты выполненных исследований ($V_1^{(H)}, \dots, V_4^{(H)}$) являются научно-техническими ИР, необходимыми для выполнения отдельных этапов ПС, прежде и больше всего – для проектирования. Результаты проектирования ($V_1^{(H)}, \dots, V_4^{(H)}$) представляют собой инженерные ИР, используемые в большинстве своём при конструировании и отработке ППС и лишь частично – при их изготовлении. Разработанные конструкторские документы ($V_1^{(K)}, V_2^{(K)}$) являются инженерными ИР для этапов изготовления и отработки ППС.

Однако, поскольку создаваемые ППС имеют как оборонное назначение, так и международное применение, они должны быть воплощением самых передовых научных и инженерных идей. А для этого необходимо иметь в информационном фонде предприятия лишь сведения, полученные в результате исследований, выполненных собственными силами и даже известными отечественными специалистами, мероприятие явно недостаточное. Создатели ППС должны быть обеспечены своевременной, полной и достоверной информацией о так называемом уровне мировых стандартов, чтобы они имели все возможности создавать конкурентоспособную продукцию столь ответственного назначения, потребляющую к тому же огромные ресурсы, как правило, дефицитного характера.

Это позволит своевременно выявлять и, по возможности и необходимости, устранять влияние дестабилизирующих факторов $D^{(P)}$.

Список литературы

1. Конструирование автоматических космических аппаратов / Д.И. Козлов, Г.П. Аншаков, В.А. Агарков и др.; под ред. Акад. АН СССР Д.И. Козлова. – М.: Машиностроение, 1996. – 448 с.
2. Совершенствование системы информационного обеспечения процесса создания космических аппаратов связи / Р.П. Туркенич, А.А. Носенков, В.В. Двирный, С.Е. Терпигин. Материалы 15-ой Международной научной конференции, посвященной памяти акад. М.Ф. Решетнева, 2011, г. Красно-ярск.. часть 1, стр 101-102.

Сведения об авторах:

Тестоедов Николай Алексеевич, д.т.н., профессор, член-корреспондент Российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники, генеральный конструктор и генеральный директор ОАО «Информационные спутниковые системы» им. акад. М.Ф. Решетнёва»

Адрес: 662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, 52.

Туркенич Роман Петрович, начальник Управления информационного обеспечения ОАО «Информационные спутниковые системы» им. акад. М.Ф. Решетнёва», к.т.н., заслуженный машиностроитель РФ.

Раб. тел.: 8 (3919) 75-46-17, моб. тел.: 8-913-529-33-29, факс: 8 (3919) 72-26-35. Эл. адрес: gonti@iss-reshetnev.ru

Носенков Александр Алексеевич, профессор Сибирского государственного аэрокосмического университета, д.т.н.

Раб. тел.: 8 (3912) 62-27-80; моб. тел.: 8-913-597-03-56;

Двирный Валерий Васильевич, заместитель начальника патентно-информационного отдела ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва», д.т.н., профессор КГТУ, академик МАХ, член-корреспондент САН ВШ, академический советник Российской инженерной академии.

Раб. тел.: 8 (3919) 76-47-86; моб. тел.: 8-905-087-39-55. Эл. адрес: dvirnyi@mail.ru

Елфимова Марина Владимировна, заместитель начальника кафедры общепрофессиональных дисциплин Сибирского филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России,

662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, 1. Моб. тел.: 8-913-838-65-38. Эл. адрес: eifimar@mail.ru.

Реализация инновационных проектов в системе МЧС России

*Р.П. Туркенич, В.В. Деирный, В.П. Вашкевич,
М.В. Елфимова, Е.В. Домаев*

На сегодняшний день по всей территории Красноярского края установилась сухая, ветреная погода, что значительно осложнило ситуацию с пожарами в лесных массивах и садоводческих обществах. По данным МЧС ежедневно краевые подразделения пожарной охраны совершают более 400 выездов. Наиболее сложная ситуация в г. Красноярске и его пригородах, пожарный гарнизон г. Красноярска совершает более 120 выездов на тушение горящей травы, на тушение дачных домов садоводческих обществ. Спасатели работают в усиленном режиме, чтобы на раннем этапе обнаружить очаги пламени и не допустить распространения огня. С 16 апреля 2012 года на Интернет-портале МЧС России размещаются космические снимки территорий Российской Федерации, отражающие пожароопасную обстановку. Снимки обновляются ежедневно. На спутниковых снимках отмечены «все термо-точки», включая контролируемые профилактические отжиги сельхозугодий, несанкционированные палы сухой травы, костры, горение мусора и т.д.

Термические точки - тепловые аномалии, выявленные по результатам космической съемки после проведения тематической обработки первичных данных наблюдения поверхности Земли космическими средствами, оснащенными различными видами съемочной аппаратуры. На спутниковой карте из-за плохой видимости или туманности также могут быть отмечены и ложные термоточки. Информация, полученная со спутниковых снимков, обрабатывается и расшифровывается специалистами в течение суток.

В настоящее время инновационная деятельность в технологической сфере осуществляется преимущественно на промышленных предприятиях, а также в подразделениях МЧС России и организациях малого бизнеса. Основными разработчиками нововведений являются организации научно-технологической сферы России – отраслевые научно-исследовательские и конструкторские организации, академические научные организации и вузы, а также подразделения МЧС России и сами промышленные и малые предприятия. Наиболее распространенным объектом исследования при изучении инновационной деятельности являются промышленные предприятия, поскольку именно промышленность является основным потребителем создаваемых технологических инноваций, а МЧС России заинтересовано в современных противопожарных средствах. Повышение требований к качеству продукции, продолжительности срока эксплуатации, соблюдение требований пожарной безопасности – побуждают производителей искать новые технические решения, совершенствовать уже имеющиеся проекты.

Например, новейшие разработки сибирских спутникостроителей неоднократно удостоивались высших наград международных салонов в Швейцарии, Бельгии и других странах. Во всём мире предприятие известно перспективными изобретениями. Имеются изобретения и в МЧС России. Совместные усилия дают положительный результат. К числу таких инновационных проектов относится безлюфтовая зубчатая передача (рис. 1) [1,2].

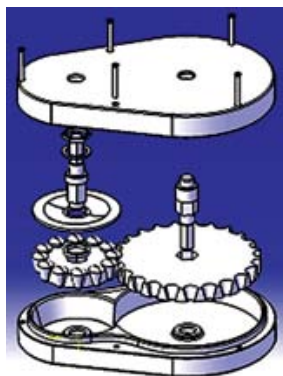


Рис. 1. Безлюфтовая зубчатая передача

Предлагаемое изобретение относится к машиностроению и может быть использовано при передаче больших усилий при вращении с высокой степенью точности. Патентный анализ показал, что многие изобретения имеют ряд недостатков, например, невозможность длительного функционирования устройства с повышенной точностью при вращении из-за образования люфтов в процессе эксплуатации. Это нежелательно при определенных условиях эксплуатации, например в космосе. Задачей изобретения является обеспечение длительного срока эксплуатации с повышенной точностью. Поставленная задача решена за счет того, что безлюфтовая зубчатая передача содержит корпус с проточками, с размещенными в них ведущим и ведомым зубчатыми колесами, выполненными с промежуточными элементами зацепления, которые расположены на периферии ведущего колеса с сопряжением с поверхностью проточки. Промежуточные элементы зацепления подпружинены гибким фиксирующим элементом. Данная конструкция безлюфтовой зубчатой передачи позволяет конструктивно просто устранить люфты в зубчатых передачах при выработке ресурса промежуточных элементов зацепления, обеспечить повышение надежности и эксплуатационных возможностей, повысить точность угла поворота при вращении.

Свои достоинства эти передачи наилучшим образом проявляют в тихоходных и среднескоростных высокомоментных приводах, где достичь высокой твердости контактирующих поверхностей (у традиционных передач), как правило, не представляется возможным, напри-

мер: лебёдки, применяемые в подразделениях МЧС России, поворотные устройства турелей самолетов, башен танков, наземных антенн, приводы, использующиеся в горизонтальных рулях подводных лодок, ручных лебедок, гайковертах и т.д.

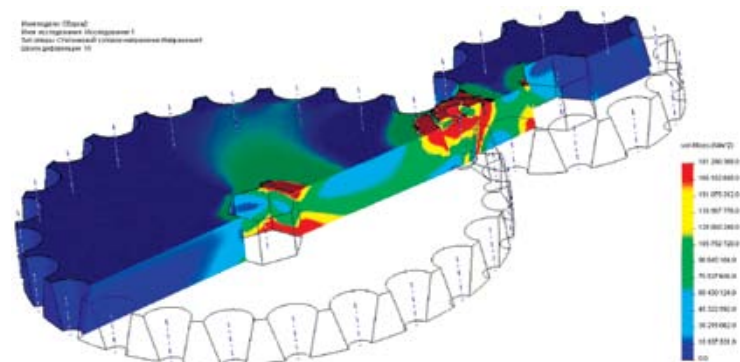


Рис. 2. Напряженно-деформированное состояние элементов зацепления

Статический анализ элементов конструкции выполнялся с помощью SolidWorks Simulation. Конечно-элементные модели тел были созданы автоматизировано на основе геометрических моделей зацепления шестерни и конического ролика. Наглядное представление деформаций и напряжений показано на рис. 2. В результате визуализации конечные элементы окрашены в цвет, который соответствует шкале напряжений: от синего для минимальных напряжений, до красного для максимальных.



Рис. 3. Цветной трёхмерный сканер SmartSCAN с примером отсканированного художественного барельефа – компьютерная модель

Следующим этапом внедрения этого изобретения будет изготовление опытного образца. Современное высокотехнологичное оборудование последних поколений позволяет сделать идею осязаемой, реальной, зримой и ощутимой. Изготовление прототипа – процесс очень сложный, сродни волшебству: из ничего рождается нечто, потом это «нечто» становится Вещью, основой для производства. В Красноярском региональном инновационно-технологическом бизнес-инкубаторе «КРИТБИ» (www.kritbi.ru) создан центр прототипирования.

Здесь установлено оборудование для 3D-сканирования и 3D-печати, выпуска прототипов из пластика и металла. Используемое оборудование: цветной трёхмерный сканер SmartSCAN фирмы Breuckmann и система для 3D-измерений и оцифровки уровня High-End. Главная задача нового бизнес-инкубатора – коммерциализация и внедрение научно-технических разработок, в том числе и новых противопожарных средств защиты органов дыхания. Так, ОАО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва» изобрели защитный шлем, который представлен на рисунке 4.



Рис. 4. Защитный шлем

Защитный шлем предназначен для эвакуации пожарных из зоны верхового лесного пожара или пережидания прохода огневого вала на месте пожара, для выполнения действий по тушению пожара в условиях сильной задымленности, а также для эвакуации людей из горящих зданий.

Защитный шлем позволяет дышать чистым воздухом в условиях токсичной, задымленной атмосферы и защищает голову человека от теплового излучения. Защитный шлем представляет собой колпак, выполненный из термостойкого гибкого материала, свободно охватывающий голову и плотно облегающий в области шеи пользователя, имеющий окно в области глаз пользователя, и дыхательное устройство, включающее фильтрующие элементы [4].

В процессе хранения или неиспользования защитный шлем находится в герметичной упаковке, в сложенном состоянии.

При необходимости использования защитного шлема герметичная упаковка вскрывается, колпак надевается на голову пользователя так, чтобы окно находилось на уровне глаз пользователя. Затем колпак уплотняется в области шеи пользователя. Были проведены натурные испытания опытных образцов в процессе тушения низовых и при нахождении в условиях верховых пожаров. Защитный шлем применяли в условиях сильной задымленности (видимость 6...20 м), при температуре воздуха в районе кромки пожара 80...100°C. Время непрерывного

пребывания пожарных в защитном средстве - до 1,5 часов, суммарное время - до 8,5 часов. Получены положительные отзывы всех пользователей. В отзывах указывается, что защитный шлем позволяет эффективно работать на кромке пожара, не затрудняет в работе, хорошо защищает от дыма и повышенной температуры. В настоящее время конструкция этого изобретения совершенствуется.

Успешное проведение действий по тушению пожаров и ликвидации отдельных аварий с использованием пожарных автомобилей с их расчётами во многом определяется степенью оснащённости этой техники пожарно-техническим вооружением и оборудованием. В техническом оборудовании пожарных автомобилей большое значение уделяется пожарным напорным рукавам (ПНР). Пожарные напорные рукава - это гибкие трубопроводы, по которым подаются огнетушащие вещества для тушения горючих веществ и материалов. Обеспеченность напорными пожарными рукавами и их техническое состояние в значительной степени определяют готовность и оперативность подразделений МЧС России. Одним из важных элементов в системе обслуживания пожарных рукавов, является их сушка после каждого использования.

Для определения теплофизических параметров процесса сушки разработана экспериментальная вакуумно-температурная установка, предназначена для проведения сушки напорных пожарных рукавов.

Вакуумно-температурная установка состоит из: корпуса; вакуумно-откачной системы; системы нагрева; системы управления; отжимного устройства; специальной оснастки. Принципиальная гидравлическая схема вакуумно-температурной установки представлена на рис. 5 [3].

Принцип работы вакуумно-температурной установки заключается в проведении вакуумно-температурной сушки напорных пожарных рукавов при определённых величинах давления и температуры. Порядок работы установки заключается в следующем: напорные пожарные рукава проходят процесс мойки и отжима по специальной технологии, размещаются на выдвижных поддонах, производится вакуумно-температурная сушка напорных пожарных рукавов около двух часов по определённой технологии.

Конструкция корпуса установки состоит из двух корпусов: внешнего и внутреннего (рабочий объём установки). Корпус внутренний (рис. 2) представляет собой цельносварную конструкцию прямоугольной формы из нержавеющей стали. Пространство между внутренним и внешним корпусами заполнено утеплителем, из минеральной ваты. Через корпус внешний к внутреннему корпусу подведена магистраль для откачки и контроля давления в рабочем объёме. Боковые и нижние панели внутреннего корпуса являются теплоизлучающими панелями. На внутренней стороне теплоизлучающих панелей установлены ленточные нагреватели. К внутреннему корпусу через гермоплаты подведены кабели управления нагревателями и измерения температуры в рабочем объёме.

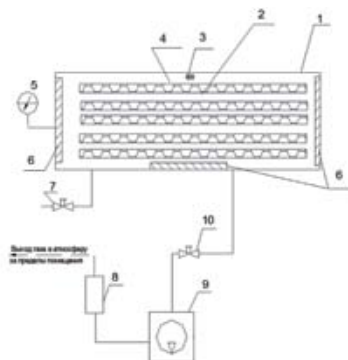


Рис. 5. Схема принципиальная пневмогидравлическая вакуумно-температурной установки для сушки пожарных рукавов: 1. термобарокамера; 2. - пожарные рукава; 3. - датчик температуры; 4. специальная оснастка; 5.- вакуумметр; 6. - нагреватели; 7. - вентиль вакуумный ручной КВР-25; 8 – маслоотделитель; 9. – насос вакуумный ADS 60; 10. - клапан вакуумный электромагнитный КВЭ 25

Особая ситуация возникает при сложных многодневных и удалённых пожарах, когда нет возможности доставлять пожарные рукава в подразделения для сушки на стационарных установках. В этих случаях единственным выходом для поддержания рукавного оборудования в рабочем состоянии является сушка его на месте пожара, что возможно только при наличии мобильных сушильных установок, перевозимых вместе с рукавными автомобилями.

Мобильный комплекс включает в себя установку термовакuumной сушки пожарных рукавов и автономный источник электроэнергии, в качестве которого выступает дизельная электростанция. Комплекс устанавливается на прицепном мобильном компоненте с унифицированным узлом. В качестве «тягача» для мобильного комплекса принят рукавный автомобиль АР-2, выполненный на базе шасси КАМАЗ-43114. Поверочный расчёт на устойчивость мобильного комплекса показал, что для достижения требуемых динамических характеристик автопоезда близких к характеристикам рукавного пожарного автомобиля, предлагается модернизировать «тягач», оснастив его дизельным двигателем КАМАЗ-740.50-360 (Euro-3) и девяти ступенчатой коробкой передач ZF Ecomid 9S 1310. При этом максимальная скорость движения составит 90км/ч, максимальный угол подъема автомобиля, расход автомобиля в литрах 76л/100 км, при увеличении коэффициента сопротивления качения $f = 0.02$ перерасход составит 4,8%.

Список литературы

1. Исполнительные устройства автоматики космических аппаратов, с возможностью применения в отраслях народного хозяйства / Магистерская диссертация / В.П. Вашкевич / СФУ, 2011. – 80 с.

2. Патент RU № 2443919, МПК F16 57/12, МПК F16 1/24, Безлюфтовая зубчатая передача, В.П. Вашкевич, Г.И. Овечкин, Р.П. Туркенич, Н.А. Тестоедов, В.В. Двирный, 2012.
3. Установка для сушки пожарных рукавов/ М.В. Елфимова, В.В. Христинич/ Патент РФ на полезную модель № 105415, МПК8, F26B 9/06. – Оpubл. БИПМ 10.06.2011 Бюл. №16.
4. Патент RU № 2252049, МПК А62В17/04, Защитный шлем, Харламов В.А., Миронович В.В., Ермолаев Р.А., Халиманович В.И., Главацкий Г.Д., Филимонов Э.Г.

Сведения об авторах:

Туркенич Роман Петрович, начальник Управления информационного обеспечения ОАО «Информационные спутниковые системы» им. акад. М.Ф. Решетнёва», к.т.н., заслуженный машиностроитель РФ.

Раб. тел.: 8 (3919) 75-46-17, моб. тел.: 8 (913) 529-33-29, факс: 8 (3919) 72-26-35; эл. адрес: gonti@iss-reshetnev.ru

Двирный Валерий Васильевич, заместитель начальника патентно-информационного отдела ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва», д.т.н., профессор КГТУ, академик МАХ, член-корреспондент САН ВШ, академический советник Российской инженерной академии.

Раб. тел.: 8 (3919) 76-47-86; моб. тел.: 8 (905) 087-39-55. Эл. адрес: dvirnyi@mail.ru

Вашкевич Вадим Петрович, инженер

Место работы: ОАО «Информационные спутниковые системы им академика М.Ф. Решетнёва»

Адрес: 662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, 52, тел.: 8 908 026 11 56. Эл.адрес: office@iss-reshetnev.ru.

Елфимова Марина Владимировна, заместитель начальника кафедры общепрофессиональных дисциплин Сибирского филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России,

Адрес: 662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, 1, моб. тел.: 89138386538, эл. адрес: eifimar@mail.ru.

Домаев Евгений Владимирович, начальник кафедры ТиАРС, кандидат педагогических наук.

Место работы: Сибирский институт пожарной безопасности – филиал Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, 1, тел.: 8 913 830 84 75. Эл. адрес: domaev2012@mail.ru

Мониторинг и прогноз лесопатологической ситуации лесного фонда РФ с использованием информационной системы лесопатологического мониторинга

В.В. Солдатов, М.Н. Ягунов, А.Ю. Редькин

Лесопатологический мониторинг (далее ЛПМ) – это система наблюдений за состоянием лесов, нарушением их устойчивости, повреждением (поражением) вредными организмами и другими негативными воздействиями природного и антропогенного характера, наблюдений за неблагоприятными факторами, влияющими на состояние лесов, а также система их оценки и прогноза. ЛПМ осуществляется уполномоченными федеральными органами исполнительной власти [2].

При осуществлении лесопатологического мониторинга обеспечиваются:

- установление причин повреждения (поражения), ослабления и гибели лесов;
- прогноз развития в лесах патологических процессов и явлений, а также оценка их возможных последствий;
- проведение оценки эффективности санитарно-оздоровительных мероприятий, авиационных и наземных работ по локализации и ликвидации очагов вредных организмов;
- подготовка обзоров санитарного и лесопатологического состояния лесов, рекомендаций по обеспечению санитарной безопасности в лесах;
- сбор информации о состоянии лесов, ее хранение, обработка и своевременное доведение до участников лесных отношений.

Объектами ЛПМ являются леса Российской Федерации, опасные для леса вредные организмы, в том числе карантинные виды, и другие факторы, негативно влияющие на состояние лесов.

Основными элементами (способами) осуществления лесопатологического мониторинга являются: наземные регулярные наблюдения за состоянием объектов ЛПМ выборочными методами; дистанционные наблюдения за санитарным состоянием лесов и лесопатологической обстановкой; лесопатологическая таксация; учеты численности вредителей и развития болезней; экспедиционные обследования.

Набор элементов (способов) ЛПМ для конкретной территории определяется лесозащитным районированием и проектом организации ЛПМ [3].

Ежегодно инженерами-лесопатологами филиала ФБУ «Рослесозащита» ЦЗЛ Красноярского края» осуществляются работы по ведению лесопатологического мониторинга (ЛПМ) на площади 3 761 тыс. га в Красноярском крае и 624 тыс. га на территории Республики Хакасия [6, 7].

Целью лесопатологического мониторинга является сбор, анализ и хранение информации о санитарном и лесопатологическом состоянии насаждений, прогноз состояния лесов и популяции вредителей леса и определение необходимых объемов лесозащитных мероприятий на следующий год. Лесопатологический мониторинг в Красноярском крае и Республике Хакасия проводится специалистами «ЦЗЛ Красноярского края».

Работы по ведению ЛПМ проводятся на постоянных пунктах наблюдения (ППН), заложенных при организации ЛПМ в 2007-2009 годах в лесозащитных районах – Саянском (зона средней лесопатологической угрозы), Тюхтетско-Кодинском (зона средней лесопатологической угрозы) и Таштыпо-Бейском (зона средней лесопатологической угрозы). В течение года наземные регулярные наблюдения выполняются на 447 ППН в Красноярском крае и на 99 ППН в Республике Хакасия.

В 2011 году лесопатологическая таксация (ЛПТ) насаждений проведена на площади 70 162,2 га в 16 лесничествах агентства лесной отрасли Красноярского края и на площади 5,02 тыс. га в двух лесничествах Комитета по лесу Республики Хакасия.

На территории лесничеств Агентства лесной отрасли Красноярского края за отчетный период были проведены лесозащитные мероприятия, которые подразделяются на санитарно-оздоровительные, лесопатологические обследования и лесопатологический мониторинг. К санитарно-оздоровительным мероприятиям относятся выборочные и сплошные санитарные рубки, а также уборка захламленности. Их главной целью является улучшение санитарного состояния лесов, сохранение полезных функций, выполняемых лесом, и сокращение экономического ущерба от потери древесины. Оперативные и текущие лесопатологические обследования организуются лесничествами, их главной целью является определение санитарного состояния насаждений и численности популяций вредных организмов в целях назначения лесозащитных мероприятий [1].

Для составления прогноза развития популяций основных видов вредителей леса, специалистами филиала ФБУ «Рослесозащита» Центр защиты леса Красноярского края и лесничеств Агентства лесной отрасли Красноярского края были проведены учеты численности вредных организмов, а также проанализированы климатические данные (15 метеостанциям Красноярского края и 3 в Республике Хакасия), включая гидротермический коэффициент и дефицит влажности воздуха [4, 5].

С целью повышения эффективности управления процессами защиты леса в 2011 году запущена в опытно-производственную эксплуатацию информационная система лесопатологического мониторинга. Данная система разрабатывалась с 2009 года силами специалистов нескольких филиалов ФБУ «Рослесозащита», вошедших в межрегиональную рабочую группу (ЦЗЛ Красноярского края, ЦЗЛ Ленинградской области, ЦЗЛ Иркутской области, ЦЗЛ Калужской области и центрального офиса ФБУ «Рослесозащита»).

При разработке и опытном внедрении данной системы мы руководствовались следующими основными задачами:

1. Оптимизация производственного и финансового планирования мероприятий по защите леса и лесопатологическому мониторингу.
2. Оперативный контроль исполнения планов мероприятий по защите леса.
3. Обеспечение актуальной и быстро доступной информацией об изменении санитарного состояния леса, о наличии и местонахождении очагов массового распространения вредителей и болезней леса, сил и средств лесопатологического мониторинга, с помощью технических систем мониторинга
4. Предоставление управленческих отчетов в режиме реального времени для принятия решений в области управления защитой лесов

К началу полевого сезона 2011 года было разработано программное обеспечение сбора полевой информации в виде мобильного приложения для карманных персональных компьютеров (Мобильное АРМ лесопатолога) (рис. 1). На протяжении полевого сезона 2011 года прошла масштабная опытная эксплуатация данного приложения на территории большинства субъектов РФ.



Рис. 1. Мобильное АРМ лесопатолога

Также силами участников рабочей группы разработано программное обеспечение «АРМ Аналитик» (рис. 2) в виде программы-клиента и базы данных уровня филиала, построенное на основе бесплатных программных продуктов. Визуализация и пространственный анализ результатов полевой информации производится в бесплатном программном обеспечении ГЕО-информационная система QuantumGIS. С целью систематизации и централизации полевой первичной информации в центральном офисе Рослесозащиты создан файловый сервер и общероссийская база данных лесопатологической информации.

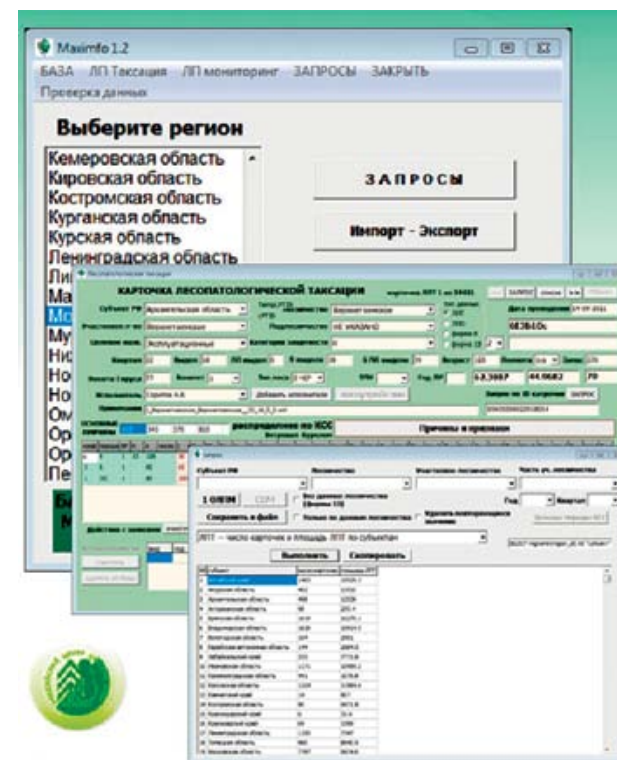


Рис. 2. Интерфейс программного комплекса «АРМ Аналитик»

С целью визуализации результатов полевых работ создан картографический ГЕО-портал (рис. 3), который также является инструментом визуального контроля проведенных полевых работ с целью принятия управленческих решений в области лесозащиты руководителями различных уровней (от начальников отделов филиалов, до руководителей центрального аппарата Рослесозащиты и Рослесхоза). Гео-портал «ГИС ЛПМ ФБУ «Рослесозащита» служит инструментом визуализации информации, поступающей на центральный сервер в федеральную базу данных «Рослесозащиты» в режиме on-line по каналу Internet.

В ходе опытного внедрения данной системы в 2011 году получены следующие результаты:

1. Организована система оперативного сбора и хранения информации о лесопатологическом состоянии лесов РФ и предоставление доступа к ней.
2. Многочисленное сокращение временных затрат на обработку поступающей информации о лесопатологическом состоянии насаждений.

- Оперативное реагирование на возникновение патологических явлений за счет применения новых технических средств мониторинга и информационных систем, в частности ИСДМ РОСЛЕСХОЗ и блок дистанционного лесопатологического мониторинга.
- Контролирование исполнения планов и оценка эффективности выполненных работ, включая экономические показатели.

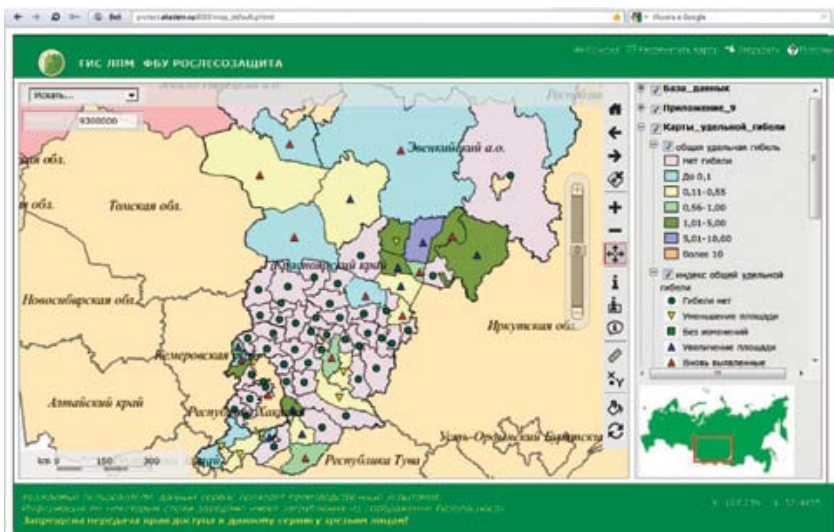


Рис. 3. Интерфейс ГЕО-портала «ГИС ЛПМ ФБУ «Рослесозащита».

В ходе организации лесопатологического мониторинга с использованием разрабатываемой системы в 2012 году на территории Красноярского края прогнозируется увеличение площади очагов вредителей и болезней леса, в первую очередь, в насаждениях Приангарской группы лесничеств, пройденных в 2011 году устойчивыми низовыми пожарами различной интенсивности и имеющими степень усыхания до 10 %, на площади около 1,0 тыс. га в течение 2012-2013 гг. В целом в крае, на общей площади 450,0 га прогнозируется гибель насаждений от повреждения насекомыми, воздействия неблагоприятных почвенно-климатических факторов и болезней леса.

Предпосылками для увеличения численности хвое-листогрызущих насекомых вредителей являются высокая температура и отсутствие осадков. Такие условия наблюдались в мае – июне, в зоне сильной лесопатологической угрозы на территории Мотыгинского, Усольского и Богучанского лесничеств, в зоне средней лесопатологической угрозы – в Енисейском.

Прогнозируя развитие очагов стволовых вредителей в 2012 году, можно отметить, что продолжится рост площадей очагов массового размножения полиграфа уссурийского как в Козульском, Ачинском,

Боготольском и Емельяновском лесничествах, так и в лесничествах, прилегающих к ним, из-за того, что в районах действующих очагов имеются значительные площади пихтовых древостоев, доступных для заселения. Для установления районов распространения данного вредителя в границах Красноярского края, необходимо проведение лесопатологических обследований пихтовых древостоев Таёжинского, Назаровского, Емельяновского и Тюхтетского лесничеств.

В течение последних двух лет наблюдается установление благоприятных погодных условий для развития возбудителей болезней. Однако, в связи с тем, что развитие болезней растянуто во времени, ухудшение состояния обследованных насаждений в ближайшие годы не ожидается. Учитывая наличие больших площадей перестойных лесов, подверженных фитозаболеваниям, на территории края можно прогнозировать выявление новых площадей с признаками болезней леса [6, 7].

Список литературы

- Постановление Правительства РФ от 29 июня 2007 г. № 414. Правила санитарной безопасности в лесах.
- Приказ МПР России от 9 июля 2007 № 174 «Порядок организации и осуществления лесопатологического мониторинга».
- Методы мониторинга вредителей и болезней леса / Под общ. ред. В.К. Тузова (Болезни и вредители в лесах России. Том III). – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 200 с.
- Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Красноярского края за 2011 год и прогноз санитарной ситуации на 2012 год. – Красноярск: филиал ФБУ «Рослесозащита» – ЦЗЛ Красноярского края, 2012. – 369 с.
- Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов Республики Хакасия за 2011 год и прогноз санитарной ситуации на 2012 год. – Красноярск: филиал ФБУ «Рослесозащита» – ЦЗЛ Красноярского края, 2012. – 183 с.
- Гордиенко П.В., Соколова Э.С., Калинин Э.М. и др. Программа «Справочник вредителей и болезней леса» созданная сотрудниками ФБУ «Российский центр защиты леса» версия от 2007 г.
- Кузьмичев Е.П., Соколова Э.С., Мозолевская Е.Г. Болезни древесных растений: справочник (Болезни и вредители в лесах России. Том I.). – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 120 с.

Сведения об авторах:

Солдатов Владимир Владимирович, директор

Место работы: Филиал ФБУ «Рослесозащита» «Центр защиты леса Красноярского края.

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок 50А, корпус 2, тел.: 8 (391) 290-51-77. Эл. адрес: soldatov@protect.akadem.ru.

Ягунов Михаил Николаевич, начальник отдела ГИС-технологий

Место работы: Филиал ФБУ «Рослесозащита» «Центр защиты леса Красноярского края.

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок 50А, корпус 2, тел.: 8 (391) 290-51-72. Эл. адрес: mihail85@bk.ru.

Редькин Андрей Юрьевич, инженер 1 категории информационно аналитического отдела.

Место работы: Филиал ФБУ «Рослесозащита» «Центр защиты леса Красноярского края.

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок 50А, корпус 2, тел.: 8 (391) 290-51-73. Эл. адрес: andr-redkin@mail.ru.

УДК 630*382.4

Мониторинг природных пожаров с применением маломатериалоёмких мачт для видеонаблюдения за охраняемыми территориями

С.Н. Орловский

Общая площадь земель лесного фонда Российской Федерации составляет 69 процентов её территории. Доля России по поглощению диоксида углерода и воспроизводству кислорода в их глобальной эмиссии составляет около 10 процентов [1]. Одной из причин сокращения покрытых лесом площадей являются лесные пожары.

Обнаружение природных пожаров на начальной стадии их развития позволяет ликвидировать очаги горения на минимальных площадях, предотвратить их переход в категорию крупных, защитить от огня посёлки.

В условиях бюджетного дефицита и технических проблем авиационное патрулирование лесов сокращается, в результате чего возрастает количество крупных лесных пожаров и размеры выгоревших площадей [2]. В тех регионах, где уделяется большое внимание предупредительным мерам и на их выполнение выделяются достаточные средства, средняя площадь пожара не превышает 10 га.

Применение для мониторинга лесных пожаров беспилотных летательных аппаратов рационально на действующих пожарах, обнаружение же очагов горения с их помощью требует последующего вылета самолёта с бригадой лесных пожарных, что приводит к увеличению размеров выгоревших площадей.

Каждый пожар начинается с точечного источника огня, но при свободном развитии в сухую погоду он за несколько дней может разрастись до десятков тысяч гектаров. Все существующие методы обнаружений можно разделить на наземные, авиационные и космические. При наземных методах обнаружения используются пожарные наблюдательные пункты (ПНП), включающие наблюдательные вышки и мачты.

Точное место определения загорания с одного ПНП возможно при наличии хорошо известных ориентиров и опыта наблюдателя или при установке оптического инструмента с дальномером. Желательно строить сеть ПНП с возможностью засечки пожара с двух точек, что даёт возможность определить на пожарной карте точку пересечения азимутов.

Дальность наблюдения L , км для оптических приборов на равнинной местности определяется по эмпирическому выражению $L = 3.85(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$, где h_1 и h_2 - высоты двух взаимно видимых точек, м. В таблице представлена дальность обзора с наблюдательной вышки в равнинной местности.

Таблица 1. Дальность обзора с наблюдательной вышки

Высота ПНП, м	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Радиус обзора, км	12	15	17	19	21	23	24	26	27	29	30

В настоящее время в лесном хозяйстве с целью обнаружения пожаров применяют различные типы наблюдательных вышек. Выпускается металлическая призматическая вышка высотой 35 м без подъёмника. Фундамент - железобетонный монолит. Срок службы – более 30 лет. Низкая заработная плата пожарных сторожей, а также трудности, возникающие у них при подъёме на вышку по возрасту сдерживают их строительство.

Была сделана попытка оснастить вышки телекамерами. По заказу Министерства лесного хозяйства РСФСР в 80-е годы прошедшего века была разработана телевизионная установка ПТУ – 59, в комплект которой входили передающая камера, телеприемник, пульт дистанционного управления и система пеленгации пожара. Передающая камера вращалась вокруг оси за 4 минуты. Оператор мог изменять угол наклона камеры и останавливать её для тщательного осмотра сектора обзора. При обнаружении дыма наблюдатель с помощью системы пеленгации достаточно точно определял азимут на лесной пожар.

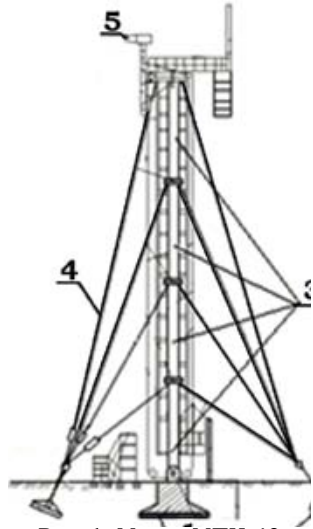


Рис. 1. Мачта МПН-40 с телекамерой

Поиски более простотой и дешёвой конструкции привели к созданию пожарно-наблюдательных мачт (ПНМ). В 1974 г. ЛенНИ-ИЛХом была разработана мачта наблюдательная пожарная МНП. Ствол её был выполнен из трубчатых секций по 10 м, опирающихся на башмак железобетонного фундамента. Оттяжки закреплены якорями. Лифтовой тип подъёмника обеспечивал безопасный подъём с небольшим мускульными усилиями. Наблюдение велось из подъёмной кабины размером 0,85×0,75, высотой 2,7 м. В процессе эксплуатации мачт выявились недостатки, связанные с трудностями подъёма и отсутствием элементарного комфорта в кабине на высоте 38 м.

Это привело к созданию мачты МПН – 40 с видеокамерой. Расстояние по обнаружению дымового облака низового пожара 18 км. Передача изображения наблюдателю производилась по кабелю, напряжение питания 220 В. Конструкция мачты МПН – 40 с видеокамерой ПТУ – 59 представлена на рисунке 1. Она состоит из фундамента 1, якорей 2, ствола 3, удерживаемого в вертикальном положении с помощью тросовых оттяжек 4. Ствол 3 выполнен из труб, соединённых болтами через фланцы.

Телевизионная камера 5 установлена на подъёмнике, имеет дистанционный поворот в горизонтальной и вертикальной плоскостях, фокусирование и изменение масштаба изображения. Система дистанционного управления ПТУ- 59 рассчитана на передачу команд управления по двухжильному кабелю типа ТШ на расстояние до 3 км, а с применением дополнительного усиления - до 20 км [12].

Для определения размеров минимально различаемых объектов наблюдения на равнинной открытой местности рекомендуется пользоваться формулой:

$$A = \frac{Z_{об} \cdot R_o \cdot h}{z \cdot f}, \quad (1)$$

где A - линейный размер наблюдаемого объекта, м; $Z_{об}$ - необходимое число строк, приходящихся на линейный размер изображения объекта; R_o - расстояние от линзы объектива до наблюдаемого объекта, м; h - высота раstra на видиконе передающей камеры, мм; z - минимальное число строк разложения, $z = 575$; f - фокусное расстояние объектива, мм.

Необходимая максимальная величина фокусного расстояния объектива передающей камеры с учётом известных значений A , $Z_{об}$, z , h может быть определена по формуле [3].

$$f = 0.0826 \cdot R_o^{max}, \quad (2)$$

где R_o^{max} - максимальное расстояние до наблюдаемого объекта до линзы объектива, м.

Ухудшение условий наблюдения обуславливается тем, что не просматривается «мертвая» зона за пологом леса. Протяженность непрозрачиваемой зоны L , м может быть определена по формуле [3]

$$L = \frac{R_o^{max} \cdot (h_{ли} - h)}{H - h_{ли}}, \quad (3)$$

где $h_{ли}$ - высота леса, м; h_o - высота наблюдаемого объекта, м; H - высота установки телекамеры, м.

Уверенное обнаружение облака дыма возможно лишь в случае, когда оно достигает определенных размеров и его яркость будет отличаться от яркости фона. При рассмотрении облака на светлом фоне их яркости могут быть настолько близкими, что ни глаз, ни телекамера не обнаружат различия между ними. Отличительными признаками дымового облака пожара, позволяющими отличить его от обычных облаков, являются цвет от белесого и беловатого до тёмносерого и более интенсивное движение из-за ветра и конвекции воздуха.

Повысить контрастность дымового облака по отношению к фону можно применением желтых светофильтров, отсекающих всю коротковолновую область видимой части спектра примерно до 500 мкм. Объектив видеокамеры, установленной на высоких ($H \approx 40$ м) мачтах,

должен быть направлен в вертикальной плоскости таким образом, чтобы между горизонтом и верхним лучом зрения объектива была темная полоса фона, различимая на экране (рисунок 2).

Тогда облако дыма возможно будет рассматривать на более темном фоне. Минимальная ширина полосы A_ϕ , м может быть определена по формуле

$$A_\phi = \frac{H - B}{\frac{Z_o}{Z_\phi} + 1}, \quad (4)$$

Максимально возможная высота облака дыма пожара A_o , м определяется по выражению

$$A_o = (H - B) \cdot \left| 1 - \frac{1}{\frac{Z_o}{Z_\phi} + 1} \right|, \quad (4)$$

Минимальный радиус обнаружения пожара R_o , м с учётом (1)

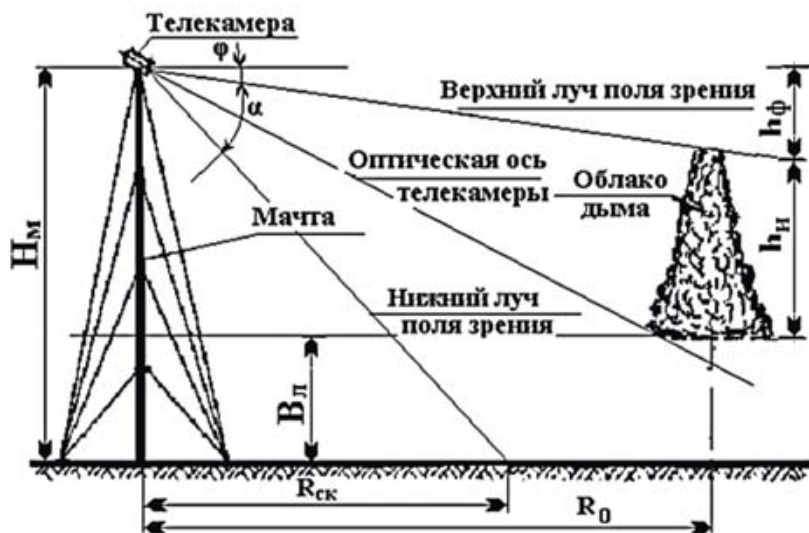


Рис. 2. Схема для расчёта радиуса обнаружения дымового облака

$$R_o = 60.53 \cdot \frac{f}{Z_o} \cdot (H - B) \cdot \left| 1 - \frac{1}{\frac{Z_o}{Z_\phi} + 1} \right|, \quad (6)$$

где B - высота препятствия на пути луча зрения (высота леса, над которыми должно рассматриваться облако дыма);

Z_o и Z_ϕ - количество строк, которое должно приходиться соответственно на изображение облака дыма и темной полосы фона между горизонтом и верхней границей облака, обеспечивающее уверенное их распознавание при $Z_o = Z_\phi = 10$.

При всех преимуществах применяемые мачты для установки видеокамер имеют один существенный недостаток - высокие стоимость, массу и трудоёмкость монтажа. Автором предложена конструкция модульной маломатериалоёмкой мачты для телевизионного контроля лесов. Такая мачта (рисунок 3), состоящая из легких тонкостенных металлических труб, снабженных ярусной системой оттяжек, может доставляться на объект монтажа любым видом транспорта, в том числе вертолетом типа Ми - 8 на внешней подвеске.

Монтаж мачты может производиться силами бригады рабочих без какого-либо дополнительного оборудования.

Для обслуживания телевизионной установки, ремонта, ревизии и в межсезонный период мачта может опускаться в горизонтальное положение. Телевизионная установка обеспечивает обзор окружающей местности в радиусе не менее 15 - 20 км. При установке на вершинах гор мачта может собираться в вариантах с меньшей высотой. Техническая характеристика мачты приведена в таблице 2.

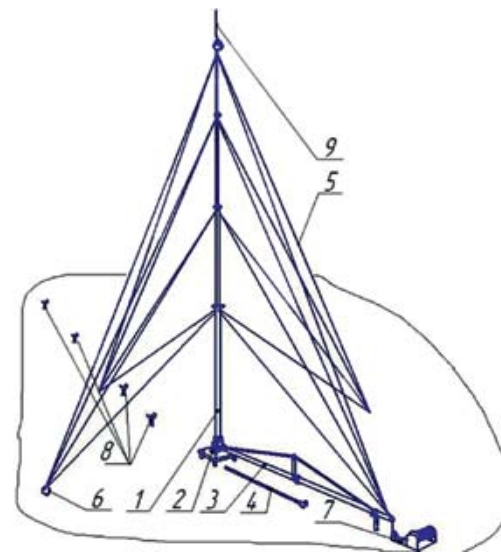


Рис. 3. Модульная мачта для мониторинга территорий

1 - ствол, 2 - основание, 3 - падающая стрела, 4 - распорка, 5 - растяжки, 6 - якоря, 7 - лебёдка основная, 8 - ложементы, 9 - видеокамера с молниеотводом.

Вся конструкция мачты может упаковываться в связку, которую можно транспортировать любым видом транспорта.

Ствол мачты состоит из четырех секций длиной по 11 м каждая, которые соединяются болтами при помощи фланцев. Секции изготавливаются из стальных бесшовных труб диаметрами 120, 110, 100 и 80 мм с толщиной стенок 4 мм. Монтаж ствола производится на месте установки.

Таблица 2. Техническая характеристика проектной мачты

Наименование показателя	Значение
Высота, м	44
Общий вес, кг	1405
Диаметр каната растяжек, мм	4
Требуемое количество каната, м	650
Канатоёмкость основной/вспомогательной лебедки, м	150/50
Тяговое усилие основной/вспомогательной лебедки, кг	500/250
Диаметры применяемых труб, мм	80-120

Для подъёма ствола мачты в вертикальное положение применяется падающая стрела, состоящая из двух секций длиной 11 м. В качестве опоры для ствола мачты используется основание из стального листа. Нижние концы растяжек мачты крепятся к четырем якорям, заглубленным в грунт на расстоянии 22 м от центра основания. Для подъёма мачты используется ручные лебедки, которые крепятся к брёвнам, удерживаемым забитыми в грунт стойками.

Дальность обнаружения лесных пожаров не менее 15 км, высота мачты 44 м, видеокамера с гелиобатареей, блоком питания и передающим устройством имеет массу 8 кг. При расчёте конструкции мачты в качестве критерия прочности и надёжности принимался коэффициент запаса прочности.

Использование солнечной энергии для питания видеокамеры и передающих устройств, распознавание образов, цифровая передача данных, исключая прокладку кабельных линий облегчит конструкцию и повысит качество работы. Применение модульных маломатериалоёмких мачт, оснащённых современным оборудованием для видеонаблюдения за лесами с целью обнаружения лесных пожаров в начальной стадии их развития взамен пожарных наблюдательных вышек и мачт, а также авиационного патрулирования лесов на ряде объектов, в том числе на особо охраняемых территориях позволит:

- исключить работу наблюдателя на высоте;
- сократить затраты на обнаружение лесных пожаров и повысить оперативность тушения;
- сократить сроки тушения лесных пожаров и стоимость работ;
- уменьшить выгоревшие площади лесов.

Список литературы

1. Курбатский, Н. П. Лесные пожары и их последствия. [Текст] / Н. П. Курбатский - Красноярск, Изд-во ИЛиД СО АН СССР, 1985 -139 с.

2. Орловский, С.Н. Лесные и торфяные пожары, практика их тушения в условиях Сибири [Текст] С.Н. Орловский – Красноярск: КрасГАУ, 2003. - 162 с.
3. Румянцев, Г.А. Комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности участков добычи фрезерного торфа [Текст] / Г.А. Румянцев, Н.А. Каблуков. - Л.: КФ ВНИИТП, 1988. - 71 с.
4. Абрамов, В.И. Современная отечественная телевизионная аппаратура для раннего обнаружения очагов лесных пожаров. [Текст] / В.И. Абрамов, Я.Ю. Гозман, В.П. Кузмин, В.И. Челпанов // Лесное хозяйство. - 2000. - №4. - С. 49-52.

Сведения об авторах:

Орловский Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент.

Место работы: Красноярский государственный аграрный университет.

Адрес: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 90, тел.: 8 (391) 227-36-09. Эл. адрес: orlovskiysergey@mail.ru

К вопросу о постановке задачи по созданию системы раннего обнаружения пожаров

А.А. Брызгалов, С.Ю. Новожилов, В.В. Якубин

Коротко о деятельности

Наша деятельность представлена двумя группами компаний. К первой группе относятся: ООО «Унискан», ООО «ПОЛЮС-СТ».

ООО «Унискан» фактически является частным институтом, который занимается поисками острых технических проблем крупных и средних потенциальных заказчиков, придумыванием соответствующих технических решений, а также проверкой их осуществимости.

Предприятие ООО «ПОЛЮС-СТ» занимается разработкой, производством и продажей двух основных продуктов – мобильного рентгеновского аппарата медицинского назначения АРА 110/160 и комплекса технических средств охраны особо важных объектов «Радиобарьер». «Радиобарьер» имеет экспортный потенциал, что подтверждается его поставками в 10 стран, в число которых входят страны ЕС и США.

В этих предприятиях работает около 150 человек в Москве и Новосибирске (7 кандидатов наук), оборот группы за 2011 год составил около 700 млн. руб. Стоимость основных фондов – более 300 млн. руб. История этих предприятий началась в 1989 году.

Вторая группа предприятий состоит из технологических компаний, обеспечивающих разработку и производство приборов. Она создаётся в рамках Центра Технологического Обеспечения (ЦТО) Технопарка Новосибирского Академгородка, на сегодня насчитывает 5 компаний. В этом году их количество будет доведено до 8.

Первые компании появились в 2009 году, в них на сегодня работают около 100 человек, их суммарный оборот за 2011 год составил около 60 млн. руб.

Коротко о продукции

Основной разработкой можно назвать РСК - разведывательно-сигнализационный для применения в РФ комплекс «Радиобарьер - МФ» и сигнализационный комплекс «Радиобарьер» - для гражданского применения и продажи вне территории РФ. РСК предназначены для создания быстро разворачиваемых охраняемых рубежей в местности с отсутствующей технической инфраструктурой: границы, трубы, дальние подступы к важным объектам и т.д.

Данный комплекс представляет собой конструктор, состоящий из автономных элементов. Элементы являются сенсорами, работающими на одном из шести физических принципов. Срок автономной работы сенсоров, от элемента питания 10,8 вольта на 13 ампер-часов, без сме-

ны элемента питания, до 5 (!) лет; вес любого сенсора вместе с источником питания - меньше 2 кг.

Четыре типа сенсоров работают как обнаружители и первичные распознаватели целей (человек, машина и т.д.): сейсмический, радиолучевой, инфракрасный и магнитометрический датчики.

Два типа сенсоров работают как идентификаторы целей: тепловизор и видеокамера.

Сенсоры – обнаружители, при срабатывании, передают тревогу по радиоканалу на мобильный или стационарный пульт с цифровыми картами и, по этому же радиоканалу, включают сенсоры - идентификаторы.

Каждый сенсор снабжён радиомодемом. Модемы сенсоров образуют самоорганизующуюся сеть с динамической маршрутизацией; достигнутая максимальная дальность точка – точка 12 км; достигнутая общая дальность передачи (не максимальная) при линейном расположении сенсоров – 400 км. Максимальное число абонентов сети – 200.

Сегодня по представлениям специалистов из США и ЕС, это лучшая система в мире.

Ближайший по смыслу пример применения

На границе РФ в Дагестане нами была развёрнута система в составе:

- тепловизионная камера «ЭФА КТН 384/0,5-210»
- видеокамера с объективом с F750 мм
- поворотная платформа специального исполнения с плавно изменяемой скоростью поворота, с большим весом допустимой нагрузки (до 40 кг) и температурным режимом работы до -40 С.

Сигналы управления и видео передаются по оптоволоконному каналу связи на погранзаставу.

Система четвертый год работает без технического обслуживания, за это время в оборудовании системы не было ни одного отказа.

В настоящий момент Пограничная служба РФ проявила инициативу по постановке этой системы на вооружение.

Ключевые параметры системы раннего обнаружения пожаров

Исходя из общих соображений, мы сформулировали характеристики, определяющие исходные требования на систему.

Экономические характеристики:

1. Цена системы на 1 км² контролируемой площади.
2. Годичные расходы по содержанию системы на 1 квадратный километр контролируемой площади.

Организационные характеристики:

3. Сложность и длительность получения всех необходимых межведомственных согласований для развёртывания и эксплуатации системы.
4. Надёжность и прозрачность комплекса организаций, привлекаемого для поставок, развёртывания и эксплуатации системы.
5. Необходимость структурных изменений в задействованных ведомствах (например, МЧС, Агентство лесного хозяйства и проч.) при внедрении и эксплуатации системы.

Эксплуатационно-технические характеристики:

6. Устойчивость функционирования системы к климатическим условиям.
7. Устойчивость функционирования системы к условиям рельефа.
8. Устойчивость функционирования системы к природным и техногенным факторам, вызываемым пожарами.
9. Надёжность обнаружения пожаров/загораний разного типа: торфяной, низовой, степной и др.
10. Простота расширения географии применения системы в локальном и глобальном смысле.
11. Удобство и простота развёртывания и эксплуатации системы.
12. Реалистичность требований к квалификации эксплуатирующего персонала.
13. Соответствие размера надёжно обнаруживаемого пожара/возгорания возможностям по его тушению.
14. Устойчивость функционирования системы к сбоям в работе существующей инфраструктуры.

Чёткое описание исходных требований на систему (возможно, на несколько систем различного применения) позволило бы сравнивать между собой существующие и перспективные системы и, в конечном счёте, привело бы к появлению оптимальных решений.

Наши предложения

1. Сформулировать исходные требования на систему.
2. Поднять эффективность наиболее распространённых систем (вышка со специализированным техническим зрением) за счёт одновременного использования видео- и тепловизионной аппаратуры и применения спектральной техники.
3. Снизить стоимость владения и повысить устойчивость к сбоям в работе существующей инфраструктуры за счёт применения специализированных радиоканалов.
4. Отойти от принципа «пожар обнаруживается, если возможно его визуальное наблюдение».

Сведения об авторах:

Брызгалов Андрей Андреевич, заместитель директора по науке.

Новожилов Сергей Юрьевич, эксперт, кандидат физико-математических наук

Место работы: ООО «Унискан».

Адрес: 630117, г. Новосибирск, ул. Арбузова 4/26, тел.: 8 (383) 332-45-34. Эл. адрес: hohrin@uniscan.biz.

Комплексная методика оценки опасности природных пожаров для населенных пунктов и объектов защиты

В.С. Коморовский, Г.А. Доррер

Введение

Актуальной задачей специалистов в области защиты населения от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера является разработка информационных систем поддержки принятия решений (СППР) для оперативного управления силами и средствами в условиях ЧС. Для создания таких систем необходима разработка математических моделей развития ЧС. В свою очередь, для разработки указанных моделей следует привлекать наиболее современные подходы и методы. Одним из наиболее перспективных, на наш взгляд, подходов, используемых при разработке СППР, является использование аппарата нечетких множеств и нечеткой логики. В более широком смысле, названный подход используется в случае моделирования систем, содержащих существенные неопределенности разного, в том числе не стохастического, характера. Также, нечеткие множества, относимые к «мягким вычислениям» (soft computing), используются при создании интеллектуальных систем, т.е. таких информационных систем, которые призваны решать задачи, характерные для человеческого интеллекта.

Несмотря на то, что основы теории нечетких множеств предложены достаточно давно, а применение в различных областях информационных технологий к настоящему моменту достаточно широко, в такой существенной отрасли как разработка СППР для защиты от ЧС данная теория применяется сравнительно редко. Данная работа посвящена разработке математической модели, которая может быть положена в основу СППР для защиты населенных пунктов от действия природных пожаров.

В области лесной пирологии применение теории нечетких множеств является новым направлением. Имеется большое количество различных моделей динамики лесного пожара (ЛП), однако все они «детерминированные». Благодаря многочисленным исследованиям получены подробные сведения о поведении лесного пожара. При достаточно точном знании множества параметров, от которых зависит развитие и распространение ЛП, практически любая из классических моделей может удовлетворительно описывать и прогнозировать пожар. В то же время, в реальных условиях, многие из параметров известны не точно, или вовсе не известны. Например, скорость и направление ветра, как правило, известны на ближайшей к зоне пожара метеостанции, а в районе самого ЛП могут существенно отличаться от измеренных. Другой род неопределенностей связан с руководящими документами. К примеру, крупным пожаром, согласно ГОСТ Р 22.1.09-99, считается

пожар, площадью более 200 га (в зоне авиационного мониторинга). Однако следует ли при этом считать пожар площадью 199 га не крупным (мелким). Для разрешения подобных проблем наиболее хорошо подходит аппарат теории нечетких множеств.

Постановка задачи

Одним из наиболее тяжелых последствий лесных пожаров является воспламенение строений в населенных пунктах. Для того чтобы этого избежать, необходимо заблаговременно оценить степень опасности конкретного ЛП для населенного пункта и принять меры по локализации и тушению ЛП.

Одним из основных факторов принятия верных оперативных решений в условиях ограниченности ресурсов является достижимость объекта защиты. Необходимо комплексно оценивать как время достижимости, так и потенциальную возможность лесного пожара достичь объект защиты. Допустим, исходя из скорости и направления распространения ЛП, он должен дойти до населенного пункта А за x минут, а до населенного пункта В за y минут, причем ($x < y$). Однако, между кромкой пожара и населенным пунктом А имеется широкое естественное препятствие – река. Ясно, что в первую очередь следует направить ресурсы на защиту населенного пункта В.

Таким образом, целевой параметр, рассматриваемый СППР, можно определить как срочность тушения ЛП и измерить его в часах. При этом срочность будет характеризовать не только динамическую составляющую распространения ЛП, но и общую степень его опасности для объекта защиты. Нежелательным событием будем считать подход фронта пожара вплотную к границе населенного пункта.

Срочность тушения будем искать в виде:

$$U = t_d - t_l \quad (1)$$

где t_d – время достижения фронтом пожара границы населенного пункта и зажигания строений в нем, t_l – время, необходимое на локализацию пожара.

Замечание 1. В величину t_l входит время прибытия пожарных расчетов к месту локализации, время необходимое им на развертывание и время на мероприятия по локализации пожара.

Замечание 2. Время, необходимое на локализацию данного пожара t_l зависит от продолжительности пожара, в нашем случае: $\Delta t = t_l - t_o$. В общем случае – чем дольше продолжается пожар, тем большую площадь он занимает, тем больший периметр имеет его горящая кромка, следовательно, тем большее время необходимо на его локализацию.

Из замечания 2 следует, что величины t_d и t_l связаны между собой, хотя вид зависимости между ними может быть различным.

Рассмотрим более подробно слагаемые в (1). Величина t_i может считаться (с некоторыми ограничениями) управляемой. Действительно, существуют нормативы на время локализации пожара, нормативы на развертывание и т.д. [1]. Нормативы могут быть выполнены или превышены, время пути до места пожара можно, так или иначе, варьировать. Также, данный параметр всегда более обеспечен информационно – лицо, принимающее решение знает о ресурсах, которыми управляет (число противопожарных команд, их оснащенность, квалификация и т.п.), хотя информация может быть неполной.

Напротив, величина t_d характеризуется существенной неопределенностью. Наиболее просто время достижимости можно выразить следующим образом:

$$t_d = \frac{D}{v_n}, \quad (2)$$

где D – расстояние от пожара до населенного пункта, v_n – скорость фронта пожара в направлении населенного пункта. Величина D является оценочным показателем. При обнаружении пожара со спутника индикация ведется по т.н. «горячим точкам», кромка пожара и его центр являются расчетными параметрами. То же можно отнести и к авианаблюдению. Еще более сложным показателем является скорость фронта пожара в направлении населенного пункта. Для того, чтобы ее оценить необходимо знать следующее:

1. направление наискорейшего распространения пожара;
2. скорость в направлении наискорейшего распространения;
3. форму пожара;
4. характеристики лесных горючих материалов;
5. наличие препятствий распространению;
6. азимут пожара относительно интересующего населенного пункта.

Приведенный перечень не является исчерпывающим, однако из него видно, что оценка скорости пожара и, в общем времени достижимости не является тривиальной задачей. Существует теория, описывающая области достижимости динамических систем. Она достаточно широко применяется в решении задач оптимального управления и в теории динамических игр [2, 3]. В том числе, положения упомянутой теории применены и для решения задач, связанных с лесными пожарами [4]. Ниже будут более подробно рассмотрены отдельные инструменты данной теории, применительно к поставленной задаче.

Принятие решений

Рассмотрим, в общих чертах, действия лица, принимающего решения, при следующих исходных данных.

1. Имеются несколько лесных пожаров, о которых известно:
 - а) Координаты места обнаружения.

- б) Расстояние до интересующего населенного пункта.
- в) Площадь обнаружения.
- г) Текущая площадь.
- д) Время обнаружения.

2. Дополнительно известны:

- а) Скорость и направление ветра на ближайшей к интересующим объектам метеостанции.
- б) Имеется топографическая карта местности.

3. В наличии только одна противопожарная команда, способная мгновенно локализовать любой пожар.

4. Отсутствует какая бы то ни было СППР, математическая модель, расчетная методика.

Необходимо ранжировать имеющиеся пожары по срочности их локализации.

Какими предпосылками будет руководствоваться специалист – пиролог при данных условиях?

Необходимо оценить пространственное положение пожаров относительно населенного пункта. При этом, при прочих равных условиях:

- близкий пожар опаснее, чем далекий;
- пожар движется чаще всего в направлении ветра, поэтому пожар с наветренной стороны опаснее пожара с подветренной стороны;
- крупный пожар опаснее мелкого.

Далее, необходимо определить, хотя бы в общих чертах, динамику пожаров. Чем большую площадь прошел пожар с момента обнаружения, тем он «динамичнее», т.е. опаснее. Таким образом, желательно оценить среднюю скорость прироста площади пожара. Скорость распространения пожара имеет сложную зависимость от скорости ветра, однако в большинстве случаев, чем больше скорость ветра, тем пожар опаснее.

Необходимо также оценить наличие и ширину противопожарных барьеров.

Приведенные выше рассуждения даны с целью обозначить основные факторы, влияющие на принятие решения в рассмотренной ситуации. Назовем эти факторы лингвистическими переменными, таким образом, получим следующие входные лингвистические переменные модели:

1. Направление ветра
2. Скорость ветра
3. Близость пожара к населенному пункту
4. Наличие барьеров
5. Площадь пожара
6. Площадь в момент обнаружения
7. Время после обнаружения

Фаззификация

Рассмотрим некоторые из переменных более подробно с точки зрения содержащейся в них неопределенности. Если мы имеем возможность точно фиксировать значения переменных в каждый момент времени, очевидно, неопределенность отсутствует. Обычно параметры по тем или иным причинам известны не точно, таким образом можно говорить о принятии решений в условиях неопределенности. По изложенным выше соображениям применим к решению поставленной задачи эвристический подход, основанный на теории нечетких множеств. Подробно разберем одну лингвистическую переменную, например, площадь пожара. Согласно [5] лингвистическая переменная представляет собой кортеж вида: $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, где β – наименование переменной, T – множество значений лингвистической переменной, которое состоит из наименований нечетких переменных, X – область определения лингвистической переменной, G – синтаксическая процедура, позволяющая генерировать из множества T новые осмысленные значения, M – семантическая процедура, позволяющая поставить в соответствие полученным с помощью процедуры G новым значениям, некоторое нечеткое множество.

В описываемой модели β – площадь, пройденная огнем, m^2 , $T = \{ \text{«мелкий»}, \text{«не крупный»}, \text{«большой»}, \text{«крупный»} \}$, $X = [0 \div 1*10^8]$, логические связки и модификаторы не используются.

Рассмотрим для примера нечеткую переменную «крупный» лесной пожар. Нечеткая переменная в представляет собой следующий кортеж: $\langle \text{«крупный»}, \{x | 0 < x < 1*10^8\}, a(x, \mu_a(x)) \rangle$ где $a(x, \mu_a(x))$ – нечеткое множество с функцией принадлежности $\mu_a(x)$, заданной графически на рис. 1.

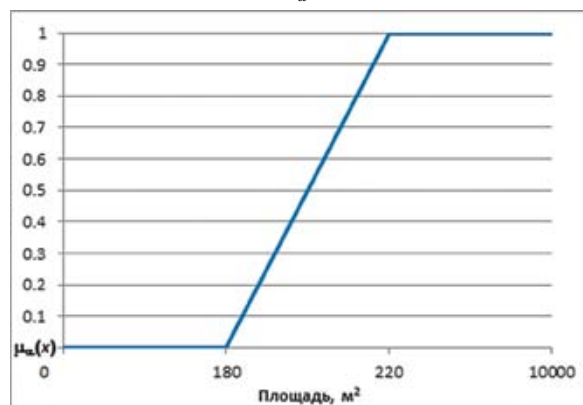


Рис. 1. Функция принадлежности нечеткой переменной «крупный пожар»

Выбор вида функции принадлежности обусловлен требованиями [6], определяющими крупный пожар в зоне авиационного мониторинга как пожар площадью более 200 га.

Полный список лингвистических переменных модели с их кратким описанием приведен в таблице 1. Следует упомянуть, что модель построена в системе нечеткого моделирования fuzzyTECH 5.54, имена переменных в таблице даны так, как они записаны в программе.

Таблица 1. Лингвистические переменные

№ п/п	Имя переменной	Минимальное значение	Максимальное значение	Нечеткие переменные
1	barrier	0	1	narrow broad
2	direction_wind	0	180	Very_dang dang medium safe
3	proximity	0	20	Very_close close med_close far so_far
4	size	10	1000	small medium_small medium_large large
5	size_of_detect	10	1000	small medium_small medium_large large
6	time_after_detec	0	36	little medium long
7	wind_speed	0	25	low medium_low medium_high high
8	urgency	0	6	immediat urgent med_urgent second_stage not_urgent

Строка 8 в таблице 1 содержит выходную переменную – «срочность тушения», час.

На рисунке 2 приведены графики функций принадлежности нечетких переменных принадлежащих лингвистической переменной «Время после обнаружения».

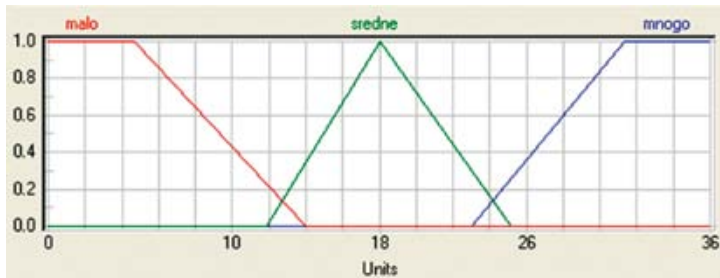


Рис. 2. Графики функций принадлежности

На рисунке 3 приведена общая схема нечеткой СППР. Более подробно содержание лингвистических и нечетких переменных, вопросы подбора функций принадлежности и построения блоков правил нечеткого вывода будут рассмотрены в других работах. Здесь дадим только краткое описание модели. В системе присутствуют три блока правил нечеткого вывода, из которых два – промежуточные, порождающие промежуточные переменные – «динамика» и «индикатриса». Третий блок правил порождает выходную переменную «срочность».

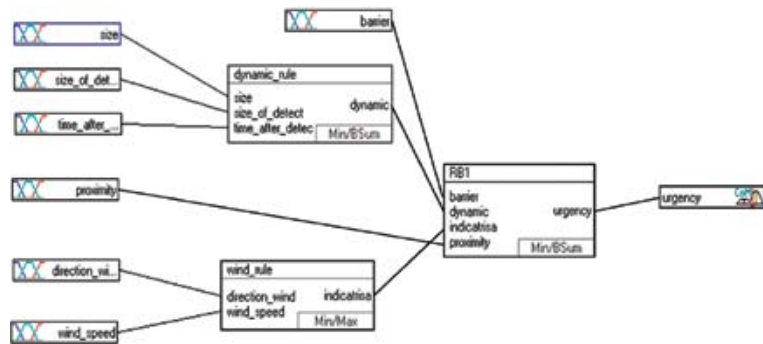


Рис. 3. Схема нечеткой СППР

Вычислительный эксперимент

Для проверки адекватности полученной системы проведем вычислительный эксперимент. Рассчитаем время достижимости пожаром объекта защиты по следующей методике. Время достижимости определим по [4]:

$$t_d = \frac{D}{v \cdot \zeta(\omega, \Phi)}, \quad (3)$$

где v – скорость пожара в направлении наискорейшего распространения, м/с, $\zeta(\omega, \Phi)$ индикатриса скорости фронта, ω – скорость ветра в районе пожара, м/с, Φ – направление ветра, град. Воспользуемся эллиптической индикатрисой, предложенной Ф. Альбини [7]:

$$\zeta(\omega, \Phi) = \frac{1 - e(\omega)}{1 - e(\omega) \cdot \cos(\Phi)}, \quad (4)$$

где $e(\omega)$ – эксцентриситет эллипса:

$$e(\omega) = 1 - \exp(-0.4\omega) \quad (5)$$

Скорость пожара определим по [8]:

$$v = \frac{\alpha \sqrt{k}}{2 \cdot P(\omega)}, \quad (6)$$

где $P(\omega) = \int \zeta(\omega, \Phi) d\Phi$, α – показатель динамики пожара, k – средний прирост площади пожара, м²/час.

Определив по приведенной методике время достижения пожаром населенного пункта, мы можем сравнить его со срочностью тушения рассчитанной нечеткой СППР. Ясно, что срочность должна быть $U < t_d$ для любых начальных условий.

Результаты экспериментов показывают, что приведенное условие выполняется во всех случаях. Приведем пример. Пусть мы имеем на входе следующие значения лингвистических переменных: узкие противопожарные барьеры, опасное направление ветра, близкое расположение пожара, среднюю небольшую (medium_small) площадь пожара, малую площадь обнаружения, короткое время после обнаружения и низкую скорость ветра. Срочность тушения, рассчитанная по нечеткой модели, составляет при этом 0,7 часа, что соответствует нечеткой переменной urgent (срочно). Конкретизируем лингвистические переменные следующим образом: $\omega = 2$ м/с; $\Phi = 30^\circ$; $D = 1500$ м; площадь обнаружения пожара 10 га, текущая площадь, пройденная огнем 75 га, время после обнаружения 4,5 часа. По формулам (3) – (6) получим $t_d = 5,8$ часа. Таким образом, запас времени по рекомендации нечеткой модели составляет 5,1 часа.

Оценим предполагаемый запас времени. Если аппроксимировать пожар эллипсом, то его периметр составит около 3300 м. Производительность, например, пожарной машины АПЛ-147 при прокладке минерализованной полосы на равнинной местности составляет 1000 м/час, скорость тушения того же средства при средней интенсивности пожара составляет 500 м/час [9]. Скорость движения данного средства по пересеченной местности составляет 20 – 30 км/час. Следовательно, при базировании машины на расстоянии около 30 км от места пожара на его полную ликвидацию потребуется около 7 часов, а на полную локализацию – около 4 часов. Таким образом, предложенный запас времени в 5,1 часа можно считать достаточным.

Выводы

В настоящее время представленная в работе модель находится в стадии разработки. Приведенные расчеты носят, скорее, оценочный характер. Для получения более точных результатов следует протести-

ровать модель на данных о реальных пожарах вблизи населенных пунктов с привлечением инструментов ГИС.

Однако полученные результаты свидетельствуют, на наш взгляд, о перспективности применения математического аппарата теории нечетких множеств к моделированию динамики лесных пожаров и иных чрезвычайных ситуаций.

В данной работе не затронуты многие важные вопросы построения нечеткой модели, в частности наполнение базы правил нечеткого вывода, дефаззификация и т.д. Указанные вопросы будут более подробно рассмотрены в последующих работах, по мере совершенствования предложенной модели.

Список литературы

1. Тактика и методы применения мотопомп при тушении лесных пожаров [Электронный ресурс] / Официальный сайт ФГУ «Авиалесоохрана». – Пушкино. : ФГУ «Авиалесоохрана», 2011. – Режим доступа: <http://www.aviales.ru/default.aspx?textpage=122>
2. Оуэн, Г. Теория игр / Г. Оуэн // Пер. с англ. под ред. А. А. Корбута со вступ. статьей Н. Н. Воробьева. - М.: Мир, 1971. - 230 с. Овсеевич, А. И. Области достижимости управляемых систем, их свойства, аппроксимации и применения : дис. ... док. физ.-мат. Наук : 01.02.01 : защищена 01.03.1996 / А. И. Овсеевич. – М., 1996. – 177 с.
3. Доррер, Г. А. Динамика лесных пожаров / Г. А. Доррер. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2008. – 404 с.
4. Леоненков, А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
5. ГОСТ Р 22.1.09-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования. – Введ. 01.01.2000. – М. Изд-во стандартов, 1999. – 8 с.
6. Albini, F. A. Estimating wildfire behavior end effects : general technical report INT-122 / F. A. Albini ; USDA Forest Service. – Ogden, 1976. – 92 p. – (Intermountain Forest and Range Exp. Stn.)
7. 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
8. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров / Федеральная служба лесного хозяйства России // Приказ от 30.06.95 № 100.

Сведения об авторах:

Коморовский Витольд Станиславович, старший научный сотрудник, кандидат технических наук.

Место работы: Центр НИОКР Сибирский институт пожарной безопасности – филиал Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок 50А, корпус 2, тел.: 8-9138308599. Эл. адрес: kvs.cniokr@igps.ru.

Доррер Георгий Алексеевич, заведующий кафедрой, профессор, доктор технических наук.

Место работы: ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет».

Адрес: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82, тел.: 8 (391) 227-63-89. Эл. адрес: dorrer@fait.krs.ru.

Биологический мониторинг техногенного воздействия и экологических катастроф

А.С. Шишкин

В настоящее время по природоохранному законодательству оценка воздействия и мониторинг должны вестись по всем компонентам экосистемы: атмосферный воздух, поверхностные воды, почва, растительность и животные. Однако нормативами обеспечены только два первых компонента, для остальных нет утвержденных критериев оценки, методики их получения и не определена природная норма, с которой можно сравнивать отклонения. В результате важные показатели качества жизни человека, имеющие биологический смысл, выпадают из контроля состояния окружающей среды.

На основании большого опыта проведения экологической оценки различных техногенных объектов (Норильский промрайон, буроугольные разрезы КАТЭКА, добыча россыпного золота, промышленная рубка леса, Эвенкийская и Богучанская ГЭС, горно-химический комбинат, нефтегазовый комплекс) и экологических катастроф в разных географических условиях предлагается обсудить принципиальные положения организации биологического мониторинга.

Классификация. Без разделения территории на однородные пространственные единицы невозможно создать систему оценки ресурсов, их эксплуатации, контроля и охраны природной среды. Достаточно хорошо разработаны классификации природных объектов, находящихся в естественном состоянии (ландшафтные, геоботанические, лесотипологические, почвенные и пр.). Техногенные территории в лучшем случае зонированы по степени нарушенности, не подразделяясь на более детальные блоки по специфике и последствиям воздействия.

Таблица 1. Техногенная трансформация лесных и болотных местообитаний

Виды воздействия	Продолжительность действия / форма	Степень изменения местообитаний	
		лесных	болотных
Трассы перетаскивания буровых	Месяц/Б	Тип	–
Временные дороги	1–3 года / Б, Д, М	группа типов	класс
Геофизические профили	10–20 лет / Б, Д	тип	–
ЛЭП	50 лет и > / Б, Д	тип	–
Стационарные дороги с продуктопроводами	50 лет и > / Б, Д, М, Х	категория	категория
Разведочная буровая	Год / Б, Д, М, Х	тип	категория

Промысловая буровая	1–2 года / Б, Д, М, Х	категория	категория
«Качалки»	3–5 лет / М, Х	категория	категория
Гидрокарьер	50 лет и > / Б, Д, М	группа типов	категория
Гидроотвал	2–5 лет / Б, Д, М	класс	категория
ДНС с факелом	50 лет и > / Б, Д, М, Х	категория	категория
Примечание: Б – беспокойство животных; Д – добыча (гибель) животных; Х – химическое загрязнение; М – механические нарушения.			

В таблице 1 приводится пример трансформации лесных и болотных местообитаний животных в результате деятельности нефтегазового комплекса. Выделяются 11 видов воздействия, которые подразделяются по продолжительности и 4 формам воздействия на два типа ландшафта, которые в свою очередь подразделяются на 6–10 типов местообитаний с контрастными условиями обитания.

Правильно разработанная классификационная схема объектов позволяет избежать субъективных ошибок и значительно повысить качество и точность принятия адресных решений.

Система мониторинговых участков необходима для репрезентативного подбора объектов мониторинга в соответствии с разработанной классификацией. Участки наблюдений, прежде всего, подбираются по единому географическому принципу ландшафтной организации территории и повторяемости природных блоков. Наиболее подходит система геоморфологических профилей, расположенных на различных вариантах рельефа. При этом профили должны иметь сравниваемые природный и техногенный аналоги по исходному происхождению. На рисунке 1 представлена схема размещения ключевых участков, которая необходима для оценки воздействия Норильского ГМК. Учитывается специфика распространения поллютантов по долинам рек и в соответствии с господством ветров в вегетационный период. По интенсивности воздействия и состоянию растительности выделяется 4 зоны и фон.

Тестовые объекты. Основные принципы подбора объектов наблюдения – представленность систематических групп организмов для оценки биоразнообразия и экологических, оценивающих состояние функциональных связей в биоценозе. Ниже приводится список животных, которые используются при мониторинге ФГУП «ГХК»:

- беспозвоночные: дождевые черви, прямокрылые, жуки, пауки, некрофаги, комары (личинки), боярышница (хвоелистогрызущие), ксилофаги;
- земноводные: лягушка остромордая;
- пресмыкающиеся: ящерицы (живородящая, прыткая), гадюка;

- птицы: синицы (насекомоядные), трясогузка (околоводная), овсянка (зерноядные), утки, дрозды (плодоядные), дятлы (конофаги), пустельга, сова болотная (хищные);
- млекопитающие: насекомоядные, грызуны, рукокрылые, зайцеобразные, хищники (куны).

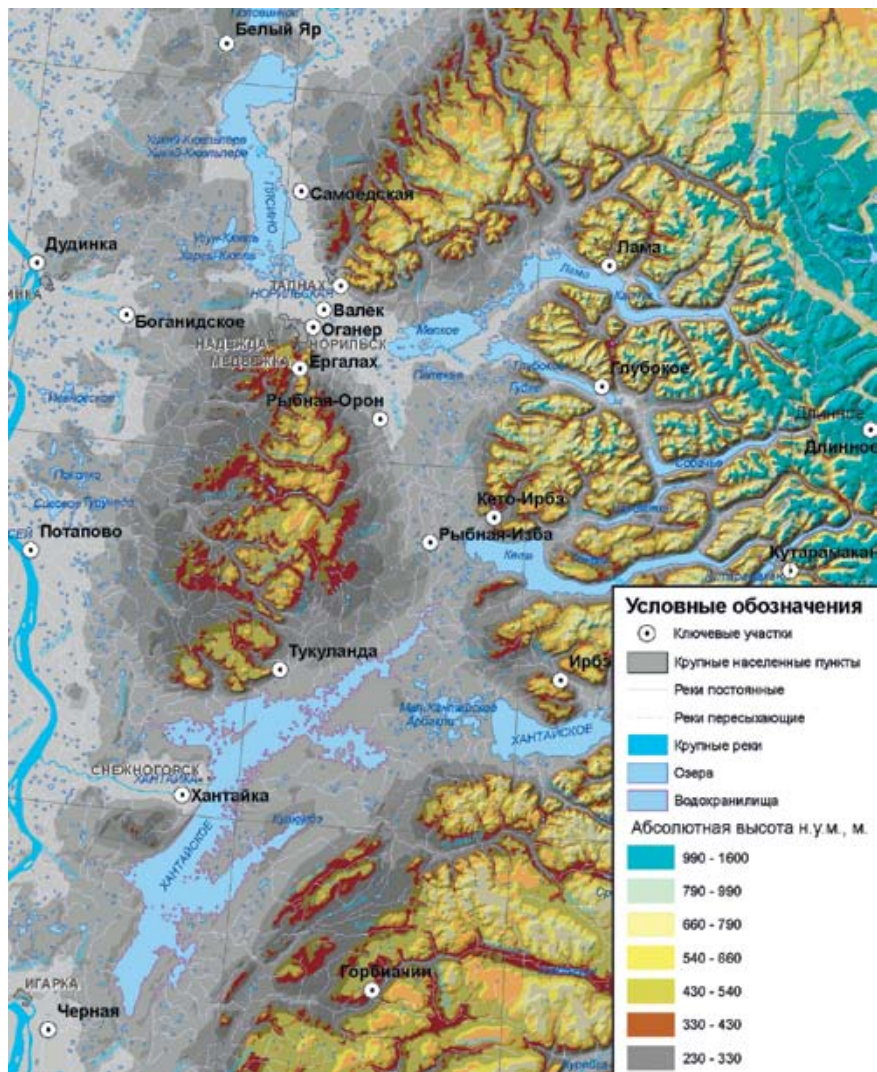


Рис. 1. Схема размещения ключевых участков для биологического мониторинга Норильского промрайона.

Важным показателем является продуктивность биологических систем. Очень часто техногенные объекты без образования агрессивных веществ или локальные катастрофические изменения формируют условия, отличные от фоновых. В результате повышается разнообразие видов и общая продуктивность ландшафтов. Например, лесные пожары способствуют распространению и обитанию 70 % редких растений в Алтае-Саянском экорегионе.

Для Норильского промрайона на трансекте от фоновой кустарниково-тундры до лесотундры разной степени поражения определена зоомасса охотничьих видов (табл. 2). Лесные и имеющие наибольший приоритет в добыче виды (лось, соболь, дикий северный олень) сокращают свою численность по мере приближения к Норильску. Синантропные (лисица, заяц-беляк), наоборот, в зоне даже очень сильного воздействия имеют наибольшую плотность. Прямое воздействие Норильского ГМК проявляется в отмирании мохово-лишайникового покрова и разрастании корневищных злаков, обладающих большой кормовой ценностью для всех растительноядных животных и соответственно их хищников, но косвенный фактор охотничьей нагрузки не позволяет копытным осваивать эту территорию.

Таблица 2. Зоомасса промысловых видов по зонам нарушенности, г/га

Степень нарушенности	З-б	ДСО	Лс	Гр	Сб	Лц	Пс	Бк
Фоновая тундра	32,5	500	-	0,8	-	+	28	17,2
Фоновая лесотундра	7,0	350	400	0,2	1,5	+	+	12,8
	17,5	200	800	0,8	3,0	10	16	25,6
Слабая	21,0	50	-	0,2	3,0	10	8	14,4
Средняя	16,0	50	+	0,6	-	10	16	15,2
Сильная	8,0	50	-	0,2	-	20	16	13,6
Очень сильная	32,0	30	-	0,3	-	20	24	6,4

Примечание. Сокращения, принятые в таблице: З-б – заяц-беляк, ДСО – дикий северный олень, Лс – лось, Гр – горностай, Сб – соболь, Лц – лисица, Пс – песец, Бк – белая куропатка, (+) – редкие встречи.

Методики должны обеспечивать легитимность получаемой информации, которая может быть использована в юридических процессах. К сожалению, из-за сложности биологических объектов, отсутствия практики применения научных результатов в разрешении хозяйственных конфликтов утвержденных нормативных методик по оценке состояния недостаточно. Разработаны процедуры взимания штрафов за нарушения правил пользования лесом, охотничьими и водными биоресурсами. Для оценки экологических, средообразующих функций объектов, а также видов, непосредственно не вовлеченных в хозяйственную деятельность, нормативные методические документы не разрабатываются. В настоящее время внедряются системы различной международ-

ной и национальной экологической сертификации, где предусматривается перечень критериев, которые могут быть приняты за основу. В то же время даже оценка биологического разнообразия и продуктивности требует знания зональной нормы. Реальная оценка воздействия может быть проведена только при сравнении фонового состояния территории с техногенным. Зачастую методики направлены на поиск негативного воздействия, а не объективной оценки, позволяющей усилить положительные последствия техногенных изменений ландшафтов. Кроме того, для получения результатов, позволяющих принимать конструктивные, технологические решения, методики должны учитывать специфику деятельности предприятия и его воздействия на природную среду.

Техногенные сукцессии. Исследование последствий техногенного воздействия не менее сложно, чем определение зональной нормы, поскольку на природное разнообразие и естественные динамические процессы накладывается вариантность техногенного воздействия. К этому следует добавить почти полное отсутствие информации о формировании посттехногенных ценозов. Поэтому сложно прогнозируются сукцессионные процессы на техногенных территориях и возможные в перспективе биотехнические последствия от промышленного воздействия. Промышленное освоение Сибири имеет небольшую историю, за исключением золотодобычи, поэтому наблюдения старых посттехногенных территорий с возможностью исследования продолжительной реакции экосистем на нарушения ограничены. Кроме того, отсутствие унифицированного государственного мониторинга техногенных объектов не позволяет иметь легитимную информацию, на основании которой можно вести прогнозную оценку воздействия. Разобщенные, бессистемные данные о состоянии нарушенных территорий не позволяют корректно провести оценку степени нарушения действующих и проектируемых предприятий. Соответственно невозможно объективно определить ущерб на различных стадиях строительства, работы предприятий или аварий.

Техногенные воздействия часто приводят к расширению экологической емкости территорий, но по действующим правилам и из-за отсутствия знаний о техногенных сукцессиях рекультивация направлена на возвращение природной системы к прежнему состоянию. Чаще всего это в принципе невозможно, например, в результате проведения карьерных и других горных работ, приводящих к изменению рельефа, а также технологии производства, связанной с агрессивными выбросами (металлургическое производство цветных металлов). В таблице 3 приводится фрагмент примера сукцессионной динамики продуктивности охотничьих видов при добыче россыпного золота в Северо-Енисейском районе. Из 18 видов только для трех (соболь, белка и барсук) не будет заметного улучшения условий обитания в течение 30 лет после завершения разработки месторождения.

Таблица 3. Динамика продуктивности охотничьих видов по сукцессионным стадиям, особей/1000 га

Виды	Фон	Работа объекта	Продолжительность стадий, лет		
			5	10–15	20–30
Лось	0,6	–	0,6	1,0	1,0
Соболь	3,9	–	1,0	2,5	1,0
Медведь	0,1	–	0,3	0,1	0,03
Барсук	0,3	–	0,3	0,2	0,1
Горноста́й	0,4	0,1	2,0	1,3	1,0
Белка	27,4	–	1,0	3,0	10,0
Заяц-беляк	8,4	2,0	15,0	25,0	10,0
Глухарь	11,0	1,0	25,0	3,0	3,0
Рябчик	93,0	9,3	150,0	120,0	120,0

Таким образом, накоплен достаточный опыт оценки техногенного воздействия на природную среду, который позволяет предложить уже апробированную на различных объектах систему биологического мониторинга. Внедрение такой системы существенно повышает определение качества экологической среды и позволяет прогнозировать посттехногенное развитие биоценозов. Кроме того, зоологический компонент мониторинга непосредственно контролирует санитарное состояние территорий, поскольку реакции млекопитающих на техногенное воздействие во многом совпадают с человеком.

Сведения об авторах:

Шишикин Александр Сергеевич, заместитель директора, доктор биологических наук.

Место работы: Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН.

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50, стр. 28, тел.: 8 (391) 290-74-58. Эл. адрес: shishikin@ksc.krasn.ru.

Анализ риска загрязнения окружающей среды по данным космического мониторинга атмосферы

В.Б. Кашкин, К.В. Симонов, Д.В. Зуев

Введение

Одной из наиболее актуальных современных проблем является проблема охраны природной среды и анализа риска ее загрязнения. Научно-технический прогресс привел не только к появлению новых эффективных технологий, но и к увеличению техногенного давления на природу. Наиболее интенсивно загрязняются городские и пригородные территории, промышленные зоны. Особо остро проблема экологической безопасности стоит перед рядом российских регионов и, в частности, перед Норильским промышленным районом, который занимает первое место по России по степени загрязнения территории [1].

Особенностью исследуемого района является легкая экологическая уязвимость природной среды. Экологическая обстановка в Норильском промышленном районе формируется, главным образом, в результате производственной деятельности предприятий Норильского горно-металлургического комбината, в настоящее время – Заполярного филиала ОАО «Горно-металлургическая компания «Норильский Никель», мощного многоотраслевого производственно-хозяйственного комплекса. Основной товарной продукцией Заполярного филиала являются никель катодный, медь катодная, кобальт, селен, теллур, аффинажное серебро и сера товарная.

Основными источниками поступления вредных (загрязняющих) веществ в природную среду являются металлургические переделы, а основным загрязняющим веществом – диоксид серы (SO_2). В целом уровень загрязнения атмосферы Норильска характеризуется такими категориями, как «высокий» (неблагоприятный для здоровья) и «очень высокий» (очень неблагоприятный для здоровья). В периоды безветрия (периоды, неблагоприятных метеоусловий – НМУ) в Норильске образуется высокий уровень загрязнения атмосферы диоксидом серы.

Практически ежедневно (порядка 350 дней в году), в течение 50-60 % от календарного времени, в различных районах города фиксируется загрязнение атмосферы диоксидом серы с превышением предельно допустимой нормы, в том числе порядка 190 дней – с пятикратным и более превышением, из них 90 дней с десятикратным и более превышением. Основной «вклад» в загрязнение атмосферы диоксидом серы в периоды НМУ вносит медный завод – 55 % от общей продолжительности загрязнения, а аглофабрика и никелевый завод – порядка 40 %. Уровни загрязнения также значительны при работе медного завода (максимальные концентрации SO_2 в периоды НМУ достигает 40-60 ПДК).

1. Космический мониторинг выбросов SO_2 в атмосферу

Учитывая значимость климатических данных, требуется комплексный подход к проведению наблюдений, выдаваемых оценок риска загрязнения и прогнозов в данной области. Известно, что диоксид серы поступает в воздух в результате сжигания топлива и плавки руд, содержащих серу. Основные источники загрязнения атмосферы SO_2 : энергетические установки, предприятия цветной металлургии и сернокислое производство. Менее значительны выбросы предприятий черной металлургии и машиностроения, угольной, нефтеперерабатывающей промышленности, производства суперфосфата, транспорта.

Как показывают данные космического мониторинга, выбросы SO_2 загрязняют воздух на значительное расстояние от источника (на тысячу и более километров) [2]. Диоксид серы считается одной из основных действующих составных частей «токсичных туманов» и одним из активных компонентов формирования смога. Сернистый ангидрид может вызывать общее отравление организма, проявляющееся в изменении состава крови, поражении органов дыхания, повышении восприимчивости к инфекционным заболеваниям, нарушении обмена веществ, повышение артериального давления у детей, ларингит, конъюнктивит, ринит, бронхопневмония, аллергические реакции, острые заболевания верхних дыхательных путей и системы кровообращения.

При кратковременном воздействии – раздражение слизистой оболочки глаз, слезотечение, затруднение дыхания, тошнота, рвота, головные боли. Повышение уровня общей заболеваемости смертности. Повышенная утомляемость, ослабление мышечной силы, снижение памяти. Замедление восприятия, ослабление функциональной способности сердца, изменение бактерицидности кожи. Диоксид серы может нарушать углеводный и белковый обмен, способствует образованию метгемоглобина, снижению иммуннозащитных свойств организма.

Взаимодействуя с атмосферной влагой, оксиды серы образуют кислотные осадки ($\text{Ph} \ll 4,5$), которые оказывают как прямое повреждающее действие на биоту, так и косвенное, закисляя почвы и водоемы. Установлено что при закислении почвы снижаются доступность для растений питательных элементов (Ca, Mg, Mn) и плодородие почвы. Закисление уменьшает скорость разложения органических остатков, поскольку для жизнедеятельности большинства бактерий и грибов необходима нейтральная среда, снижается продуктивность азотфиксирующих бактерий (при $\text{Ph} < 5,0$ азотобактерий погибает), что приводит к ограничению поступления связанного азота в растения и торможению их роста.

Космический мониторинг концентраций SO_2 осуществляется с 2004 г. на основе измерений прибором OMI, установленным на искусственном спутнике Земли AURA (США) [3]. Инструментом OMI является совместной разработкой Голландского аэрокосмического агентства, Финского

метеорологического института и NASA. Инструмент OMI способен осуществлять ежедневный глобальный мониторинг состояния атмосферы в диапазоне длин волн 270-500 нм со спектральным разрешением 0,5 нм, с пространственным разрешением 13x24 км/пиксель. Частота съёмки – 1 раз в сутки, в местный полдень.

Метод оценки концентрации диоксида серы основан на измерении спектральных характеристик света, рассеянного в атмосфере [4-7]. Сравнение спектральной интенсивности исходного и рассеянного в атмосфере «назад» излучения в ультрафиолетовом диапазоне даёт информацию о распределении и концентрации примесей диоксида серы, так как этот газ поглощает часть приходящего солнечного излучения.

В результате обработки данных наблюдений OMI определяется концентрация диоксида серы на четырёх высотах над уровнем моря: 0,9 км, 5 км, 10 км и 15 км. Для измерения концентрации диоксида серы используются единица Добсона (е.Д. или DU). Одна е.Д. равна 0,01 мм толщины осажденного слоя диоксида серы при 0° С и атмосферном давлении 1013 ГПа, что составляет 2,69x10²⁰ молекул диоксида серы на квадратный метр. Типичное фоновое значение концентрации SO₂ в атмосфере составляет менее 1 е.Д. Погрешность оценки содержания диоксида серы прибором OMI равна ~ 1 е.Д.

На рисунке 1 представлен пример визуализации данных о концентрации диоксида серы по измерениям OMI с сайта NASA за 2 мая 2011 г. [3]. Можно видеть, что уровень концентрации в районе г. Норильска существенно повышен. При этом максимальный уровень зарегистрирован в точке с координатами 69,26° северной широты, 86,98° восточной долготы и составляет 5,32 е.Д., что соответствует более чем пятикратному превышению фонового уровня. Двукратное превышение концентрации соответствует участку общей площадью около 7000 км², ограниченной пределами по широте 68,5°-69,6° северной широты, по долготе 84°-88° восточной долготы.

В течение суток 02.05.2011 г. выбросы диоксида серы составили около 1000 тонн, площадь поражения при этом 16000 км², что сравнимо с выбросами при извержении вулкана Безымянный 14 октября 2007 г., длившегося двое суток, когда выбросы SO₂ составили 3000 тонн. Анализируя данные о выбросах диоксида серы за июль 2011 г. (рис. 2), можно сделать вывод, что в течение месяца концентрация SO₂ не превышала фонового значения, кроме 27.07.2011 г., когда наблюдается двукратное превышение выбросов SO₂ на площади в 1000 км², максимальное значение концентрации диоксида серы в 2,37 е.Д. регистрировалось в точке с координатами: 69,32° северной широты и 86,15° восточной долготы. В течение этого дня общее количество выбросов диоксида серы составило 260 тонн, площадь поражения при этом составила 6633 км².

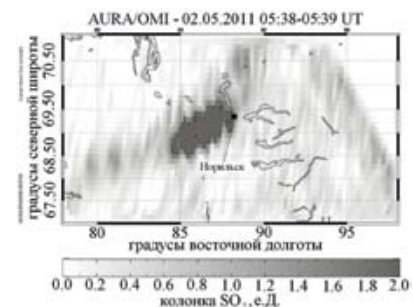


Рис. 1. Визуализация данных SO₂ за 02.05.2011, общая масса SO₂ 1000 тонн, максимум SO₂ 5,32 е.Д. на 69,26° северной широты, 86,98° восточной долготы.

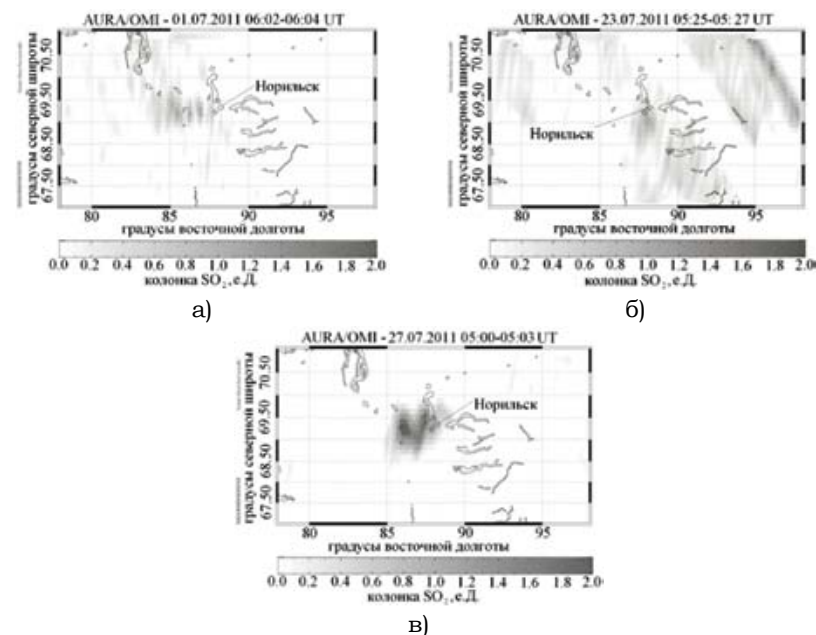


Рис. 2. Визуализация данных SO₂ за 01.07.2011, 23.07.2011 и 27.07.2011: а) 01.07.2011, общая масса SO₂ 15 тонн, максимум SO₂ 1,39 е.Д. на 69,26° северной широты, 86,27° восточной долготы; б) 23.07.2011, общая масса SO₂ 5 тонн, максимум SO₂ 1,50 е.Д. на 70,28° северной широты, 96,14° восточной долготы; в) 27.07.2011, общая масса SO₂ 261 тонн, максимум SO₂ 2,37 е.Д. на 69,32° северной широты, 86,15° восточной долготы

2. Результаты обработки данных

Описание базы данных. Используемая в работе база данных космического мониторинга OMI (NASA) по выбросам в атмосферу диоксида серы

в районе г. Норильска, имеет вид текстовой таблицы за период с 2004 по 2011 гг., всего 156167 строк. Ниже приведен фрагмент таблицы.

Таблица 1. Фрагмент базы данных ОМИ

Дата	с. (UTC)	широта	долгота	SO ₂ _2км	SO ₂ _5км	SO ₂ _10км	SO ₂ _15км
01102004	10468	68,98	88,93	4,281	0,813	0,18	0,073
01102004	10470	69,01	88,61	5,12	7,724	1,804	0,767
01102004	10472	69,05	88,28	2,674	6,496	1,377	0,57

При выполнении расчетов использовались столбцы, где приведены широта, долгота, SO₂_0,9 км – концентрация SO₂ на высоте 0,9 км в е.Д., SO₂_5 км – концентрация SO₂ на высоте 5 км в е.Д., SO₂_10 км – концентрация SO₂ на высоте 10 км в е.Д., SO₂_15 км – концентрация SO₂ на высоте 15 км в е.Д.

Описание результатов. Выполнен предварительный анализ данных наблюдений ОМИ (рис. 3–7), за 2011 г., построены области-поверхности, которые характеризуют особенности данных космического мониторинга.

На рисунке 3 представлен результат обработки выборки данных наблюдений за весь 2011 г., высота столба SO₂ от 0,9 до 5 км. На рисунке 3 видно, что пики выбросов в большей степени распределены с востока на запад. Максимальная концентрация выбросов SO₂ соответствует областям с координатами 69,16° северной широты и 87,2° восточной долготы, 69,2° северной широты и 88,6° восточной долготы, 69,29° северной широты и 88,9 восточной долготы. Среднее значение концентрации SO₂ в исследуемой области 69°- 70° северной широты и 87°- 90° восточной долготы соответствует уровню 7 е.Д. По мере удаления от г. Норильска постепенно снижение концентрации SO₂.



Рис. 3. Результат кластеризации выборки данных наблюдений за 2011 г., высота столба SO₂ от 0 до 0,9 км.

Сравнивая концентрацию SO₂ на высотах 0,9 и 5 км (рис. 3 и 4), можно видеть существенное уменьшение концентрации на высоте 5 км. Просматриваются пики концентраций, которые соответствуют областям с координатами 69,2° северной широты и 89,1° восточной

долготы, 69° северной широты и 88,8° восточной долготы. Заметно уменьшение концентрации с запада на восток. Среднее значение концентрации выбросов диоксида серы соответствует уровню в 4 е.Д.

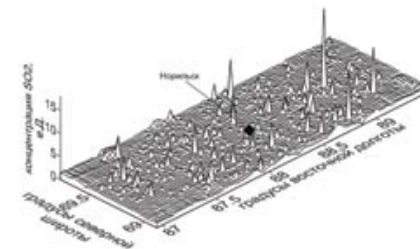


Рис. 4. Результат кластеризации выборки данных наблюдений за 2011 г., высота столба SO₂ от 0,9 до 5 км

На рис. 5 представлен результат обработки данных SO₂, на высотах 5-10 км. Среднее значение концентрации соответствует 4 е.Д. Пик выбросов в 15 е.Д. соответствует области с координатами 69,5° северной широты и 89° восточной долготы.

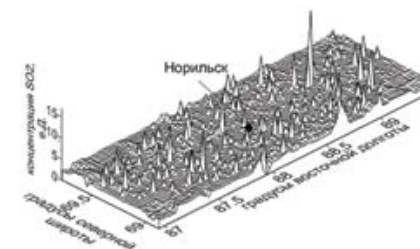


Рис. 5. Результат кластеризации выборки данных наблюдений за 2011 г., высота столба SO₂ от 5 до 10 км

Анализируя выбросы диоксида серы на высотах 10–15 км (рис. 6), можно увидеть, что среднее значение концентрации соответствует 3 е.Д., что является минимальным значением среди всех ранее анализируемых высот.

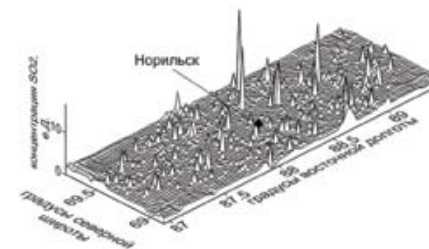


Рис. 6. Результат кластеризации выборки данных наблюдений за 2011 г., высота столба SO₂ от 10 до 15 км

На рисунке 7 представлен результат обработки данных выбросов диоксида серы за 2011 г. на высоте от 0 до 15 км. Видно, что среднее значение концентрации вблизи г. Норильск соответствует 20 е.Д. Пики выбросов достигают значения в 60 е.Д. По мере удаления от г. Норильска концентрация выбросов диоксида серы снижается. Явное снижение концентрации наблюдается в западном направлении.

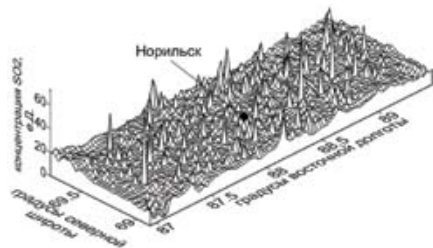


Рис. 7. Результат кластеризации выборки данных наблюдений за 2011 г., высота столба SO_2 от 0 до 15 км

Сравнительный анализ результатов обработки данных для различных высот показывает, что в приземных слоях атмосферы среднее значение концентрации диоксида серы максимально, и убывает с высотой. На высотах 0–0,9 м среднее значение концентрации SO_2 в 2 раза больше, чем на высотах от 0,9 до 5 км. В некоторых точках для различных высот выделяются пики концентрации диоксида серы, что, по-видимому, вызвано особенностью рельефа местности, розы ветров и расположением дымоотводных труб. Например, в интервалах высот 0,9–5, 5–10, 10–15 км наблюдается пики концентрации SO_2 в точке с координатами $69,42^\circ$ северной широты и $88,90^\circ$ восточной долготы.

На рисунке 8 представлен вариант визуализации данных наблюдений для одного дня (01.11.2011 г.), видно, что вблизи г. Норильск существенно превышает уровень концентрации диоксида серы.

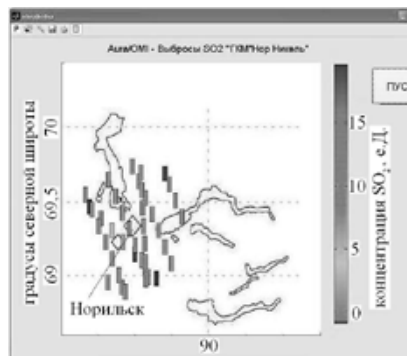


Рис. 8. Визуализация данных измерений ОМІ в среде MATLAB

Разработанное алгоритмическое и программное обеспечение позволяет анализировать и визуализировать результаты обработки данных в автоматическом режиме за выбранный период космического мониторинга концентрации диоксида серы для разных высот: 0,9, 5, 10 и 15 км.

Заключение

Спутниковые методы исследований являются неотъемлемой частью системы мониторинга экологической обстановки крупных промышленных объектов. Получаемые данные являются основой для оценки риска загрязнения окружающей среды.

Значительно расширить эти наблюдения и предоставить новую информацию о выбросах промышленных объектов позволяют данные, получаемые из космоса прибором Ozone Monitoring Instrument. При помощи ОМІ становится возможным выявлять повышенные концентрации диоксида серы в различных фазах и на отдельных участках производства за короткий промежуток времени.

Анализ результатов обработки данных для различных высот показывает, что в приземных слоях атмосферы среднее значение концентрации диоксида серы максимально, и убывает с высотой. На высотах 0–0,9 м среднее значение концентрации SO_2 в 2 раза больше, чем на высотах от 0,9 до 5 км. В некоторых точках для различных высот выделяются пики концентрации диоксида серы, что связано с особенностями рельефа местности, розы ветров и расположением дымоотводных труб. Например, в интервалах высот 0,9–5, 5–10, 10–15 км наблюдается пики концентрации SO_2 в точке с координатами $69,42^\circ$ северной широты и $88,90^\circ$ восточной долготы.

Наблюдения за концентрациями SO_2 являются важным направлением исследований для понимания экологической обстановки района «ГМК «Норильский Никель», обеспечения здоровья населения, безопасности полётов авиации. Анализ данных независимого спутникового мониторинга позволяет контролировать концентрацию выбросов SO_2 в районе комбината, а в случаях резкого увеличения объема выбросов диоксида серы может явиться сигналом к уменьшению объемов производства в период неблагоприятных метеорологических условий.

Таким образом, существует возможность за весь период действия программы ОМІ (2004 – 2011 гг.) оценить эффективность мероприятий комбината по улучшению экологической обстановки региона на основании объективного источника информации о выбросах диоксида серы AURA ОМІ.

Список литературы

1. <http://www.nornik.ru/> – Официальный сайт «ГМК «Норильский Никель».

2. Протасов.В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России – М.: «Финансы и статистика», 2001. – 672 с.
3. <http://SO2.umbc.edu/omi/> – Сайт NASA по глобальному мониторингу диоксида серы.
4. Krotkov, N.A., Carn, S.A., Krueger, P.K., Yang, K. Band residual difference algorithm for retrieval of SO₂ from the Aura Ozone Monitoring Instrument (OMI) // IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, AURA Special Issue, 44(5), 1259-1266, 2002. – 608 с.
5. Fioletov, V.E., C.A. McLinden, N.A. Krotkov, M.D. Moran, and K. Yang (2011). Estimation of SO₂ emissions using OMI retrievals // Geophys. Res. Lett, 38 (L21811).
6. Krueger A., N.A. Krotkov, K. Yang, S. Carn, G. Vicente, and W. Schroeder (2009). Applications of Satellite-based Sulfur Dioxide Monitoring // IEEE, 2, N4 (December 2009), 293-298.
7. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из Космоса. – М: Логос, 2001. – 264 с.

Сведения об авторах:

Кашкин Валентин Борисович, профессор, доктор технических наук.

Место работы: Институт инженерной физики и радиоэлектроники Сибирский Федеральный Университет.

Адрес: 660074, г. Красноярск, ул. Ак. Киренского, 28. тел.: 8 (391) 243-39-18.

Симонов Константин Васильевич, ведущий научный сотрудник, доктор технических наук.

Место работы: Институт вычислительного моделирования СО РАН

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50, стр. 44, тел.: 8-913-595-49-02. Эл. адрес: simonovkv@icm.krasn.ru.

Зуев Дмитрий Владимирович, ассистент кафедры радиотехники, аспирант.

Место работы: Сибирский Федеральный Университет.

Адрес: 660074, г. Красноярск, ул. Ак. Киренского, 28, тел.: 8-913-595-49-02. Эл. адрес: dmvzuev@yandex.ru.

Геодинамические предвестники недавних землетрясений Алтае-Саянской сейсмоактивной области

А.А. Кабанов, В.Г. Сибгатулин, К.В. Симонов

Введение

В рамках полигонных исследований (2009-2012 гг.) по данным сейсмического, электромагнитного и газгидрогеохимического мониторинга (концентрация радона в подземных водах) выполнено выделение средне- и краткосрочных предвестников подготовки сильных землетрясений для выделенной очаговой зоны исследуемой сейсмоактивной области (АССО).

Показано, что при подготовке землетрясений 10 февраля 2011 г. магнитудой 5,5 на юге Красноярского края, 27 декабря 2011 г. с магнитудой 6,5 и 26 февраля 2012 г. с магнитудой 6,7 на территории Каа-Хемского района Республики Тыва в результате комплексного геомониторинга в геодинамических и гезгидрогеохимических полях выделялись и наблюдались чёткие геодинамические предвестники подготовки сильных землетрясений. Подтверждена эффективность предлагаемого аппаратурного и методического обеспечения для прогностических исследований очаговых зон АССО.

1. Полигонные исследования АССО

Существующие в регионе системы сейсмического мониторинга: ГС СО РАН, КНИИГиМС, ТИКОПР, ведомственные пункты мониторинга. Действующие системы оповещения об ощутимых сейсмических событиях – структуры МЧС (Сибирский региональный центр ГУ МЧС России; ГУ МЧС России по Красноярскому краю, Республик Хакасия и Тыва).

Решаемые задачи: мониторинг геодинамического состояния Алтае-Саянской сейсмоактивной области (АССО), который включает регистрацию землетрясений и оповещение государственных структур, служб и населения о возникновении землетрясения; ликвидация последствий ЧС.

Выделяются для региона следующие типы катастроф сейсмической природы:

- глобальные сейсмогеологические катастрофы (с магнитудой 7,5–8,5 по шкале Рихтера), обусловленные сильнейшими землетрясениями в районах Горного Алтая, Монголии и Республики Тыва;
- региональные сильные землетрясения (с магнитудой 5,5–7,0 по шкале Рихтера), обусловленные сейсмогеологической жизнью крупнейших тектонических разломов, расположенных на территории края;

- местные сильные сейсмические события (с магнитудой 3,5–5,0 по шкале Рихтера), приуроченные к локальным разломным тектоническим зонам на территории края.

В 2009 году по заказу МПР РФ на территории АССО организована локальная сеть геодинимического мониторинга, состоящая из 10 пунктов сейсмического мониторинга, 6 пунктов электромагнитного мониторинга и 4 пунктов мониторинга концентрации радона в подземных водах. Организация пунктов мониторинга, основанная на современной аппаратурной базе, на эффективной системе связи и с учётом аналитической составляющей позволила решать задачи среднесрочной и оперативной оценки параметров предвестников подготовки сильного землетрясения для выделенных очаговых зон (рис. 1).



Рис. 1. Схема расстановки пунктов геомониторинга

Реализовано следующее обеспечение пунктов геомониторинга: они оснащены сейсмическими станциями и сейсмодатчиками (разработки от «ГЕОН»), аппаратурой регистрации ЕИЭМПЗ – естественного импульсного электромагнитного поля Земли (г. Томск), радиометрами

радона (г. Москва). Организована система беспроводной передачи данных на основе спутниковых и GSM каналов связи, а также доступ по проводным технологиям с использованием ADSL модемов. Использовался программный комплекс WSG, предназначенный для обработки первичных данных сейсмического мониторинга.

Как показал опыт проведенных в 2009–2011 гг. полигонных исследований для выделенных очаговых зон АССО, представленная схема расстановки пунктов геомониторинга (рис. 1), позволяет чётко контролировать и выделять геодинимические предвестники, анализируя процесс подготовки землетрясений в оперативном режиме.

Отметим, что современная аппаратурная база (и ее настройка) используется для решения актуальных задач геодинимического мониторинга очаговых зон Алтае-Саянской сейсмоактивной области. Сочетание аппаратурной и методической составляющих позволяет решить задачу среднесрочной и оперативной оценка параметров предвестников подготовки сильного землетрясения, в том числе за счет использования эффективной системы связи, основанной на автоматической передачи данных по высокоскоростным каналам.

2. Методическое обеспечение

В рамках проведенных полигонных исследований в 2009–2011 гг. получено достаточно информации об особенностях изучаемых естественных геофизических полей для адаптации разработанного методического обеспечения при выполнении прогностических оценок. Суть предложений состоит в следующем: для оперативной оценки параметров ожидаемого землетрясения на основе данных полигонных исследований выделяются очаговые зоны подготовки сильного землетрясения, выполняется оценка геопредвестников: по сейсмическим, электромагнитным данным и по изменению уровня концентрации радона в скважинах. Далее, по разработанным методиками, выполняется оценка параметров ожидаемого сильного землетрясения для выделенной очаговой зоны.

В основе описания процесса подготовки сильного землетрясения по данным сейсмического мониторинга лежат физические представления о развитии сейсмического процесса, который подразделяется на несколько стадий: стадию сейсмического роя, стадию подготовки землетрясения (образование микротрещин), когда энергия высокоэнергетических событий снижается, а низкоэнергетических – возрастает и, непосредственно, стадию срабатывания, до момента возникновения сильного землетрясения.

Для выявления электромагнитного предвестника используются представления, согласно которой нарушения нормального суточного хода потока электромагнитных импульсов свидетельствуют об изменении напряженного состояния в земной коре. Следовательно, анали-

зируя временные ряды электромагнитной эмиссии можно выделить характерные признаки (предвестники) подготовки землетрясений. Предвестники проявляются в виде различных аномалий в структуре ЕИЭМПЗ: резком увеличении или снижении интенсивности импульсного потока, нарушении типичного для данного пункта суточного хода, аномального изменения сезонного тренда.

Известно, что радоновые предвестники подготовки сильного землетрясения проявляются в положительных или отрицательных аномалиях уровня радона в подземных водах. Оценки аномалий определяются тремя способами: по величине абсолютного максимального отклонения – положительного или отрицательного – от средне фоновой концентрации (Сэкс - Сф); по величине относительного максимального отклонения (Сэкс - Сф/ Сэкс); по числу среднеквадратичных отклонений для фоновых концентраций (Сэкс - Сф/Сф).



Рис. 2. Анализ данных о землетрясении 10.02.2011, M=5.5

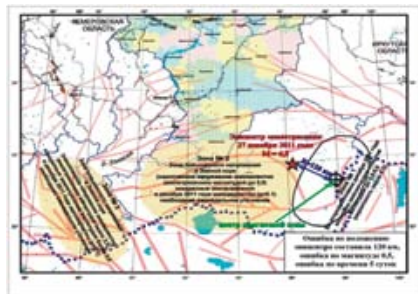


Рис. 3. Анализ данных о землетрясении 27.12.2011, M=6.5

3. Сильнейшие землетрясения в 2011-2012 гг.

В результате исследования особенностей проявлений указанных геопредвестников за два месяца до события 10 февраля 2011 г. по данным сейсмического мониторинга в зоне южнее плотины Саяно-Шушенской ГЭС в декабре 2010 года была представлена среднесрочная оценка возможного сильного землетрясения в этом районе на февраль 2011 (рис. 2). Далее, за десять суток до события зафиксировано аномальное повышение среднего фона в уровне концентрации радона в подземных водах (район курорта «Туманный»), что послужило подтверждением сделанных ранее оценок. Затем, за двое суток до землетрясения в естественном импульсном электромагнитном поле Земли (ЕИЭМПЗ) зафиксированы аномалии среднесуточного хода, которые определены как краткосрочный гео предвестник ожидаемого сильного землетрясения для выделенной очаговой зоны.

В ходе анализа данных о процессе подготовке землетрясений в Каа-Хемском районе Республики Тыва были представлены среднесрочные

оценки параметров ожидаемого сильного землетрясения по данным сейсмического мониторинга за месяц до события (рис. 3). При приближении к событию 27 декабря 2011 г. оценки подкреплялись данными электромагнитного мониторинга – за 15 суток до события наблюдался рост поля ЕИЭМПЗ, который прекратился за двое суток до события. В свою очередь уровень концентрации радона в п.н. «Кызыл» за 5 суток до события резко вырос и снизился только после реализации сильного землетрясения.

Заключение

Оперативная оценка геодинамической опасности от недавних сильных землетрясений выполнена на основе созданной системы геомониторинга для выделенных очаговых зон АССО, которая обеспечила оперативную и непрерывную регистрацию низкоэнергетических землетрясений, изменения поля ЕИЭМПЗ и концентрации радона в подземных водах.

С помощью созданной системы мониторинга и анализа комплекса геодинамических и газгидрогеохимических предвестников в 2011 г. выполнено 18 оперативных оценок (по трём параметрам: магнитуда, время и положение эпицентра), из которых 10 полностью подтвердились: по 4 оценкам параметр магнитуды землетрясения превышен, по 1 занижен, параметры время и положение эпицентра по этим оценкам полностью подтвердились; оценки не подтвердились по трём зонам. В итоге, подтверждаемость по представленным 18 оценкам (54 параметрам) составила 74%. Показана высокая эффективность предложенного аппаратного и методического обеспечения для прогностических исследований процесса подготовки сильных землетрясений в очаговых зонах АССО.

Сведения об авторах:

Кабанов Алексей Анатольевич, аспирант

Место работы: Институт вычислительного моделирования СО РАН
Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50, стр. 44, тел.: 8-923-299-97-13.

Сибгатулин Виктор Газизович, заведующий лабораторией

Место работы: Сибирский Федеральный Университет
Адрес: 660074 г. Красноярск ул. Ак. Киренского, д. 28, тел.: (391) 243-27-56. Эл. адрес: sergey@ecorp.ru, np@ecorp.ru.

Симонов Константин Васильевич, ведущий научный сотрудник, доктор технических наук

Место работы: Институт вычислительного моделирования СО РАН
Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50, стр. 44, тел.: 8-913-595-49-02. Эл. адрес: simonovkv@icm.krasn.ru.

Математическое моделирование развития пожара и эвакуации

К.Ю. Литвинцев, А.А. Дектерев, Е.С. Кирик

Введение

Тенденцией последних лет в области обеспечения пожарной безопасности, обусловленной требованиями практики, является создание специализированных комплексных программных продуктов, позволяющих моделировать развитие пожара и эвакуацию людей, визуализировать и автоматически анализировать результаты расчетов. Такие комплексы можно использовать для оценивания пожарной опасности зданий и сооружений (включая объекты наземного, водного и воздушного транспорта, объекты общественного и промышленного назначения) [1], для организации и управления экстренной эвакуацией на объектах с массовым пребыванием людей и для создания обучающих комплексов.

В статье представлены наработки авторов в области компьютерного моделирования развития пожара (полевая модель) и эвакуации (модель индивидуально-поточного типа), интеграции моделей для повышения качества расчетов, 3D визуализации процессов, а так же примеры задач в области пожарной безопасности, для решения которых можно эффективно применять численное моделирование эвакуации при пожаре.

Моделирование развития пожара

Основные задачи, которые решаются моделированием развития пожара, – определение времен блокирования опасными факторами пожара (ОФП) эвакуационных выходов и путей следования людей до выхода наружу из здания, определение времен достижения критических значений по тепловой нагрузке конструктивных элементов здания, оценка и оптимизация работы элементов системы противопожарной защиты. Для моделирования пожаров используют три модели [2, 3, 4], отличающиеся областью применимости и степенью детализации воспроизведения процесса: интегральная, зональная, полевая (computational fluid dynamics model). Полевая модель является наиболее мощным и универсальным инструментом компьютерного моделирования развития пожаров. Используя полевые модели, можно проводить расчеты пожара на объекте любой геометрической формы с учетом основных физико-химических процессов, достаточно точно учитывая условия протекания пожара.

Основу полевой модели составляет система уравнений в частных производных [5]: уравнение неразрывности, уравнения сохранения количества движения (уравнения Навье-Стокса), уравнение сохранения энергии. Полевая модель развития пожара в общем случае должна позволять рассчитывать пространственные нестационарные турбу-

лентные течения, процессы смешения и диффузии неоднородных газовых смесей, химические реакции в потоке, горение газообразных, жидких и твердых веществ, конвективный, радиационный теплообмен и процессы теплопроводности, движение дисперсной фазы (частиц дыма) в потоке газа [2, 4].

Авторами статьи разработан программный комплекс «SigmaFire», предназначенный для моделирования развития пожаров и распространения опасных факторов пожара в объектах защиты [6]. Численная методика, заложенная в пакете, основывается на дискретизации исходных дифференциальных уравнений методом контрольного объема и использовании схем второго порядка аппроксимации по времени и по пространству. Связь между полями скорости и давления реализуется при помощи эффективной SIMPLE процедуры расщепления. Тестирование программного комплекса «SigmaFire» проводилось на наборе тестовых задач, включая, например, «комнату Стеклера» (Рис. 1). Было показано хорошее пространственно-временное совпадение моделируемых характеристик с соответствующими экспериментальными данными [4].

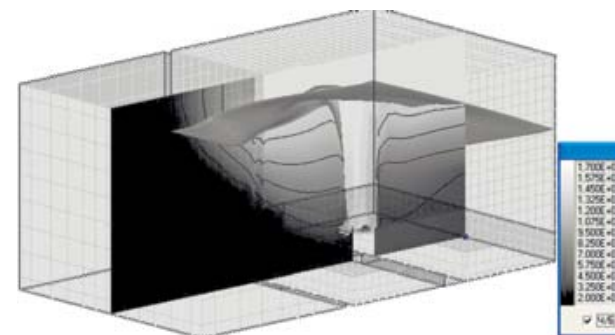


Рис. 1. Тестовая задача: «комната Стеклера». Изоповерхность (150°C) и поле температуры, °C

Моделирование эвакуации

Как правило, компьютерным моделированием эвакуации решают задачу об определении времени эвакуации из отдельных помещений, этажей, здания в целом. Однако можно решать и другие задачи: о пребывании людей в области критических значений ОФП, об организации и управлении эвакуацией. В настоящее время методы моделирования движения людей (эвакуации) интенсивно развиваются. Современные постановки задач в области пожарной безопасности обусловили активное развитие дискретные и непрерывные модели индивидуально-поточного типа [1]. Общее в этих моделях то, что движение каждого отдельного человека описывается с учетом взаимодействия с окружением. В мире насчитывается порядка 15-20 моделей достойных представителей своего класса.

Авторами статьи разработана полевая дискретно-непрерывная стохастическая модель движения людей индивидуально-поточного типа SIGMA.DC. Модель принадлежит классу индивидуально-поточных, когда моделируется движение каждого отдельного человека с учетом наличия других участников движения и граничных условий [7]. Модель является непрерывной по пространству в выбранном направлении, но предполагается лишь конечное число направлений, куда может сдвинуться человек из текущей позиции. Можно моделировать следующие явления, свойственные поточному движению: слияние, переформирование (растекание, уплотнение), неодновременность слияния потоков, образование и рассасывание скоплений, обтекание поворотов, движение в помещениях с развитой внутренней планировкой, противотоки и пересекающиеся потоки. Предусмотрена возможность учета изменения видимости (например, по причине задымления), информированности людей о планировке здания, использование различных стратегий движения (кратчайшего пути и кратчайшего времени). Размеры и формы проекции людей, скорости свободного движения могут задаваться индивидуально в зависимости от цели моделирования. Скорость движения человека зависит от плотности и удовлетворяет известным зависимостям изменения скорости с изменением плотности потока [8]. Может быть учтена, согласно данным натурных наблюдений, зависимость скорости от возраста, эмоционального состояния, группы мобильности.

Проведенные численные исследования на базовых примерах показывают хорошие стохастические и динамические свойства модели. Приведем пример: в прямом коридоре 2м x 50м поддерживались периодичные граничные условия, числовой показатель динамики величина удельного потока в контрольном сечении, $J_{\text{мод}}=N/T/2$ [чел./($\text{м}^2 \cdot \text{сек}$)], $N=1000$ – контрольное количество человек, T – время для прохождения N человек через контрольное сечение. Показано, что на малых и средних плотностях модельный поток совпадает с данными натурных экспериментов (рис. 2).

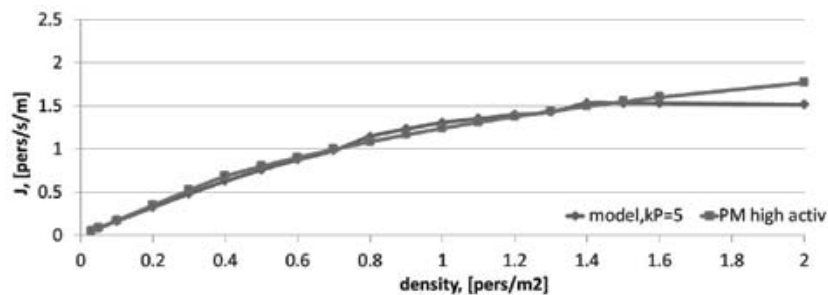


Рис. 2. Фундаментальная диаграмма, модельные и экспериментальные данные

Моделирование взаимодействия людей и ОФП

При анализе протекания пожара и эвакуации, как правило, используется простое наложение результатов расчетов по временам эвакуации и блокировки ОФП по контрольным точкам. Подобный подход, когда процессы развития пожара и эвакуации рассматривается практически независимо, существенно снижает ценность полученных результатов. Для полноценного анализа исхода эвакуации при пожаре требуются взаимосвязанные расчеты эвакуации и развития пожара. На сегодняшний день в мире программ, реализующих этот подход, насчитываются единицы [1]. В первую очередь это обусловлено сложностью задачи в вопросе формализации реакции человека на пожар.

Интеграция данных по распространению ОФП и эвакуации в едином программном комплексе может осуществляться несколькими способами и с различным уровнем учета взаимного влияния процессов эвакуации и распространения ОФП.

Наиболее сложным вариантом является взаимная интеграция математических моделей расчета эвакуации и распространения ОФП, когда обе модели взаимодействуют друг с другом: учитывается влияние ОФП на движение людей и влияние людей на распространение ОФП соответственно.

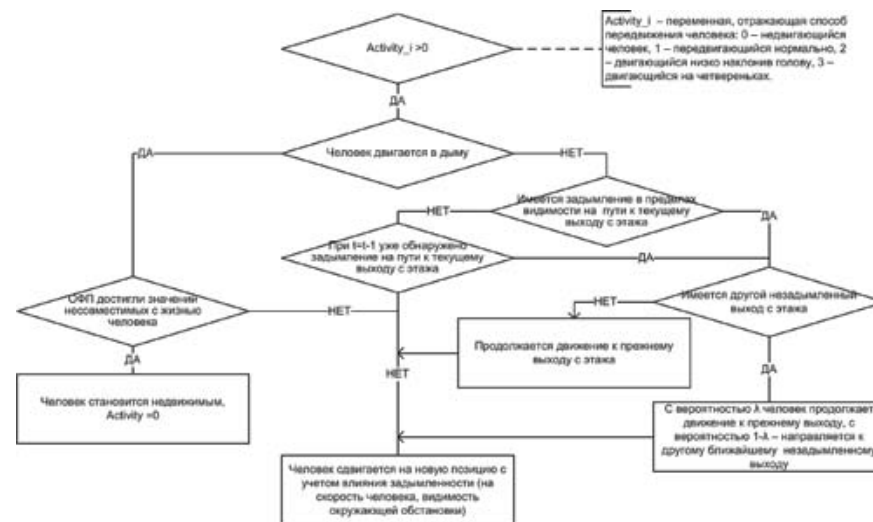


Рис. 3. Логическая схема процесса реакции человека на задымленность текущего пути

Авторами формализована в первом приближении реакция человека на признаки пожара [9]. Принимается, что для человека наличие дыма с оптической плотностью $\mu > 0.238$ (соответствующей видимости 10 м и ниже) на заданном расстоянии от текущей позиции, является опреде-

ляющим индикатором наличия пожара в этом направлении. Решение «идти в задымленную область» или «нет» принимается не однозначно, а с определенной вероятностью, которая является обратной функцией от оптической плотности дыма μ . Скорость движения человека изменяется также в зависимости от значения оптической плотности дыма. На рис. 3 схематично представлена используемая в модели формализация (логическая схема) процесса реакции человека на задымленность текущего пути.

В процессе эвакуации люди могут влиять на протекание пожара, изменяя состояние дверей и окон, используя системы противопожарной защиты. Эти изменения структуры здания человеком происходит в процессе эвакуации естественным образом, например: люди, проходя через дверь с доводчиком, открывают дверной проем, который до этого был закрыт, что может привести к смене структуры течения газов и в конечном счете к изменению скорости и характера распространения ОФП.

С точки зрения полевой модели расчета распространения ОФП происходящие изменения означают, что изменяются граничные условия (разбитые окна, открытые/закрытые внутренние двери и двери наружу и т.п.). То есть модель должна быть адаптирована к наличию динамических граничных условий. Это реализуется следующим образом. Для заданных элементов или областей границ задается список возможных типов границ. Начальный момент определяется как базовое состояние системы. Далее по данным, получаемым из модуля расчета эвакуации полевым методом, происходит определение текущего состояния границ и соотнесение с определенным типом из заданного списка границ. Следующий расчетный шаг выполняется с учетом новых значений граничных условий. Таким образом, имитируется воздействие людей на протекание пожара.

Визуализация в 3D

Современные средства 3D-визуализации являются необходимым и наглядным инструментом при анализе результатов пространственно-временного моделирования: распространение ОФП и движения людей при эвакуации (Рис. 4). Эффективность проведения визуального анализа обеспечивается интерактивностью интерфейсной среды визуализации. Графические представления в форме цветовых распределений или функциональных зависимостей значительно упрощают восприятие информации.

Расчет поля оптической плотности дыма требуется не только для решения задачи радиационного теплообмена, но и для определения, поля видимости параметра, описывающего возможность ориентации человека в дыму. В этом случае лучше использовать лучевые методы для определения потери видимости [10], когда из точки отсчета испускается луч вдоль выбранного направления, и рассчитывается его

ослабление. В случае визуализации дыма из каждого пикселя экрана выпускается луч, который делится на равные отрезки, на каждом таком отрезке определяется пропускательная способность (прозрачность). После чего определяется видимость для наблюдателя соответствующей области пространства вдоль луча. Это позволяет отображать 3D визуализацию дыма, основанную на расчете развития пожара, и создавать реалистичные тренажеры в области пожарной безопасности (Рис. 5).

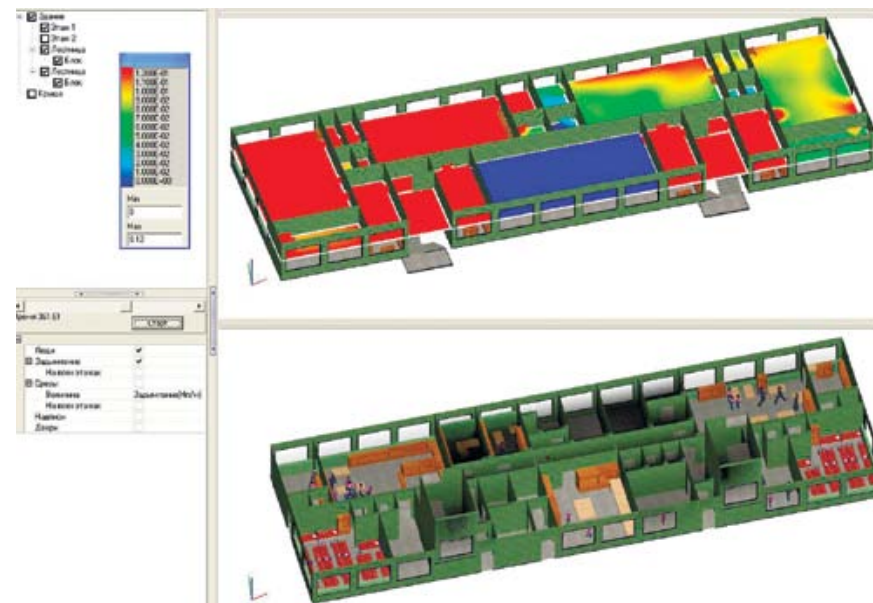


Рис. 4. 3D визуализация распространения ОФП и эвакуации



Рис. 5. Задымление коридора

Использование моделирования эвакуации и пожара для решения задач пожарной безопасности

Моделирование пожаров и эвакуации является удобным инструментом при решении задач в области пожарной безопасности. Заданием начальных и краевых условий можно максимально близко моделировать исследуемую ситуацию на объекте.

Варьируемые параметры моделей являются параметрами исследуемого объекта. Как следствие, моделирование позволяет исследовать влияние этих параметров на безопасность текущих условий эксплуатации объекта. Варьируемыми параметрами являются: расположение очага пожара, масса и площадь горючего материала, характеристики материалов ограждающих конструкций, количество и размещение противопожарных дверей, расположение элементов системы противопожарной защиты, технические характеристики элементов системы противопожарной защиты, количество и расположение людей в начальный момент времени, группа мобильности человека, возрастная группа человека, площадь проекции человека, категория движения (эмоциональное состояние) человека и пол человека (определяют скорость свободного движения), время начала эвакуации, расположение мебели, состояние эвакуационных выходов, состояние внутренних дверей.

С помощью моделирования можно решать такие задачи пожарной безопасности:

- подготовка персонала, отвечающего за ПБ, к управлению эвакуацией на объекте на основе предварительного анализа результатов расчетов различных сценариев развития пожар и эвакуации;
- организация видео-информационной поддержки посетителей мест массового пребывания людей о правилах поведения при пожаре, планировке здания, эвакуационных выходах, путях эвакуации в штатном режиме и ЧС-режиме;
- априорная оценка безопасности для жизни и здоровья людей планировочных решений при организации массовых мероприятий;
- оценка безопасности для жизни и здоровья людей планировочных решений на этапе проектирования зданий и сооружений;
- расчет пожарных рисков.

Современной тенденцией является создание компьютерных симуляторов (тренажеров) – программные комплексы, используемые для моделирования различных ситуаций с целью изучения развития процесса и отработки действий по предупреждению и управлению процессами. В данном случае таким процессом является управление эвакуацией при пожаре. В качестве примера подобного программного продукта приведем учебный программный комплекс «Виртуальный тренажер по пожарной безопасности», предназначенный для образовательных

учреждений. Его отличительной особенностью является возможность отрабатывать навыки действий при ЧС в здании образовательного учреждения в условиях приближенных к реальным, что существенно повышает эффективность подготовки учащихся [11].

Заключение

В статье представлены особенности математической постановки задач моделирования эвакуации и развития пожара; затронуты вычислительные аспекты компьютерной реализации соответствующих моделей; предложен подход для проведения взаимосвязанных расчетов; перечислены практические задачи из области пожарной безопасности, решение которых стало реальным с появлением возможности моделировать и визуализировать процессы эвакуации и развития пожара на компьютере.

Список литературы

1. Hanea, D.M. Human Risk of Fire: Building a decision support tool using Bayesian networks. Wöhrmann Print Service. 2009, 227 p.
2. Guan H.Y., Kwok K.Y. Computational fluid dynamics in fire engineering: theory, modelling and practice. - Oxford: Butterworth-Heinemann, Elsevier Science and Technology, ISBN: 978-0-7506-8589-4, 2009. p. 560.
3. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие - М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 120 с.
4. Литвинцев К.Ю., Дектерев А.А., Необъявляющий П.А. Моделирование развития пожаров в зданиях // Тепловые процессы в технике, 2011, том 3, №1. с. 9-11.
5. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоиздат., 1984. 154 с.
6. Свидетельство № 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 (oFire)», рег. 11 мая 2010г.
7. Kirik E., Yurgel'yan T., Malyshev A. On discrete-continuous stochastic floor field pedestrian dynamics model SIGMA.DC // In the book "Emergency evacuation of people from buildings", 2011. p. 155-161.
8. Холщевников В.В., Самошин Д.А. Эвакуация и поведение людей при пожарах. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009, 212с.
9. Kang K.A Smoke model and its application for smoke management in an underground mass transit stations // Fire Safety Journal. 2007. Vol. 42. p. 218–231.

Экспертная модель анализа пожарной опасности в сельских населенных пунктах на основе нейронных сетей

Ф.А. Абдулалиев, А.В. Иванов

Специфика пожара такова, что при определении оценки пожарной опасности, особенно крупных и сложных объектов, требуется большое количество справочной информации, расчетных методов и моделирования обстановки на пожаре. При этом отмечается недостаточность исходных данных, необходимых для определения оценки пожарной опасности развития пожаров, в том числе методов расчетного обоснования последствий пожаров.

Любой подход в моделировании, будь то физический или математический, представляет комплексную и сложную задачу для исследователей. Понятие моделирования пожаров охватывает физико-математическое представление всех процессов, так или иначе связанных с возникновением и развитием пожара, включая воздействие опасных факторов пожара (ОФП) на человека, поведение людей в экстремальных ситуациях, стратегию и тактику пожаротушения, оценку потенциального и фактического ущерба от пожара.

Бесконтрольное наращивание производственных мощностей, концентрация источников повышенной опасности представляют серьезную угрозу для людей. Кроме того, возможны различные стихийные бедствия, которые наносят огромный ущерб народному хозяйству, приводят к гибели людей. Под объектами сельской местности понимаются здания и сооружения промышленного назначения, жилого сектора, и т. п.

Современные математические программы (интегральные, зонные и полевые), разработаны для расчета развития пожара в замкнутых пространствах (помещениях). Однако пожары на открытых территориях особенно в сельских населенных пунктах, отличаются большими масштабами, необходимостью учета погодных условий (максимальная и минимальная температура воздуха, атмосферные осадки, направление ветров), конструктивными особенностями зданий и сооружений, удаленность пожарных частей, наличием и расположением водисточников и т.д. Предупреждение пожаров в сельских населенных пунктах, граничащих с лесными массивами, становятся все более и более актуальной задачей. События «жаркого лета» 2010-2011 гг. наглядно показали, что существует проблема их предупреждения, локализации и тушения. Пожарные подразделения ни всегда способны предотвратить стихийное бедствие в сельской местности, особенно в условиях ограниченности сил и средств. Причина данных обстоятельств чаще всего заключается в отсутствии исследования системных связей противопожарного состояния объекта и обстоятельств. При повышении

10. Кирик Е.С., Юргельян Т.Е., Малышев А.В., Дектерев А.А., Литвинцев К.Ю., Мельник А.А., Антонов А.В. О формализации реакции человека на пожар и интеграция моделей эвакуации и развития ОФП // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2011, 3, с.59-68.
11. Бадмаева К.В., Кирик Е.С., Литвинцев К.Ю. и др. Об инновационном подходе в области обучения пожарной безопасности в образовательных учреждениях // Материалы XII Всероссийской конференции «Проблемы информатизации региона» (ПИР-2011). – Красноярск: Сиб фед. ун-т, 2011. с. 7-10.

Сведения об авторах:

Литвинцев Кирилл Юрьевич, инженер, кандидат физико-математических наук.

Место работы: Красноярский филиал Института теплофизики им С.С. Кутателадзе СО РАН.

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50, стр. 44, к. 501, тел.: 8 (391) 249 47 26. Эл. адрес: sttupick@yandex.ru.

Дектерёв Александр Анатольевич, заведующий кафедрой, кандидат технических наук.

Место работы: Институт инженерной физики и радиоэлектроники Сибирский Федеральный Университет.

Адрес: 660074, г. Красноярск ул. Ак. Киренского, 28, тел.: (391) 249-88-51, (391) 249-47-26. Эл. адрес: mantonida64@mail.ru, dekterev@mail.ru

Кирик Екатерина Сергеевна, старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук.

Место работы: Институт вычислительного моделирования СО РАН.

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50, стр. 44. Эл. адрес: kirik@icm.krasn.ru

эффективности объектов сельской местности необходимо четко про- рабатывать их противопожарную защиту, не допуская отступлений от нормативных требований, в противном случае, будем иметь огромный материальный ущерб, человеческие жертвы, негативные социаль- но-психологические и экологические последствия с соответствующим реагированием со стороны общественности и прокуратуры. Таким образом, системное исследование моделирования описания процессов возникновения и развития пожара лежит в основе успешного приме- нения комплекса противопожарных мер на любом объекте.

Анализ доступной научной, нормативно-технической, зарубежной и отечественной литературы в области пожарной безопасности показал, что вопрос прогнозирования развития пожаров в сельских населенных пунктах, является, безусловно, актуальным (особенно в нашей стране). Пожары на объектах различного в деревнях, садоводствах и т.п., проис- ходят ежегодно, ставшие для нашей страны, традиционными (табл. 1). Единая научная концепция создания математической модели для прогнозирования развития пожара в сельских населенных пунктах отсутствует на данный момент. Поэтому, возникает необходимость совершенствования методов прогнозирования пожаров в сельских на- селенных пунктах.

Основной целью моделирования является исследование различных объектов, и предсказание результатов будущих наблюдений. Матема- тическое моделирование и связанный с ним компьютерный экспери- мент незаменим в случаях, когда натурный эксперимент невозможен или затруднен по тем или иным причинам. Однако все это вполне мож- но сделать на компьютере, построив предварительно математические модели изучаемого явления. В целом изучение литературных источни- ков позволило осуществить постановку на диссертационное исследова- ние задачи, удовлетворяющей требованиям научной и практической новизны и значимости.

Таблица 1. Характеристика обстановки на пожарах в сельских поселениях Ленинградской области (пример из статистики)

№	Основные характеристики							
	Дата пожара	27.03.11	02.04.11	24.04.11	04.05.11	02.06.11	08.07.11	
2	Скорость ветра и температура	м/с	↑ 3 ясно	→ 5 пасмурно	→ 2 ясно	✓ 6 облачно	↘ 6 облачно	✓ 2 облачно
		С°	12	+6	+6	+4	+20	+22
3	Расстояние до пожара от ПЧ, км	8	40	17	15	10	16	
4	Время следования, мин $t_{\text{прибытия}} - t_{\text{сообщения}}$	14	37	19	15	18	20	
5	Время подачи первых ств, мин $t_{\text{подачи}} - t_{\text{сообщения}}$	15	38	20	16	19	21	

6	Время локализации, мин $t_{\text{лок}} - t_{\text{прибытия}}$	26	36	20	77	102	16
7	Количество л/с, $N_{\text{ПА}} \cdot 3$ ед.	6	6	6	6	6	6
8	Расход воды, Q л/сек $Q = N_{\text{ст}} \cdot q_{\text{ст}} + N_{\text{ст}} \cdot q_{\text{стц}}$	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
9	Расстояние водоисточника, м	ПГ, 1000	ПВ, 400	ПВ, 150	ПГ, 700	ПВ, 1000	ПГ, 1000
10	Степень огнестойкости	V	V	V	V	V	V

При определении оценки пожарной опасности в постройках сель- ского типа рассматривались две проблемы. В первой принимали во внимание факторы, влияющие на развитие распространение пожара. Вторая проблема была связана с точностью обработки данных. Путем решения проблем стало использование *нейронных сетей*.

Обучающиеся нейронные сети позволяют моделировать явления при трудности или невозможности получения закономерностей происходя- щих процессов *a priori*. Нарастив сложность такой нейронной сети, можно получить более точные и более полные предсказания. Основой использования данного подхода является нахождение удачной форма- лизации изучаемого явления в терминах входных и выходных сигналов, подбор свойств нейронной сети и выбор набора данных для обучения.

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

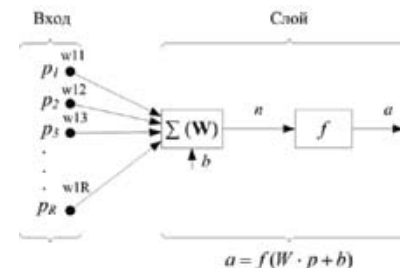


Рис. 1. Структурная схема нейронной сети

Элементарной ячейкой нейронной сети является *нейрон*. Нейрон с одним вектором входа p с R элементами p_1, p_2, \dots, p_R показан на рис. 1. Здесь все элементы входных сигналов умножаются на весовые коэф- фициенты $w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1R}$, и взвешенные значения передаются на сум- матор. Их сумма равна скалярному произведению вектора – строки w на вектор входа p . Нейрон дополняется скалярным смещением b , кото- рое суммируется со взвешенной суммой входов. Результирующая сум- ма n равна формуле (Ф.1) и служит аргументом функции активации f .

$$n = w_{11}p_1 + w_{12}p_2 + w_{1R}p_R + b \quad (\Phi.1)$$

Функцией активации f , как правило, является логическая функция активации $\text{logsig}(n) = 1/(1 + \exp(-n))$. Сети обычно имеют несколько слоев. Каждый слой характеризуется своей матрицей весов W , смещением b , операциями умножения $w * p$, суммирования, функцией активации f и вектор выхода a . В сети каждый элемент вектора входа соединен со всеми входами нейрона, и это соединение задается матрицей весов W ; при этом каждый нейрон включает суммирующий элемент, который формирует скалярный выход n . Совокупность скалярных функций n объединяется в вектор входа n функции активации слоя. Выходы слоя нейрона формируют вектор столбец a , и, таким образом, описание слоя нейронов имеет вид:

$$a = f(W * p + b) \quad (\Phi.2)$$

Количество входов R в слое может не совпадать с количеством нейронов S . В каждом слое, как правило, используется одна и та же функция активации. Каждый нейрон генерирует определенную часть выходов. Элементы вектора входа передаются в сеть через матрицу весов W , имеющую вид:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1R} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2R} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{S1} & w_{S2} & \dots & w_{SR} \end{bmatrix} \quad (\Phi.3)$$

Заметим, что индексы строк матрицы W указывают адресатов (пункты назначения) весов нейронов, а индексы столбцов – какой источник является входом для этого веса. Таким образом, элементы матрицы весов $w = W$ определяют коэффициент, на который умножается второй элемент входа при передаче его на первый нейрон.

Обучение сети

Процесс обучения требует набора примеров ее желаемого поведения – входов p и желаемых (целевых) выходов t ; во время этого процесса веса и смещения настраиваются так, чтобы минимизировать некоторый функционал ошибки. По умолчанию в качестве такого функционала для сетей принимается среднеквадратичная ошибка между векторами выхода a и t .

При обучении сети рассчитывается некоторый функционал, характеризующий качество обучения:

$$J = \frac{1}{2} \sum_{q=1}^Q \sum_{i=1}^{SM} (t_i^q - a_i^{qSM})^2, \quad (\Phi.4)$$

Где J – функционал; Q – Объем выборки; M – число слоев сети; q – номер выборки; SM число нейронов выходного слоя; $a^q = [a_i^{qSM}]$ – вектор сигнала на выходе сети; $t^q = [t_i^q]$ – вектор желаемых (целевых) значений сигнала на выходе сети для выборки с номером q .

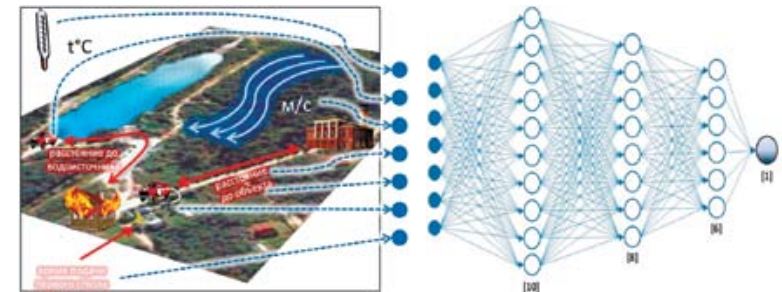
Для того чтобы, обучить нейронную сеть применяемую в исследовании процесса распространения пожаров в сельских поселениях, использовался математический пакет MATLAB®, в качестве входных характеристик были взяты статистические данные 50 пожаров в сельских населенных пунктах, произошедших в Ленинградской области в период с 2009 по 2011 г. (таблица 1).

В качестве входных данных модели использовали: скорость ветра, температура, расстояние от ПЧ до пожара, время следования, время подачи первых стволов, время локализации, расстояние до водоисточника (рисунок 2).

В ходе исследования построена 4х-слойная нейронная сеть:

- 10 нейронов в первом слое
- 8 нейронов во втором слое
- 6 нейронов в третьем слое
- 1 нейрон в последнем.

Слой выбираются с помощью экспертной оценки. Максимальное отклонение в обученной нейронной сети составляет $5,2 \cdot 10^{-5}$. Максимальное количество циклов обучения составило 1200. Связи элементов сети обозначены стрелками. Входные элементы получают информацию непосредственно от статистических данных по пожарам. Выходной элемент является показателем для определения площади пожара.



- Входные элементы, принимающие статистические данные о пожарах
- Один выходной элемент, являющийся показателем для определения площади пожара

Рис. 2. Схема применения нейронной сети для оценки пожарной опасности сельских населённых пунктов

При апробации результатов исследования, была проведена оценка пожарной опасности исходя из статистических данных, полученных в 2011 году (таблица 2).

Таблица 2. Апробация результатов исследования

Площадь пожара		Коэффициент применимости F_A	Коэффициент применимости F_A^{HC} обученный нейронными сетями	$\Delta = [F_A^{HC} - F_A]$	$\delta = (\Delta / F_A^{HC}) * 100\%$
$S_{факт}$ (м ²)	$S_{расчет}$ (м ²)				
106	186	1,75	1,79	0,04	2,23
120	370	3,08	3,16	0,08	2,53
105	320	3,04	3,13	0,09	2,87
90	182	2,02	2,05	0,03	1,46
115	200	1,73	1,81	0,08	4,41
112	170	1,51	1,67	0,16	9,58
156	275	1,76	1,83	0,07	3,82
100	148	1,48	1,55	0,07	4,51
108	208	1,92	2,08	0,16	7,69
106	172	1,62	1,65	0,03	1,81

Таким образом, исследование показало, что моделирование развития пожара в сельских поселениях пунктах с применением функции нейронной сети, учитывая определенные данные, позволит дать оценку пожарной опасности в сельских населенных пунктах.

Список литературы

1. Терещнев В.В. Пожарная тактика. Понятие о тушении пожара. – Екатеринбург: Изд-во «Калан», 2010.
2. Артамонов В.С. Пожарная тактика: учебное пособие – СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС РФ, 2011.
3. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000.
4. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. Пер. с англ. – М.: изд. «Вильямс», 2001. – 290 с.
5. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6 – М.: изд. Диалог-МИФИ, 2002. – 496 с.

Сведения об авторах:

Абдулалиев Фарид Абдулалиевич, адъюнкт факультета подготовки и переподготовки научных и научно-педагогических кадров.

Иванов Алексей Владимирович, заместитель начальника факультета подготовки и переподготовки научных и научно-педагогических кадров, кандидат технических наук.

Место работы: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: Санкт-Петербург, Московский проспект, 149. Эл. адрес: hasfarid@inbox.ru, spark002@mail.ru.

Концепция проекта распределенной автоматизированной системы мониторинга деятельности курсантов Сибирского института пожарной безопасности

А.А. Мельник, В.С. Коморовский, С.П. Якимов, Л.Д. Якимова

Современное образование в настоящее время испытывает серьезные проблемы. Ряд авторов [1, 2, 3] отмечают, что образование во всем мире становится менее эффективным, возрастает его продолжительность, нагрузка на учащегося, а остаточные знания, шокируют своим низким уровнем. Выпускники образовательных учреждений не умеют пользоваться элементарными математическими навыками, имеют фрагментарные представления об устройстве окружающего мира. Несмотря на то, что сейчас больше используется в системе образования привлекательных средств (красочных учебников, видео- и аудиоматериалов), доля учащихся, испытывающих тягу к обучению, к овладению сложными знаниями и навыками, недопустимо мала и объективно имеет тенденцию к снижению.

Сложившееся положение обусловлено рядом причин, носящих объективный характер. Прежде всего, следует отметить количественные и качественные изменения в содержании общечеловеческой культуры, в ее материальной составляющей. Если в начале XX века образование рассматривалось обществом в качестве обязательного условия для смены социального статуса и следовательно значительного повышения материального благосостояния, то к его окончанию и с началом XXI столетия ситуация резко изменилась. Граждане развитых стран живут в комфортабельных условиях и имеют доступ ко всем основным благам цивилизации вне зависимости от полученного образования и социального положения. Названные изменения объективно не могли не сказаться на самоопределении учащихся, т.к. значительная часть мотивов была связана именно с материальным благосостоянием. Ситуация в России усугубляется изменением состава неформальных субъектов образования, вызванным политической конъюнктурой и невниманием государства и общества к проблемам воспитания – основного процесса, призванного формировать мотивационную составляющую самоопределения личности. Профессионально занимающиеся этим формальные субъекты образования (пионерская организация, комсомол) вместо реорганизации были ликвидированы, образовавшуюся пустоту заняли неформальные объединения, зачастую носящие деструктивный характер.

В сложившихся условиях повышение эффективности учебного процесса в первую очередь следует связывать с повышением заинтересованности учащихся в получении знаний, повышении уровня их

мотивации. Традиционно одним из наиболее эффективных приемов, позволяющих достичь этой цели, считается внесение в учебный процесс элементов соревновательности или, если использовать современную терминологию – конкурентности.

Сказанное в полной мере относится к проблемам, стоящим перед Сибирским институтом пожарной безопасности. Отличительная особенность института заключается в том, что он является образовательным учреждением закрытого типа. В течение всего периода обучения учащиеся (курсанты) большую часть времени проводят в его стенах. Распорядок дня строго регламентирован, ориентирован не только на обучение, но и на воспитание будущего офицера. В этих условиях на первое место выходят требования учета всех сторон деятельности учащихся, а не только непосредственно связанных с требованиями учебного процесса.

Цель настоящего проекта – создать объективные условия для повышения качества учебного процесса в Сибирском институте пожарной безопасности. Для достижения поставленной цели необходимо обеспечить решение следующих задач:

1. Провести системный анализ сложившегося на текущий момент в Сибирском институте пожарной безопасности учебного процесса, выявить его особенности
2. Подготовить предложения по реорганизации учебного процесса, в том числе, разработать систему комплексной оценки качества подготовки курсантов применительно к особенностям высших учебных заведений пожарно-технического профиля.
3. Разработать проект распределенной системы комплексного мониторинга всех значимых сторон деятельности курсантов, обеспечивающий интеграцию вновь разрабатываемого программного обеспечения с уже внедренным в учебный процесс.

Внутренними пользователями проектируемой информационной системы являются

1. Руководство института – система должна обеспечить его информацией о ходе образовательного процесса, осуществлять поддержку в принятии управленческих решений
2. Руководство курсов и факультетов – определение направления работ, принятие обоснованных решений о поощрении и наказании курсантов по итогам их деятельности.
3. Преподаватели кафедр – оценка успешности освоения учебного материала курсантами
4. Руководители СНК – оценка деятельности курсантов в СНО
5. Ответственные за воспитательную работу и служебную подготовку курсантов – отслеживание и оценивание процесса несения службы.

Внешними пользователями системы являются курсанты, родители, опекуны и другие заинтересованные субъекты образовательного процесса – для своевременного получения информации о его динамике и результатах.

Нами был проведен экспертный опрос потенциальных внутренних пользователей системы, который позволил выявить следующие особенности, которые должны быть учтены при реализации проекта:

1. Исполнения в сжатые сроки. Необходимость системы остро назрела и как показал опрос, это понимают все участники проекта.
2. На текущий момент не возможно четко сформулировать все требования к разрабатываемому ПО, они могут существенно меняться по ходу его выполнения.
3. Проект является инициативным и выполняться будет, по крайней мере на ранних этапах, в условиях ограниченности бюджета.
4. Проектируемая система не должна вызывать отторжения у преподавателей – основных поставщиков информации о деятельности курсантов. С этой целью она должна по возможности предоставить им интерфейсы для использования привычных, традиционно сложившихся систем расчета рейтингов по отдельным аспектам деятельности курсантов путем подключения исполняемых модулей или настройки справочников системы. В первую очередь это касается системы мониторинга успеваемости «Электронный журнал», эксплуатируемой в настоящее время.
5. Необходимость разбиения проекта на функциональные компоненты, разработка и внедрение которых может вестись последовательно.

Выявленные аспекты обусловили выбор для разработки системы методологии RAD (от англ. *rapid application development* — быстрая разработка приложений) — концепции создания средств разработки программных продуктов, уделяющей особое внимание скорости и удобству программирования, созданию технологического процесса, позволяющего программисту максимально быстро создавать компьютерные программы.

6. Низкая вычислительная сложность ПО.

Область применения результатов проекта – использование информационных технологий для комплексной автоматизации учета деятельности курсантов учебного заведения пожарно-технического профиля. Для разрабатываемой системы была выбрана трехуровневая архитектура «клиент-сервер».

Автоматизированная система будет обладать модульной структурой. Должны быть реализованы следующие модули:

Модуль администрирования:

- Редактирование справочников системы

- Предоставление доступа к системе;
- Обеспечение информационной безопасности прикладной части системы и данных;
- Создание структурных и функциональных ролей;
- Определение функциональности роли;
- Управление учетными записями пользователей (включая выдачу соответствующих структурных и функциональных ролей пользователям системы);
- Протоколирование действий пользователя и изменения данных;

Модуль учета деятельности курсантов:

- Учет деятельности, связанной с обучением ;
- Учет деятельности, связанной с воспитанием ;
- Учет деятельности, связанной с развитием;

Модуль мониторинга

- Мониторинг рейтинга работы курсантов;
- Мониторинг рейтинга работы учебных подразделений: групп, факультетов;

Модуль «Конструктор отчетов»:

- Подготовка и выполнение редактируемых табличных отчетов в формате MS Office на основе predetermined relational запросов;

Подготовка и выполнение многомерных отчетов на основе predetermined OLAP-представлений.

- Web-модуль
- Обеспечение информационной поддержки внешних пользователей информационной системы;
- Предоставление функций встроенной почтовой подсистемы, обеспечивающей информирование пользователей (в том числе внешних) о значимых событиях в информационном ресурсе.

Реализацию проекта предлагается выполнять в несколько этапов. На первом этапе формируется модуль учета деятельности курсантов и разрабатывается иерархически упорядоченная система показателей, характеризующих различные аспекты их деятельности с учетом особенностей сложившегося технологического процесса. Проведенный опрос показал, что подлежащие учету показатели условно можно разбить на 5 непересекающихся тематических групп, перечисленных по мере убывания значимости:

1. Успеваемость по предметам. В настоящее время в вузе накоплен опыт успешной эксплуатации ИС «Электронный журнал» и представляется рациональным рассмотреть вопросы ее интеграции с проектируемой ИС.

2. Служебная подготовка.
3. Спортивная подготовка
4. Научная работа
5. Социально-значимая деятельность.

Более подробная классификация будет выполняться на последующих этапах по мере накопления данных.

На втором этапе программной реализации подлежит модуль мониторинга рейтинга индивидуальной работы курсанта. К моменту завершения работ по второму этапу в базах данных учетного модуля должны быть накоплены данные, позволяющие сделать экспертное сравнение деятельности отдельных курсантов [ссылка на Орлова] и на его основании определить весовые коэффициенты для различных аспектов деятельности курсантов при подсчете рейтинга. На третьем этапе разрабатывается модуль генерации редактируемых отчетов в формате MS Office и web-приложение. В ходе реализации основных модулей системы решаются вопросы ее интеграции с уже действующим программным обеспечением смежного назначения (уже упоминавшаяся ИС «Электронный журнал», система кадрового учета и пр.), а так же по мере необходимости дополняется и дорабатывается модуль администрирования.

Список литературы

1. Марфенин. Чему и как учить для устойчивого развития? / Россия в окружающем мире: 2010. Устойчивое развитие: экология, политика, экономика: Аналитический ежегодник – М.: Изд_во МНЭПУ, 2010. – С. 146-177.
2. Джурицкий А. Н. Сравнительная педагогика: Учеб. пособие для студ. сред. и высш. пед. учеб. заведений. - М. : Издательский центр «Академия», 1998. - 176 с.
3. Турченко, Колесников Л.. Стратегия образования в России: кризис и перспективы. // Обозреватель-Observer, №9, 1997

Сведения об авторах:

Мельник Антон Анатольевич, заместитель начальника Сибирского института пожарной безопасности – филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России по научной работе – начальник Центра, кандидат технических наук.

Место работы: Центр НИОКР Сибирский институт пожарной безопасности – филиал Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50А, корпус 2, тел. 8-913-516-33-01. Эл. адрес: melnik-sib.centri@mail.ru.

Коморовский Витольд Станиславович, старший научный сотрудник, кандидат технических наук

Место работы: Центр НИОКР Сибирский институт пожарной безопасности – филиал Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50А, корпус 2, тел.: 8-913-830-85-99. Эл. адрес: kvs.cniokr@igps.ru.

Якимов Сергей Петрович, доцент, кандидат технических наук

Место работы: ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»

Адрес: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82. Эл. адрес: ysp2005@yandex.ru.

Якимова Любовь Дмитриевна, доцент, кандидат технических наук.

Место работы: ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет».

Адрес: Адрес: 660049, г. Красноярск, пр. Мира, 82, тел.: (391) 265-30-01, 8-902-963-22-59. Эл. адрес: lyubov-yakimova@yandex.ru.

Разработка методики повышения точности прогнозирования количества пожаров

А.Н. Батура

Введение

Необходимость составления прогноза пожаров на период 1-2 месяца обусловлена решением задач планирования обеспечения подразделений ГПС МЧС России, решения кадровых вопросов, определение режимов несения службы. Особенно актуальным это является в труднодоступных районах Крайнего Севера и обширных по площади регионах Сибири, где своевременное обеспечение подразделений всем необходимым может быть затруднено как протяженностью путей сообщения, так и погодными условиями. Кроме того, оперативный прогноз необходим для организации и проведения работ профилактики и предотвращению пожаров.

Данная работа проводилась в рамках решения задачи разработки универсальной методики прогнозирования количества техногенных пожаров в различных регионах России. Существующая в подразделениях МЧС России практика использования показателя «Аналогичный период прошлого года» как основы построения прогнозов и отчетности не в полной мере использует потенциал ретроспективных данных.

Использование автокорреляционных функций для прогнозирования временных рядов широко используется в экономике, демографии, метеорологии [1, 2, 3]. Однако для решения задач обеспечения техногенной безопасности данный метод используется сравнительно редко [4], а в русскоязычной литературе за последние 10 лет работы подобной направленности, по сведениям авторов, не встречаются вообще.

Целью данной работы является разработка методики оценочного оперативного прогнозирования количества техногенных пожаров на примере регионов Сибири и Дальнего Востока.

Автокорреляционная модель процесса возникновения пожаров

Рассмотрим данные о количестве пожаров в Красноярском крае по месяцам за период с января 2006 года по июнь 2011 [5]. На рис. 1 приведен график изменения количества пожаров за 66 месяцев.

Как можно заметить из рис. 1 зависимость количества пожаров от времени представляет собой периодическую функцию с линейным убывающим трендом (линия тренда добавлена на рисунке). Для составления прогноза воспользуемся методами прогнозирования временных рядов.

Предположим, что возникновение техногенных пожаров представляет собой стационарный процесс $y(t)$. Найдем автокорреляционную функцию этого процесса.



Рис. 1. Динамика пожаров в Красноярском крае

Основными статистическими характеристиками временного ряда являются математическое ожидание:

$$\bar{y}(t) = M[y(t)],$$

$$\text{дисперсия: } \sigma^2(t) = D[y(t)],$$

и автокорреляционная функция временного ряда:

$$\rho(t, s) = \frac{M[(y(t) - y(t)) * (y(s) - y(s))]}{\sigma(t) * \sigma(s)},$$

где $\sigma(t)$, $\sigma(s)$ – средние квадратические отклонения [6, 7]. В приведенных формулах и далее черта над переменной означает осреднение по времени.

Оценками автокорреляционной функции являются выборочные коэффициенты автокорреляции:

$$r(t, t-L) = \frac{\overline{(y(t) * y(t-L))} - \overline{(y(t))} * \overline{(y(t-L))}}{s(t) * s(t-L)},$$

где

$$s(t) = \sqrt{\overline{(y(t) * y(t))} - \overline{(y(t))} * \overline{(y(t))}},$$

$$s(t-L) = \sqrt{\overline{(y(t-L) * y(t-L))} - \overline{(y(t-L))} * \overline{(y(t-L))}},$$

$$\overline{y(t) * y(t-L)} = \left(\frac{\sum_{i=1+L}^N y(i)y(i-L)}{N-L} \right), \quad \overline{y(t) * y(t)} = \left(\frac{\sum_{i=1+L}^N y(i)y(i)}{N} \right),$$

$$\overline{y(t)} = \left(\frac{\sum_{i=1+L}^N y(i)}{N-L} \right), \quad \overline{y(t-L)} = \left(\frac{\sum_{i=1+L}^N y(i-L)}{N-L} \right).$$

Здесь N – длина ряда, величина лага L .

Коррелограмма процесса возникновения пожаров в Красноярском крае представлена на рисунке 2. Пунктирными линиями показан интервал доверительной трубки при доверительной вероятности 0,95. Количество лагов $L = 15$ было взято несколько большим, чем период колебания количества пожаров.



Рис. 2. Коррелограмма

Статистический критерий Дарбина – Уотсона для приведенных данных составляет $DW = 0,059$, при $DW_{up} = 1,634$ $DW_{low} = 1,574$. Следовательно, можно предположить наличие положительной автокорреляции, по крайней мере, первого порядка. Проверка значимости коэффициентов автокорреляции по критерию Стьюдента на уровне значимости 0,05 показывает, что все коэффициенты значимо отличаются от нуля. Как мы видим из рисунка 2, максимальные коэффициенты автокорреляции приходятся на $L = 1$ и $L = 12$, что говорит о наличии выраженной тенденции (тренда) и выраженной периодичности колебаний количества пожаров, с периодом в 12 месяцев. Это хорошо согласуется с априорной информацией.

Модель процесса будем искать в виде:

$$y(t) = a_1 y(t-1) + a_2 y(t-2) + \dots + a_n y(t-n) + \varepsilon(t)$$

где n – максимальный учитываемый лаг, $\varepsilon(t)$ – ошибка модели в момент времени t . Параметры модели a_i могут быть выражены через выборочные коэффициенты автокорреляции $r(i)$ в системе уравнений Юла – Уокера:

$$\begin{cases} r(1) = a_1 + a_2 r(1) + \dots + a_n r(n-1) \\ r(2) = a_1 r(1) + a_2 + \dots + a_n r(n-2) \\ \vdots \\ r(n) = a_1 r(n-1) + a_2 r(n-2) + \dots + a_n \end{cases}$$

Решим данную систему в матричной форме:

$$a = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & r(1) & \dots & r(n-1) \\ r(1) & 1 & \dots & r(n-2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r(n-1)r(n-2)\dots 1 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} r(1) \\ r(2) \\ \vdots \\ r(n) \end{pmatrix}$$

Для анализа временного ряда сначала найдем центрированную функцию процесса возникновения пожаров:

$$z(t) = y(t) - y_{tr}(t) \quad (2)$$

где $y_{tr}(t)$ – линейный тренд процесса:

$$y_{tr}(t) = a \cdot t + b.$$

Коэффициенты линейной модели тренда найдем по методу наименьших квадратов, получим, $a = -0,9528$, $b = 435,93$. Далее найдем центрированную функцию процесса, для нее пересчитаем коэффициенты автокорреляции и решим систему уравнений Юла – Уокера. Подставим найденные значения в модель (1), при $n = 12$. Таким образом, получим прогнозирующую модель в виде:

$$p(t) = 0,533 \cdot z(t-1) - 0,015 \cdot z(t-2) - 0,098 \cdot z(t-3) + 0,042 \cdot z(t-4) - 0,213 \cdot z(t-5) - 0,363 \cdot z(t-6) - 0,187 \cdot z(t-7) + 0,032 \cdot z(t-8) - 0,127 \cdot z(t-9) - 0,084 \cdot z(t-10) + 0,298 \cdot z(t-11) + 0,579 \cdot z(t-12)$$

Подставив значения центрированной функции, получаем вектор модельных данных, без учета трендовой компоненты. Проведя преобразование, обратное (2), получим модель количества пожаров. Оценим ее погрешность:

$$\varepsilon = t_{\alpha, n-1} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (p(t) - y(t))^2}{n-1}}$$

где $t_{\alpha, n-1}$ – критерий Стьюдента при уровне значимости $\alpha = 0,05$, n – объем выборки.

Для данного примера получим, $\varepsilon = 114$. Проверим метод с помощью ретро-прогнозирования на 1 месяц вперед, т.е. на июль (67 месяц в нашей постановке задачи):

$$p(67) = 291 \pm 114 \text{ пожаров.}$$

Фактически, на июль 2011 года в Красноярском крае было зарегистрировано 269 пожаров, ошибка прогноза составила 22 пожара, в сторону завышения, или 8,2 % от фактического числа пожаров.

Средняя ошибка прогноза составляет 51 пожар по абсолютной величине, или около 13% от среднего количества пожаров за рассматриваемый период. На рисунке 3 приведен график исходных данных и модели с прогнозом на один месяц.



Рис. 3. Сравнение исходных данных и модели

Таким образом, мы получили удовлетворительное совпадение фактических и модельных данных. Построим аналогичные модели для других регионов. Основные результаты моделирования приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики автокорреляционных моделей для разных регионов

Регион	Математическое ожидание	Полуширина доверительного интервала	Средняя ошибка	Доля ошибки от среднего, %
Красноярский край	406	114	51	13
Забайкальский край	177	49	19	10
Новосибирская область	337	77	30	9
Иркутская область	360	84	32	9

Наихудшие результаты мы имеем для Красноярского края, что, по-видимому, связано с наибольшей географической неоднородностью территории данного региона.

Исследование спектра процесса возникновения пожаров

Поскольку процесс возникновения пожаров можно рассматривать как некоторый сигнал, для построения прогнозирующих моделей имеет смысл изучить спектр этого сигнала. Для получения спектра будем использовать преобразование Фурье:

$$Y(i\omega) = \int_0^{\infty} y(t)e^{-i\omega t} dt$$

где ω – частота сигнала.

Вновь обратимся к данным по Красноярскому краю, сократив временной ряд до $N=64$ значений (это связано с реализацией алгоритма быстрого преобразования Фурье в системе Mathcad). На рисунке 4 приведен спектр возникновения пожаров в Красноярском крае.

Как мы видим из рисунка 4, существенные амплитуды имеются во всех частотных областях спектра, хотя больший вклад вносят области средних и низких частот. Применим пороговый фильтр:

$$G_i = Y_j \Phi(|Y_i| - p)$$

где p – величина порога, выбираемая из условия:

$$\varepsilon = \sum_{i,j=1}^N (y_i(t) - g_j(t))^2 \rightarrow \min$$

где $g_j(t)$ – сигнал после фильтрации, полученный обратным преобразованием Фурье над G . На рисунке 4 приведена величина выбранного порога $p = 85$.

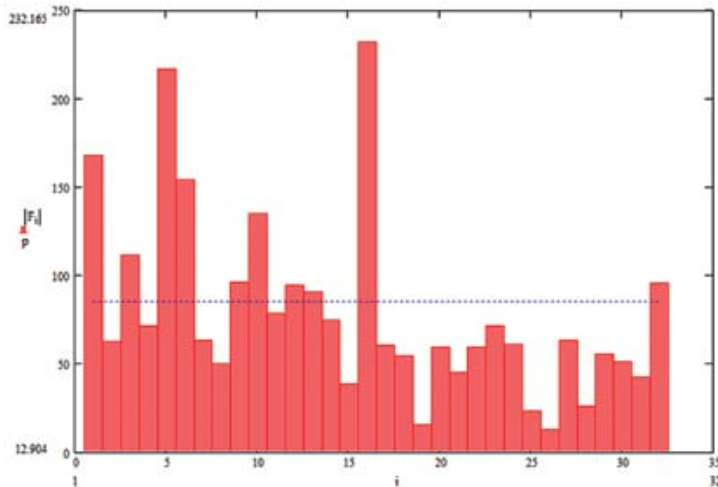


Рис.4. Спектр процесса возникновения пожаров в Красноярском крае

На рисунке 5 приведены исходная модель и модель и после фильтрации, при этом $\varepsilon = 85890$. Построим автокорреляционную модель полученного после фильтрации сигнала, по методике, описанной выше. Результаты прогнозирования для различных регионов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики автокорреляционных моделей для разных регионов после фильтрации

Регион	Математическое ожидание	Полуширина доверительного интервала	Средняя ошибка	Доля ошибки от среднего, %
Красноярский край	418	100	44	11
Забайкальский край	179	57	24	13
Новосибирская область	338	63	31	9
Иркутская область	364	73	30	8

Как следует из таблицы 2, мы имеем незначительное улучшение прогнозных характеристик модели по двум регионам, по Новосибирской области характеристики практически не изменились, по Забайкальскому краю наблюдается незначительное ухудшение характеристик. Таким образом, на данном этапе исследования, нельзя дать однозначный ответ на вопрос о необходимости применения спектров Фурье и пороговой фильтрации в задачах прогнозирования пожаров. Однако полученные результаты, на наш взгляд, свидетельствуют о перспективности дальнейшего изучения этого вопроса, в том числе привлечение оконного преобразования Фурье и вейвлет-преобразования.

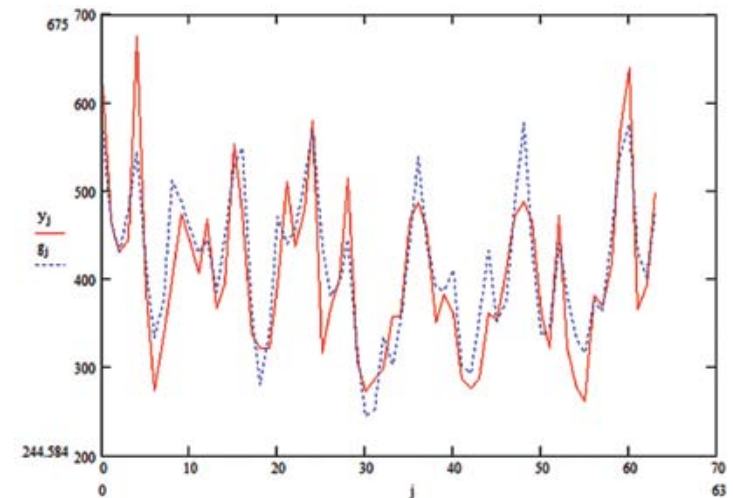


Рис. 5. Исходные данные и модель после пороговой фильтрации

Основные результаты и выводы

В настоящее время существует практика прогнозирования количества пожаров, основанная на использовании данных за аналогичный период прошлого года. На наш взгляд, подобный подход нуждается, по крайней мере, в уточнении. Для уточнения прогнозов использовался хорошо известный в экономике и эконометрике метод автокорреляции.

Полученные автокорреляционные модели позволяют прогнозировать количество пожаров на месяц вперед с точностью порядка 87 – 92% от среднего количества пожаров. Исследования проводились по 4 регионам: Красноярский край, Забайкальский край, Новосибирская область, Иркутская область.

Дополнительно был исследован Фурье-спектр процесса возникновения пожаров и применена пороговая фильтрация, для повышения качества прогнозирующих моделей, за счет увеличения гладкости функции. Однако на данном этапе существенных улучшений добиться не удалось.

Предложенный подход к прогнозированию количества техногенных пожаров в масштабе региона позволяет добиться удовлетворительного качества прогноза на период в 1 месяц. Перспективой данной работы является изучение спектров количества пожаров, полученных путем оконного преобразования Фурье и вейвлет – преобразования.

Литература

1. Ширнаева, С.Ю. Краткосрочное прогнозирование факторов макроэкономической стабилизации экономики России / Ширнаева С.Ю. // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 120. – С. 133-137.
2. Личко, К.П. Прогноз урожайности зерновых культур как основа прогнозирования объемов сельскохозяйственного производства / Личко К.П., Шумская Е.В. // Проблемы прогнозирования. - 2007. - № 3. - С. 60-67.
3. Шугунов, А.Ж. Разложение, анализ и прогноз временных рядов метеопараметров / Шугунов А.Ж., Куповых Г.В. // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета. - 2005. - Т. 55. № 11. - С. 15-21.
4. R.Shumway, D.S.Stoffer. Time Series Analysis and its Applications.— Springer, 2000. – P. 549.
5. Статистика пожаров [Электронный ресурс] / Статистика Пожаров, 2011 – Режим доступа: <http://statp.ru/index.php>.
6. Арутюнян, С.А. Системы цифровой обработки сигналов: Сборник заданий по выполнению расчетно-графических и контрольных работ для студентов специальности 230105 Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем очной, очной сокращенной, заочной форм обучения/ С.А. Арутюнян. – Красноярск: СибГТУ, 2010, - 53с.

7. Доррер, Г.А. Теория информационных процессов и систем: Учебное пособие для студентов специальности 230201.65 - «Информационные системы и технологии» / Г.А. Доррер. – Красноярск : СибГТУ, 2009, последние годы . – 202 с.

Сведения об авторах:

Батуро Алексей Николаевич, заместитель начальника научно-исследовательского отдела.

Место работы: Центр НИОКР Сибирский институт пожарной безопасности – филиал Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Адрес: 660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50А, корпус 2, тел.: 8-983-293-53-63. Эл. адрес: nio_cniokr@mail.ru.

Для заметок:
