

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА «АЭРОКОСМОС»

УДК 550.34
№ госрегистрации 114100940029

УТВЕРЖДАЮ

Директор НИИ «АЭРОКОСМОС»
д-р техн. наук, академик РАН

_____ Бондур В.Г.

« » _____ 2015 г.

ОТЧЕТ
О ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Разработка методов и создание экспериментального образца системы формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса, для предупреждения значительных сейсмических событий

по теме:

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСТАВЛЕННЫХ ПЕРЕД ПНИ ЗАДАЧ. ОЧЕРЕДЬ 1

(промежуточный)

Этап 2

ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»

Соглашение о предоставлении субсидии от 08.09.2014 г. №14.577.21.0108

Руководитель темы, д-р техн. наук,
академик РАН

подпись, дата

В. Г. Бондур

Москва 2015

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:

академик РАН, д.т.н., профессор

В.Г. Бондур
(по всем разделам)

Исполнители темы:

Заведующий отделом

М.Н. Цидилина
(Введение, Заключение, разделы 1, 2, 3, 5)

Ведущий инженер

М.В. Гапонова
(раздел 1, 2, 3)

Младший научный сотрудник

Е.В. Гапонова
(раздел 1, 2, 3, 5)

Старший инженер

О.С. Воронова
(раздел 1, 2, 3, 5, Реферат)

Руководитель группы, к.т.н.

С.А. Улановский
(раздел 4, 5, Приложение А)

Младший научный сотрудник

А.Н Трекин
(раздел 6)

Стажер-исследователь

А.Ю. Гуцин
(раздел 6)

Ведущий научный сотрудник, д.г-м.н., профессор

А.Т. Зверев
(раздел 2)

Ведущий научный сотрудник, д.ф-м.н.

В.М. Смирнов
(разделы 2, 3)

Ведущий научный сотрудник, д.ф-м.н., профессор

М.Б. Гохберг
(разделы 2, 3)

Старший научный сотрудник, д.ф-м.н., профессор

И.А. Гарагаш
(разделы 2, 3)

Старший научный сотрудник

С.Л.Шалимов
(разделы 2, 3)

Старший инженер

Е.В.Ольшанская
(разделы 2, 3)

Научный сотрудник

А. В. Дубовская
(разделы 2, 3)

Старший научный сотрудник, д.ф-м.н

Г.М.Стеблов
(разделы 2, 3)

Ведущий инженер по патентно-изобр. работе

В.Ф. Давыдов
(раздел 3)

Нормоконтролер:

О.А. Кузьмина

НИИ "АЭРОКОСМОС"

РЕФЕРАТ

Отчет 373 с., 11 ч., 102 рис., 115 табл., 237 источников, 5 прил.

БАЗА ДАННЫХ, ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРЕДВЕСТНИКИ, ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ, ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ, ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ, ИОНОСФЕРНЫЕ ПРЕДВЕСТНИКИ, КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, ЛИНЕАМЕНТЫ, НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ, ПРЕДВЕСТНИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, ПРОГНОЗ, СЕЙСМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, СИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, СПУТНИКОВЫЕ ДАННЫЕ, ТЕПЛОВЫЕ ПОЛЯ, ТЕПЛОВЫЕ ПРЕДВЕСТНИКИ

Объектом исследования являются аномалии геофизических полей, возникающих в процессе взаимодействия литосферы и атмосферы при подготовке и протекании землетрясений.

Целями выполнения ПНИ являются:

Разработка и экспериментальная отработка новых методов и технологий сбора, обработки и систематизации данных, регистрируемых космическими средствами для мониторинга предвестников сильных Магнитудой ≥ 6 (далее $M \geq 6$) землетрясений.

Разработка научно-технических решений для организации мониторинга сейсмоопасных территорий и создания базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса, для предупреждения, снижения риска и уменьшения экономических, социальных и экологических последствий от значительных сейсмических событий.

Методы и методология проведения работы

В качестве основных методов проведения работ на данном этапе ПНИ использовались: разработки методик сбора и систематизации данных, направленных на создание системы формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса, а также разработки методов предварительной и тематической обработки и визуализации данных, характеризующих предвестники сильных сейсмических событий.

Результаты работы

В ходе выполнения **2-го этапа ПНИ**: «Теоретические исследования» получены следующие **основные результаты**:

- а) разработаны методики сбора и систематизации исходной космической информации и сопутствующих данных (о геомагнитной обстановке, солнечной активности, метеорологических) для формирования базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса;
- б) разработаны методы предварительной и тематической обработки и визуализации данных, характеризующих предвестники сильных землетрясений ($M \geq 6$);
- в) разработаны алгоритмы предварительной и тематической обработки и визуализации данных, характеризующих предвестники сильных землетрясений ($M \geq 6$);

д) разработана структура системы формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса;

е) разработаны функциональные требования к системе формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса;

Работы, выполняемые за счет внебюджетных средств.

ж) проведен сбор и систематизация данных для проведения исследований аномальных вариаций параметров ионосферы;

и) проведена предварительная обработка данных;

к) проведен сбор, систематизация, обработка и анализ данных о солнечной активности и геомагнитной обстановке в исследуемые периоды.

Степень внедрения

По итогам выполнения 2-го этапа ПНИ все поставленные цели были достигнуты. С точки зрения практического применения основными результатами второго этапа ПНИ являются разработанные методики сбора и систематизации космических данных для формирования базы данных, методы и алгоритмы предварительной и тематической обработки космических данных для выявления предвестников землетрясений, выбор инструментальных (программных) средств, структура и функциональные требования к системе формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса.

Полученные результаты будут использованы при создании системы формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса, которая внесет вклад в решение проблем предупреждения, оценки рисков и уменьшения негативных последствий от сильных землетрясений.

Область применения результатов ПНИ

Разработанные в ходе ПНИ методы и технологии мониторинга опасных природных явлений, в том числе технология сбора и обработки космических данных, позволяющих регистрировать предвестники значительных сейсмических событий ($M \geq 6$), и системы формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса, а также созданный экспериментальный образец обеспечит возможность осуществления комплексного мониторинга состояния сейсмоопасных территорий для предупреждения и снижения риска значительных сейсмических событий. Полученные результаты будут использованы при создании комплексной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций, которая внесет вклад в решение проблем предупреждения, оценки рисков и уменьшения негативных последствий от природных катастроф и обеспечения экологической безопасности.

Полученные при проведении ПНИ результаты будут превышать мировой уровень работ в исследуемой области, будут конкурентоспособны в сравнении с известными отечественными и зарубежными разработками.

Значимость работы определяется возможностью проведения мониторинга предвестников землетрясений с применением новых методов и технологий сбора, обработки и систематизации данных, регистрируемых космическими средствами, путем использования современных программных и технических решений, позволяющих повысить скорость, качество и системность обработки информации.

НИИ "АЭРОКОСМОС"

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ | 15 |
| 1 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СБОРА И СИСТЕМАТИЗАЦИИ ИСХОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И СОПУТСТВУЮЩИХ ДАННЫХ (О ГЕОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКЕ, СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ, МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ) ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ ИЗ КОСМОСА | 18 |
| 1.1 Обобщенная блок-схема методики сбора и систематизации исходной космической информации для выявления предвестников землетрясений | 18 |
| 1.2 Разработка методики сбора и систематизации исходных данных спутниковых навигационных систем для выявления ионосферных предвестников землетрясений и формирования базы данных | 20 |
| 1.2.1 Общие положения | 20 |
| 1.2.2 Методика сбора и систематизации исходных данных спутниковых навигационных систем для выявления ионосферных предвестников землетрясений и формирования базы данных | 22 |
| 1.3 Разработка методики сбора и систематизации исходных космических изображений для исследования геодинимических особенностей сейсмоопасных территорий и формирования базы данных | 23 |
| 1.3.1 Основные положения методики | 24 |
| 1.3.2 Описание работы методики | 25 |
| 1.4 Разработка методики сбора и систематизации исходной космической информации для выявления тепловых предвестников землетрясений и формирования базы данных | 30 |
| 1.4.1 Суть методики сбора и систематизации исходной космической информации | 30 |
| 1.4.2 Описание методики сбора и систематизации исходной космической информации | 31 |
| 1.5 Разработка методики сбора и систематизации данных о геомагнитной обстановке, солнечной активности и метеорологических данных для формирования базы данных | 35 |
| 1.5.1 Разработка методики сбора и систематизации данных о геомагнитной обстановке и солнечной активности | 35 |
| 1.5.2 Разработка методики сбора и систематизации метеорологических данных | 47 |
| Выводы к разделу 1 | 51 |
| 2 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ И ТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ПРЕДВЕСТНИКИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ($M \geq 6$) | 53 |
| 2.1 Методы предварительной, тематической обработки и визуализации данных спутниковых навигационных систем для выявления ионосферных предвестников землетрясений | 53 |
| 2.1.1 Общие положения | 53 |
| 2.1.2 Разработка методов предварительной и тематической обработки и визуализации данных спутниковых навигационных систем для восстановления параметров ионосферы в период подготовки и протекания землетрясения | 54 |
| 2.1.3 Разработка методов предварительной и тематической обработки и визуализации данных спутниковых навигационных систем для анализа полного электронного содержания ионосферы (TEC) в период подготовки и протекания землетрясения | 66 |
| 2.2 Разработка методов предварительной и тематической обработки и визуализации космических данных для исследования геодинимических особенностей сейсмоопасных территорий | 72 |
| 2.2.1 Особенности предварительной и тематической обработки и визуализации космических данных для регистрации геодинимических предвестников землетрясений | 72 |
| 2.2.2 Метод предварительной обработки космических изображений | 74 |
| 2.2.3 Метод тематической обработки космических изображений | 76 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.4 Метод визуализация результатов обработки космических данных для выявления геодинамических предвестников землетрясений | 78 |
| 2.3 Разработка методов предварительной и тематической обработки и визуализации космических данных, полученных в ИК-диапазоне, для выявления тепловых предвестников землетрясений | 79 |
| 2.3.1 Метод предварительной обработки космических данных для выявления тепловых предвестников землетрясений | 79 |
| 2.3.2 Метод тематической обработки космических данных для выявления тепловых предвестников землетрясений | 81 |
| 2.3.3 Метод визуализации результатов обработки космических данных для выявления тепловых предвестников землетрясений | 82 |
| 2.4 Разработка методов предварительной и тематической обработки и визуализации данных для построения геомеханических моделей сейсмоопасных территорий | 84 |
| 2.4.1 Особенности построения геомеханических моделей | 84 |
| 2.4.2 Метод предварительной обработки данных для построения геомеханических моделей | 86 |
| 2.4.3 Метод тематической обработки данных для построения геомеханических моделей | 92 |
| Выводы к разделу 2 | 94 |
| 3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ И ТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ПРЕДВЕСТНИКИ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ($M \geq 6$) | 96 |
| 3.1 Разработка алгоритмов предварительной и тематической обработки и визуализации данных спутниковых навигационных систем для выявления ионосферных предвестников землетрясений | 96 |
| 3.1.1 Алгоритм предварительной обработки данных спутниковых навигационных систем для расчета параметров ионосферы в период подготовки землетрясения | 96 |
| 3.1.2 Алгоритм тематической обработки данных спутниковых навигационных систем для расчета параметров ионосферы в период подготовки землетрясений | 97 |
| 3.1.3 Алгоритм визуализации | 98 |
| 3.1.4 Алгоритм предварительной обработки данных спутниковых навигационных систем для анализа вариаций полного электронного содержания ионосферы | 100 |
| 3.1.5 Алгоритм тематической обработки данных спутниковых навигационных систем для анализа вариаций полного электронного содержания ионосферы | 109 |
| 3.2 Разработка алгоритмов предварительной и тематической обработки и визуализации космических данных для исследования геодинамических особенностей сейсмоопасных территорий | 111 |
| 3.2.1 Алгоритм предварительной обработки космических изображений | 111 |
| 3.2.2 Алгоритмы тематической обработки космических изображений | 113 |
| 3.2.3 Алгоритм визуализации результатов обработки космических изображений для выявления геодинамических предвестников землетрясений | 117 |
| 3.3 Разработка алгоритмов предварительной и тематической обработки и визуализации космических данных, полученных в ИК-диапазоне для выявления тепловых предвестников землетрясений | 118 |
| 3.3.1 Основные положения | 118 |
| 3.3.2 Алгоритмы предварительной обработки космических данных для выявления тепловых предвестников | 118 |
| 3.3.3 Алгоритмы тематической обработки данных с помощью программы MO Excel | 119 |
| 3.3.4 Алгоритмы визуализации данных с использованием программного пакета Surfer и CorelDRAW | 121 |
| 3.4 Разработка алгоритмов предварительной и тематической обработки и визуализации данных для построения геомеханических моделей сейсмоопасных территорий | 124 |

| | |
|---|------------|
| 3.4.1 Алгоритм предварительной обработки данных для построения геомеханических моделей | 124 |
| 3.4.2 Алгоритм тематической обработки данных для построения геомеханических моделей | 125 |
| 3.5 Алгоритм обнаружения зон подготовки землетрясения путем одновременной регистрации нескольких предвестников | 130 |
| Выводы к разделу 3 | 131 |
| 4 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ ИЗ КОСМОСА | 134 |
| 4.1 Учет требований к функциональным подсистемам и их взаимодействию | 134 |
| 4.2 Разработка архитектуры системы формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса | 136 |
| 4.2.1 Особенности архитектуры СФС БД | 136 |
| 4.2.2 Выбор способа организации хранения данных | 137 |
| 4.2.3 Выбор типов и количества АРМов | 138 |
| 4.2.4 Состав СФС БД | 138 |
| 4.3 Структура СФС БД | 140 |
| 4.4 Программное обеспечение СФС БД141 | 143 |
| Выводы к разделу 4 | 143 |
| 5 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ ИЗ КОСМОСА | 144 |
| 5.1 Общие положения | 144 |
| 5.2 Требования по назначению | 144 |
| 5.3 Функциональная модель процессов, реализуемых системой | 145 |
| 5.4 Требования к входным данным системы | 151 |
| 5.4.1 Перечень (типы) входных данных и связанные с ними источники данных | 151 |
| 5.4.2 Структура данных RINEX | 152 |
| 5.4.3 Структура данных продукта MOD02QKM, получаемого аппаратурой MODIS | 154 |
| 5.4.4 Структура данных продукта AIRS3STD, получаемого аппаратурой AIRS | 155 |
| 5.5 Требования к реализации процессов сбора данных | 156 |
| 5.6 Требования к реализации процессов предварительной обработки входных данных | 158 |
| 5.7 Требования к реализации процессов тематической обработки данных | 159 |
| 5.8 Требования к реализации процессов визуализации данных | 161 |
| 5.9 Требования к базе данных | 162 |
| 5.9.1 Требования к хранимым данным | 162 |
| 5.9.2 Требования к программному обеспечению | 162 |
| 5.9.3 Требования к структуре базы данных | 163 |
| Выводы к разделу 5 | 163 |
| 6 ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ (ПРОГРАММНЫХ) СРЕДСТВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ, РЕГИСТРИРУЕМЫХ ИЗ КОСМОСА | 165 |
| 6.1 Существующие серверные СУБД | 165 |
| 6.1.1 Серверная БД Oracle SQL | 165 |
| 6.1.2 СУБД Microsoft SQL Server | 166 |
| 6.1.3 СУБД MySQL | 167 |
| 6.1.4 СУБД Postgre SQL | 167 |
| 6.2 Сравнительная оценка и выбор серверных СУБД | 168 |
| 6.2.1 Сравнение возможностей СУБД | 168 |
| 6.2.2 Результат выбора СУБД | 169 |

| | |
|---|------------|
| 6.3 Выбор языка программирования | 170 |
| Выводы к разделу 6 | 170 |
| 7 СБОР И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ АНОМАЛЬНЫХ ВАРИАЦИЙ ПАРАМЕТРОВ ИОНОСФЕРЫ | 171 |
| 7.1 Выбор тестовых участков | 171 |
| 7.2 Сбор и систематизация данных спутниковых навигационных систем | 179 |
| Выводы к разделу 7 | 191 |
| 8 ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ | 192 |
| Выводы к разделу 8 | 198 |
| 9 СБОР, СИСТЕМАТИЗАЦИЯ, ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ О СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ГЕОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКЕ В ИССЛЕДУЕМЫЕ ПЕРИОДЫ | 199 |
| 9.1 Сбор и систематизация исходных данных о солнечной активности и геомагнитной обстановке в исследуемых регионах в период с 2005 по 2014 годы | 199 |
| 9.2 Обработка данных о солнечной активности и геомагнитной обстановке в исследуемых регионах в период с 2005 по 2014 годы | 202 |
| 9.3 Анализ данных о солнечной активности и геомагнитной обстановке в период подготовки и прохождения землетрясений в исследуемых регионах в период с 2005 по 2014 годы | 202 |
| 9.3.1 Анализ геомагнитных вариаций и гелиофизической обстановки в 2005 г. | 203 |
| 9.3.2 Анализ геомагнитных вариаций и гелиофизической обстановки в 2006 г. | 204 |
| 9.3.3 Анализ геомагнитных вариаций и гелиофизической обстановки в 2007 г. | 210 |
| 9.3.4 Анализ геомагнитных вариаций и гелиофизической обстановки в 2008 г. | 215 |
| 9.3.5 Анализ геомагнитных вариаций и гелиофизической обстановки в 2009 г. | 219 |
| 9.3.6 Анализ геомагнитных вариаций и гелиофизической обстановки в 2010 г. | 223 |
| 9.3.7 Анализ геомагнитных вариаций и гелиофизической обстановки в 2011 г. | 229 |
| 9.3.8 Анализ геомагнитных вариаций и гелиофизической обстановки в 2012 г. | 234 |
| 9.3.9 Анализ геомагнитных вариаций и гелиофизической обстановки в 2013 г. | 240 |
| 9.3.10 Анализ геомагнитных вариаций и гелиофизической обстановки в 2014 г. | 246 |
| Выводы к разделу 9 | 248 |
| 10 ПОДГОТОВКА ЗАЯВКИ НА ОХРАННЫЙ ДОКУМЕНТ | 250 |
| 11 УЧАСТИЕ В МЕРОПРИЯТИЯХ ПО ДЕМОНСТРАЦИИ И ПОПУЛЯРИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ И ДОСТИЖЕНИЙ НАУКИ, В КОТОРЫХ ПРИНЯЛА УЧАСТИЕ И ПРЕДСТАВИЛА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИЯ | 251 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 252 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 255 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И СОПРОВОЖДЕНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ | 272 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б ГИСТОГРАММЫ ГЕОМАГНИТНОГО ИНДЕКСА КР В 2005-2014 ГГ. | 276 |

| | | |
|---------------------|---|------------|
| ПРИЛОЖЕНИЕ В | ГРАФИКИ ГЕОМАГНИТНЫХ ИНДЕКСОВ AP/AP В 2005-2014 ГГ. | 298 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г | ГРАФИКИ ГЕОМАГНИТНОГО ИНДЕКСА DST В 2005-2014 ГГ. | 320 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д | ГИСТОГРАММЫ ИНДЕКСА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ F10.7 В 2005-2014 ГГ. | 324 |

НИИ "АЭРОКОСМОС"

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов, полученных при выполнении 2-го этапа прикладных научных исследований по теме: «Разработка методов и создание экспериментального образца системы формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса, для предупреждения значительных сейсмических событий», которые изложены в настоящем отчете, можно сделать следующие **основные выводы**:

1. Для формирования базы данных предвестников сильных землетрясений ($M \geq 6$) разработаны методики сбора и систематизации космической информации и сопутствующих данных, которые обеспечивают реализацию основных этапов получения информации, формируемой спутниковыми навигационными системами для выявления ионосферных предвестников сейсмических событий; данных по характеристикам подстилающей поверхности для исследования геодинамических особенностей сейсмоопасных территорий; получение космической информации для выявления тепловых предвестников, данных о геомагнитной обстановке и солнечной активности, а также метеорологических данных, которые необходимы для дистанционного мониторинга сейсмоопасных территорий.

2. Для регистрации предвестников сильных землетрясений ($M \geq 6$), проявляющихся в аномалиях различных геофизических полей и их последующей интеграции в базу данных, разработаны методы и алгоритмы предварительной, тематической обработки и визуализации космической информации, обеспечивающие возможность исследования вариаций параметров ионосферы, геодинамических особенностей и аномалий тепловых полей, возникающих при подготовке и протекании сейсмических событий.

3. С использованием разработанных методик сбора и систематизации исходных космических данных, методов и алгоритмов предварительной, тематической обработки и визуализации информации, разработана структура системы формирования и сопровождения базы данных предвестников сильных землетрясений, характеризующая архитектуру и состав системы, ее функциональные подсистемы и их взаимодействие, обеспечивающая систематизацию информации о вариациях геофизических полей в период подготовки и протекания значительных сейсмических событий.

4. На основании выбранных направлений исследований, а также разработанной концепции построения и структуры системы формирования и сопровождения базы данных предвестников сильных землетрясений, регистрируемых из космоса, разработаны функциональная модель процессов, реализуемых системой, а также функциональные требования к этой системе.

5. По результатам анализа самых распространенных современных серверных баз, выявлено, что для реализации поставленных в проекте задач наиболее подходит СУБД MS SQL Server, которая в отличие от других баз обеспечивает возможность реализации поддержки

пространственных данных, а также наличие инструмента геодезической поддержки (Geodetic support).

6. На втором этапе реализации проекта, за счет внебюджетных средств, были выполнены следующие работы:

а) Сбор и систематизация данных для проведения исследований аномальных вариаций параметров ионосферы, включающий выбор тестовых участков, для которых получены данные о землетрясениях с $M \geq 6$ за период с 2005 по 2014 гг. По полученным данным построены гистограммы распределения по годам землетрясений с различными магнитудами для Курило-Камчатского региона, Байкальского региона, Кавказа, Средней Азии и Чили, построены карты с эпицентрами землетрясений с $M \geq 6$, произошедшими с 2005 по 2014 годы в исследуемых регионах. Для каждого выбранного сейсмоопасного региона проанализировано расположение GPS-станций и наличие данных на каждый исследуемый период. Выбраны станции, ближайšie к эпицентру рассматриваемых сейсмических событий, а также станции, для определения фоновой обстановки. Проведена систематизация полученных исходных данных спутниковых навигационных систем для исследуемых сейсмических событий.

б) Предварительная обработка данных спутниковых навигационных систем, заключающаяся в преобразование формата исходных данных, построении траекторий подионосферных точек, выборе спутников для исследования ионосферных вариаций.

в) Сбор, систематизация, обработка и анализ данных о солнечной активности и геомагнитной обстановке. Для этого определены временные периоды, на которые необходимо получить данные о динамике индексов Dst, Kp, a_p , Ap и F10.7, при подготовке и протекании землетрясений с $M \geq 6$ в Курило-Камчатском регионе, Байкальской рифтовой зоне, на Кавказе, в Средней Азии и в Чили, из сети Интернет получены индексы Dst, Kp, Ap и F10.7, построены графики изменения индексов Dst и Ap, а также гистограммы распределения индексов Kp, a_p и F10.7 для исследуемых периодов.

г) Для демонстрации и популяризации результатов исследований сотрудники НИИ «АЭРОКОСМОС» за счет внебюджетных средств приняли участие во II Европейской конференции по наукам о Земле (г.Вена, Австрия, 2015г.), с докладом на тему: «Исследование аномальных вариаций геофизических полей в период сильного землетрясения в Чили», в котором представлены результаты исследований, проведенных в рамках настоящего ПНИ.

д) Отправлена заявка на охранный документ № 2015101016 от 09.02.2015 по теме: «Глобальная система измерений предвестников землетрясений».

7. Проведены дополнительные патентные исследования, подтверждающие наличие признаков патентности у заявляемого изобретения.

8. Разработанные в ходе выполнения работ методы и методики сбора и обработки космических данных, позволяющие регистрировать предвестники значительных сейсмических

событий ($M \geq 6$), а также создаваемый экспериментальный образец системы формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса, обеспечат возможность осуществления комплексного мониторинга состояния сейсмоопасных территорий для предупреждения и снижения риска значительных сейсмических событий. Полученные результаты будут использованы при создании комплексной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций, которая внесет вклад в решение проблем предупреждения, оценки рисков и уменьшения негативных последствий от природных катастроф и обеспечения экологической безопасности.

9. Результаты проекта могут быть использованы организациями и службами МЧС России, Министерством природных ресурсов и экологии РФ, Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Министерством регионального развития РФ, ГК «Росатом», Министерство энергетики Российской Федерации, ОАО «РусГидро», Геофизической службой РАН, Институтом физики Земли РАН, Институтом теории прогноза землетрясений РАН, Институтом вулканологии и сейсмологии РАН, ЗАО «Информационные системы и наукоемкие технологии», компанией TerraSeismic, ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «РЖД», учебными учреждениями высшего и профессионального образования России и др.

10. Сведения о ходе выполнения проекта размещены на официальном сайте НИИ «АЭРОКМОС» http://www.aerocosmos.info/proekty/project_3/obshchaya_kharakteristika_3.php.

11. Результаты, достигнутые в ходе 2-го этапа прикладных научных исследований удовлетворяют требования ТЗ к выполняемым работам. Выполнены требования по стандартизации, унификации, совместимости и взаимозаменяемости, по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей, к патентной чистоте и правовой защите результатов интеллектуальной деятельности, технико-экономические требования, требования к достижению программных индикаторов и показателей.