Резюме проекта, выполненного

в рамках ФЦП

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

по этапу № 5/итоговый

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.607.21.0030

Тема: «Разработка и создание измерительно-вычислительной системы для реализации технологии мезомасштабного мониторинга и прогнозирования состояния атмосферного пограничного слоя»

Приоритетное направление: Рациональное природопользование (РП)

Критическая технология: Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения

Период выполнения: 05.06.2014 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 88.70 млн. руб.

Бюджетные средства 43.50 млн. руб.,

Внебюджетные средства 45.20 млн. руб.

Получатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук

Индустриальный партнер: Общество Ограниченной Ответственностью "Сибирский аналитический прибор"

Ключевые слова: технологии, автоматизированная измерительно-вычислительная система, мониторинг в реальном масштабе времени, атмосферный пограничный слой, метеорологические величины, воздушные загрязнения, прогнозирование, локальная территория

1. Цель проекта

1) Создание комплекса научно-технических решений в области разработки измерительно-вычислительной системы (ИВС), предназначенной для реализации технологии мезомасштабного мониторинга и прогнозирования состояния атмосферного пограничного слоя (АПС).
2) Получение новых научно-технических результатов в области оперативного мониторинга и прогнозирования основных метеорологических и экологических характеристик участка приземного слоя атмосферы над мезомасштабными объектами.

2. Основные результаты проекта

2.1 Выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, по проблеме метеорологического и экологического мониторинга атмосферы. Проведены патентные исследования. Разработан испытательный комплекс (ИК) для проведения лабораторных испытаний составных частей ЭО ИВС. Изготовлено нестандартное оборудование ИК: Аэродинамическая труба; Портативный комплекс для контроля функционирования ультразвуковых термоанемометров; Газовый пост для калибровки и испытаний многокомпонентных газоанализаторов.
2.2 Разработаны методы определения метеорологических и экологических параметров АПС: а) типа стратификации и вертикальных профилей (ВП) метеорологических характеристик; б) контактного определения ВП метеорологических характеристик; в) контактного определения ВП метеорологических и турбулентных характеристик; г) интегральных и структурных характеристик осадков (дождя, града); д) газовых загрязнений атмосферы; е) содержания паров ртути в воздухе.
2.3 Разработаны, изготовлены и испытаны экспериментальные образцы (ЭО): оптического измерителя осадков (ОПТИОС) (2 шт.), мобильного оптического ртутного газоанализатора (РГА/м); портативной электронной метеостанции на гексакоптере (ПЭМС-БПЛА) (2 шт.) для контактного измерения ВП метеорологических характеристик, портативной ультразвуковой метеостанции на привязном аэростате (ПУМС-БПЛА) (2 шт.) для контактного определения ВП метеорологических и турбулентных характеристик; ДУМК/с (4 шт.) и ЭО ДУМК/м (1 шт.) для реализации метода определения типа стратификации и ВП метеорологических характеристик на основе теории подобия Монина-Обухова; мобильной многокомпонентной оптической системы газоанализа (МОСГ/м) и ЭО контроллера сбора и обработки данных (КСОД/с) (4 шт.) и ЭО КСОД/м (1 шт.), которые являются составными частями ЭО ИВС. Результаты лабораторных испытаний всех ЭО подтверждают выполнение требований ТЗ.

2.4 Разработан ЭО программного обеспечения ИВС (программная документация), включающий описание применения ЭО ПО ИВС, описания и тексты программ, входящих в его состав програмных модулей, и описание логической и физической структуры базы данных.
2.5 Разработана программа и методики экспериментальных исследований ЭО ИВС.
2.6 Разработан и изготовлен ЭО ИВС, проведены его экспериментальные исследования, которые подтвердили выполнение требований ТЗ на ПНИ.
2.7 Разработан проект ТЗ на проведение ОКР по теме "Разработка измерительно-вычислительной системы для реализации технологии мезомасштабного мониторинга и прогнозирования состояния АПС". Проведены обобщение и оценка полученных результатов, технико-экономическая оценка их рыночного потенциала и даны рекомендации по использованию результатов проведенных ПНИ в реальном секторе экономики, а также в дальнейших исследованиях и разработках.
1) Разработка каждого из перечисленных в п.2.2 методов включала: описание сущности метода, его физические основы и математический формализм, основные погрешности метода и возможные способы их уменьшения, возможности технической реализации метода в ЭО составной части ИВС, способы проверки метода в ЭО, оценку возможности достижения требований ТЗ при реализации метода. Тип стратификации АПС определяется на использовании результатов многоуровневых ультразвуковых измерений метеорологических и турбулентных характеристик атмосферы на высотах 2, 10 и 30 м. Контактное определение ВП метеорологических характеристик реализуется с помощью ЭО ПЭМС-БПЛА, а ВП метеорологических и турбулентных характеристик – с помощью ЭО ПУМС-БПЛА. Интегральные и структурные характеристик осадков определяются ЭО ОПТИОС, реализующим теневой метод. Газовые загрязнения определяются с помощью анализатора, основанного на методе спонтанного комбинационного рассеяния. Содержание паров ртути определяется газоанализатором, использующим поперечный эффект Зеемана в капиллярной лампе с естественным изотопным составом ртути. Результаты проведенных экспериментальных исследований ЭО ИВС и его составных частей подтвердили выполнение всех требований ТЗ на ПНИ. Проведенный анализ выполнения требований ТЗ на ПНИ показал, что они полностью выполнены, поставленные цели достигнуты, все задачи решены.
2) Полученные результаты обладают научной новизной, что подтверждено публикациями в журналах, входящих в международные базы данных, заявками на патентование, полученными патентами, докладами на научных конференциях, представлением составных частей ЭО ИВС на выставках.
Публикации: В Proceedings of SPIE USA (WoS и Scopus): 2014, V. 9292, , 3 статьи (P. 929230 doi: 10.1117/12.2075125; P. 92922 Z, doi: 10.1117/12.2075110; P. 92924 O, doi: 10.1117/12.2075378); 2015, V. 9860, 5 статей (P. 968034, doi: 10.1117/12.2205121; P . 968038, doi: 10.1117/12.2205285; P. 96803 C, doi: 10.1117/12.2205330; P. 96803 D, doi: 10.1117/12.2205335; P. 96805 Z, doi: 10.1117/12.2205475); 2016, V. 10035, 1 статья (P. 100356T, doi: 10.1117/12.2249247); в Russian Meteorology and Hydrology (Scopus), 2015. V. 40. No 10. P. 699-706. DOI 10.3103/S1068373915100088; в Atmospheric and Oceanic Optics (Scopus) 2016, V. 29, No 1, P. 96-103. Doi: 10.1134/S1024856016010115); в OPTICS EXPRESS (WoS и Scopus), 2016, V. 24, No 5, P. 5136-5151. DOI:10.1364/OE.24.005136; в Известия ВУЗов "Физика", 2016. Т. 59. № 9 С. 14-18, переводная версия в Russian Physics Journal (Scopus) V. 59, No 9, P. 1343-1348 DOI: 10.1007/s11182-017-0915-z; в Измерительная техника, 2016. № 11. С. 29-32, переводная версия в Measurement Techniques(Scopus) выходит марте 2017 г.); в Оптика атмосферы и океана 2 статьи (2016. Т. 29. № 8. С. 654-657. DOI: 10.15372/AOO20160800; 2016. Т. 29. № 11. С. 994-999. DOI: 10.15372/AOO20161114.
Доклады на конференциях и симпозиумах: Международный симпозиум Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы. (2014 г. – 3 доклада, 2015 г. – 6 д., 2016 г. – 1 д.); Международная научная конференция "Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и на транспорте" (2014 г. – 2 д., 2015 г. – 2 д., 2016 г. – 1 д.); Всероссийская акустическая конференция (2014 г. – 1 д.), Лазеры на парах металлов (ЛПМ-2014) (1 д.); Международный военно-технический форум "АРМИЯ-2015" Круглый стол "Арктика. Человек и стихия. Гидрометеорологические аспекты деятельности в Арктическом регионе" (1 д.); XI Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу (Всероссийская конференция, 2015 г. – 1 д.); Всероссийская научно-практическая конференция "Академические Жуковские чтения" (2015 г. – 2 д., 2016 г. – 2 д.); III Всероссийская научно-практическая конференция "Методологические аспекты развития метеорологии специального назначения, экологии и систем аэрокосмического мониторинга" (2016 г. – 2 д.); II Международная научно-техническая конференция "Коррозия, старение и биостойкость материалов в морском климате" (2016 г. – 1 д.).
Выставки: Международная выставка METEOREX-2014 (Санкт-Петербург, 2014 г.); 6-я Международная промышленная выставка EXPO-RUSSIA KAZAKHSTAN (Алматы, Республика Казахстан, 2015 г.); Международный военно-технический форум "АРМИЯ-2015" (Кубинка, Московской обл., 2015 г.); IV Международный форум технологического развития "Технопром" (г. Новосибирск, 2016 г.); XXII Межрегиональная специализированная выставка-ярмарка "Средства и системы безопасности. Антитеррор. IT технологии. Системы телекоммуникации и связи" (Томск, 2016 г.).
3) При разработке методов определения метеорологических и экологических характеристик АПС показано, что разработанные методы при реализации в разрабатываемых ЭО составных частей ИВС обеспечат выполнение требований ТЗ. Соответствие разработанных, изготовленных и испытанных ЭО ОПТИОС (2 шт.), ЭО РГА/м (1 шт.) ЭО ПЭМС-БПЛА (2 шт.), ЭО ПУМС-БПЛА (2шт.), ЭО ДУМК/с (4 шт.), ЭО ДУМК/м (1 шт.), ЭО МОСГ/м (1 шт.), и ЭО КСОД/с (4 шт.) и ЭО КСОД/1 шт.) требованиям ТЗ подтверждено Протоколами и Актами лабораторных испытаний этих ЭО. Соответствие созданного ЭО ИВС требованиям ТЗ на выполнение ПНИ подтверждено Протоколами и Актом экспериментальных исследований.
4) Результаты, полученные при разработке методов и ЭО, показывают, что они соответствуют мировому уровню.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Изобретение "Способ поверки ультразвуковых анемометров и портативные устройства для его осуществления", патент № 2568993 от 22.08.2014, РФ.
Изобретение "Светосильный КР-газоанализатор", патент № 2583859 от 20.11.2014, РФ.
Полезная модель "КР-газоанализатор с улучшенной системой сбора рассеянного излучения", патент № 156170 от 02.06.2015, РФ.
Изобретение "Способ определения усредненных значений скорости и направления ветра", патент № 2600519 от 26.08.2015, РФ.
Изобретение "Способ определения усредненных значений скорости ветра и его направления", заявка № 2016107560 от

01.03.2016, РФ.
Изобретение "Способ калибровки оптического измерителя осадков", заявка № 2016108180 от 09.03.2016, РФ.
Изобретение "Способ и устройство для измерения скорости ветра и температуры воздуха в атмосферном пограничном слое", заявка № 2016112082 от 30.03.2016, РФ.

4. Назначение и область применения результатов проекта

1) Региональные департаменты природных ресурсов и охраны окружающей среды для проведения непрерывного мониторинга состояния АПС. Промышленные, транспортные и другие объекты хозяйственной инфраструктуры, функционирование которых зависит от метеорологической и экологической ситуации. Структуры МЧС России для обеспечения непрерывными данными о значениях метеорологических величин на контролируемой территории и для прогнозирования развития газовых загрязнений окружающей среды. Различные рода и виды вооруженных сил, нуждающиеся в метеорологическом освещении театра военных действий (поля боя).
2) Разработанные методы определения метеорологических и экологических характеристик АПС использованы в созданных ЭО составных частей ИВС.
3) Разработанные методы будут способствовать совершенствованию технологий мезомасштабного мониторинга и прогнозирования состояния АПС. Разработанные составные части ЭО ИВС являются основой для создания опытных образцов технических средств для измерения метеорологических и экологических характеристик АПС.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Обеспечение развития материально-технической и информационной инфраструктуры в области метеорологического и экологического мониторинга для уменьшения отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду и повышения качества жизни населения.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

1) Коммерциализация проекта осуществляется с помощью Индустриального партнера, который будет выполнять ОКР по теме "Разработка измерительно-вычислительной системы для реализации технологии мезомаштабного мониторинга и прогнозирования состояния АПС" на основании разработанного проекта ТЗ.
2) Предполагается мелкосерийный выпуск как самой ИВС, так и ее отдельных составных частей, которые могут являться автономными измерителями характеристик АПС: различные модификации ультразвуковых автоматических метеостанций (стационарные и мобильные – возимые и переносные), оптические измерители структурных и интегральных характеристик атмосферных осадков, многокомпонентные газоанализаторы для измерения концентраций загрязняющих веществ и анализаторы концентрации паров ртути в атмосферном воздухе.

7. Наличие соисполнителей

Соисполнитель ООО "УМИУМ" привлекался к выполнению работ в 2014, 2015 и 2016 гг.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт мониторинга климатических и экологических систем
Сибирского отделения Российской академии наук

директор института — *(должность)* — *(подпись)* — Крутиков В.А. *(фамилия, имя, отчество)*

Руководитель работ по проекту

главный научный сотрудник — *(должность)* — *(подпись)* — Тихомиров А.А. *(фамилия, имя, отчество)*

М.П.