



Валерий БОНДУР,
 директор НИИ аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС»,
 академик РАН, доктор технических наук, профессор

НИИ «АЭРОКОСМОС» СОЗДАЕТ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ

Наша встреча с академиком Бондуром В.Г., конечно же, была не случайной. Для читателей журнала «Авиапанорама» небезынтересны исследования и научно-технические работы, проводимые в стенах Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС», ориентированного на одно из наиболее приоритетных направлений инновационной деятельности в современных условиях развития нашего государства.

– Валерий Григорьевич, для наших читателей, в качестве вступительного экскурса: что из себя представляет сегодня НИИ «АЭРОКОСМОС» как один из ведущих научных центров страны в области дистанционного мониторинга окружающей среды?

– Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС» является уникальной научной организацией с высоким

инновационным потенциалом и широким диапазоном возможностей в различных областях, связанных с дистанционным зондированием с борта авиационных или космических летательных аппаратов.

Целью деятельности НИИ «АЭРОКОСМОС» является проведение исследований и разработок, связанных с аэрокосмическим мониторингом

Земли в интересах фундаментальной и прикладной науки, охраны окружающей среды, рационального природопользования, предупреждения и снижения последствий природных и техногенных катастроф, а также решение специальных задач в интересах Российской Федерации.

Об уровне нашей организации свидетельствует то, что на основании проводимых оценок результативности научной деятельности в рамках Федеральной системы мониторинга научных организаций (ФСМНО) НИИ «АЭРОКОСМОС» отнесен к 1-й категории организаций (научные организации — лидеры). Комиссией Минобрнауки России установлено, что результаты деятельности НИИ «АЭРОКОСМОС» соответствуют мировому уровню, а зачастую и превосходят его. Признано, что НИИ «АЭРОКОСМОС» является ведущей организацией — лидером в области аэрокосмических исследований Земли, разработки методов и технологий дистанционного мониторинга для охраны окружающей среды, предупреждения чрезвычайных ситуаций, обеспечения безопасности России. Этот статус был дан НИИ «АЭРОКОСМОС» ещё в 2011 году и подтверждался все последующие годы.

Нашими специалистами ведётся успешная работа в области разработки новых методов дистанционного зондирования, технологий, технических и программных средств обработки больших потоков аэрокосмической информации. Кроме того, мы уделяем значительное внимание международному сотрудничеству и вопросам интеграции научных и образовательных программ с целью подготовки специалистов и научных кадров высшей квалификации.

– Если возможно, немного подробнее остановитесь на основных направлениях и видах деятельности Вашей организации.

Основные направления деятельности НИИ «АЭРОКОСМОС» связаны с шестью из восьми приоритетных направлений развития науки, технологий и техники, утвержденных Указом Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899, а также с шестью из семи приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации, определенных Стратегией научно-технологического развития страны, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642.

А конкретно, основными видами деятельности Научно-исследовательского института аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС» являются:

- ✈ проведение фундаментальных и прикладных исследований, выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в интересах разработки и применения аэрокосмических методов, технологий и создания средств для мониторинга окружающей среды, чрезвычайных ситуаций и объектов техносферы, исследования природных ресурсов, а также для решения специальных задач;
- ✈ решение широкого спектра проблем в области наук о Земле для получения новых знаний о различных процессах и явлениях, происходящих в морях и океанах, геологической среде, на суше, в атмосфере и околоземном космическом пространстве с использованием аэрокосмических методов, технологий и средств;

- ✈ разработка общесистемных принципов построения систем многоуровневого комплексного мониторинга различного назначения с использованием космических, воздушных, наземных, надводных, подводных и других средств;
- ✈ развитие физических основ аэрокосмического мониторинга и разработка новых типов аппаратуры дистанционного зондирования.
- ✈ организация и проведение аэрокосмического мониторинга различных объектов окружающей среды для выявления источников естественных и антропогенных воздействий на них, опасных природных явлений и процессов (землетрясения, извержения вулканов, лесные, степные и торфяные пожары, тайфуны, цунами, наводнения и др.), объектов техносферы (нефте- и газопроводов, ЛЭП, гидросооружений и т.п.), а также решения специальных задач;

✈ осуществление приема аэрокосмической информации, участие в обмене данными между национальными и международными системами мониторинга;

✈ разработка методов, программных и технических средств обработки больших потоков аэрокосмической информации, а также методов моделирования и создания моделей различных процессов и явлений, происходящих в окружающей среде;

✈ проведение обработки аэрокосмических изображений в интересах наук о Земле, рационального природопользования, предупреждения чрезвычайных ситуаций в интересах различных отраслей экономики, а также обработки информации в интересах медицины, биологии, материаловедения, технического зрения, криминалистики и других отдельных отраслей экономического и оборонного значения. ➔

Ещё одними из значимых видов деятельности НИИ «АЭРОКОСМОС» являются создание и актуализация баз данных по характеристикам объектов окружающей среды и создание геоинформационных систем. Кроме того, нами разрабатываются и широко применяются методы и технологии, позволяющие создавать цифровые карты, планы и составлять тематические ГИС.

– Расскажите, пожалуйста, об «истоках создания» и становления НИИ «АЭРОКОСМОС». Кто являлся его идеологом и основателем?

– Формально историю возникновения Научно-исследовательского института аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС» можно отсчитывать с 1 декабря 2000 г., когда в Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) был создан межфакультетский Научно-исследовательский учебный центр аэрокосмических технологий мониторинга природных ресурсов и окружающей среды — НИУЦ «АЭРОКОСМОС». Я стал директором и организатором этого центра (по совместительству). Значительную поддержку в его создании оказа-

ли генеральный директор и генеральный конструктор ЦНИИ «Комета» академик Савин А. И. и летчик-космонавт СССР, член-корреспондент РАН Савиных В. П., который являлся в то время ректором МИИГАиК.

В 2004 г. в соответствии с совместным решением Министерства образования Российской Федерации и Российской академии наук на основе НИУЦ «АЭРОКОСМОС» было создано Государственное учреждение «Научный центр проблем аэрокосмического мониторинга» — ЦПАМ «АЭРОКОСМОС» Минобрнауки России и РАН в качестве самостоятельного юридического лица. В 2011 году наша организация была переименована в Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС» Министерства образования и науки Российской Федерации под научно-методическим руководством Российской академии наук (Приказ Минобрнауки России от 31.05.2011 г. № 1984). Директором этого научного учреждения был назначен Ваш «покорный слуга».

Основу коллектива нашей организации составили ученые и инженерно-технические работники, перешедшие из ведущих научных подразделений ЦНИИ «Комета», прежде всего, из Центра экологического мониторинга и информационных технологий, который до этого я и возглавлял.

Формированию организации подобного типа, занимающейся вопросами, связанными с системным мониторингом окружающей среды и выявлением чрезвычайных ситуаций с использованием аэрокосмических методов и технологий, способствовал опыт, накопленный кол-

лективом специалистов в процессе диверсификации разработок, выполненных при создании глобальных аэрокосмических систем военного назначения. В процессе создания таких систем формировались подходы и разрабатывались аэрокосмические методы исследований различных процессов и явлений в морях, океанах, на поверхности Земли, в атмосфере и околоземном космическом пространстве, формировалась методология моделирования различных объектов окружающей среды, а также моделирования полей излучения на входе аппаратуры дистанционного зондирования. Эти специалисты составили основу НИИ «АЭРОКОСМОС».

С использованием такой методологии были разработаны модели спектроэнергетических и пространственно-частотных характеристик различных объектов и фонов, модели распространения электромагнитного излучения в атмосфере и океане, целый спектр гидродинамических и электродинамических моделей, географо-климатические, метеорологические и другие модели, а также были накоплены базы данных о характеристиках различных процессов и явлений, наблюдаемых аэрокосмическими системами. Разработанная методология и созданные модели позволили научно обосновать направления экспериментальных и теоретических исследований для получения исходных данных, необходимых для разработки физических основ, принципов и технических путей построения глобальных и региональных аэрокосмических систем мониторинга.

Были разработаны новые методы, алгоритмы и программы обработки больших потоков информации, формируемых различными типами аппаратуры дистанционного зондирования, которые могли широко использоваться для решения различных задач.

Идея организации широкомасштабных работ в области применения аэрокосмических методов и технологий, разработанных в оборонно-промышленном комплексе в интересах охраны окружающей среды и предупреждения катастрофических природных и техногенных процессов для создания лучших условий жизни на нашей планете, возникла давно. Когда я работал заместителем директора по науке ЦНИИ «Комета», мы часто обсуждали эти проблемы с моим учителем — директором и генеральным конструктором ЦНИИ «Комета» — академиком Савиным А. И. Од-

нажды Анатолий Иванович сказал мне, что в мире создано много оружия, в том числе нашей организацией, которое способно уничтожить все живое на Земле. Поэтому нужно сделать все возможное, чтобы это оружие никогда не применялось, а разработанные методы и технологии должны использоваться в интересах людей. В процессе этих разговоров родилась идея создания в ЦНИИ «Комета» Центра экологического мониторинга и информационных технологий, который в недалёком будущем должен был стать самостоятельной организацией, занимающийся решением проблем мониторинга окружающей среды, с использованием существующих и вновь разрабатываемых аэрокосмических методов и технологий.

Создание НИИ «АЭРОКОСМОС» на базе Московского государственного университета геодезии и картографии было обусловлено давними связями этого высшего учебного заведения с ЦНИИ «Комета». Мы вместе с несколькими предприятиями стали инициаторами создания в МИИГАиК факультета прикладной космонавтики. В ЦНИИ «Комета» был создан филиал кафедры, затем филиал факультета прикладной космонавтики, а в МИИГАиК — кафедра космического мониторинга, которыми я заведовал. В рамках этих образовательных структур проводилась подготовка специалистов в области исследования природных ресурсов Земли аэрокосмическими методами, дистанционного зондирования окружающей среды, геоинформатики, обработки аэрокосмической информации. Поэтому создание научно-исследовательского института на базе МИИГАиК и Центра экологического мониторинга и информационных технологий ЦНИИ «Комета» стало делом естественным и органичным.

Формирование новых научных направлений, которыми сейчас занимается НИИ «АЭРОКОСМОС», происходило в период новейшей истории России. Эти научные направления обеспечивают проведение на мировом уровне фундаментальных и прикладных исследований в области наук о Земле. А также позволяют внедрять в практику инновационные методы и технологии дистанционного зондирования Земли, обработки больших потоков аэрокосмической информации в интересах решения множества задач, связанных с охраной окружающей среды и контролем чрезвычайных ситуаций. При этом большое внимание уделяется геодезии, картографии, созданию геоинформационных систем, обеспечению актуальной геоинформационной продукции, сформированной на основе данных дистанционного зондирования, различных отраслей экономики страны и т.п.

– Не могли бы Вы рассказать, какие основные проекты уже реализованы и реализуются НИИ «АЭРОКОСМОС» за последнее время?

– За последнее время наши основные проекты реализовались и реализуются в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014–2020 годы» (Заказчик — Минобрнауки России), в соответствии с грантами Российского научного фонда и Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), в соответствии с грантами Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ, в соответствии с Комплексными целевыми программами ведомств, а также по отдельным договорам с различными организациями.

Некоторыми из этих работ являются:

- ✈ разработка методов и создание экспериментального образца системы мониторинга антропогенных воздействий на шельфовые зоны черноморского побережья Российской Федерации, включая Крымский полуостров, на основе спутниковых и контактных данных;
- ✈ разработка методов и создание экспериментального образца системы формирования и сопровождения базы данных предвестников землетрясений, регистрируемых из космоса, для предупреждения значительных сейсмических событий;
- ✈ разработка методов и технологий мониторинга состояния импактных районов Арктики по мультиспектральным оптическим и радиолокационным космическим изображениям и данным наземных наблюдений;
- ✈ разработка методов мониторинга динамики естественных и антропогенных эмиссий газовых примесей и аэрозолей в атмосферу на основе космических данных и результатов моделирования» (международный проект в рамках сотрудничества Россия — ЕС);
- ✈ разработка методов и технологий оценки объемов эмиссий и распространения углеродсодержащих газовых компонент и аэрозолей в воздушной среде Северной и Восточной Евразии по данным космического мониторинга (международный проект в рамках сотрудничества Россия — Китай);
- ✈ разработка единой системы комплексного мониторинга катастрофических явлений для уменьшения их последствий на основе космических и наземных данных;

- ✈ интегрированные технологии оценки загрязнения атмосферы крупных городов в региональном и глобальном масштабах на основе аэрокосмического и наземного мониторинга для уменьшения негативных последствий антропогенных воздействий (проект «МЕГАПОЛИС» — партнерский европейскому проекту «MEGAPOLI»);
- ✈ разработка методов и создание аппаратно-программного комплекса мониторинга пространственной структуры волнения в широком диапазоне частот по оптическим и радиолокационным космическим изображениям для выявления антропогенных воздействий на морские акватории и др.;
- ✈ взаимодействие «атмосфера-гидросфера» в Балтийском бассейне и арктических морях: космический мониторинг с использованием данных различных спектральных диапазонов, восстановление характеристик поверхностного волнения и приповерхностного слоя водной среды по космическим изображениям (международный Российско-Финский проект);
- ✈ разработка геоинформационной методологии Цифровой Земли для обеспечения континентальной связности на примере сегментов и узлов трансконтинентальных транспортных коридоров (международный Российско-Китайский проект);
- ✈ аэрокосмические исследования антропогенных и естественных воздействий на окружающую среду в интересах науки о Земле, экологии и рациональном природопользовании и др. ➔

Кроме этого, за последние 5 лет НИИ «АЭРОКОСМОС» выполнил и выполняет 12 актуальных НИР и ОКР по специальной тематике в интересах обеспечения обороны и безопасности государства.

Подготовлен проект, который должен реализовываться совместно организациями России (НИИ «АЭРОКОСМОС») Китая и Бразилии в рамках программы международного сотрудничества стран-участниц БРИКС и другие проекты.

НИИ «АЭРОКОСМОС» является контактной точкой БРИКС по направлениям «Геопространственные технологии и их применение». Проведено два заседания Рабочей группы и научный семинар по этому направлению в г. Большая Нойда и г. Хайдарабад (Индия).

– Прошу уточнить, какие наиболее значимые результаты, на Ваш взгляд, достигнуты НИИ «АЭРОКОСМОС» за последние несколько лет?

– Если обобщить наиболее крупные научные результаты, то к ним можно отнести следующие:

✈ разработка принципов построения глобальных информационных космических систем для мониторинга морей и океанов, воздушной среды и источников антропогенных воздействий на нее, опасных природных и техногенных процессов, государственной территориально-распределенной системы космического мониторинга для гидрометеорологического обеспечения, мониторинга государственной границы и морского пограничного пространства Российской Федерации, а также для выявления террористических угроз и др.;

✈ разработка уникальных методов и технологии дистанционного зондирования океана, атмосферы, геологической среды, поверхности Земли и околоземного космического пространства, в том числе: дистанционная пространственно-частотная спектрометрия; многочастотные радиото-

мография, радиоволнография и СВЧ-радиометрия; лазерная флуориметрия; многочастотное радиопросвечивание атмосферы; дистанционная протонная и нейтронная радиография; космические методы регистрации геодинамических, ионосферных, геотермических, метеорологических предвестников сильных землетрясений; новые методы оперативного обнаружения из космоса природных и других пожаров; методы определения объемов эмиссий вредных газов и аэрозолей в атмосферу от природных и антропогенных источников; методы аэрокосмического мониторинга растительности, методы дистанционного мониторинга импактных районов Арктики и др.;

✈ разработка методов и технологий обработки больших потоков многоспектральной аэрокосмической информации, обеспечивающих получение более 220 типов информационных продуктов для решения широкого спектра задач в области дистанционного зондирования Земли. ↪

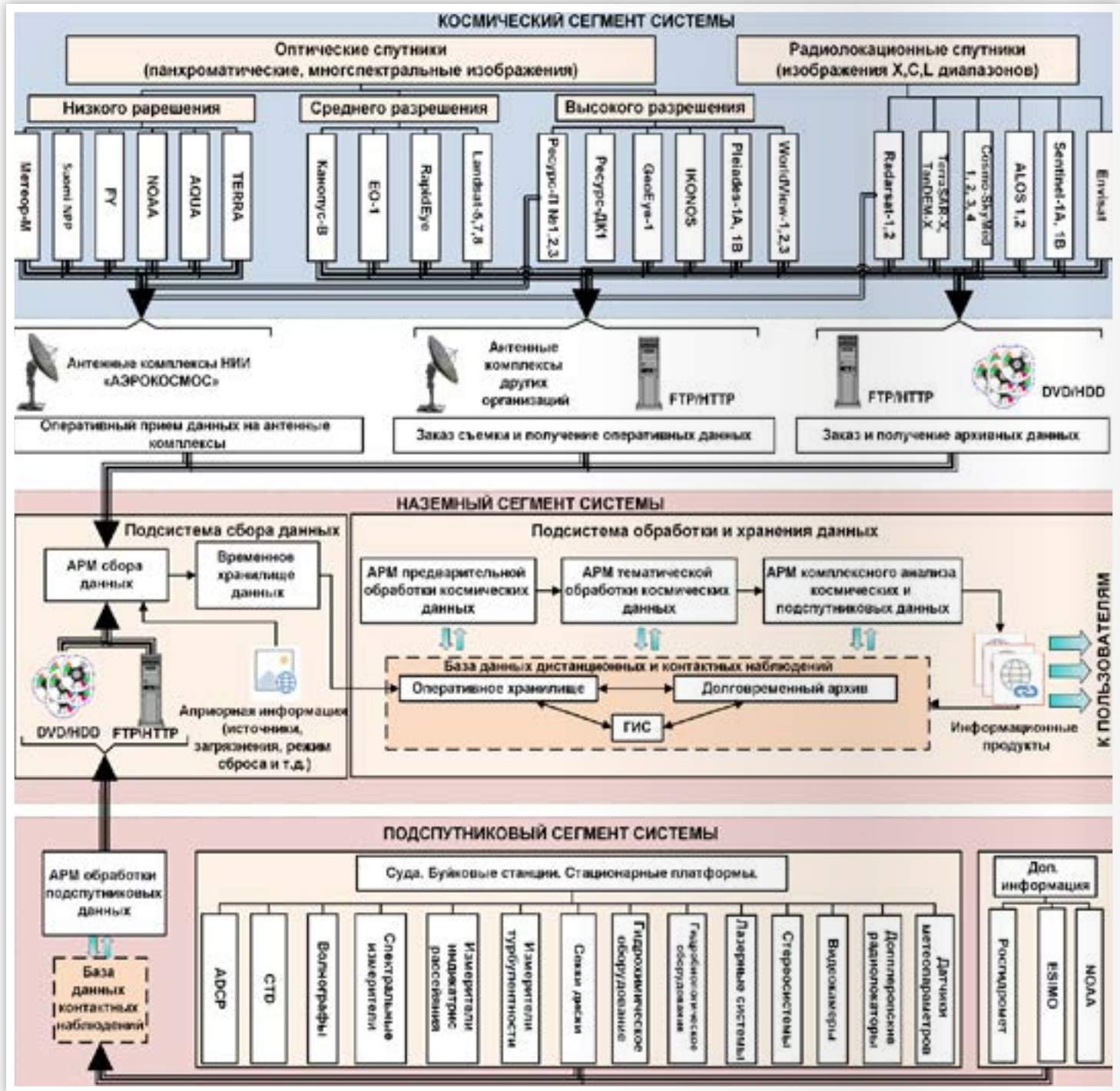
Методы и технологии аэрокосмического мониторинга, разработанные в рамках работ, выполняемых НИИ «АЭРОКОСМОС», уже внедрены и находят широкое практическое применение в различных отраслях экономики страны.

– **А какие наиболее интересные результаты получены в самое последнее время?**

– Совсем недавно мы завершили проект по разработке методов по созданию экспериментального образца системы мониторинга антропогенных воздействий на шельфовые зоны черноморского побережья Российской Федерации, включая Крымский полуостров, на основе спутниковых и контактных данных. Тема проекта актуальна для прибрежных акваторий морей России, в том числе для шельфовых зон Чёрного моря. Это связано с тем, что одной из наиболее важных проблем в области рационального природопользования является предотвращение загрязнения акваторий морей и океанов, прежде всего прибрежных. Большинство акваторий российского сектора Черного моря, в том числе акватории Крымского шельфа, загрязнены и находятся под постоянно нарастающей антропогенной нагрузкой, связанной

с наличием крупных портов, обширных сельскохозяйственных угодий, интенсивной рекреационной деятельностью, жилой застройкой побережья, особенно Крымского полуострова, строительством путей сообщения с началом добычи углеводородного сырья на шельфе, а также планируемым созданием терминалов, магистральных трубопроводов, транспортировкой углеводородов и др.

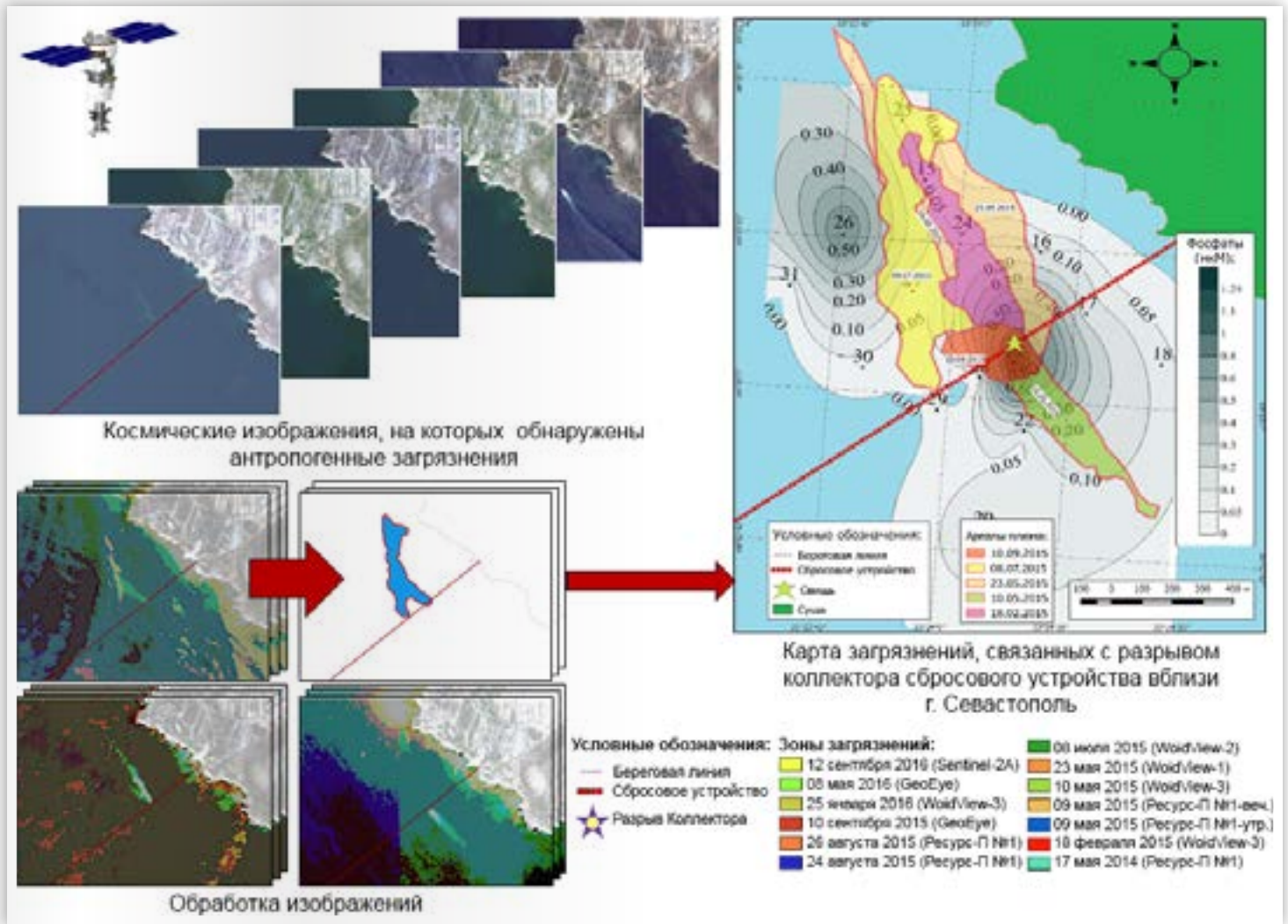
На основании результатов проведенных исследований в рамках этого проекта разработаны принципы, методы и технологии сбора и комплексной обработки различных спутниковых и контактных данных, формируемых при мониторинге прибрежных акваторий, создан и испытан экспериментальный образец региональной системы сбора и обработки космических изображений различных диапазонов спектра, а также контактных данных, получаемых корабельными и буйковыми средствами, для оценки антропогенных воздействий на экосистемы прибрежных акваторий обеспечивающий комплексный наземно-космический мониторинг черноморского шельфа Российской Федерации, в том числе шельфа Крымского полуострова и Севастопольского региона.



Функциональная схема экспериментального образца региональной системы наземно-космического мониторинга

Разработанные в ходе выполнения проекта принципы, методические подходы, методы, технологии и созданный экспериментальный образец региональной системы мониторинга применялись при проведении натурных экспериментов на тестовых участках «Севастополь», «Кацивели» и «Геленджик». В этих экспериментах использовалось более 20-ти типов аппаратуры, включая космические оптические панхроматические

и многоспектральные системы, радиолокаторы с синтезированной апертурой, акустические измерители скоростей течений, STD-датчики, термокосы, датчики мутности, микроструктурные зонды и т.п. В процессе мониторинга были обнаружены как поверхностные, так и глубинные проявления загрязнений прибрежных акваторий, преимущественно локализованные в районах расположения заглубленных сбросовых



Выявление проявлений глубинных стоков путем обработки космических и подспутниковых данных

устройств. При этом выявлена высокая степень соответствия результатов обработки данных дистанционного зондирования и контактных наблюдений.

Обнаружены места повреждений (разрывов) коллекторов заглубленных сбросовых устройств, приводящих к возникновению неконтролируемых загрязнений вблизи береговой черты у городов Севастополь и Геленджик. Результаты обработки дистанционных и контактных данных свидетельствуют о том, что зоны интенсивных антропогенных воздействий проявляются в генерации и распространении высокочастотных внутренних волн, обусловленных истечением турбулентных струй из коллекторов сбросовых устройств, в появлении аномалий гидрооптических характеристик, а также в изменении характеристик рассеяния радиолокационных сигналов.

Сформирована база данных дистанционных и кантатных наблюдений для тестовых участков, которая включает в себя около двух тысяч космических оптических и радиолокационных изображений, а также результаты определения 34 типов информационных продуктов, количественно характеризующих значимые параметры водной среды и уровни антропогенных воздействий на экосистемы прибрежных акваторий черноморского шельфа Российской Федерации, в том числе шельфа Крымского полуострова общим объёмом около двух Тб.

Разработаны и обоснованы рекомендации по обеспечению рационального природопользования, экологической безопасности и снижению уровня негативного воздействия природных и антропогенных факторов на состояние прибрежных акваторий, а также на здоровье и жизнедеятельность населения. Разработаны также рекомендации и предложения

по использованию результатов проекта в реальном секторе экономики, по проведению дальнейших исследований, а также проект ТЗ на выполнение ОКР.

Результаты проекта могут быть востребованы: Минприроды России, Росгидрометом; Минтрансом России; МЧС России, силовыми ведомства-

ми; Минсельхозом России; Росземкадастром, Роснедвижимостью; нефте-и газодобывающими, судостроительными и транспортными компаниями; институтами и учреждениями Федерального агентства научных организаций, ВУЗами и другими образовательными учреждениями, а также международными организациями. ↩

При выполнении международных проектов в рамках сотрудничества Россия — ЕС и Россия — Китай разработаны методы и технологии космического мониторинга объемов и динамики распространения естественных и антропогенных эмиссий газовых примесей и аэрозолей в атмосфере, в том числе:

✈ метод космического мониторинга динамики эмиссий и оценка объемов выбросов NO_2 и SO_2 от антропогенных источников;

✈ метод космического мониторинга антропогенных источников горения и оценка выбросов CO_2 ;

✈ метод выявления очагов природных пожаров и расчёта объёмов эмиссий вредных газовых

примесей CO_2 , CO , NO_2 и аэрозолей от природных пожаров по спутниковым данным;

✈ метод космического мониторинга динамики и распространения пепловых выбросов (SO_2) в период извержения активных вулканов;

✈ метод комплексного мониторинга поля концентрации метана в атмосфере от антропогенных и природных источников его эмиссий по космическим данным;

✈ технология сбора и обработки спутниковых данных, позволяющая оптимизировать процесс оценки объемов эмиссий и распространения вредных газовых компонент и аэрозолей в воздушной среде. ↩

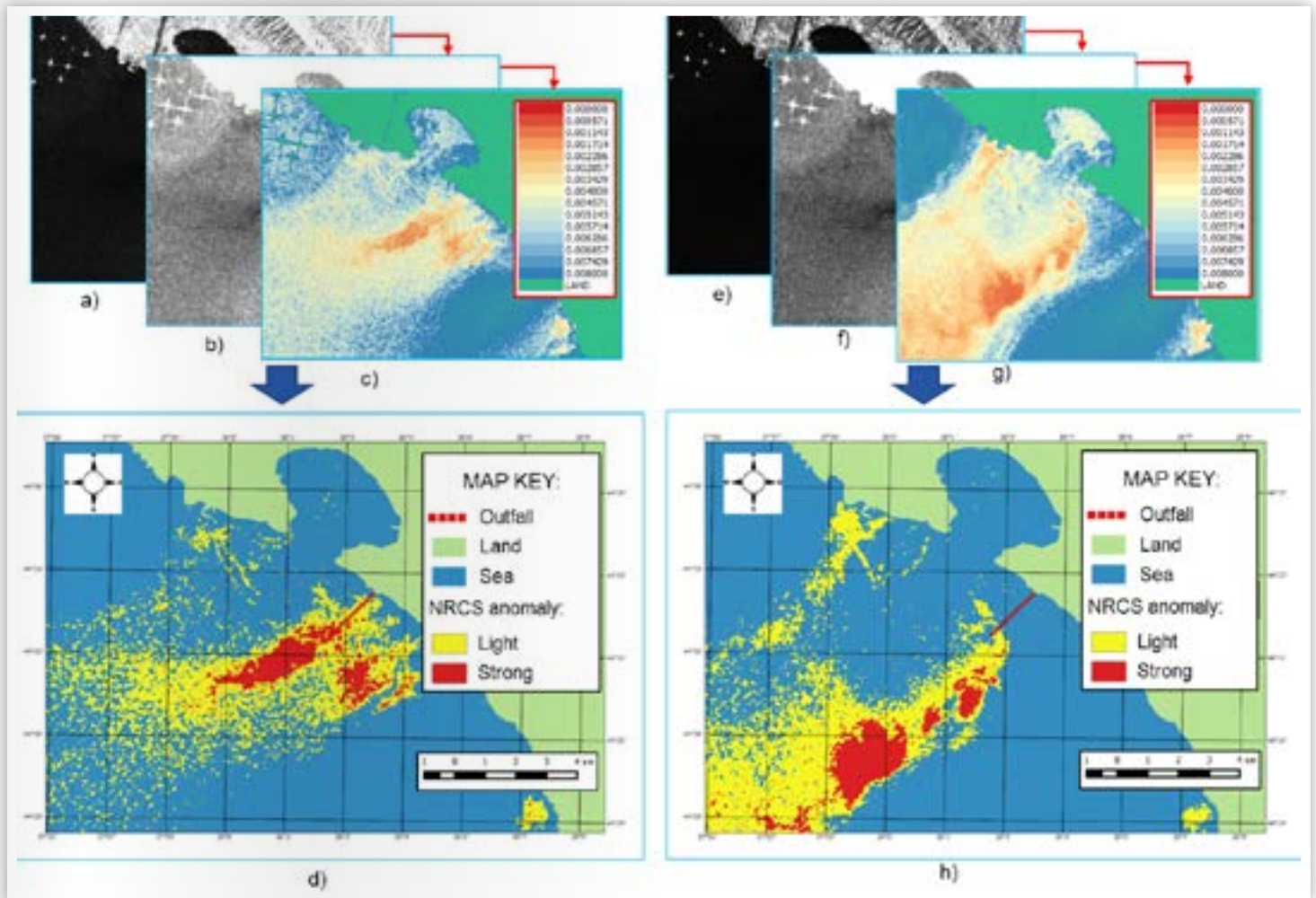
Разработан макет системы для оценки объемов эмиссий и распространения газовых компонент и аэрозолей в воздушной среде по данным космического мониторинга, реализующий разработанные методы и технологии.

Полученные результаты важны для решения практических задач по выявлению источников, а также оценки объемов и динамики распространения загрязняющих веществ в атмосфере на пожароопасных территориях, а также для промышленных и густонаселенных областей, характеризующихся наличием антропогенных источников эмиссий в воздушную среду вредных газовых примесей и аэрозолей.

✈ Эти результаты внедрены в созданную и постоянно совершенствующую систему оперативного аэрокосмического мониторинга таких опасных явлений, как природные пожары. Эффективность использования этой системы про-

демонстрирована на основании результатов оперативного космического мониторинга природных пожаров, обеспечивших возможность проведения анализа распределений площадей, пройденных огнем, а также объемов эмиссий вредных газов. В том числе углеродсодержащих (CO и CO_2), и мелкодисперсных аэрозолей ($\text{PM}_{2.5}$). Это позволило выявить особенности сезонной повторяемости природных пожаров и объемов эмиссий вредных компонентов в воздушную среду для различных регионов России и близлежащих стран.

✈ На основании полученных результатов показано, что за период с 2005 по 2016 г. ежегодная площадь выгоревших территорий при природных пожарах на территории Российской Федерации снизилась почти в 2,6 раза за счет принятия мер по раннему обнаружению и ликвидации очагов возгорания. За этот период времени максимальные объемы эмиссий углеродсодержащих газов (CO , CO_2), и мелкодисперсных аэрозолей ($\text{PM}_{2.5}$) были зареги-

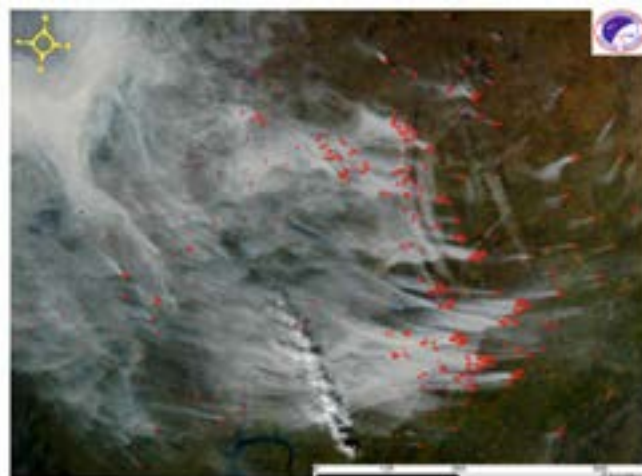


Этапы обработки (a, b, c, e, f, g) космических радиолокационных изображений для прибрежной акватории в районе г. Геленджик, полученных со спутника SENTINEL-1A [SENTINEL DATA HUB] 14 сентября (слева) и 2 октября (справа) 2016 г., и сформированные карты распределений аномальных значений УЭПР водной поверхности (d, h), обусловленных проявлением глубинных стоков (d, h).

стрированы в апреле 2008 г. (для CO — 18 млн тонн, для CO₂–285 млн тонн, для PM_{2.5}–2 млн тонн); в мае 2006 г. (для CO — 15,5 млн тонн, для CO₂–240 млн тонн, для PM_{2.5}–1,68 млн тонн), а также в июле 2012 г. (для CO — 13 млн тонн, для CO₂–235 млн тонн, для PM_{2.5}–1,87 млн тонн).

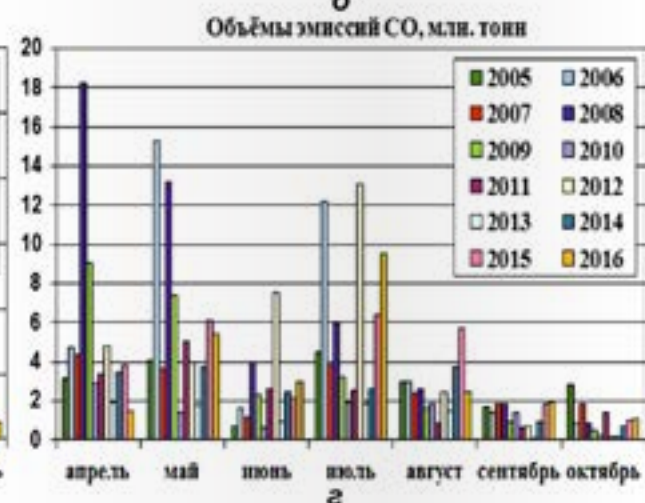
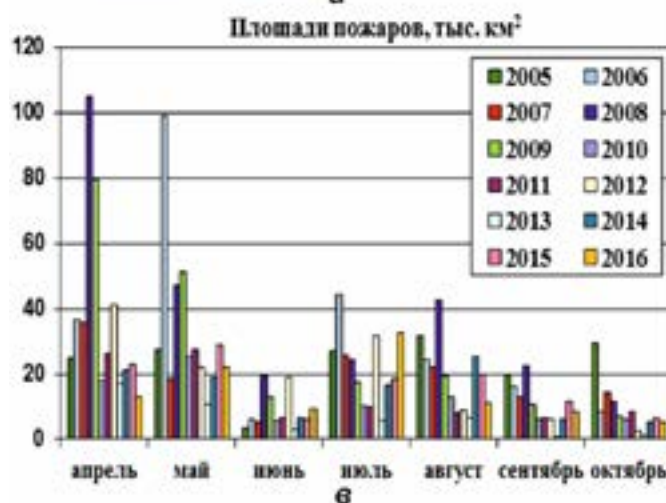
✈ Установлено, что в 2014–2016 гг. на территории Украины сложилась аномальная ситуация с природными пожарами, где относительные площади, пройденные огнем, в эти годы увеличились более чем в 6 раз, а объемы эмиссий CO, CO₂ и PM_{2.5} — в 6,5–7,5 раз (а в августе 2014 г. — в 10–16 раз) по сравнению с предыдущими годами для территории этой страны и для территорий других стран Европы. (Бондур В. Г., Гордо К. А., Кладов В. Л. Исследование Земли из космоса № 6, 2016 г. С. 3–20.).

В НИИ «АЭРОКОСМОС» разработаны и экспериментально апробированы новые методы и технологии мониторинга предвестников сильных землетрясений с магнитудами M_≥6. Для регистрации предвестников таких землетрясений, проявляющихся в аномалиях различных геофизических полей, и их последующей интеграции в базу данных, разработаны методы и алгоритмы предварительной, тематической обработки и визуализации космической информации, которая обеспечивает возможность исследования вариаций параметров ионосферы, геодинамических особенностей и аномалий тепловых полей, возникающих при подготовке и протекании сейсмических событий.



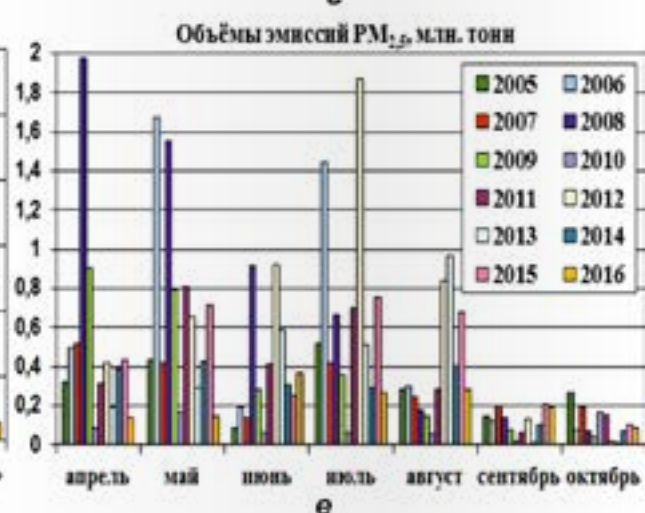
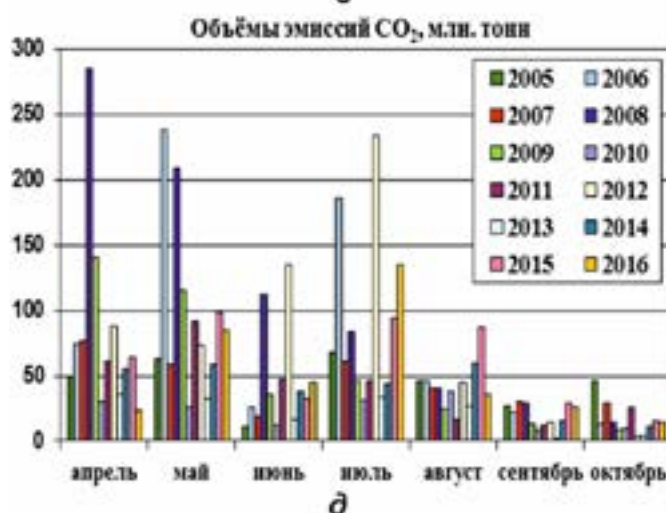
а

б



в

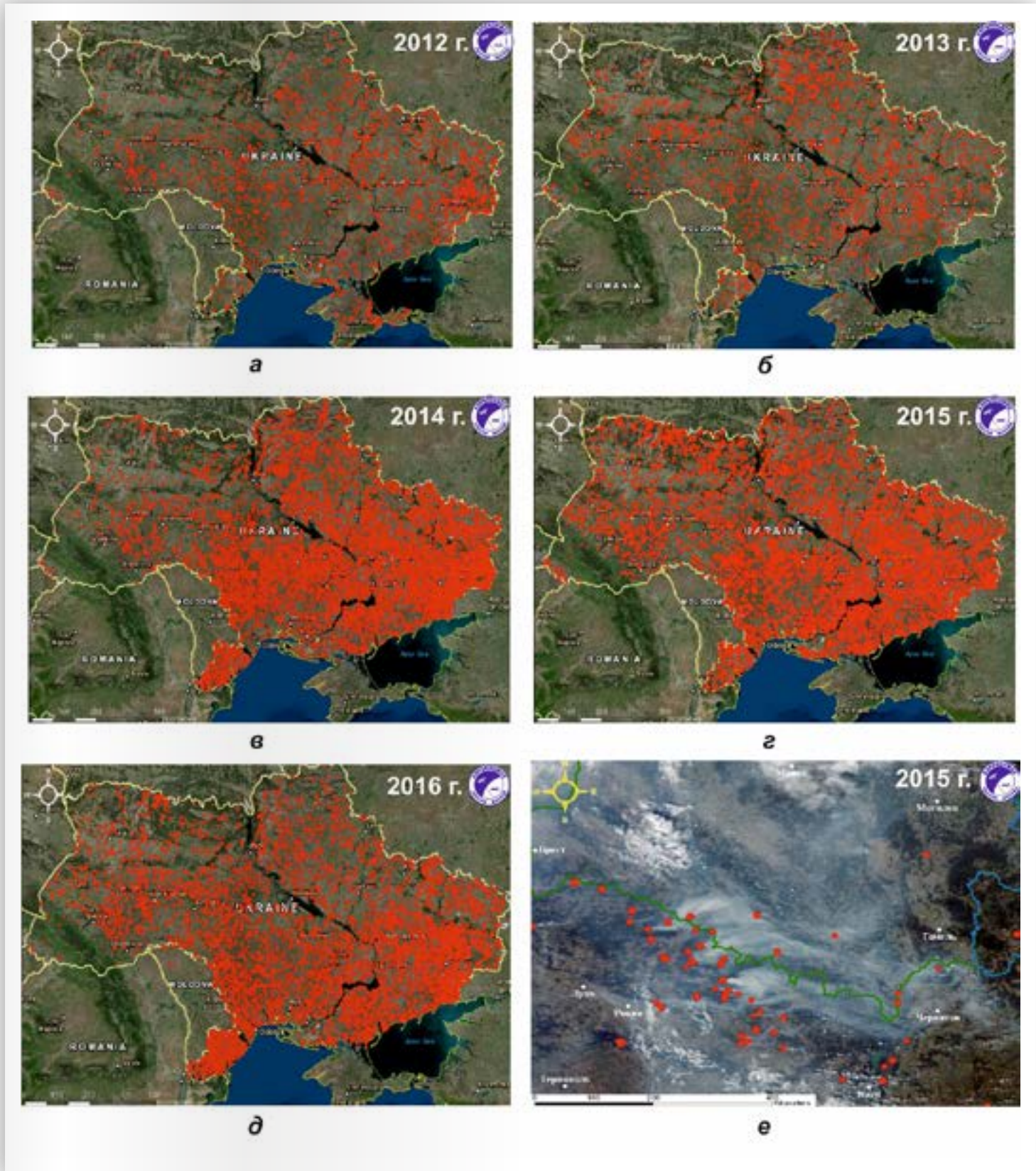
г



д

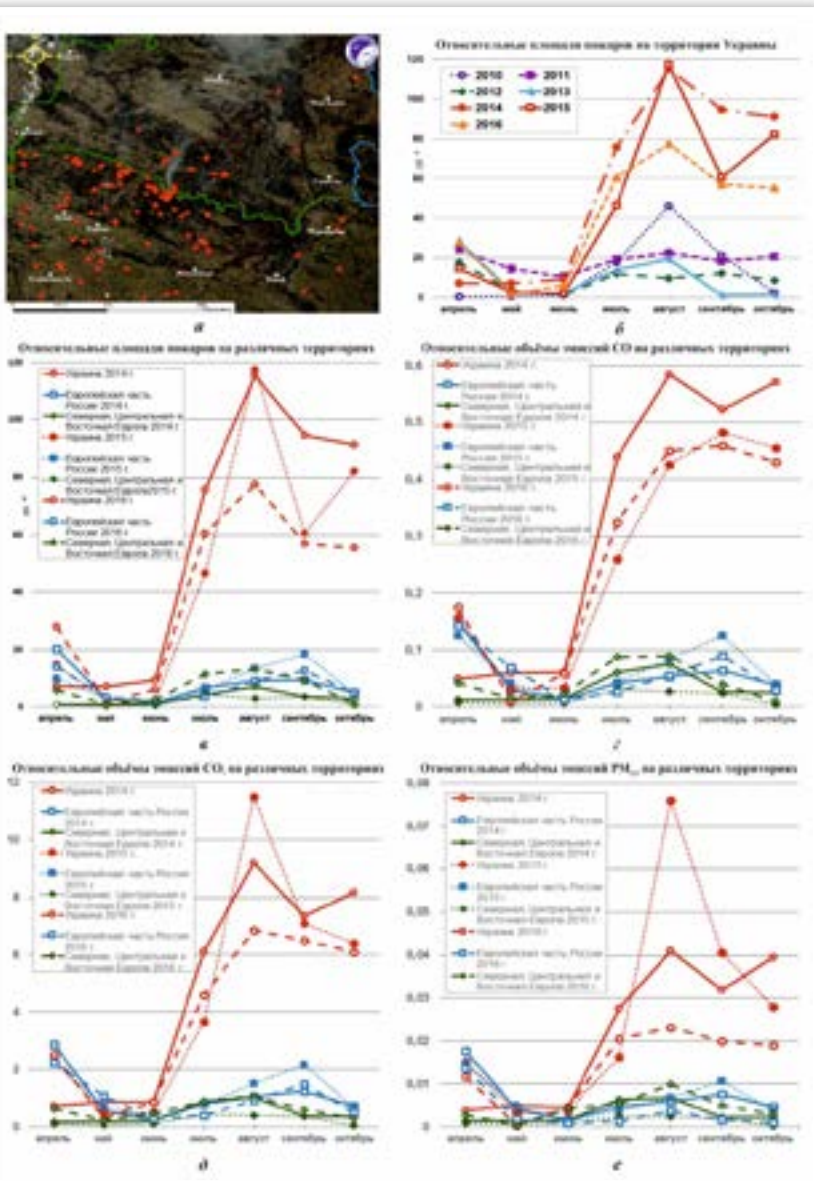
е

Результаты космического мониторинга природных пожаров и вызываемых ими эмиссий углеродсодержащих газов и мелкодисперсных аэрозолей на всей территории Российской Федерации в 2005–2016 гг.: а — пожары, обнаруженные из космоса 16 сентября 2016 г. в Сибири (Иркутская область); б — распределение по годам общих площадей участков территорий, пройденных огнём при пожарах; в — распределение площадей, пройденных огнём по месяцам; распределения объёмов эмиссий по месяцам CO (г), CO₂ (д), PM_{2,5} (е).



Пространственное распределение очагов природных пожаров на территории Украины:

а — в 2012 г.; б — в 2013 г.; в — в 2014 г.; г — в 2015 г.; д — в 2016 г.; е — очаги природных пожаров и дымовые шлейфы, обнаруженные из космоса на границе Украины и Республики Беларусь 2 сентября 2015 г.



Результаты космического мониторинга: примеры пожаров, обнаруженных из космоса 25 августа 2015 г. на границе Украины и Республики Беларусь [a]; относительные площади природных пожаров, произошедших в 2010–2016 гг. на территории Украины [б]; в 2014–2016 гг. на территориях Украины и различных стран Европы [в]. Распределения по месяцам удельных объёмов эмиссий на территориях различных стран Европы: монооксида углерода — CO [г]; двуоксида углерода — CO₂ [д]; мелкодисперсного аэрозоля — PM_{2.5} [e].

Разработанные методы и алгоритмы обеспечивают формирование набора предвестников землетрясений, в том числе ионосферных (значение электронной концентрации в максимуме слоя F2, полное электронное содержание ионосферы (ТЕС), скорость изменения ТЕС вдоль траектории подионосферной точки, вид высотного распределения электронной кон-

центрации, динамика изменения высотного распределения электронной концентрации во времени и пространстве), геодинамических (динамика линейных систем, отношения суммарных длин линейных направлений), тепловых (динамика температуры земной поверхности, температуры приповерхностного слоя атмосферы, уходящего длинноволнового излучения).

Разработанные алгоритмы реализованы в виде модулей специального программного обеспечения экспериментального образца системы мониторинга сейсмоопасных территорий. Проведены экспериментальные исследования по проверке работоспособности разработанной системы, позволившие получить информацию о сейсмоионосферных вариациях, геодинамических особенностях и вариациях тепловых полей при подготовке и протекании землетрясений на различных тестовых участках.

По результатам сбора и обработки данных спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС и GPS, космических изображений, полученных приборами различных спутников, а также сопутствующей информации, полученной при проведении экспериментальных исследований, сформирован фрагмент базы данных предвестников сильных землетрясений ($M \geq 6$), регистрируемых из космоса, для Курило-Камчатского региона, Байкальской рифтовой зоны, Кавказа, Киргизии, Чили, Перу, Мексики и других сейсмоопасных территорий.

– Валерий Григорьевич, осуществляете ли Вы взаимодействие с научными учреждениями, предприятиями реального сектора экономики, международными организациями?

– Да, естественно, осуществляем. НИИ «АЭРОКОСМОС» активно сотрудничает с: ведущими институтами Российской академии наук и Федерального агентства научных организаций (Институт физики атмосферы РАН, Институт физики Земли РАН, Институт океанологии РАН, Морской гидрофизический институт РАН, Институт водных проблем РАН, Геофизический центр РАН и многими другими); предприятиями Госкорпорации «РОСКОСМОС» (ОАО

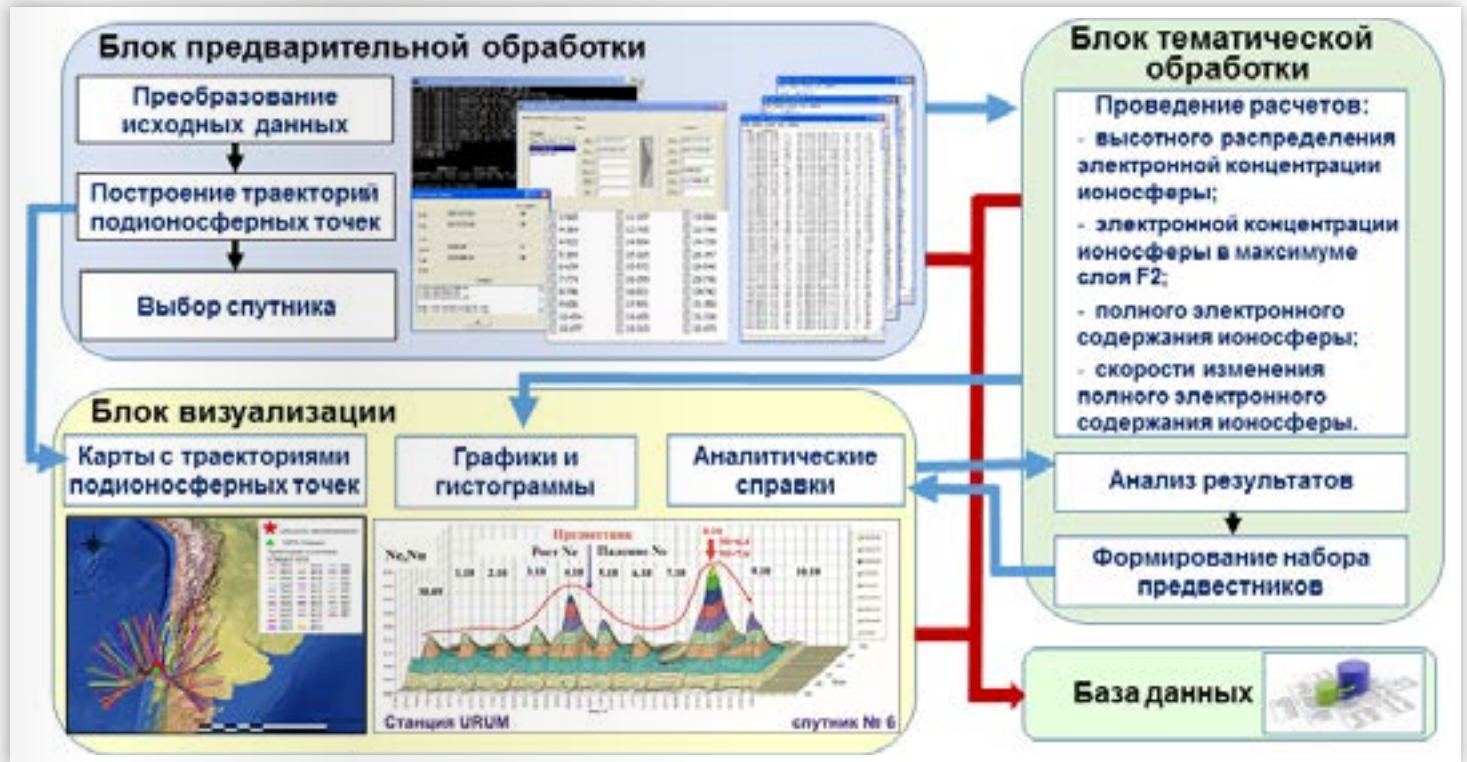


Схема обработки данных спутниковых навигационных систем для регистрации ионосферных предвестников землетрясений

«Корпорация «ВНИИЭМ», НЦ «ОМЗ», ОАО РКК «Энергия» им. С. П. Королева, НИИТП, «Военно-промышленная корпорация «НПО Машиностроения» и другими); организациями Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации и Росгидромета (НИЦ «Планета», Гидрометцентр России, Институт глобального климата и экологии, Институт прикладной геофизики, ВНИИ «Океангеология», НИИКАМ и др.), организациями МЧС России (ВНИИ ГОЧС, Академия гражданской защиты и др.); предприятиями Госкорпорации «Росатом» (АО «НИКИЭТ им. Н. А. Доллежаля», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» и др.); учреждениями силовых ведомств и МО России; коммерческими предприятиями (ОАО «НИИ-АС», Компания «Совзонд», ИТЦ «СКАНЭКС», ООО «НИИ Транспорта нефти и нефтепродуктов», ООО «Технопромсервис» и др.).

Кроме этого, НИИ «АЭРОКОСМОС» активно взаимодействует с международными организациями, например, такими, как Университет г. Хельсинки; Финский метеорологический институт, Датский метеорологический институт; Институт дистанционного зондирова-

ния и цифровой Земли и Институт географии АН Китая и др.) и компаниями (Digital Globe; GeoEye; Radarsat International; European Space Imaging и др.).

– Как внедряются результаты Ваших научных исследований и разработок в отраслевую экономику нашей страны?

– Развитые в нашей организации передовые научные направления, разработанные научные основы, методы и технологии дистанционного зондирования, принципы построения систем аэрокосмического мониторинга уже внедрены при создании пространственно-распределительных систем мониторинга окружающей среды, опасных природных процессов и гидрометеорологического обеспечения, а также глобальных космических систем специального назначения. Они продолжают внедряться на практике при создании новых аэрокосмических средств, а также при проведении мониторинга океана, атмосферы, суши, геологической среды, околоземного космического пространства, предупреждения чрезвычайных ситуаций и для обеспечения безопасности страны.

Приведу только несколько примеров.

Интегрированные технологии оценки состояния воздушной среды крупных городов (мегаполисов), разработанные НИИ «АЭРОКОСМОС» совместно с МГУ им. Ломоносова, Институтом физики атмосферы РАН и Гидрометцентром России в процессе выполнения международного проекта в рамках сотрудничества Россия-ЕС, переданы в Департамент природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы, а также в Государственное природоохранное учреждение «Мосэкомониторинг». Они использованы при доработке Государственной программы города Москвы «Охрана окружающей среды» и при реализации конкретных природоохранных мероприятий в столице России.

Методы и технологии оперативного выявления из космоса очагов природных пожаров (лесных, степных, торфяных) ежегодно используются для автоматического мониторинга пожароопасной обстановки в различных регионах России. Имеются акты внедрения созданной системы космического мониторинга очагов пожаров для оперативной оценки их воздействия на различные регионы, а также на состояние магистральных электрических сетей и электрических подстанций на территории Российской Федерации. Результаты внедрения технологий, разработанных НИИ «АЭРОКОСМОС», обеспечили значительный предотвращенный ущерб за счет своевременного предупреждения природных катастроф и техногенных аварий.

Разработанные в нашем институте аэрокосмические методы и технологии, результаты научных исследований и сформированные на их основе базы данных использованы Росгидрометом при разработке и внедрении государственной территориально-распределенной системы космического мониторинга окружающей среды. По объему формируемых данных (более 280 Гбайт/сутки), принимаемых с 16 зарубежных и отечественных спутников дистанционного зондирования Земли, спектру решаемых задач и номенклатуре выпускаемой информационной продукции (более 120 видов в сутки), размеру архива данных, а также количеству потребителей федерального и регионального уровней

(более 460), эта система является крупнейшей в России и одной из самых крупных в мире. По охвату оперативным космическим мониторингом поверхности Земли (более 1/5 суши) она является самой крупной в мире.

По совокупности качеств, соответствующих мировому уровню, эта система не имеет аналогов в нашей стране и используется как базовая государственная система для информационного обеспечения федеральных органов власти, а также выполнения обязательств России в области международного обмена данными. Суммарный экономический эффект использования данной системы составляет порядка 12 млрд. рублей в год.

И таких примеров немало.

– На завершающем этапе, разрешите изменить направление нашей беседы, как говорится, от глобальных в сторону «малых форм», например, а как организована у вас «кадровая политика»? Как осуществляется работа по привлечению к научно-практической деятельности молодых специалистов? С какими ВУЗами вы сотрудничаете? Как вы взаимодействуете со своим ближайшим соседом — МИИГАиК, который имеет такую богатую историю? Внедряются ли ваши разработки в образовательный процесс?

– Все сотрудники НИИ «АЭРОКОСМОС» по своему образованию и квалификации являются специалистами в области аэрокосмического мониторинга, обработки аэрокосмической информации, геоинформатики и в течение многих лет непосредственно выполняют работы в этих направлениях. Среди них академики и члены-корреспонденты РАН, доктора и кандидаты наук. В составе коллектива НИИ «АЭРОКОСМОС» два лауреата премии Правительства Российской Федерации.

В НИИ «АЭРОКОСМОС» функционирует ведущая научная школа в области аэрокосмического исследований Земли. Средний возраст наших сотрудников — 36 лет.

Это свидетельствует о том, что у нас очень много молодежи. Как она попадает к нам?

НИИ «АЭРОКОСМОС» активно взаимодействует с ведущими ВУЗами страны. Подписаны и реализуются 22 договора о научном и научно-техническом сотрудничестве с различными ВУЗами страны, например, с такими, как МГУ им. М. В. Ломоносова; РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина; МИИГАиК; МФТИ (Государственный университет); Национальный исследовательский университет «МЭИ»; МГТУ им. Н. Э. Баумана; Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» и другие.

Мы привлекаем лучших студентов этих ВУЗов для прохождения различных практик и работы над дипломными проектами. Многие из студентов начинают работать у нас после 3-го курса, естественно, в свободное от учебы время. Это способствует повышению их интереса к своей будущей профессии и скорейшему вхождению наших потенциальных сотрудников в научную и практическую деятельность НИИ «АЭРОКОСМОС». Лучших из этих молодых людей мы приглашаем на работу после получения высшего образования.

Мы поощряем наших сотрудников к публикационной активности, максимально стимулируем их стремление к научной деятельности и защите диссертаций.

Наиболее тесная связь налажена с нашим ближайшим соседом — Московским государственным университетом геодезии и картографии (МИИГАиК). Об истории этой связи я уже говорил. В дополнение отмечу, что я являюсь членом попечительского совета, вхожу в состав диссертационного совета и в состав редколлегии журнала, издаваемого университетом. Мы проводим совместные научные исследования и разработки, организуем научные конференции. Нами поставлен ряд учебных курсов для магистров. В нашем институте работает много выпускников МИИГАиК.

Кроме взаимодействия с ВУЗами, мы активно участвуем в организации школьного аэрокосмического образования. На основании результатов, полученных в НИИ «АЭРОКОСМОС», разработаны концепция профильного обучения

школьников в интересах наукоемких отраслей города Москвы, программы дополнительного профессионального образования для учителей. Организована учебно-исследовательская деятельность старшеклассников в области 3D-моделирования.

НИИ «АЭРОКОСМОС» совместно с кафедрой географического образования, инновационных и космических технологий Московского института открытого образования (МИОО) организовал курсы повышения квалификации более 400 учителей географии московских школ с использованием данных дистанционного зондирования Земли из космоса, что является хорошим вкладом в общепедагогическую подготовку московских учителей.

Такая деятельность способствует повышению интереса школьников к аэрокосмической деятельности, привлекает их к поступлению в ВУЗы этого профиля, а, следовательно, к существенному повышению вероятности прихода к нам более подготовленных, целеустремлённых, проблемно-ориентированных специалистов.

– Валерий Григорьевич, пользуясь случаем, поздравляем Вас и весь коллектив НИИ «АЭРОКОСМОС» с Международным днём авиации и космонавтики, желаем удачи во всех ваших начинаниях, в научно-исследовательских работах и практической деятельности. Вы действительно находитесь на передовых рубежах современной науки и технологически прорывных направлениях деятельности, которые уже сегодня ведут нас за горизонты возможного, а это и означает, что вы находитесь на верном пути, в авангарде научной мысли современности.

Ещё раз спасибо за время, которое Вы уделили нашему журналу, и за исчерпывающие, интересные и подробные ответы, а также за тёплые, товарищеские взаимоотношения.

Беседу вел **Владимир ПОПОВ**,
заместитель главного редактора журнала
«Авиапанорама», кандидат технических наук,
заслуженный военный летчик РФ, генерал-майор