

Перспективы российских исследований ДЗЗ

Внимание к исследованиям Земли из космоса возрастает с каждым годом. Это объясняется тем, что технические средства дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) постоянно совершенствуются, они позволяют получать более точные данные об интересующих ученых объектах и процессах, на их основе можно делать более достоверные заключения, например об экологическом состоянии нашей планеты, прогнозировать объемы будущего урожая. Одно из основных преимуществ спутниковых систем наблюдения Земли в том, что они позволяют получать глобальные данные о состоянии окружающей среды, ее динамике и возобновляемых ресурсах. Эта информация сегодня особенно важна для выбора направлений развития экономики страны, обеспечения ее конкурентоспособности, своевременной оценки возможных угроз и выбора вариантов их парирования. В то же время

Институт космических исследований РАН

Российская академия наук
Совет по космосу РАН
Федеральное космическое агентство
Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды

XII
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОТКРЫТАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

МОСКВА 10 - 14 НОЯБРЯ 2014

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ
ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ
МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ,
ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ И ОБЪЕКТОВ

в России не создаются системы и технологии, ориентированные на ведение глобального дистанционного мониторинга, что в ближайшие годы

может лишить Россию такой возможности. Чтобы исправить ситуацию, следует начать активно разрабатывать научные основы и перспектив-

ные методы глобального дистанционного мониторинга в рамках проектов Миннауки, РФН и РФФИ, создавать новые технологии глобального мониторинга.

В настоящее время активно развиваются отечественные спутниковые системы ДЗЗ. В ближайшие несколько лет Россия, вероятно, будет обладать современной конкурентоспособной спутниковой группировкой, которая сможет изучать и контролировать природные и антропогенные объекты. Между тем эффективное использование данных, поступающих со спутников ДЗЗ, возможно только в том случае, если оно доведено до уровня, позволяющего проводить их автоматизированный количественный анализ. Информация должна обладать хорошей радиометрической калибровкой и пространственной привязкой (в идеале субпиксельной). Для ее получения необходимо разработать и внедрить специальные технологии обработки данных, рассчитанные на постоянно возрастающие информационные потоки и ориентированные на российские спутниковые системы.

Подобные и многие другие аспекты широко обсуждались 10–14 ноября 2014 г. в ИКИ РАН на XII Всероссийской открытой конференции

“Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, природных и антропогенных объектов”. По общему признанию, Конференция стала крупнейшим и самым представительным в России научным форумом по проблемам ДЗЗ. В Конференции приняли участие более 700 специалистов из 54 городов России, стран ближнего зарубежья (Белоруссия и Казахстан), а также из США и Дании. В их докладах были отражены научные достижения, полученные в научно-исследовательских организациях и университетах, результаты применения методов ДЗЗ в региональных производственных организациях. На Конференции было представлено 520 докладов, из них 181 стендовый.

На Конференции работали следующие секции:

– дистанционные методы исследования атмосферных и климатических процессов;

– дистанционные исследования поверхности Океана и ледяных покровов;

– дистанционное зондирование растительных и почвенных покровов;

– дистанционное зондирование ионосферы;

– дистанционные методы в геологии и геофизике;

– методы и алгоритмы обработки спутниковых данных;

– технологии и методы использования спутниковых данных в системах мониторинга;

– вопросы создания и использования приборов и систем для спутникового мониторинга состояния окружающей среды;

– дистанционное зондирование планет Солнечной системы;

– выездное заседание по проблеме “Российская система спутниковых наблюдений и технологий: состояние и перспективы развития”, состоявшееся в Научном центре оперативного мониторинга Земли “Российские космические системы”.

В день открытия Конференции на первом пленарном заседании прозвучали обзорные доклады о текущем состоянии, дальнейшем развитии и организации эффективного использования российских космических систем ДЗЗ для решения социально-экономических, научных и практических задач, предотвращения чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий. С докладами выступили ведущие специалисты и руководители научно-производственных центров.

С большим вниманием выслушан пленарный

доклад заместителя начальника Управления автоматических космических комплексов и систем Федерального космического агентства **В.А. Заичко**, который рассказал о планах развития орбитальной группировки аппаратов ДЗЗ. Он напомнил, что если в 2006 г. у России был всего один спутник ДЗЗ, то сегодня их уже семь, а в дальнейшем это число будет расти. Роскосмос к 2020 г. намерен довести орбитальную группировку до 15–25 космических аппаратов ДЗЗ и поддерживать ее на уровне, соответствующем мировым тенденциям в этой сфере. Представитель Роскосмоса заявил, что поставлена задача добиться независимости России в сфере спутниковых данных. Он отметил, что российская космическая система ДЗЗ предназначена для обеспечения возможности преимущественного использования национальных данных в интересах решения задач мониторинга территории Российской Федерации. Не менее важной задачей является широкий доступ к спутниковым данным. Федеральное космическое агентство делает шаги по снятию ограничений на распространение спутниковых снимков высокого разрешения с гражданских аппаратов. Соответствующие доку-

менты уже находятся в стадии согласования.

Сейчас орбитальная группировка российских космических аппаратов ДЗЗ состоит из семи функционирующих спутников. **“Ресурс-ДК1”** (запущен 15 июня 2006 г.; Земля и Вселенная, 2007, № 1, с. 56) предназначен для панхроматической и мультиспектральной съемки поверхности Земли с разрешением около 1 м. Спутник оперативно получает высокоинформативные изображения с целью рационального природопользования и хозяйственной деятельности, топографического и тематического картографирования, составления кадастров природных ресурсов, контроля чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера, поставки снимков российским и зарубежным пользователям, в том числе на коммерческой основе, а также для выполнения научных исследований. **“Электро-Л” № 1** (GOMS-2; запущен 20 января 2011 г.; Земля и Вселенная, 2011, № 5, с. 105–106) проводит оперативную мультиспектральную съемку облачности, поверхности суши и Океана в пределах всего наблюдаемого диска Земли. **“Канопус-В”** (запущен 12 июля 2012 г.) входит в состав космического комплекса оперативного мониторинга техногенных и природных

чрезвычайных ситуаций и предназначен для обнаружения очагов лесных пожаров, крупных выбросов загрязняющих веществ в природную среду, стихийных явлений; оперативного контроля сельскохозяйственной деятельности, природных (в том числе водных и прибрежных) ресурсов и землепользования. **“БКА” (“БелКА-2”**, Россия – Беларусь; запущен 22 июля 2012 г.) выполняет съемку земной поверхности в панхроматическом режиме с разрешением 2-2,5 м и в многоканальном режиме (4 канала) с разрешением 10 м, проводит оперативный контроль возобновляемых и естественных природных ресурсов, землепользования и сельскохозяйственной деятельности, чрезвычайных ситуаций, ресурсов и экологии шельфа (для зарубежных заказчиков). **“Метеор-М” № 2** (запущен 8 июля 2014 г.) получает мультиспектральные изображения поверхности Земли (включая радиолокационные) и измеряет покидающее Землю излучение в различных диапазонах спектра; получает гелиофизическую информацию о процессах на Солнце и в околоземном пространстве; собирает и передает данные от автоматических измерительных платформ различных типов (наземных и дрейфующих), разме-

щаемых в любых (включая полярные) районах Земли. **“Ресурс-П” №№ 1 и 2** (запущены 25 июня 2013 г. и 26 декабря 2014 г.; Земля и Вселенная, 2013, №6, с. 106–107) предназначены для обновления топографических карт, обеспечения хозяйственной деятельности МПР России, МЧС, Россельхоза, Росрыболовства, Росгидромета и других потребителей, а также получения информации в области контроля и охраны окружающей среды.

Новым решениям, опыту эксплуатации и перспективам развития КА “Ресурс-П” посвящен пленарный доклад генерального директора РКЦ “Прогресс” (Самара) **А.Н. Кирилина**. Космическая система из двух аппаратов существенно расширила возможности ДЗЗ. В будущем предполагается пополнение группировки: третий аппарат планируется запустить в 2015 г. Потребители информации ДЗЗ заинтересованы в получении данных гиперспектральной аппаратуры, поэтому в настоящее время специалисты РКЦ “Прогресс” ее создают. Как показал опыт эксплуатации КА “Ресурс-ДК” и “Ресурс-П”, съемка земной поверхности оптико-электронной аппаратурой затруднена при облачности или плохой погоде. С помощью радиолокатора можно

проводить всепогодную съемку.

С докладом «Состояние и перспективы развития космических систем ДЗЗ “Метеор ЗМ” и “Канопус»» выступил **Л.А. Макриденко** – генеральный директор Научно-производственной корпорации “Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы” им. А.Г. Иосифьяна, с докладом “Отечественные космические системы гидрометеорологического назначения” – заместитель директора Научно-исследовательского центра космической гидрометеорологии “Планета” **О.Е. Милёхин**. Докладчики подчеркнули, что в ближайшее время на орбите будет функционировать группировка российских метеоспутников, которая позволит удовлетворить текущие требования Росгидромета – одного из основных заказчиков спутниковой информации ДЗЗ.

Развитие региональных систем дистанционного мониторинга – тема доклада представителя Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета профессора **Ю.А. Марлинца**. Он рассмотрел проблемы построения и развития региональных систем дистанционного зондирования Земли из космоса и их роль в ре-

шении социально-экономических задач регионов. Подчеркнуто, что актуальность создания региональных систем ДЗЗ определяют задачи мониторинга и управления территориями на уровне отдельных хозяйствующих субъектов. В докладе рассматривалась система факторов, влияющих на построение и функционирование систем такого рода.

На втором пленарном заседании, 13 ноября 2014 г., заслушаны доклады, позволяющие получить систематизированное представление о возможностях метода спутниковой радиолокации и о его месте в схеме глобального мониторинга.

В докладе **Ю.И. Кантемирова**, ведущего специалиста по обработке радарных данных ДЗЗ компании геоинформационных технологий, космического мониторинга, архивной и оперативной спутниковой съемки “Совзонд”, были рассмотрены теоретические основы радарной интерферометрии и примеры проектов по мониторингу смещений и деформаций с помощью радиолокационных методов. Показано, что по результатам многопроходных космических радарных съемок одной и той же территории, выполненных с одинаковыми параметрами и геометрией, можно оценивать смещения земной

поверхности или зданий и сооружений с сантиметровой (для земной поверхности) и даже с миллиметровой (для зданий и сооружений) точностью.

Особый интерес у слушателей вызвал доклад профессора **Л.М. Митника** (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН), обобщающий возможности применения спутниковой радиолокационной съемки для исследования Океана, морских льдов и явлений в атмосфере. Подчеркнуты дополнительные возможности изучения явлений в Океане и атмосфере по изображениям радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) на нескольких частотах и поляризациях, при комплексировании изображений РСА, полученных в микроволновом радиометрическом, скаттерометрическом, видимом и инфракрасном диапазоне, что особенно актуально в связи с запуском в 2014 г. спутников "Sentinel-1" (ESA), "ALOS-2" (Япония), оборудованных радиолокаторами с синтезированной апертурой и других зарубежных спутников с микроволновыми радиометрами на борту.

Доклад профессора **В.Н. Кудрявцева** (Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург) познакомил слу-

шателей с новыми подходами к исследованию морской среды на основе четырех поляризационных РСА-измерений.

Практически все аспекты современных проблем ДЗЗ были затронуты в докладах и обсуждениях в рамках секционных заседаний. Проанализированы различные направления использования спутниковых технологий, наиболее важными в ближайшие годы считаются:

- задачи, связанные с изучением глобальных изменений;
- исследования загрязнений окружающей среды;
- мониторинг и изучение состояния Арктики;
- мониторинг возобновляемых биоресурсов;
- обнаружение, контроль и оценка последствий опасных природных явлений.

Помимо обсуждения научных проблем участники Конференции коснулись вопросов отсутствия законодательной базы в данной отрасли, а также упомянули о прочих пробелах в современном ДЗЗ. Остановимся кратко на проблемах, которые затрагивались на тематических секциях.

Доклады на секции "Дистанционные методы исследования климатических и атмосферных процессов" были сгруппированы по четырем подсекциям: "Дистан-

ционные исследования климатических процессов" (отдельным блоком выделялись доклады, посвященные исследованию полярного климата), "Аэрозольный и газовый состав атмосферы", "Дистанционные исследования облаков и водяного пара в атмосфере" (методики определения облаков, концентраций водяного пара и осадков в атмосфере), "Дистанционные методы исследования атмосферных процессов" (формирование и прогноз тайфунов, полярных мезоциклонов, смерчей, пылевых вихрей, атмосферных блокингов и других атмосферных явлений).

В докладах, представленных на секции "Дистанционные исследования Океана и ледяных покровов", разносторонне отражена проблематика российских экспериментов по следующим вопросам:

- дистанционные исследования ледяного покрова;
- спутниковая альтиметрия Мирового океана;
- исследования гидрооптических свойств морской среды и формирующих их физических процессов;
- радиофизические и гидрофизические основы методов дистанционного зондирования морской поверхности;
- дистанционные исследования волновых и

вихревых процессов в Океане.

На секции “Методы дистанционного зондирования растительных и почвенных покровов” рассматривались методы дистанционного зондирования лесов, сельскохозяйственных земель, наземных экосистем.

Работа секции “Спутниковые исследования ионосферы” проводилась по двум основным научным направлениям:

- мониторинг и анализ возмущенной ионосферы в зависимости от широты, геомагнитной активности, антропогенного воздействия;

- моделирование ионосферы и методы ее мониторинга. Связь ионосферных и метеорологических параметров.

В качестве наиболее актуальных проблем, рассмотренных в представленных докладах, можно указать следующие:

- выявление ионосферных индикаторов и предвестников кризисных событий, происходящих как в тропосфере, например тропические ураганы, землетрясения, так и в ионосфере;

- создание физико-математических моделей возникновения индикаторов и предвестников;

- современные методики обработки данных измерений и корректной трактовки результатов;

- развитие имеющегося аппаратного комплекса для регистрации

возмущений с высокими временным и пространственным разрешением;

- компьютерное моделирование динамики ионосферы при воздействии сверху и снизу.

На секции “Спутниковые методы в геологии и геофизике” были затронуты перспективные дистанционные методы ДЗЗ:

- региональные геологические исследования и поиск полезных ископаемых;

- геоэкологические работы;

- геоморфологические исследования;

- изучение аномальных природных явлений.

Проведена дискуссия по вопросам достоинств и недостатков спутникового мониторинга вулканической активности с помощью автоматических систем ДЗЗ и съемки с МКС. Выступающие отметили, что в 2014 г. существенно увеличилось количество докладов, посвященное изучению вулканической активности, например привлекли внимание сообщения ученых Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский).

Традиционно наибольшее количество докладов было представлено на секции “Методы и алгоритмы обработки спутниковых данных”. Непрерывно растущий объем информации, получаемый различными сенсорами, установленными

на специализированных спутниках, и переход от качественного описания явлений к восстановлению их количественных характеристик требуют создания современных методов исследований:

- радиолокационные, СВЧ-радиометрические, спектральные и гиперспектральные наблюдения;

- геометрические и атмосферные коррекции;

- системные подходы.

На секции “Вопросы создания и использования приборов и систем спутникового мониторинга состояния окружающей среды” обсуждались темы:

- разработка атмосферных, видео- и гиперспектрометров;

- методические вопросы организации спутниковых съемок;

- навигационное обеспечение ДЗЗ;

- методы калибровки и коррекции спутниковых данных;

- средства передачи и приема космической информации.

На секции “Дистанционное зондирование планет Солнечной системы” представлены результаты нескольких научных экспериментов. В связи с большим количеством готовящихся миссий к Луне, Марсу, Фобосу проанализирована возможность применения СВЧ-радиометрии для исследования подповерхностного льда на спутниках планет,

для изучения лунного реголита. Представлено численное моделирование общей циркуляции атмосферы Титана для межсезонного перехода от момента равноденствия до середины лета в Северном полушарии, а также различных свечений в атмосферах Земли и планет. Рассмотрены методы и результаты анализа радиозатменных экспериментов на спутниках. На секции сделан морфологический анализ возмущений в ионосфере Венеры по данным радиозатмений АМС “Венера-15 и -16” и обнаружены возмущения электронной концентрации вблизи максимума ионизации дневной ионосферы. В связи с 25-летним юбилеем программы полета АМС “Фобос-2” приведены научные результаты тепловой съемки Марса сканирующим радиометром “Термоскан”.

Российские ученые принимают активное участие в подготовке экспериментов по межпланетным программам и в анализе данных текущих экспериментов на АМС “Венера Экспресс” и “Марс Экспресс”.

Следует отметить, что проведение ежегодных конференций “Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса” преследует не только цель обмена научным и практическим опытом ученых в данной сфере, но и при-

влечение молодых специалистов. С этой целью с 2005 г. традиционно проводится Всероссийская научная школа-конференция по фундаментальным проблемам дистанционного зондирования Земли из космоса. При организации школы сразу ставилась задача не создавать отдельное мероприятие для молодых ученых, а организовать их активное участие в ведущем российском научном форуме. Перед организаторами школы-конференции стояли три основные задачи:

- предоставление молодым специалистам интегрированной информации об актуальных проблемах данного научного направления;

- стимулирование молодых специалистов активно участвовать в работе по исследованию Земли из космоса;

- повышение уровня результатов исследований, проводимых молодыми специалистами.

Для решения этих задач были выбраны следующие основные подходы в организации школы:

- чтение обзорных лекций ведущими российскими и зарубежными учеными по актуальным проблемам дистанционного зондирования Земли, современным методам обработки спутниковых данных, использованию технологий спутникового мониторинга Земли для решения

фундаментальных и прикладных задач;

- проведение конкурсов докладов молодых ученых.

В 2014 г. состоялась 10-я юбилейная школа-конференция молодых ученых. В честь юбилея право прочитать лекции было предоставлено победителям конкурсов докладов молодых ученых прошлых лет. На школе-конференции прошел конкурс докладов, состоявший из двух этапов. Во время заключительного заседания руководитель школы-конференции профессор **С.А. Барталёв** (ИКИ РАН) сделал доклад “Всероссийская научная школа-конференция по фундаментальным проблемам дистанционного зондирования Земли из космоса. Первые десять лет”.

Впервые за время проведения школ-конференций для всех желающих были организованы мастер-классы С.В. Станичного “Многоспектральные методы для изучения Океана; архивы и инструменты для анализа спутниковых данных” (Морской гидрофизический институт, Севастополь) и В.А. Толпина, И.В. Балашова, М.А. Бурцева “Возможности работы со спутниковым сервисом Vega-Science” (ИКИ РАН). Мастер-классы вызвали огромный интерес не только у молодых, но и у маститых ученых, поэтому организаторы пред-

полагают продолжить подобную форму обучения. Всего в конкурсе устных и стендовых докладов приняло участие более 50 молодых ученых. По результатам конкурса присуждено четыре первых, три вторых и три третьих премии. Победителям конкурса и докладчикам пленарных докладов было предложено представить свои статьи к публикации в журнале “Современные

проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса”.

Подводя итоги, хочется отметить высокий уровень докладов молодых ученых, что свидетельствует о хороших перспективах научных и прикладных исследований в области дистанционного зондирования Земли из космоса.

Очередную, XIII Всероссийскую открытую Конференцию “Совре-

менные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса” и XI школу-конференцию запланировано провести 16–20 ноября 2015 г. в ИКИ РАН.

О.Ю. ЛАВРОВА,
кандидат физико-математических наук
М.И. МИТЯГИНА,
кандидат физико-математических наук
Е.А. ЛУПЯН,
доктор технических наук
ИКИ РАН