

Space Research & Technologies

КОСМИЧЕСКИЕ

№1
2014

ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

Международный журнал о космонавтике International Journal of Aerospace

АО «НЦКИТ»

отмечает юбилей



**Коллегия
космического
агентства**

**Активное
воздействие
на ионосферу**

**Наблюдение
геостационарных
спутников**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Талгат Мусабаев —

председатель, Казахстан

Меирбек Молдабеков —

заместитель председателя, Казахстан

Еркин Шаймагамбетов —

заместитель председателя НКА РК, Казахстан

Ерғазы Нұрғалиев —

ответственный секретарь НКА РК, Казахстан

Мэлис Абсаметов —

директор Института гидрогеологии
и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, Казахстан

Александр Дегтярев —

генеральный конструктор — генеральный директор ГП
«Конструкторское бюро «Южное» им.М. К. Янгеля», Украина

Жумабек Жантаев —

заместитель председателя, главный редактор, Казахстан

Жайлаубай Жубатов —

директор РГП «Научно-исследовательский центр

«Гарыш-Экология», Казахстан

Леопольд Лобковский —

заместитель директора Института океанологии им. П.Ширшова
РАН, член-корреспондент Российской Академии Наук, Россия

Даулет Нурумбетов —

генеральный директор РГП «Инфракос», Казахстан

Рене Пишель —

глава постоянного представительства Европейского
космического агентства в Российской Федерации

Владислав Румянцев —

директор Института озерадения РАН, член-корреспондент
Российской Академии Наук, Россия

Мартин Свитинг —

исполнительный председатель совета директоров компании
Surrey Satellite Technology Limited (SSTL), Великобритания

Куат Мустафинов —

Генеральный директор АО «Совместное Казахстанско-
Российское предприятие «Байтерек», Казахстан

Сомчет Тинапонг —

председатель Агентства по геоинформатике и развитию
космических технологий Королевства Таиланд (GISTDA),

Виктор Хартов —

генеральный конструктор — генеральный директор ФГУП
«Научно-производственное объединение
им. С.А. Лавочкина», Россия

Журнал представлен в Федеральном космическом агентстве России,
Государственном космическом агентстве Украины, NASA (США), ESA, DLR
(Германия), JAXA (Япония), Израильском космическом агентстве, CNES
(Франция), UKSA (Великобритания), SSTL, AIRBUS DEFENCE & SPACE, THALES
ALENIA SPACE, SPACE, ORBITAL SCIENCES CORPORATION, GISTDA
(Таиланд), РКК «Энергия» имени С.П. Королева, ГКНПЦ имени М.В.
Хруничева, ЦСКБ «Прогресс», ГРЦ имени В.П. Макеева, ИСС имени М.Ф.
Решетнева, Российской академии имени К.Э. Циолковского, ЦНИИМАШ, НПО
«Техномаш», ЦЭНКИ, ЦПК имени Ю.А. Гагарина, НПО имени С.А. Лавочкина,
КБ «Южное» имени М.К. Янгеля, ПО «Южный машиностроительный завод
имени А.М. Макарова.

The magazine is presented in the Russian Federal Space Agency, the State Space
Agency of Ukraine, NASA (USA), ESA, DLR (Germany), JAXA (Japan), Israel Space
Agency, CNES (France), UKSA (United Kingdom), SSTL, AIRBUS DEFENCE &
SPACE, THALES ALENIA SPACE, SPACE, ORBITAL SCIENCES CORPORATION,
GISTDA (Thailand), S.P. Korolev Rocket and Space Corporation Energia, M.V.
Khruichev State Research and Production Space Center, TsSKB-Progress, V.P. Makeev
State Rocket Center, ISS named after Academician M.F. Reshetnev, K.E. Tsiolkovsky
Russian Academy, TsNIIMASH, Tekhnomash NPO, TSENKI, CTC after J.A. Gagarin,
NGO named after S.A. Lavochkin, Yuzhnoye State Design Office named after M.K.
Yangel, A.M. Makarov Yuzhny Machine-Building Plant.

Журнал «Космические исследования и технологии», № 1(10) 2014

Периодичность: четыре номера в год

Главный редактор Жумабек Жантаев

Шеф-редактор Нурлан Аселкан

Заместитель главного редактора Александр Губерт

Заместитель главного редактора Николай Бреусов

Заместитель главного редактора Леонид Чечин

Официальный представитель в Москве

и Российской Федерации Эльвира Ханко

Дизайн и верстка Татьяна Рожковская

Техническая подготовка Альберт Аджимуратов

Адрес редакции: 050010, г. Алматы,

ул. Шевченко, 15, тел. (727) 385-49-36, факс (727) 293-88-20

e-mail: nurlan1410@mail.ru, info-nckit@yandex.ru

www.cosmos.kz

Свидетельство о постановке на учет № 11779-Ж от 02.07.2011,

выдано Министерством связи и информации

Республики Казахстан

Мнение авторов не всегда совпадает с мнением редакции.

Ответственность за содержание рекламных материалов
несет рекламодатель.

Перепечатка материалов, а также использование
в электронных СМИ

возможны только при условии письменного согласования
с редакцией.

Отпечатано в типографии

ТОО «Дельта Сити» г. Алматы, пр. Рыскулова, 57в

Тираж 1000 экземпляров

Учредитель и издатель ТОО COSMOS.KZ

Перевод и корректура — Фонд поддержки науки
и технологий «SCIENCE»

Magazine «Space Research and Technologies», № 1(10) (2014)

Periodicity: four issues per year

Editor-in-Chief Zhumabek Zhantayev

Chief Editor Nurlan Aselkan

Deputy Editor-in Chief Alexander Gubert

Deputy Editor-in-Chief Nikolay Breussov

Deputy Editor-in-Chief Leonid Chechin

Official Representative in Moscow and Russian Federation
Elvira Hanko

Design and make-up Tatyana Rozhkovskaya

Technical preparation Albert Ajimuratov

Address of Editorial Office: Shevchenko str., 15, 050010, Almaty.

Phone (727) 385-49-36, Fax (727) 293-88-20

e-mail: nurlan1410@mail.ru, info-nckit@yandex.ru

www.cosmos.kz

Certificate of registration № 11 779-Zh from 02.07.2011 issued
by the Ministry of Communications and Information of the
Republic of Kazakhstan Opinion of the authors do not always reflect
the views of the publisher. The advertiser is responsible
for the contents of advertising materials. The reprint of materials
and the use at electronic media is possible only provided a written
agreement with the editorial board.

Printed at

«Delta City» 57v, Ryskulov str., Almaty

Circulation 1000 copies

Founder and publisher LLP COSMOS.KZ

Translation and proofreading —

Fund for Supporting of Science
and Technologies «SCIENCE»



НАУКА

2

Национальному центру космических исследований и технологий 10 лет
Ж.Ш. Жантаев

КАЗКОСМОС

16

Коллегия Национального космического агентства

ГЕОФИЗИКА

22

Исследование воздействия нагревного стенда HAARP на ионосферу по данным КА «DEMETER»
*М.М. Молдабеков,
А.С. Инчин,
А.Ю. Лозбин,
М.Ю. Шпади*

ТЕХНОЛОГИИ

30

Оценка масштаба наводнения на казахстанской части реки Жайык (Урал)
*Б.Э. Бекмухамедов,
И.В. Каипов,
А.С. Кошкарбаева*

36

Геоинформационная система SAR-мониторинга состояния лесных массивов на основе использования методов дифференциальной интерферометрии
*А.Ф. Мухамедгалиев,
Е.Е. Айдарханов,
М.Г. Разакова,
В.В. Смирнов*

ПРИКЛАДНАЯ КОСМОНАВТИКА

40

Наземные пункты оптических наблюдений ГСС в Казахстане: их состояние и возможности
*А.В. Диденко,
Л.А. Усольцева*

ИСТОЧНИКИ

49

Обзор монографий, изданных в серии «Казахстанские космические исследования»
*Л.М. Чечин,
Л.Р. Шнанава*

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

52

Радиолокационные технологии и их применение в Казахстане
*Ж.Ш. Жантаев,
А.Ж. Бибосинов,
А.В. Иванчукова,
А.В. Кирсанов,
Б. К. Курманов,
А.Г. Фремд*

PAYLOAD

62

Доброго полета!
Н.А. Аселкан

10 лет Национальному центру космических исследований и технологий

ЖАНТАЕВ Ж.Ш.

президент АО «Национальный центр космических исследований и технологий», доктор физико-математических наук, член-корреспондент НАН РК



В 2014 году мы отмечаем наш первый юбилей. В связи с этим я хотел бы остановиться на важнейших моментах нашего становления и развития.

Акционерное общество «Национальный центр космических исследований и технологий» является правопреемником РГП «Центр астрофизических исследований» МОН РК, созданного в соответствии с постановлением Правительства Республики Казахстан от 5 марта 2004 года № 280.

Постановлением Правительства Республики Казахстан от 22 января 2008 года № 38 Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Центр астрофизических исследований» и его дочерние предприятия «Институт ионосферы», «Институт космических исследований» и «Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова» путем слияния преобразованы в АО «Национальный центр космических исследований и технологий» (АО «НЦКИТ») со стопроцентным участием государства в уставном капитале.

Сегодня АО «Национальный центр космических исследований и технологий» имеет развитую инфраструктуру для фундаментальных и приклад-





ных научных исследований, которая была заложена еще во времена СССР. В состав Центра входят Астрофизический институт имени В.Г.Фесенкова (имеет три астрономические обсерватории), Институт ионосферы (радиополигон «Орбита», станцию космических лучей, геомагнитную обсерваторию), Институт космических исследований имени академика У.М.Султангазина (объединен с АО «НЦКИТ» в 2014 г.), Институт космической техники и технологий.

Космические исследования с использованием пилотируемой космонавтики начали активно развиваться в республике в рамках Целевой комплексной научной программы «Казахстан-Космос» с 1991 г. Несмотря на сложный период перехода к рыночной экономике, были вы-

полнены четыре пилотируемые программы космических исследований и экспериментов на борту многоцелевого орбитального пилотируемого комплекса (ОК) «Мир» и Международной космической станции (МКС) с участием космонавтов Т. Аубакирова (1991 г.) и Т. Мусабаева (1994, 1998 и 2001 годы) при тесном междисциплинарном взаимодействии институтов, предприятий и ведомств Республики Казахстан.

На орбитальном комплексе «Мир» были выполнены 36 космических экспериментов в сотрудничестве с ведущими организациями России — Росавиакосмосом, Ракетно-космической корпорацией «Энергия», ЦНИИмашиневедения, Институтом медико-биологических проблем, НИИ радиоэлектроники и другими.

Результаты, полученные при выполнении указанных программ, заложили основу для развития в Казахстане новых перспективных наукоемких технологий в области дистанционного зондирования Земли, приема и обработки космической информации, геофизического и природно-ресурсного мониторинга, космического материаловедения, космической биотехнологии и биомедицины.

Проведенные научные исследования в космосе стали основой формирования отечественной космической отрасли и началом к выполнению Государственной программы «Развитие космической деятельности Республики Казахстан на 2005-2007 годы», в рамках которой были сделаны первые шаги по созданию на-



учно-технической базы и кадрового потенциала. В частности, заложены научные основы системы экологической безопасности при эксплуатации ракетно-космической техники и радиационного мониторинга космического пространства на базе модернизированных технических средств радиополígона «Орбита» и «Космостанция», разработаны методы повышения спецстойкости бортовой аппаратуры, подготовлена программа научных исследований и экспериментов на борту Международной космической станции, созданы основы базовой инфраструктуры национальной системы космического мониторинга территории Казахстана.

В рамках Республиканской бюджетной программы 002 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности» (2008-2014 гг.), а также программ фундаментальных исследований (2004-2011 гг.) выполнен 91 проект по следующим научным направлениям:

1) В области астрофизических исследований

Впервые предложена теория многочисленных факторов неожиданных катастрофических разрушений кометных ядер, получившая к настоящему времени практическое подтверждение.

Разработана унифицированная модель для расчета спектров поглощения актив-

ных ядер галактик (АЯГ), включающая в себя расчеты динамики и свойств космической плазмы в поле излучения, а также расчеты спектров в различных диапазонах. Проводимые работы получили широкое международное признание, что выразилось в сотрудничестве с зарубежными учеными в рамках различных международных проектов, в том числе Института Астрономии Кембриджского университета (Великобритания), Корнельского университета (США), Государственного Астрономического института имени К. Штернберга МГУ (Россия), Медонской обсерватории (Франция). В настоящее время изучены спектры более сотни АЯГ, причем



спектры более 40 объектов наблюдаются регулярно для исследования переменности их излучения.

Созданы базы данных основных физических параметров нестационарных молодых звезд.

В 2006 году открыт уникальный объект Th4-4, спектр которого превратился из звездного в спектр типичной планетарной туманности за неполные 20 лет. Холодная Ве звезда превратилась в планетарную туманность, и представляет собой горячую центральную звезду, окруженную оболочкой нагретого ионизованного газа.

Открыто и подтверждено наличие депрессии поглощения

аммиака в северном полушарии Юпитера. Впервые составлены атласы профилей полос поглощения метана по измерениям на разных широтах Сатурна. Результаты исследований представлены отдельным разделом в трехгодичный отчет Комиссии по физике планет и спутников Генеральной Ассамблеи Международного Астрономического Союза (2010 г.).

Обнаружена новая стадия в эволюции звездного ветра – временное прекращение процесса истечения газа по исследованиям двойной системы звезда-гигант и белый карлик с аккреционным диском.

Разработана эффективная методика предварительного отождествления орбит и ти-

пов наблюдаемых объектов на основе алгоритма определения первоначальных орбит, теории их эволюции под влиянием гравитационных факторов и оптических характеристик наблюдаемых космических объектов. Результатом работ явилось создание информационной базы данных о состоянии околоземного космического пространства в контролируемом наземными оптическими станциями Казахстана диапазоне долгот.

2) В области физики солнечно-земных связей

Создана многоуровневая система мониторинга и прогноза космической погоды, направленная на контроль и прогнозирование уровня радиационной и электромагнитной



обстановки в космическом пространстве, являющаяся составной частью международной системы космического мониторинга, а также разработаны ряд методов прогноза космической погоды. Это крайне важно для принятия предупредительных мер по исключению негативных последствий от воздействия факторов околоземного космического пространства на функционирование наземных и космических технологических систем.

Создан и регулярно актуализируется уникальный банк экспериментальных гелио-геофизических данных непрерывных наблюдений радиоизлучения Солнца, ионосферы, геомагнитного поля и космических лучей, который является национальным достоянием Республики Казахстан.

Разработана структура казахстанского фрагмента международной системы мониторинга

естественных ионизирующих излучений космического пространства.

Обоснована концепция волновой природы динамических процессов среднеширотной ионосферы; изучены динамические процессы в околоземном космическом пространстве, протекающие при интенсивных явлениях естественного и антропогенного происхождения (взрывы, землетрясения, пуски космических аппаратов, солнечные вспышки и др.), и разработана их радио- и геофизическая диагностика.

Разработана региональная модель ионосферы для Казахстана, корректируемая ионосферным индексом солнечной активности, что позволило, в частности, выдавать соответствующий прогноз условий распространения радиоволн силовым структурам страны.

3) В области наземно-космического геодинамического и

геофизического мониторинга земной коры Казахстана

Создана основа системы непрерывного мониторинга современных движений на основе GPS-наблюдений на Северном Тянь-Шане. Разработана математическая модель геодинамических процессов с учетом геолого-тектонических особенностей строения земной коры. Выделены динамически активные зоны с локализацией эпицентров сильнейших землетрясений.

Разработана система оценки геодинамического состояния коры Каспийского региона с целью прогнозирования природных и техногенных катастроф. Результаты работ позволят провести районирование территории Прикаспийского региона Казахстана и выделить области энергонасыщенности и разуплотненности земной коры, являющихся критериями сейсмогенности и

нефтеперспективности, целенаправленно и избирательно подходить к выбору места бурения разведочных скважин.

Создана система мониторинга современных движений на основе сети GPS-наблюдений и комплекс трехмерного математического моделирования геодинамических процессов на территории городов Алматы и Астаны для безопасного высотного строительства.

4) В области исследования Земли из космоса

Развиты теоретические основы дистанционного зондирования Земли из космоса, разработан принципиально новый математический аппарат для моделирования процессов переноса, рассеяния и поглощения электромагнитного излучения в атмосфере на основе нелинейного кинетического уравнения Больцмана. По данным дистанционного зондирования проведен расчет профилей концентраций парниковых газов над территорией Казахстана для определения динамики их содержания в атмосфере, что позволяет проводить оценку изменений климата на территории Казахстана.

Впервые в Республике Казахстан создана наземная инфраструктура Национальной системы космического мониторинга. В ее состав входят два крупнейших в Средней Азии, сертифицированных на международном уровне центра приема, обработки и архивации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в г.Астане и г.Алматы, обеспечивающих регулярное покрытие территории Республики Казахстан и прилегающих государств оптико-электронными и радиолокационными космическими снимками.

Разработаны и внедрены спутниковые технологии дистанционного контроля агротехнических работ и оперативного



мониторинга фитосанитарного состояния и продуктивности посевов зерновых культур, мониторинга чрезвычайных ситуаций: схода снежного покрова и прохождения паводковых вод, картирования зон повышенного риска затопления, очагов пожаров, выгоревших площадей, нефтяных загрязнений акватории Каспийского моря.

5) В области разработки космической техники, технологий и новых материалов

Относительно недавно начаты прикладные научные исследования, непосредственно связанные с разработкой космической техники, технологий и новых материалов.

Созданы экспериментальные образцы системы управления движением и навигацией нано- и микроспутников, звездных, солнечных и магнитных датчиков, научная аппаратура для мониторинга околоземного космического пространства, ма-

тематические и имитационные модели функционирования КА и его подсистем, соответствующее программно-математическое обеспечение и проектная документация.

Выполнены опытно-конструкторские работы и изготовлено 50 базовых станций дифференциальной коррекции для системы высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан. Ведутся ОКР по созданию мобильных приемников для систем дифференциальной коррекции, изготовлены опытные образцы бортовых комплексов для мониторинга перемещения различных видов транспорта, внедрены в различные организации более 200 устройств сбора и передачи информации.

По итогам открытого конкурса на грантовое финансирование на 2012-2014 гг. по договору с Комитетом науки МОН РК выполняются 14 про-



ектов, на 2013-2015 гг. — 10 проектов на общую сумму 407 620,0 тыс. тенге.

Всего за 2004-2013 годы объем выполненных научно-исследовательских работ увеличился в 4 раза, объем хозяйственных работ вырос в 10 раз (рис.1).

Результаты фундаментальных и прикладных исследований применяются в следующих отраслях:

1) для Министерства сельского хозяйства РК — информационное обеспечение данными космического мониторинга посевов сельскохозяйственных угодий и объемов растениеводческой продукции в Акмолинской, Костанайской, Северо-Казахстанской и Кызылординской областях;

2) для Комитета по водным ресурсам МСХ РК — разработка комплекса технологий космического мониторинга водных объектов, обводнительных систем и анализа водопотребления в бассейнах трансграничных рек; разработка методики комплексного анализа состояния гидротехнических сооружений с использованием данных космического и наземного мониторинга; Создание комплекса космического мониторинга и оценки рисков чрезвычайных ситуаций (паводки, наводнения, прорывы плотин, ледниковых озер и др.) в бассейнах трансграничных рек;

3) для АО «Казагроинновация» — разработка технологии космического и наземного

мониторинга эколого-мелиоративного состояния пастбищных территорий, разработка метода оценки и диагностирования технического состояния ирригационных систем и гидротехнических сооружений на основе технологий дистанционного зондирования земли;

4) для ТОО «Тенгизшевройл» — информационное обеспечение данными космического мониторинга северо-восточного побережья Каспийского моря и оценке флуктуаций береговой линии и состояния растительности;

5) для Министерства охраны окружающей среды РК — участие в проекте «Управление засушливыми землями» и выполнение работ по дис-

танционному зондированию территории Шетского района Карагандинской области и моделированию поглощения углерода;

6) с 2009 года осуществляется космический мониторинг пожаров всей территории Казахстана (МЧС РК);

7) проводится космический мониторинг чрезвычайных ситуаций для 11 областей Казахстана. Проводится также с 2003 года космический мониторинг прохождения паводковых вод для Казахстанской части реки Сырдарья, результаты которого предаются в МЧС РК;

8) ведется регулярный обзорный мониторинг районов повышенной антропогенной нагрузки на территории республики. Результаты обзорного космического мониторинга территории Казахстана открыты для общего доступа на геопортале (<http://kosmosnimki.gzi.kz>);

9) для Министерства обороны РК — определение геомагнитных склонений и их годовые изменения для территории Республики Казахстан, оценка состояния возмущенности космического пространства в реальном времени.

Ученые АО «НЦКИТ» участвуют в формировании и реализации национальной научно-технической политики через работу в Высшей научно-технической комиссии при Правительстве Республики Казахстан (Жантаев Ж.Ш.), национальных научных советах по приоритетам «Информационные и телекоммуникационные технологии» (Жантаев Ж.Ш.-заместитель председателя ННС), «Интеллектуальный потенциал страны» (Бреусов Н.Г., Чечин Л.М.-члены ННС), а также государственной комиссии по присуждению именных премий за лучшие научные исследования (Жантаев Ж.Ш.).

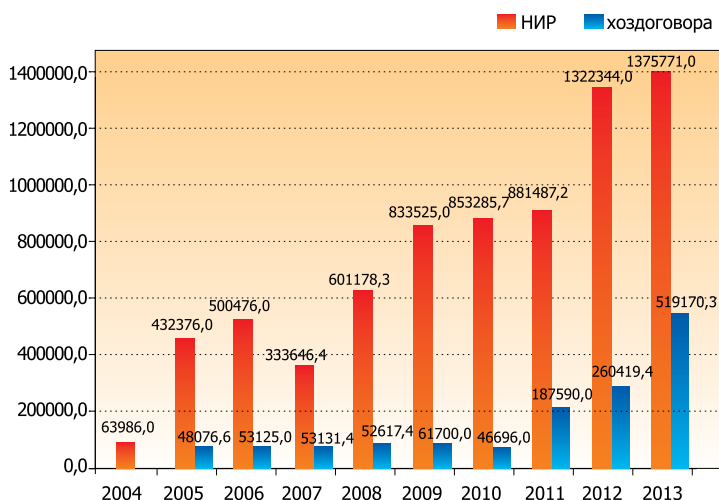


Рисунок 1.
Объем финансирования НИР и хозяйственных договоров, тыс. тенге

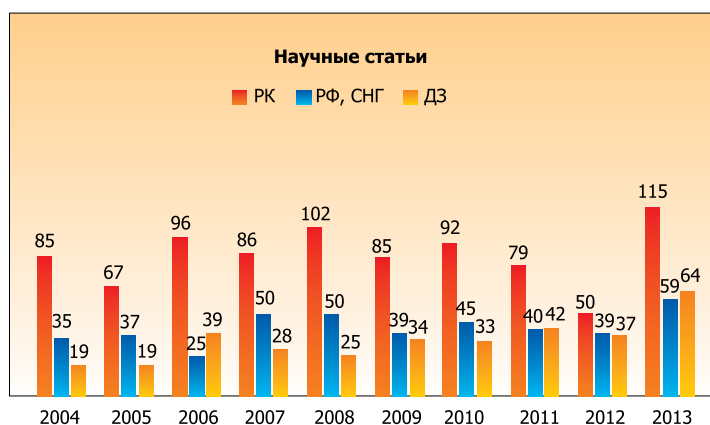


Рисунок 2.
Издательская деятельность

Высокий уровень научно-исследовательских работ, проводимых учеными, подтверждается публикациями в таких международных научных изданиях, как *Astronomy & Astrophysics*, *Transactions*, *Astrophysics & Space Science*, *Astron & Astrophysics*, *Bulletin Amer. Astron. Soc.*, *Chinese Physics Letters*, *Journal of Geophysical Research*, *Annales Geophysicae*, *Journal of Planetary and Space Science*, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, *Physics Review*, *Geomagnetism and Aeronomy*, *European Phys. Journal*, *Nuclear Physics*, *Journal Physics*, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, *Journal of Mathematical Sciences*.

Всего за 10 лет учеными и специалистами АО «НЦКИТ»

опубликованы 36 монографий и сборников трудов, 17 учебников, учебных пособий и словарей, 1636 научных статей и докладов (рис.2), из них 340 — в дальнем зарубежье, 419 — в РФ и СНГ, получены 3 авторских свидетельства, 19 патентов, 5 предпатентов, 5 положительных решений о выдаче патента.

С июля 2011 года издается научно-популярный журнал «Космические исследования и технологии».

Научные заслуги наших ученых признаны международной научной общественностью. Так, один сотрудник является членом Американского геофизического союза (Нурғалиева К.Е.) и семь — Европейского геофизического



общества (Дробжев В.И., Сомсиков В.М., Яковец А.Ф., Крякунова О.Н., Гордиенко Г.И., Мукашева С.Н., Нұрғалиева К.Е.), один сотрудник является членом Американского математического общества (Савельев В.Л.), 1 сотрудник — член Международного Астрономического общества (Тейфель В.Г.), 9 человек — члены Евразийского Астрономического общества (Тейфель В.Г. Вильковский Э.Я., Гайсина В.Н., Денисюк Э.К., Ефимов С.Н., Князева Л.Н., Кондратьева Л.Н., Кусакин А.В., Рспаев Ф.К.).

За истекшее десятилетие 11 сотрудников награждены национальными и международными наградами: Жантаев Ж.Ш. (медаль «Ерен еңбегі үшін» (2005), орден «Курмет»

(2011)), Дробжев В.И. (медаль «Астана» (1998г.), медаль к 10-летию Конституции РК (2005 г.), орден «Парасат» (2007г.), медаль С.П. Королева (2008 г.); Спивак Л.Ф. (медаль «Ерен еңбегі үшін» (2008)), Яковец А.Ф. (медаль «Қазақстан Республикасының Тәуелсіздігіне 20 жыл» (2011)), Жумабаев Б.Т. (медаль «Қазақстан Республикасының Тәуелсіздігіне 20 жыл» (2011)), Ахмедов Д.Ш. (медаль «Қазақстан Республикасының Тәуелсіздігіне 20 жыл» (2011)), Краснов В.М. (медаль М.В. Кельдыша от Федерации космонавтики России (2008)), Крякунова О.Н. (медаль Ю.А. Гагарина от Федерации космонавтики России (2008)), Омаров Т.Б. (медаль «Ерен

еңбегі үшін» 2009г.), Вильковский Э.Я. (медаль «Ерен еңбегі үшін» 2011г.), Дубовиченко С.Б. (серебряный крест Европейской Академии Естествознания 2013г., Золотая медаль «За новаторскую работу в области высшего образования» 2013г.).

АО «НЦКИТ» выступил организатором следующих научных конференций, семинаров и круглых столов:

- Международные научные конференции «Фесенковские чтения «Современная астрофизика: традиции и перспективы», 2005г., 2007г., 2010г., Алматы.

- Международная научная конференция «Суверенный Казахстан: 15-летний путь развития космической дея-



тельности», 4-6 октября 2006 года, Алматы;

- Казахстанско-украинская научно-практическая конференция «Современные космические технологии», 7-8 октября 2008 года, Алматы;

- IV Международная школа молодых физиков и астрономов, посвященная актуальным проблемам образования и подготовки кадров для космической и ядерно-энергетической отраслей Казахстана, развития науки и нанотехнологий, 8-10 апреля 2009 года, Алматы.

- Российско-казахстанский «Круглый стол» по актуальным проблемам сотрудничества в области космических исследований и технологий, 25-26 ноября 2009 года, Алматы.

- Рабочий семинар «Проблемы и задачи организации подготовки специалистов по специальности «Космическая техника и технологии» на основе профессиональных стандартов», 16 апреля 2010 года, Алматы;

- Круглый стол на тему «Подготовка кадров для космической деятельности в условиях посткризисного развития», 20 мая 2010 года, Астана;

- Международный научно-практический симпозиум «Роль и место космических технологий в индустриально-инновационном развитии Республики Казахстан», 6-7 июня 2010 года, Алматы.

- Международная научно-практическая конференция «Космос на благо человечества —

взгляд в будущее», посвященная 50-летию первого полета Ю.А.Гагарина в космос, 6-7 января 2011 года, Астана,

- Научный семинар «Радиогеофизические исследования в Казахстане в рамках национальных и международных космических программ», 26 апреля 2011 года, Алматы.

- Международная научная конференция «Независимый Казахстан: 20 лет развития космических исследований», 4-5 октября 2011 года, Алматы;

- Казахстанско-британский Круглый стол по проблемам космоса на тему: «Метеориты и кометы», 30 мая 2012 года, Алматы;

- Международное совещание рабочей группы



«MODEST-13», 19-23 августа 2013 года, Алматы.

В 2004-2010 гг. сотрудниками защищены 5 докторских, 22 кандидатские и 2 PhD-диссертации. В настоящее время 7 сотрудников являются PhD-докторантами.

С 2009 года по РБП 017 «Организация переподготовки и повышения квалификации специалистов космической отрасли» ежегодно проводятся семинары повышения квалификации для сотрудников Казкосмоса и его подведомственных организаций.

Международное сотрудничество

За период 2004-2013 гг. создана определенная база договорных, нормативно-правовых документов по международному сотрудничеству.

Заключены 7 международных договоров о научнотехническом сотрудничестве с ведущими научно-исследовательскими центрами и вузами дальнего и ближнего зарубежья.

АО «НЦКИТ» стал участником крупных международных организаций:

- член Международного комитета по реализации проекта создания Международной аэрокосмической системы глобального мониторинга и прогнозирования (МАКСМ) (23 октября 2012 г.);
- член Международного Астрономического союза (20 августа 2012 г.).

Наши ученые и специалисты активно участвуют в подготовке «Единой информационной системы государств — участников СНГ по

защите от биопасностей (на основе спутниковых съемок)» при постоянной комиссии по аграрной политике, природным ресурсам и экологии Межпарламентской Ассамблеи государств — участников Содружества независимых государств;

Секретариат программы по Международным инициативам в области космической погоды (International Space Weather Initiative, ISWI) определил своим координатором в Казахстане заведующую лабораторией диагностики и прогноза космической погоды ДТОО «Институт ионосферы» Крякунову О.Н.

Планируется участие казахстанских ученых в международном проекте «Всемирная космическая обсерватория-Ультрафиолет» — одного из



масштабных космических проектов 21 века.

Важным правовым элементом реализации казахстанской части проекта является Меморандум о взаимопонимании между Федеральным космическим агентством Российской Федерации и Национальным космическим агентством Республики Казахстан «О сотрудничестве по проекту «Всемирная космическая обсерватория — Ультрафиолет (космический телескоп «Спектр — УФ)»», подписанный 28 ноября 2007 года. Головной организацией от Республики Казахстан определено АО «Национальный центр космических исследований и технологий».

Подтверждением соответствия мировому уровню казахстанских фундаментальных и прикладных космических

исследований является выполнение 16 проектов по грантам международных фондов и компаний USAID-CDR-CAR, SCOT Conseil, TACIS, Глобального экологического фонда, RADARSAT International, ИНТАС, ПРООН/ГЭФ, Фольксваген.

По итогам VIII Форума межрегионального сотрудничества России и Казахстана с участием президентов Республики Казахстан Н.А.Назарбаева и Российской Федерации Д.А.Медведева (г.Астрахань, 15 сентября 2011 года) принят план действий по созданию совместной системы космического мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций на 2013-2015 гг., в том числе чрезвычайных ситуаций в Прикаспийском регионе, в разработке и реализации которого активно участвуют

ученые и специалисты АО «Национальный центр космических исследований и технологий».

Сегодняшний день

Наука суверенного Казахстана продолжает развиваться и с большой отдачей помогает республике решать сложные современные проблемы.

Коллективом Центра выполняются актуальные научные программы, исходящие из потребностей социально-экономического развития страны с учетом тенденций мировой науки.

Эффективное освоение космоса требует опережающего развития прикладных исследований в таких областях как физика ближнего и дальнего космоса, радиоэлектроника и связь, робототехника и материаловедение.

Впервые в Казахстане ставится задача обеспечения отечественными разработками научного спутникового оборудования для измерений параметров околоземного космического пространства, которые будут использованы в фундаментальных и прикладных исследованиях, в частности, при исследовании предвестников землетрясений.

Создание собственных систем управления КА, высокотехнологичных приборов и датчиков, позволит Казахстану существенно сократить отставание от ведущих зарубежных стран в космической отрасли, сэкономить бюджетные средства на импорт подобных систем.

Разрабатываются технологии получения высокопрочных алюминиевых и магниевых сплавов на базе казахстанского сырья для их использования в изготовлении деталей и узлов отечественной космической техники.

Усовершенствование методов и технологий сбора подспутниковых наблюдений, калибровки и тематического



дешифрирования космических снимков различного пространственного разрешения способствует развитию Национальной системы космического мониторинга Республики Казахстан для решения задач по расширению минерально-сырьевых ресурсов, сельскохозяйственного производства, охраны окружающей среды, эксплуатации планируемых казахстанских спутников дистанционного зондирования.

Будут завершены работы по созданию и внедрению отраслевых и региональных ситуационных центров космического мониторинга. В 2012-2013 гг. созданы 5 ситуационных центров на базе ГУ «Департамент по мобилизационной подготовке, гражданской обороне, организации предупреждения и ликвидации аварий и стихийных бедствий» при акиматах Южно-Казахстанской, Жам-

былской, Северо-Казахстанской, Карагандинской областей и в г. Астана.

В долгосрочном экономическом развитии Казахстана освоение и внедрение новых космических технологий позволит обновлять топографические, геологические, географические карты и планы различных масштабов, обеспечить экологический и геофизический мониторинг проблемных районов и обосновывать строительство и проектирование дорог, трубопроводов, ЛЭП.

Создание системы наземно-космического мониторинга для анализа напряженно-деформированного состояния участков верхних горизонтов земной коры на территории промышленных агломераций, урбанизированных территорий, в том числе в городах с высотной застройкой, позволит дать обо-

снованные рекомендации по этажности зданий, виду и параметрам фундамента, прогноз результатов взаимодействия «сооружение-грунтовое основание», сейсмической устойчивости возводимых и уже существующих сооружений. Разработка системы космического мониторинга с использованием спутниковой геодезии и ДЗЗ позволит, наряду с наземными методами значительно повысить точность и оперативность определения напряженно-деформированного состояния территорий, прилегающих к месторождениям с интенсивной добычей углеводородного и минерального сырья, крупных гидротехнических сооружений, динамики развития геодинамических процессов на данных территориях и их прогноза.

С целью развития новых научных направлений по ис-



следованию и использованию космического пространства, разработки перспективных образцов космической техники и технологий планируется модернизация экспериментального астрономического комплекса, создание Центра наземно-космического мониторинга геофизического состояния ближнего космоса, ионосферы и литосферы, научно-экспериментальной лаборатории разработки и испытания космической техники и технологий, полная модернизация технологических комплексов приема, обработки и архивации данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) территории Республики Казахстан.

Создание современной лабораторной и научно-экспериментальной базы обеспечит реализацию приоритетных го-

сударственных научных программ в области космической деятельности, даст новый толчок развитию астрофизических исследований объектов дальнего и ближнего космоса с позиций развития знаний о материи Вселенной, изучению Земли из космоса для прогнозирования природно-техногенной безопасности и сырьевых ресурсов, обеспечит качественный прорыв в создании новых образцов космической техники и технологий, их широкое применение в различных отраслях экономики.

В настоящее время в АО «НЦКИТ» работают 465 человек, из них 1 академик НАН РК, 2 члена-корреспондента НАН РК, 26 докторов и 86 кандидатов наук.

Выполняются три республиканские бюджетные программы:

- РБП 002 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности»;

- РБП 055 «Научная и (или) научно-техническая деятельность», подпрограмма 101 «Грантовое финансирование научных исследований»;

- РБП 017 «Организация переподготовки и повышения квалификации специалистов космической отрасли».

Эффективное использование накопленного научно-технического потенциала, передача научных достижений в отрасли экономики Казахстана, повышение их технического уровня и конкурентоспособности на международном рынке являются высшими приоритетами деятельности АО «Национальный центр космических исследований и технологий». ■

Коллегия Национального космического агентства



6 февраля 2014 года состоялось расширенное заседание Коллегии Национального космического агентства Республики Казахстан с участием первого заместителя Премьер-Министра Республики Казахстан Бахытжана Сагинтаева. В заседании коллегии приняли участие депутаты Парламента РК, представители Администрации Президента, Канцелярии Премьер-Министра Республики Казахстан, руководители государственных органов РК и подведомственных организаций Казкосмоса. С докладом об итогах деятельности Национального космического агентства РК в 2013 году и задачах на текущий год выступил

председатель Казкосмоса Талгат Мусабаев. В своем выступлении глава ведомства обозначил приоритетные задачи в сфере космической деятельности в свете Послания Президента народу Казахстана «Казахстанский путь — 2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее».

Как отметил Талгат Мусабаев, Глава государства в своем нынешнем Послании еще раз подчеркнул важность создания полноценной отечественной космической отрасли. Выполняя поручения Президента, обозначенные им в Стратегии «Казахстан-2050», за отчетный период Казкосмосом продолжена работа по реализации ряда космических проектов и

программ по двум основным направлениям Стратегического плана Казкосмоса: первое — «Создание и развитие космической инфраструктуры», второе — «Развитие научной и научно-технологической базы космической деятельности».

Первое направление: «Создание и развитие космической инфраструктуры» включает следующие проекты:

- 1) создание космической системы связи и вещания «KazSat»;
- 2) создание космической системы дистанционного зондирования Земли;
- 3) создание сборочно-испытательного комплекса космических аппаратов;
- 4) создание системы высокоточной спутниковой навигации;
- 5) создание космического ракетного комплекса «Байтерек»;
- 6) участие Казахстана в коммерческом использовании РН «Днепр» на космодроме «Байконур»;
- 7) обеспечение сохранности и эффективного использования объектов космодрома «Байконур».

В рамках создания космической системы связи и вещания «KazSat» реализуются три проекта: создание космических аппаратов «KazSat-2», «KazSat-3» и резервного наземного комплекса управления ими.

Космический аппарат «KazSat-2» функционирует в штатном режиме. На сегодня загрузка спутника составляет более 63% от его полной емкости. Оказаны услуги по предоставлению в аренду спутниковой емкости 11 операторам связи Казахстана на сумму более 2 млрд. тенге.

Однако, несмотря на наличие свободной емкости, казахстанские операторы связи продолжают арендовать спутниковые емкости на иностранных спутниках. И это остается нашей проблемой. План-график перехода казахстанских операторов связи на спутник «KazSat-2», утвержденный Министерством транспорта и коммуникаций, которое является администратором связи в Республике Казахстан, казахстанскими операторами не исполняется.

По проекту создания и запуска «KazSat-3» работы ведутся в рамках договора, заключенного с ведущей российской космической компанией «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева». В 2013 году осуществлена общая сборка спутника «KazSat-3», завершены в целом испытания спутника. Запуск спутника «KazSat-3» планируется осуществить с космодрома «Байконур» до 30 апреля 2014 года.

Работы по созданию резервного наземного комплекса управления спутниками «KazSat» завершены и он введен в эксплуатацию в июне 2013 года.

Следующий проект — Создание космической системы дистанционного зондирования Земли.

В 2013 году завершены сборка и испытания космических аппаратов ДЗЗ среднего и высокого разрешений, подготовлены объекты наземного комплекса. Подготовлена группа отечественных операторов космической системы во Франции и Великобритании. В настоящее время ведутся работы по организации запуска космических аппаратов.

Запуски космических аппаратов ДЗЗ среднего и высокого разрешений запланированы на 2 квартал 2014 года. Причем спутник среднего разрешения будет запущен компанией, полноправным участником которой является Казкосмос в лице Национальной компании «Қазақстан Ғарыш Сапары».

Следующий проект — создание сборочно-испытательного комплекса космических аппаратов (СБИК КА).

В рамках проекта завершены этапы проектирования и изготовления технологического оборудования всех испытательных участков. На завершающей стадии заводские испытания этого оборудова-





ния, начата поставка частей и деталей технологического оборудования.

Со стратегическим партнером — французской компанией EADS Astrium достигнута договоренность о существенном расширении функций СБИК, а именно функции сборки и испытаний космических аппаратов дополнены функциями проектирования и конструирования космических аппаратов, а также функциями изготовле-

ния комплектующих космических аппаратов. Это позволит повысить казахстанское содержание в создании космических аппаратов с 10% до 50%.

В рамках существенного расширения функционала СБИК завершено детальное проектирование производственных участков и лабораторий специального конструкторско-технологического бюро космической техники с опытным производством, определена окончатель-

ная спецификация его технологического оборудования.

Ведется строительство зданий СБИК и специального конструкторско-технологического бюро космической техники с опытным производством. Срок ввода в эксплуатацию данных объектов запланирован на 2015 год.

Вместе с тем, существенное расширение функционала СБИК потребовало корректировки рабочего проекта на строительство здания СБИК с удорожанием его стоимости. При этом по вопросу выдачи заключения государственной строительной экспертизы возникли противоречия в позициях министерств экономики и бюджетного планирования и регионального развития. Это связано с разной трактовкой законодательства этими двумя министерствами и отсутствием четкого механизма принятия решения по указанному вопросу.

Следующий проект — создание системы высокоточной спутниковой навигации.

В 2013 году создана и введена в постоянную эксплуатацию Морская локальная дифференциальная станция. Введен в эксплуатацию Центр дифференциальной коррекции и мониторинга, проведена его опытная эксплуатация.

Изготовлено 50 опытных образцов дифференциальных станций отечественного производства, которые размещены на территории Казахстана.

Выполнен монтаж, пусконаладка и испытания оборудования лаборатории по оценке соответствия.

Следующий проект — создание космического ракетного комплекса «Байтерек».

На уровне правительств Казахстана и России утвержден План совместных действий по реализации проекта создания комплекса «Байте-

рек» на базе ракеты-носителя «Зенит».

Определены объекты космического ракетного комплекса «Зенит-М», планируемые к исключению из аренды Российской Федерацией. Определены нормативные правовые, нормативные технические и организационно-распорядительные документы Российской Федерации, необходимые для эксплуатации объектов комплекса «Байтерек» на базе ракеты-носителя «Зенит» казахстанской организацией.

Согласован с Роскосмосом проект Протокола о внесении изменений и дополнений в Соглашение между Правительствами Казахстана и России от 22 декабря 2004 года о создании на космодроме «Байконур» комплекса «Байтерек». В настоящее время проект Протокола проходит согласование в госорганах Российской Федерации.

Следующий проект — участие Казахстана в коммерческом использовании ракеты-носителя «Днепр».

В целях обеспечения участия Казахстана наравне с Украиной и Россией в программе коммерческого использования ракеты-носителя «Днепр» проводилась работа по доведению доли участия казахстанской стороны до 33,3%, т.е. до паритетного с Россией и Украиной.

Следующий проект — обеспечение сохранности объектов и эффективного управления имуществом комплекса «Байконур».

Запланированные работы в 2013 году выполнены в полном объеме, обеспечена охрана 131 объекта комплекса «Байконур», не вошедших в состав аренды Российской Федерацией и исключенных из нее.

Теперь о втором стратегическом направлении — «Развитие научной и научно-технологической базы космической

деятельности, подготовка кадров и международное сотрудничество».

С целью повышения казахстанского содержания в создании и применении космической техники и технологий продолжены работы по развитию:

1) научной и опытно-экспериментальной базы космических исследований,

2) системы экологического нормирования космической деятельности,

3) международного сотрудничества в области космической деятельности,

4) кадрового потенциала в области космической деятельности.

Первое — о развитии научной и опытно-экспериментальной базы космических исследований.

В 2013 году выполнялись прикладные научные исследования по пяти направлениям:

1) развитие научно-экспериментальной базы астрофизических исследований;

2) создание казахстанской многоуровневой системы мониторинга и прогноза космической погоды;

3) создание системы наземно-космического геодинимического и геофизического мониторинга земной коры Казахстана, а также системы прогнозирования месторождений полезных ископаемых;

4) развитие технологий оперативного приема и тематической обработки данных дистанционного зондирования Земли;

5) разработка отечественных образцов космической техники и технологий.

По итогам выполненных работ получен ряд научных результатов, представляющих собой весомый вклад на мировом уровне в развитие научных исследований в области дальнего и ближнего космоса,



в разработку и применение космической техники и технологий. Разработаны первые отечественные образцы космической техники — выполнены опытно-конструкторские работы по созданию дифференциальных станций для системы высокоточной спутниковой навигации.

Второе — о развитии системы экологического нормирования космической деятельности.



В отчетном году в рамках развития системы экологического нормирования космической деятельности выполнены прикладные научные исследования по 4-м проектам, а также мероприятия казахстанско-российской Программы по обеспечению экологической безопасности ракетно-космической деятельности космодрома «Байконур».

Разработаны проекты методик проведения натурных испытаний по детоксикации загрязненных почв и определения содержания в почве продукта распада гептила. Разработан и представлен на утверждение проект предельно допустимой концентрации гидразина в почве.

В прошлом году именно подведомственным Казкос-

мосу предприятием «Гарыш-Экология», проведены основные работы по детоксикации и устранению последствий аварийного пуска 2 июля 2013 года ракеты-носителя «Протон». Именно российскими специалистами были применены наши методы и способы детоксикации на космодроме «Байконур». К сожалению мало кто об этом знает.

Третье — о развитии международного сотрудничества в области космической деятельности.

Для эффективной реализации поставленных задач по развитию научно-технологической базы Казахстана Казкосмосом развивается международное сотрудничество с государствами, являющимися

мировыми лидерами в области создания космической техники и технологий.

В отчетном 2013 году подписаны межправительственное Соглашение с Китайской Народной Республикой о сотрудничестве в области космической деятельности и два меморандума о взаимопонимании по сотрудничеству в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях:

1) между Казкосмосом и Космическим агентством Великобритании;

2) между Казкосмосом и Шведским национальным космическим советом.

Таким образом мы перевыполнили стратегический план Казкосмоса на 2013 год

по подписанию международных договоров.

Всего же с начала работы Казкосмоса заключено 8 межправительственных и 10 межагентских соглашений по космосу.

Четвертое — о развитии кадрового потенциала в области космической деятельности.

В отчетном периоде 20 специалистов прошли стажировку в зарубежных учебных центрах Германии, Украины, России; 120 руководящих, научных и инженерно-технических работников Казкосмоса и его подведомственных организаций повысили свою квалификацию.

По Президентской программе «Болашақ» 14 специалистов казахстанско-французского предприятия «Галам» прошли стажировку в ведущем испытательном центре Intespace в г. Тулузе (Франция); 23 человека продолжают обучение в учебных заведениях России, США, Великобритании, Канады, Германии, Франции.

В рамках выполнения контрактов по созданию космической системы дистанционного зондирования Земли прошли стажировку 24 инженера во французской компании EADS Astrium и английской компании SSTL.

В рамках контракта по созданию космической системы связи «KazSat-3» прошли стажировку 12 инженеров на ведущем российском космическом предприятии «Информационные спутниковые системы им. академика М.Ф. Решетнева».

Об исполнении поручений Главы государства. Прямых поручений Главы государства по вопросам развития космической деятельности в отчетном году не было.

Таким был для нас 2013 год.

Подводя итоги проделанной работы, разрешите до-

жить о планах Казкосмоса на 2014 год.

2014 год для нас будет очень напряженным. Впервые в истории Казахстана будут запущены 3 космических аппарата в один год — один аппарат связи и два аппарата дистанционного зондирования Земли.

Будут введены в эксплуатацию объекты наземной инфраструктуры космической системы дистанционного зондирования Земли и системы высокоточной спутниковой навигации.

Подведомственные предприятия Казкосмоса начнут оказывать практические услуги конечным потребителям и получать соответствующие доходы.

Будут начаты опытно-конструкторские работы по созданию космической системы научно-технологического назначения в рамках совместного проекта с английской космической компанией SSTL.

Будут завершены прикладные научные исследования по 23 проектам.

Продолжится работа по развитию кадрового потенциала и международного сотрудничества в области космической деятельности.

Все эти меры позволяют приблизить завершение создания полноценной космической отрасли Казахстана.

В завершении своего выступления председатель НКА РК Талгат Мусабаев отметил: «Глава государства поручил нам создать отечественную космическую отрасль. Для достижения этой цели необходимо значительно повысить интенсивность и качество работы».

Также в ходе заседания были заслушаны отчеты руководителей организаций, находящихся в ведении Казкосмоса (АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары», АО «Респу-



бликанский центр космической связи», АО «Национальный центр космических исследований и технологий») по итогам работы за 2013 год и представлены планы работ на 2014 год с учетом ключевых целей и задач создания отечественной космической отрасли.

Подводя итоги Коллегии, первый заместитель Премьер-Министра РК Бахытжан Сагинтаев отметил значимую роль ведомства в свете решения задачи вхождения Казахстана в число тридцати наиболее передовых стран мира и дал конкретные поручения Казкосмосу по реализации установок Главы государства по развитию космической деятельности Казахстана. ■

Исследование воздействия нагревного стенда НААРР на ионосферу по данным КА «DEMETER»

МОЛДАБЕКОВ М.М.

заместитель председателя Национального космического агентства

**ИНЧИН А.С.,
ЛОЗБИН А.Ю.,
ШПАДИ М.Ю.**

ДТОО «Институт космической техники и технологии»,
Республика Казахстан, г.Алматы, ул.Кисловодская, 34
e-mail: lozbin@mail.ru



В статье представлены результаты обработки измерений параметров электромагнитных и плазменных возмущений, проведенных с помощью научной аппаратуры французского спутника «DEMETER» на магнитной силовой трубке, опирающейся на область интенсивного радиоизлучения мощного КВ нагревного стенда НААРР. Рассматриваются физические механизмы, позволяющие объяснить наблюдаемые явления.

Введение

В последнее время большой интерес у ученых представляет изучение вопросов воздействия электромагнитных сигналов, генерируемых мощными наземными передатчиками на ионосферную плазму. Особый интерес вызывает генерация низкочастотных микроимпульсов в ионосфере при воздействии на нее мощной модулированной волной коротковолнового диапазона.

Впервые с изменением свойств ионосферы в поле мощных радиоволн ученые столкнулись еще в 1933 году, когда был открыт Люксембург-Горьковский эффект, основанный на явлении кросс-модуляции [1]. В дальнейшем было показано, что современные радиотехнические средства могут существенно влиять на

свойства ионосферной плазмы. С 70-х годов 20 века начался расцвет «нагревных» экспериментов, т.к. появилась техническая возможность влиять на естественные процессы в ионосфере. Для этих целей были построены специальные установки — нагревные стенды. Эти установки представляют собой мощные радиопередатчики, работающие в коротковолновом диапазоне и оснащенные антенными комплексами с узкими управляемыми лучами и диагностической аппаратурой для регистрации сигналов от создаваемых возмущений. Такие нагревные стенды строятся с 1961 года по сей день. Наиболее известными из них являются СУРА (Васильсурск, Россия, 1981г.), Аресибо (Пуэрто-Рико, США, 1971г.), EISCAT (Тромсе, Норвегия, 1980г.),

HIPAS (США, Аляска, 1971г.) и HAARP (США, Аляска, 1993г.).

Самым мощным нагревным экспериментом в настоящее время является HAARP (High Frequency Active Auroral Research Program). Этот эксперимент представляет собой систему мероприятий по исследованию закономерностей развития ионосферы Земли. Фактически, система HAARP представляет собой установку, которая предназначена для осуществления модификации ионосферы, то есть внесение в нее определенных изменений. Это грандиозный комплекс для ионосферных исследований, сооруженный на военном полигоне Гаккона (Аляска). На территории 13 Га развернута громадная фазированная решетка антенны, сеть из 180 антенн, который вместе составляют исполинский излучатель сверхвысоких частот [2] (рисунок 1). Задачи, поставленные в программе HAARP, имеют большой научный интерес. Вместе с тем, уникальность эксперимента вызвала множество разного рода кривотолков о последствиях воздействия нагревного стенда на средства телекоммуникации, на климат, на разные природные катаклизмы (землетрясения, цунами) и др. Однако, эта сторона вопроса не является целью проведенного исследования.

В статье рассматриваются эффекты, обнаруженные в наблюдениях низкоорбитального научного спутника и возникающие в ионосфере на высоте ~700 км, как результат мощного излучения нагревного стенда HAARP. Приведены количественные и качественные характеристики обнаруженных эффектов.

Исходные данные

К 2007 году все работы по вводу в эксплуатацию передатчика HAARP были завер-



шены и начались эксперименты по облучению ионосферы на частотах от 2.8 до 10 МГц с проектной мощностью до 3.6 МВт. Эти эксперименты проводились 3 года и это время совпало со временем активного существования французского космического аппарата «DEMETER», научная аппаратура которого позволила исследовать результаты воздействия нагревного стенда на ионосферу.

Французский микро-спутник «DEMETER» был запущен 29 июня 2004 года с космодрома «Байконур» на солнечно-синхронную орбиту высотой 720 км и наклонением 98,3°. Миссия «DEMETER» (Detection of Electro-Magnetic Emissions Transmitted from Earthquake Regions) посвящена исследованиям возмущений в ионосфере Земли, являющихся следствием сейсмической и вулканической активности [3]. За весь период активного существования с 2004 по 2010 год доступны следующие ионосферные измерения:

- волновая форма трех компонент напряженности электрического поля (частота измерений 40 Гц и 2500 Гц);
- волновая форма одной компоненты E_z напряженности электрического поля (частота измерений 40 кГц и 6600 кГц);
- спектры напряженности электрического поля в диапазонах: 0-1250 Гц, 0-20 кГц, 0-3,3 МГц;
- волновая форма трех компонент магнитного поля (частота измерений 40 Гц);
- волновая форма одной компоненты магнитного поля B_z (частота измерений 40 кГц);
- спектр магнитного поля в диапазоне от 0 до 20 кГц;
- характеристики ионов (концентрация, температура и скорость);
- энергетический спектр электронов;
- характеристики электронов (концентрация, температура и потенциал).

С 2007 по октябрь 2009 года график работы и частотный план нагревного стенда

Рисунок 1.
Общий вид
передатчика HAARP

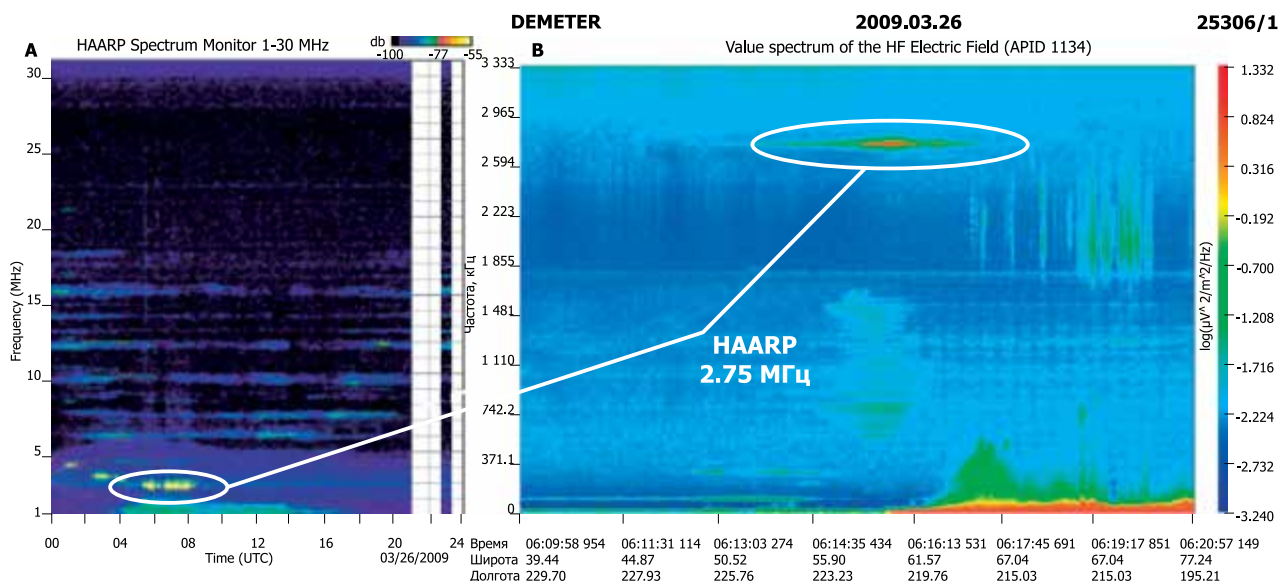


Рисунок 2.

Излучение передатчика HAARP на частоте 2.75 МГц а) радиочастотная спектрограмма монитора HAARP; б) возмущение электрического потенциала в ионосфере на частоте работы станда

HAARP были в открытом доступе в виде суточных спектрограмм. Пример такой спектрограммы показан на рисунке 2а, что подтверждается измерениями с борта «DEMETER» (рисунок 2б).

Как видно из рисунка 2а, 26 марта 2009 года в 06:15 (UT) передатчик был в активном состоянии и работал на частоте 2.75 МГц. В это же время космический аппарат «DEMETER» пролетал над зо-

ной месторасположения передатчика и на спектрограмме 2б видно возмущение электрического потенциала на частоте работы передатчика.

С 2010 года режимы работы и частотный план передатчика стали недоступны для широкого круга пользователей. Однако, восстановить режимы работы станда все же возможно по измерениям напряженности электрического поля на борту КА «DEMETER».

Инструменты и методы обработки данных

В рамках создания казахстанской космической системы научного назначения [4] проводилось изучение и использование методического и программно-математического обеспечения французского проекта «DEMETER», которое, как оказалось, имеет ограниченные возможности для решения поставленных задач. Для эффективного использо-

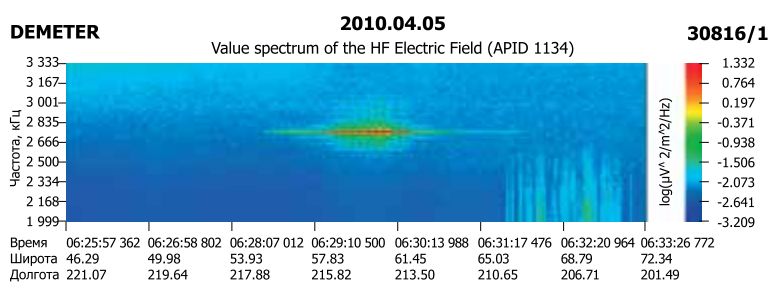
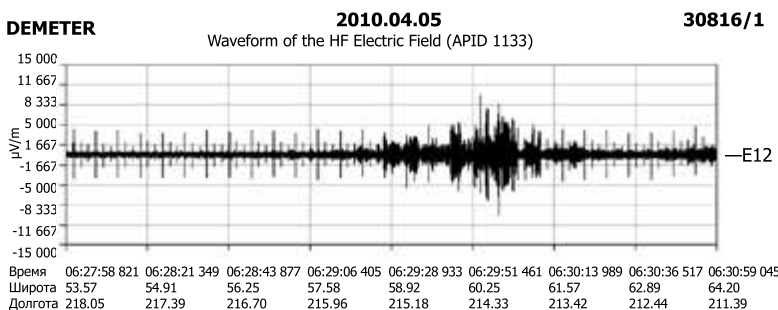


Рисунок 3.

Напряженность электрического поля в высокочастотном диапазоне над передатчиком HAARP и картографическая привязка этого возмущения



- спутник
- сопряженная точка на высоте спутника
- северная сопряженная точка на высоте 110 км
- южная сопряженная точка на высоте 110 км

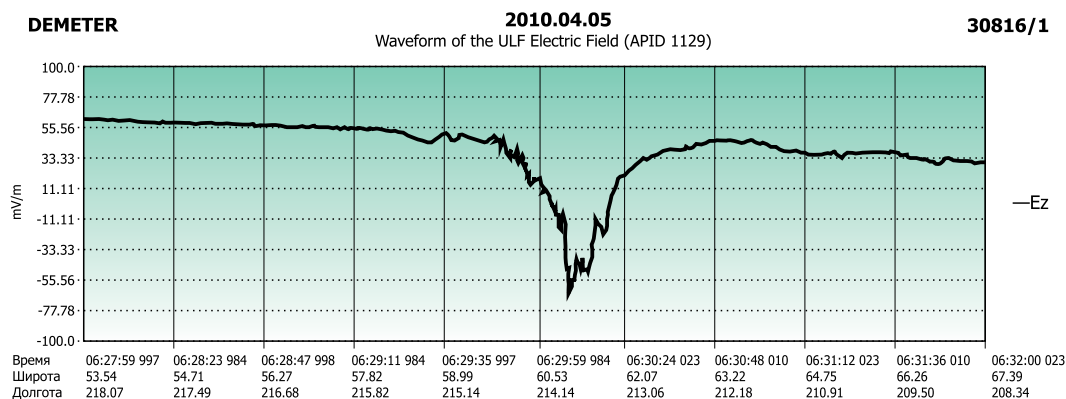


Рисунок 4.
Возмущение
электрического поля
в низкочастотном
диапазоне
(частота измерений
40 Гц)

вания научной информации с этого спутника в Институте космической техники и технологии (Алматы, Казахстан) было разработано собственное программное обеспечение DIAS для выявления, анализа и идентификации ионосферных аномалий по спектрометрическим и волновым данным [5]. Основная задача программы DIAS состоит в обеспечении исследователя удобным инструментом для обработки и анализа спутниковых данных.

С помощью программы DIAS выполняются следующие основные задачи:

- визуализация всех типов данных с научных приборов КА «DEMETER»;
- картографическая привязка данных на различных топоосновах (физической, географической, тектонической и Google maps);
- мультизагрузка данных (загрузка и отображение данных с большого количества витков одновременно);
- построение спектрограмм из волновых данных;
- высокочастотная и низкочастотная фильтрация волновых данных;
- возможности расчета отношения сигнал/шум линейных горизонтальных структур;
- выявление электронных свистов по электромагнитным данным.

Для работы с горизонтальными электромагнитными

структурами, такими, как возмущение от радиопередатчиков, в программу DIAS был заложен алгоритм определения параметра сигнал/шум, аналогичный предложенному Молчановым О.А. и др. [6].

Результаты

Рассмотрим наиболее яркий пример воздействия радиоизлучения большой мощности на частоте 2.75 МГц и изменения в ионосферной плазме, вызванные таким воздействием. По данным приборов, установленных на борту КА «DEMETER», одно из наи-

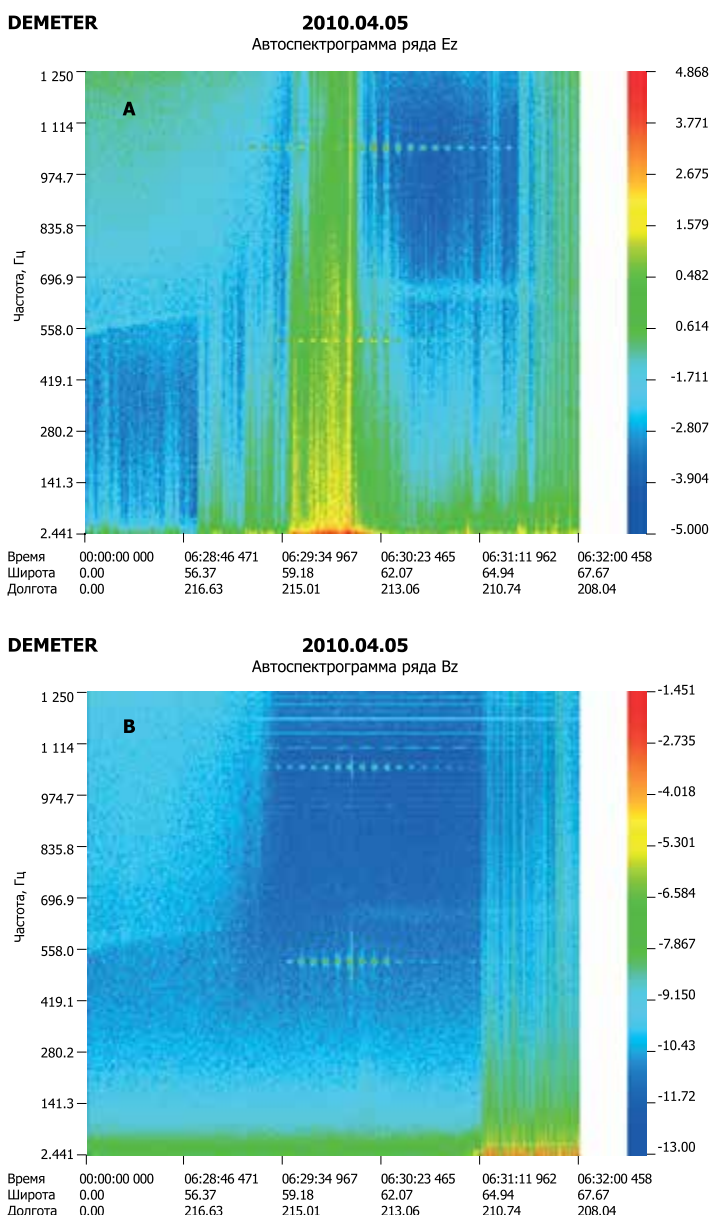
более мощных воздействий на ионосферу наблюдалось на восходящем полувитке №30816 от 5 апреля 2010 года.

Возмущения электромагнитного поля

На рисунке 3 представлена спектрограмма напряженности электрического поля в высокочастотном диапазоне над зоной HAARP для полувитка №30816 и его картографическая привязка.

Как видно из рисунка 3, во время работы передатчика на магнитной силовой трубке, исходящей из места его располо-





жения, напряженность электрического поля на спутниковой высоте в высокочастотном диапазоне составила ~ 8000 мВ/м, что в 16 раз больше «фоновой» напряженности (~ 500 мВ/м) до и после пролета над передатчиком. Протяженность аномалии вдоль трассы КА на высоте 670 км составляет ~ 1300 км.

Из рисунка 4 видно, что напряженность электрического поля в низкочастотном диапазоне по направлению Ez (в нади́р) над зоной передатчика наоборот, не увеличилась, а

уменьшилась, примерно, на 100 мВ/м. Протяженность аномалии вдоль трассы КА на высоте 670 км составила ~ 570 км.

Несмотря на то, что частота работы передатчика лежит в мегагерцовом диапазоне, отчетливо наблюдаются низкочастотные электромагнитные пульсации на единицах кГц. На рисунке 5 показаны низкочастотные гармоники, возникающие над зоной излучения HAARP в электрической (А) и магнитной (В) составляющей электромагнитного поля.

На рисунке 5 отчетливо видно появление искусственного низкочастотного излучения. Наблюдаются пульсации на 2-х частотах: первая гармоника на частоте 520 Гц и вторая — на 1040 Гц. Периодичность пульсаций составляет 3 секунды. Следующие гармоники также наблюдаются на более высоких частотах с шагом 520 Гц (рисунок 6): 1560 Гц, 2080 Гц, 2600 Гц, 3120 Гц, 3640 Гц, 4160 Гц и 6240 Гц. Такое излучение на частоте модуляции возникает тогда, когда в процессе распространения модулированных КВ- или ОНЧ-волн через ионосферу происходит детектирование, обусловленное нелинейностью ионосферной плазмы. В 1974 году Гетманцев Г.Г. предположил, что механизм явления, вероятнее всего, связан с возбуждением ионосферных токов, вследствие чего эффект наиболее значителен в полярных широтах. То есть, под действием модулированного излучения нагревного стелда возникает модуляция ионосферной проводимости в облучаемой области авроральной токовой струи на частотах модуляции. В результате этого возникает нелинейный переменный ток, который является причиной искусственного низкочастотного излучения («Эффект Гетманцева») [7].

Ионная и электронная плазма

Рассмотрим параметры плазмы для того же случая. На рисунке 7 приведены результаты измерений параметров плазмы с плазменного анализатора IAP, установленного на борту КА «DEMETER». Этот прибор предоставляет следующие типы данных: концентрацию ионов кислорода (O^+), водорода (H^+) и гелия (He^+) ($1/\text{см}^3$), температуру ионов (K) и их скорость относительно оси Oz в спутниковой системе ко-

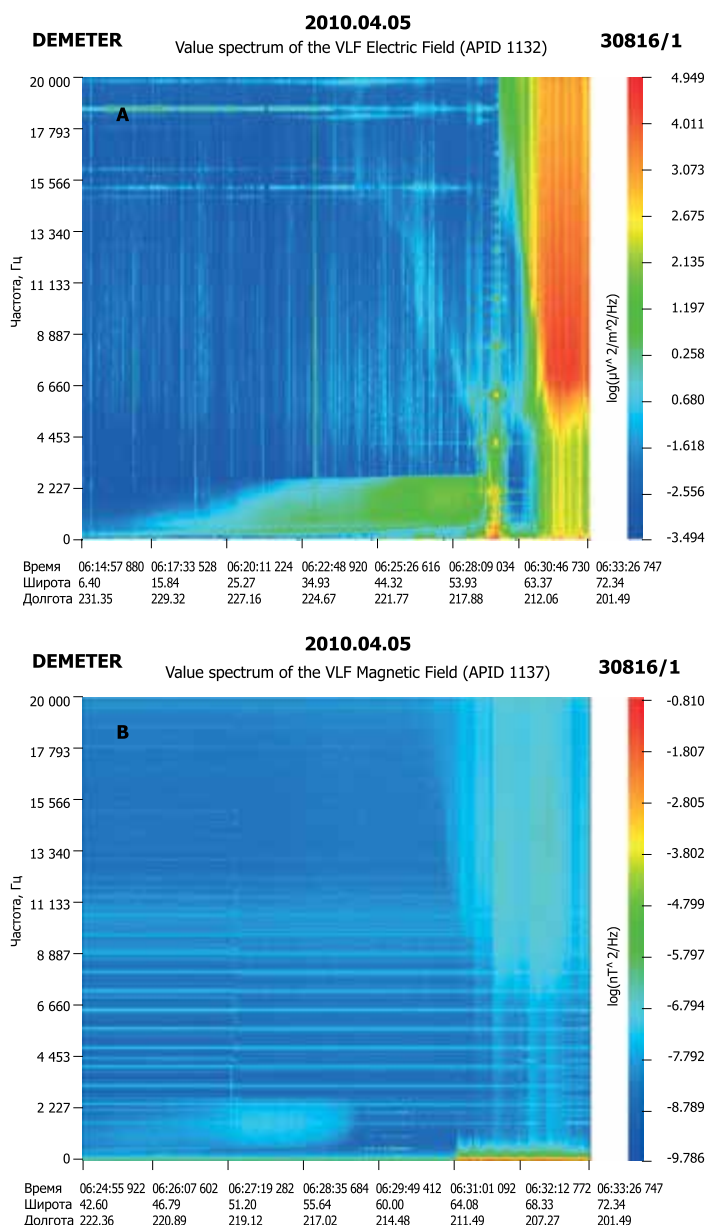
ординат (м/с). Временное разрешение измерений составляет 2.317 с, что соответствует одному измерению на 17.5 км.

Как видно из рисунка 7, название «нагревный стенд» вполне себя оправдывает. На спутниковой высоте 670 км, соответствующей по магнитной силовой трубке области излучения, наблюдается сильное повышение температуры ионов с 1500 К до 8800 К, т.е. почти в 6 раз. Возмущение фиксировалось 45 секунд, что соответствует географической области ~ 350 км на спутниковой высоте. В концентрации ионов водорода аномалий не отмечается. Однако, наблюдается небольшое повышения плотности ионов гелия и в той же точке — изменение направления скорости ионов относительно спутниковой оси Oz. Следует отметить, что эти аномалии приходятся не на зону, соответствующую магнитной силовой трубке, а на подспутниковую точку, что, вероятно говорит о другом механизме воздействия излучения на эти параметры на спутниковых высотах. В концентрации ионов кислорода отмечается резкое снижение плотности с 6000 см⁻³ до 600 см⁻³, т.е. в 10 раз. Область аномалии составила ~700 км.

Для сравнения рассмотрим показания Ленгмюровского зонда ISL: концентрацию (см⁻³) и температура электронов (К), а также концентрацию ионов (см⁻³) (рисунок 8). Измерения этих параметров проводились с частотой 1 Гц, т.е., с учетом скорости движения спутника это соответствует одной точке на 7,6 км.

На графиках, представленных на рисунке 8, можно отметить следующие аномалии:

- примерно около минуты (~ 450 км) наблюдается снижение в 10 раз концентрации электронов с 11 000 см⁻³ до 1 000 см⁻³;



- также, около минуты (~ 450 км) наблюдается снижение в 4,5 раза концентрации ионов с 18 000 см⁻³ до 4 000 см⁻³;

- в течение 3-х минут (~ 1300 км) наблюдается повышение температуры электронов с 3000 К до 4500 К.

Энергетические частицы

На рисунке 9 представлен динамический спектр потоков высыпавшихся электронов с энергиями более 70 кэВ над зоной передатчика.

На данной спектрограмме видно, что над зоной передат-

чика происходит высыпание энергетических электронов с энергией ~ до 170 кэВ. Зона высыпания составляет ~1300 км на спутниковой высоте.

Заключение

По результатам проведенных исследований сформирована таблица всех наблюдаемых над передатчиком НААРП возмущений. Из таблицы 1 видно, что в результате инжекции мощного излучения нагревного стенда НААРП в ионосферную плазму наблю-

DEMETER

2010.04.05

30816/1

Ion characteristics (APID 1139)

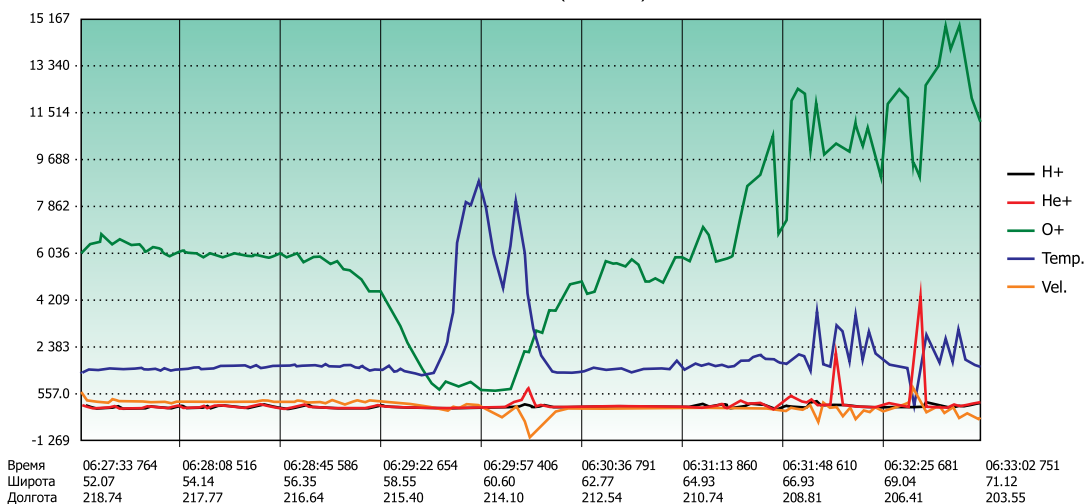


Рисунок 7.

Параметры плазмы,
измеренные прибором
IAP

DEMETER

2010.04.05

30816/1

Langmuir probe data (APID 1144)

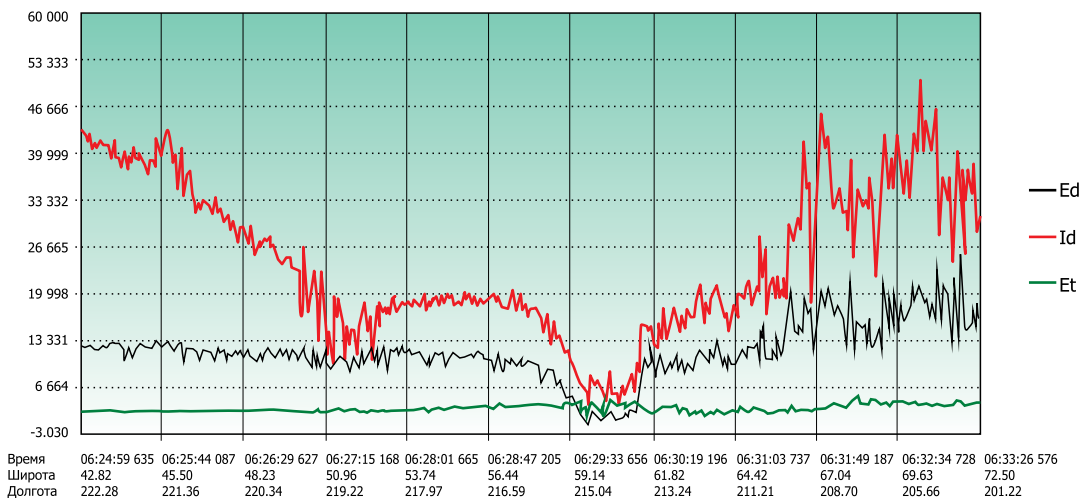


Рисунок 8.

Параметры плазмы,
измеренные
Ленгмюровским
зондом ISL

даются возмущения электро-
магнитного поля на высоте
670 км спутниковой трассы,
проходящей через магнитную

силовую трубку и опирающую-
ся на зону географического
расположения передатчика.
Принимая во внимание вы-

сокую чувствительность элек-
трических датчиков прибора
ICE, установленного на борту
DEMETER, показания этого

DEMETER

2010.04.05

30816/1

Energetic electron flux (APID 1141)

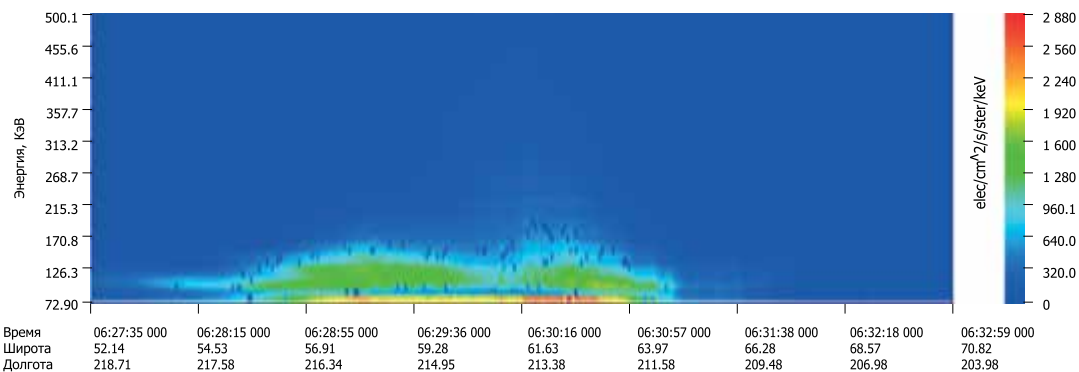


Рисунок 9.

Динамический спектр
энергетических
электронов
над передатчиком
HAARP

Тип измерений	Сила возмущения в максимуме	Повышение/Снижение	Протяженность аномалии, км	Длительность аномалии, с
Электромагнитное поле				
ВЧ (0-3.3 МГц)	x16	↑	1300	180
УНЧ (40 Гц)	x300	↓	570	75
КНЧ (2500 Гц)	x200	↑	1100	150
ОНЧ (40 кГц)	x100	↑	450	60
Параметры плазмы				
концентрация O+	x10	↓	700	90
концентрация H+	нет	нет	нет	нет
концентрация He+	x8	↑	76	10
температура ионов	x6	↑	350	45
скорость ионов	x6	↓	350	45
концентрация электронов	x12	↓	450	60
концентрация ионов	x4	↓	700	90
температура электронов	x2	↑	1300	180
Энергетические частицы				
поток энергетических электронов, > 70кэВ	-	↑	1300	180

Таблица 1.
Сводная таблица
наблюдаемых
аномалий
над передатчиком
HAARP

прибора являются наиболее информативными. В декаметровом диапазоне наблюдается снижение напряженности электрического поля, в других же диапазонах, вплоть до 3.3 МГц отмечается повышение уровня в десятки и сотни раз. Протяженность возмущения в различных диапазонах разная и составляет от 450 до 1300 км.

По плазменным параметрам наблюдается повышение

температуры электронов и ионов в 2-6 раз и их концентрации в 4-12 раз. Также, важным результатом с точки зрения интерпретации наблюдаемых явлений является зарегистрированное увеличение интенсивности потоков энергетических частиц в возмущенной излучением стенда силовой трубке.

Приведенные результаты говорят о том, что с по-

мощью низкоорбитальных спутников можно достаточно уверенно наблюдать и идентифицировать работу наземных КВ-передатчиков, оценивать зону распространения возмущений ионосферы на спутниковых высотах. Это может использоваться при исследовании ионосферных аномалий и их связи с искусственными и естественными источниками излучения. ■

Литература

1. В.Л.Гинзбург. Распространение электромагнитных волн в плазме. М.: Государственное издательство физико-математической литературы. 1960. 550 с.
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/HAARP>
3. T.Cussac etc. The Demeter microsatellite and ground segment. J.Planetary and Space Science, 2006, V.54, p.413-427
4. М.М. Молдабеков, А.С.Инчин, Ю.Р. Шпади, А.Ю. Лозбин. Проект создания казахстанской космической системы научного назначения. Вестник ФГУП НПО им. С.А.Лавочкина. №2, 2010, Москва. с.11-16.
5. А.Ю.Лозбин, А.С.Инчин, М.Ю.Шпади. Система комплексного анализа спутниковых и наземных данных над сейсмоопасными регионами Земли. — Труды XII международной молодежной научно-практической конференции «Человек и космос». 7-9 апреля, 2010г., Днепропетровск, Украина, с.514
6. O. Molchanov, A. Rozhnoi, M. Solovieva, O. Akentieva, J. J. Berthelier, M. Parrot, F. Lefeuvre, P. F. Biagi, L. Castellana and M. Hayakawa. Global diagnostics of the ionospheric perturbations related to the seismic activity using the VLF radio signals collected on the DEMETER satellite.- J. Nat. Hazards and Earth Syst. Sci., 2006, V.6, p.745-753
7. Гетманцев Г.Г., Зуйков Н.А., Котик Д.С. и др. Обнаружение комбинационных частот при воздействии мощного коротковолнового излучения с ионосферной плазмой. — Письма в ЖЭТФ, 1974, т.20, с.229-232

Оценка масштаба наводнения на казахстанской части реки Жайык (Урал) по результатам математического моделирования и их сравнение с данными космического мониторинга

**БЕКМУХАМЕДОВ Б.Э.,
КАИПОВ И.В.,
КОШКАРБАЕВА А.С.**

АО «Национальный центр космических исследований и технологий»



Наводнение является одним из самых разрушительных стихийных бедствий, происходящих на поверхности Земли. Каждый год наводнения наносят ущерб городам, дорогам и сельскохозяйственным угодьям, выражающийся в больших людских потерях и

огромном уроне для экономики в целом. Причиной наводнений, вследствие поднятия уровня воды и выхода из берегов рек, озер и морей, могут служить обильные осадки, активное таяние снега, таяние ледников, ветровой нагон воды на побережья. Наибольшую заинтересованность в отношении

наводнений и их последствий проявляют административные органы (Акиматы различного уровня), несущие ответственность за практическое местное руководство. На оперативном уровне при возникновении наводнения организациям по защите гражданского населения (органы МЧС) необходима экстренная информация по затопленным территориям. Фактически, помимо метеорологических сводок, такая информация вырабатывается в процессе анализа данных, поступающих с гидрологических постов и предварительно построенных карт предполагаемых масштабов наводнения на основании расчетных моделей и карт исторических событий. Тем не менее, эта информация, собранная традиционными методами, не отражает реальной ситуации [1].

Данные наблюдений за земной поверхностью из космоса с помощью аппаратов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) являются ценным источником геоинформации для оперативной оценки динамики развития и прогнозирования наводнений, а также для мониторинга кризисных и после кризисных фаз, относящихся

ся к картированию масштабов наводнения и оценке ущерба. Космический мониторинг становится все более популярным по целому ряду причин. Связано это с тем, что получение необходимой информации о состоянии поверхности земли наземными способами далеко не всегда возможно, требует немалых финансовых вложений и длительных сроков сбора данных. Спутниковая информация отличается точностью, масштабностью, надежностью и объективностью. Съёмочная аппаратура, установленная на искусственных спутниках, способна предоставлять данные (снимки) обширных территорий с высокой детализацией. Спрос на космический мониторинг земли обусловлен также доступностью спутниковой информации. Большое количество спутниковых снимков того или иного пространственного разрешения можно найти в свободном доступе в сети Интернет [2].

Анализ мирового опыта использования данных ДЗЗ показал их широкое применение для мониторинга паводков и наводнений. Космические снимки, полученные в реальном режиме времени, используются для оперативного слежения за прохождением весеннего половодья и анализом его развития. Важным достоинством оперативных космических снимков среднего пространственного разрешения является наглядность данных и возможность получения покрытия на всю исследуемую территорию. Однако использование космических снимков высокого пространственного разрешения в реальном масштабе времени связано с планированием заказа съёмок и большими финансовыми затратами. По архивным снимкам высокого пространственного разрешения можно определять

положение урезов воды на даты прошлых лет и выделять затопленные участки поймы. Съёмка в радиоволновом диапазоне дает возможность получать информацию о наводнениях независимо от освещенности и облачности. Обработка радарных снимков требует специализированного программного обеспечения, к тому же их стоимость значительно превышает аналогичные данные в видимой и инфракрасной области спектра [3].

В настоящей работе представлены результаты математического моделирования затопления территории на основе космических снимков, в сочетании с данными об уровнях воды, определяемых на гидропостах, и оценки рисков затопления в периоды половодий. С этой целью отбирались космические снимки с эпизодами затопления на исследуемой территории, были проанализированы наблюдаемые гидрографы стока на гидропостах и выбраны участки паводкового контроля. После чего были проведены численные эксперименты по моделированию затопления территории на основе математической модели FLO-2D [4].

Двумерная конечно-разностная модель FLO-2D разработана для моделирования паводков и наводнений. Модель способна оценить скорость и глубину потока, предсказать вероятную площадь затопления. Универсальность модели заключается в возможности расчета направления движения потока с учетом переменных площадей поперечных сечений, предсказания выхода потока за береговую линию и моделирования затопления местности с учетом рельефа.

Система уравнений модели включает уравнение неразрывности и уравнение движения:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hV}{\partial x} = i \quad (1)$$

$$S_f = S_0 - \frac{\partial hV}{\partial xg} - \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} \quad (2)$$

где h — глубина потока, V — средняя по глубине скорость потока по одному из восьми направлений x , i — интенсивность осадков. Величина трения о склон S_f определяется через уравнение Маннинга, S_0 — градиент давления, вызванный уклоном русла, два последних члена уравнения (2) выражают конвективное и локальное ускорение потока, g — ускорение свободного падения. Модель является одномерной для осредненного по глубине потока в русле реки, однако, в случае затопления местности, FLO-2D представляет собой многонаправленную модель. Используя уравнения движения за один временной шаг, независимо рассчитывается средняя скорость течения потока через границу расчетной ячейки по восьми направлениям (рисунок 1).

Дифференциальные уравнения неразрывности и движения решаются численно, по схеме центральных конечных разностей.

Модель состоит из нескольких блоков. Подготовка входных данных осуществляется в приложении FLO-2D – GDS (Grid Developer System): загружается цифровая модель рельефа (ЦМР); определяется домен интегрирования; выби-

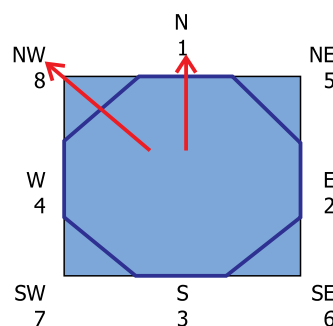


Рисунок 1.
Направления расчета скорости потока

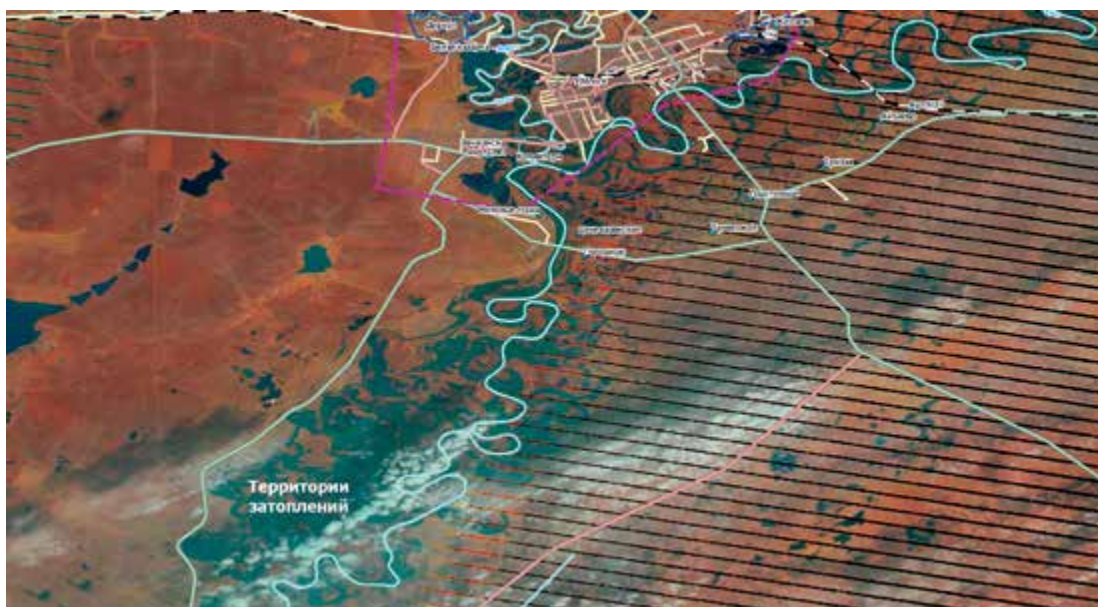


Рисунок 2.
Снимок спутника
LANDSAT — 7
за 24 апреля
2011 года

рается сетка для численного решения системы уравнений; производится интерполяция значений высот из ЦМР в узлы регулярной сетки; вводятся данные рассчитанных или наблюдаемых гидрографов сто-

ка на створах (гидропостах). Интегрирование уравнений с учетом входных данных происходит в блоке MODFLO-2D. Блок программ MAPPER предназначен для визуализации и анализа таких выходных дан-

ных, как глубина затопления территории, скорости потока, зоны затопления по степени опасности и т.д. Визуализированные данные имеют географическую привязку и могут быть легко перенесены в географическую информационную систему (ГИС).

Для моделирования затопления территорий был выбран случай наводнения на реке Жайык (Урал) в районе г. Уральск в апреле — мае 2011 года.

Река Жайык — третья по водности река Казахстана (после деградации р.Сырдарья), ее называют «рекой весеннего половодья». Пойма реки на казахстанском участке достигает ширины от 6 до 15 км. Часть воды уходит в степь по слепым рукавам и староречьям. Подъемы уровня воды могут достигать 8-11,5 м, лишь на устьевом участке амплитуда колебаний уровня значительно меньше. Ниже г.Уральска при высоких подъемах уровня образуется целое «море», из которого видны верхушки деревьев. Южнее с.Калмыково воды р.Жайыка сливаются с водами р.Узень, и общая ширина разлива может достигать 100 км. Даже в средние по водности годы в ниж-

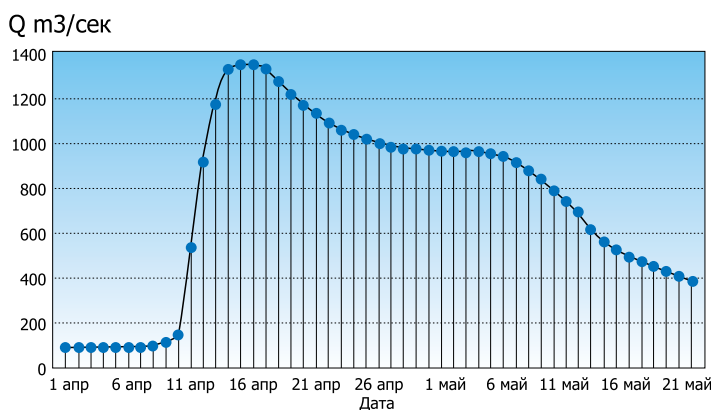


Рисунок 3.
Гидрограф стока
на гидропосту
«Уральск» на реке
Жайык

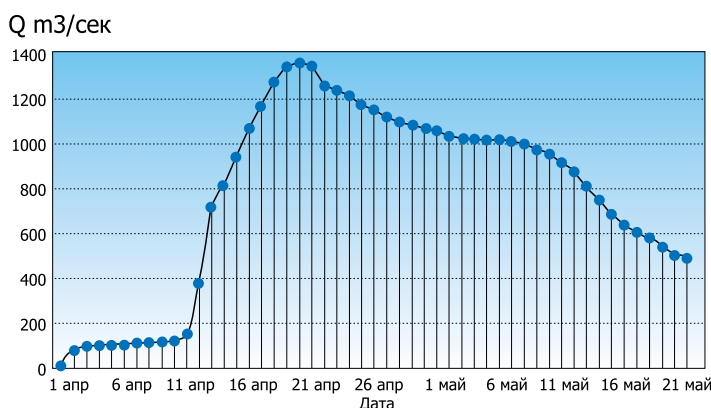


Рисунок 4.
Гидрограф стока
на гидропосту
«Кушум»
на реке Жайык

нем течении р.Жайык, разливы доходят до 10 км. Весной воды р.Жайык подпирают воды притоков Чаган, Деркул и Барбастау, величина подпора может достигать 4-6 м и распространяется вверх по течению на десятки километров. На территории Казахстана река только на протяжении первых 300 км своего течения принимает несколько притоков. На этом участке в нее впадают реки: Илек, Утва, Чаган и другие. От села Кушум начинается нижнее течение реки Жайык, где она на протяжении 800 км (до Каспийского моря) не принимает ни одного притока. Берега пойменные, заливаемые на ширину 15 км у с.Кушум. В нижнем течении реки Жайык расположена целая система протоков, по которым река в период весеннего половодья разливается на несколько десятков километров. Река Жайык по условиям водного режима относится к казахстанскому типу рек с резко выраженным преобладанием стока в весенний период. По виду питания р.Жайык относится к снеговому типу рек с резко выраженным преобладанием стока в весенний период (около 80 %). Сток формируется в верховьях реки, где наиболее развита речная сеть, особенно в правобережной части бассейна. Характерной особенностью р.Жайык является значительная неравномерность стока, как и в многолетнем, так и во внутригодовом масштабах. В течение года уровень Жайыка колеблется в больших пределах. Характер изменения уровня в нижнем течении Жайыка соответствует внутригодовому распределению стока воды. В годовом ходе уровня р.Жайык можно выделить следующие периоды колебаний: весеннее половодье, летне — осенняя межень, осенний и зимний подъемы, зимнюю межень [5,6,7].



В Западно-Казахстанской области в апреле 2011 года произошел сильный паводок. Связано это было с интенсивными осадками в виде дождя, когда за двое суток выпала декадная норма, а также резким потеплением, что осложнило ситуацию, и паводок приобрел такие грандиозные масштабы, которых не наблюдалось в

истории гидрометеорологических наблюдений. По области было затоплено 13 населенных пунктов, остановлено движение автотранспорта на 27-и участках дорог областного и республиканского значения [8].

По берегам реки Жайык и других мелких рек находятся 58 населенных пунктов общей площадью 339 тыс. кв. м., из

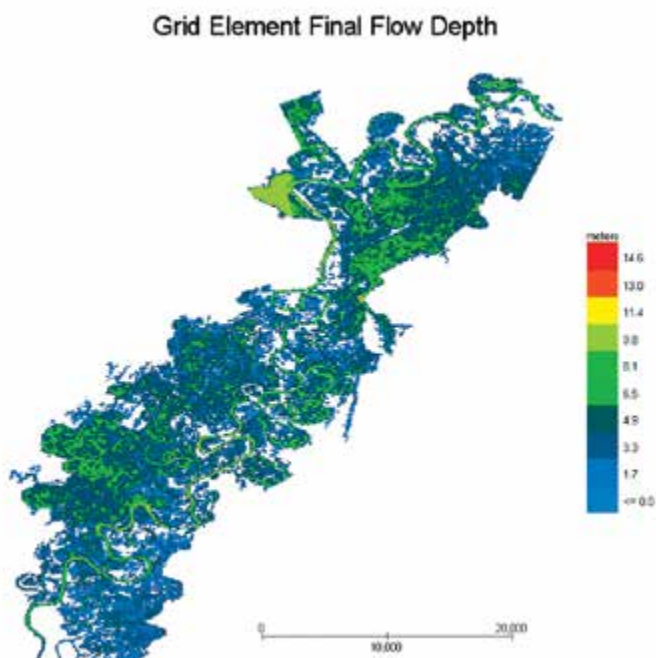


Рисунок 5.
Расчетная глубина затопления в метрах 11 апреля 2011 г.

Grid Element Maximum Flow Depth

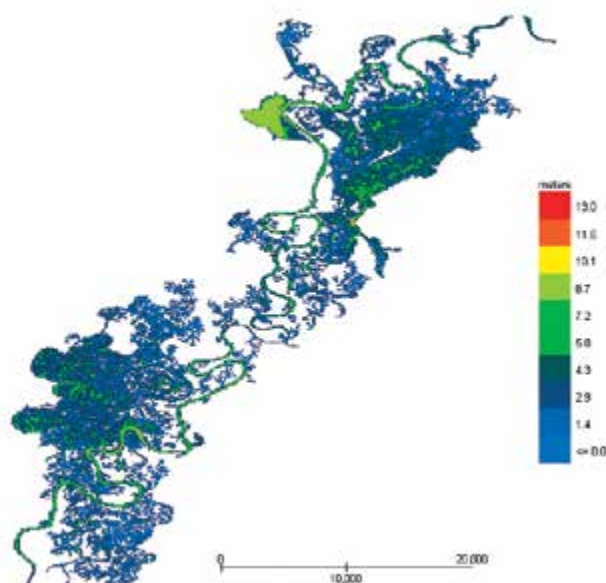


Рисунок 6.

Расчетная глубина затопления в метрах 24 апреля 2011 г.

которых 17 тыс. кв. м. в 14 населенных пунктах отнесены к потенциально опасным участкам. Между тем ремонт защитных дамб не проводился с 2005 года. Они частично осыпались, разрушены транспортом, размывы морями [9].

Пик уровня воды (15-го апреля 2011 г.) в Уральске составил 708 см и является самым высоким за последние годы. На рисунке 2 представлен космический снимок, сделанный спутником LANDSAT-7 24 апреля 2011 г.

Flood Hazard Map

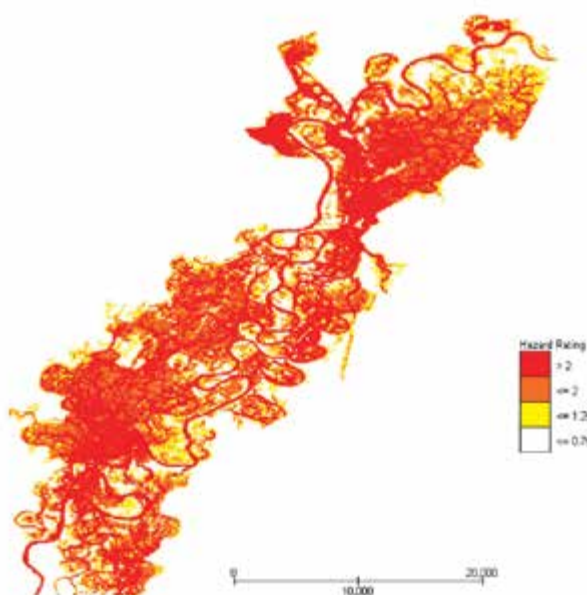


Рисунок 7.

Расчетные зоны уровней опасностей по международной шкале на 24 апреля 2011 г.

Первые систематические наблюдения за расходом воды были начаты в 1912 году у села Кушум. Систематические наблюдения за уровнем воды, стоком воды и толщиной льда в створе с.Кушум велись с 1920 г. Систематические наблюдения на посту с.Кушум ведутся до настоящего времени. Гидропост Кушум находится на расстоянии 732 км от устья реки Жайык с координатами 50056' с.ш., 51013' в.д.

Гидропост г.Уральск на реке Жайык действует с января 1937 г. Створ находится на расстоянии 799 км от устья реки Жайык с координатами 51010' с.ш., 51022' в.д. На рисунках 4 и 5 приведены графики гидрографа стока в апреле-мае 2011 года на гидропостах Уральск и Кушум [10].

Для моделирования был определен домен протяженностью более 100 км вдоль поймы реки Жайык, выбрана ЦМР с разрешением, равным 90 м, шаг по сетке интегрирования составил 45 м. Численный эксперимент проведен за временной отрезок 50 дней в соответствии с гидрографом стока (рисунки 3 и 4). На проведение моделирования было затрачено 43 часа машинного времени на компьютере с 32 ГВ оперативной памяти и четырехъядерным восьмьюпоточным процессором.

Результаты расчетов представлены на рисунках 5, 6 и 7.

Для сравнения расчетных и наблюдаемых площадей затопления на космический снимок были наложены результаты моделирования (рисунок 8).

Из рисунка видно, что результаты численного эксперимента качественно совпадают с данными космического мониторинга. Однако, математическое моделирование наводнений и паводков является сложным процессом, учитывающим большое количество различных

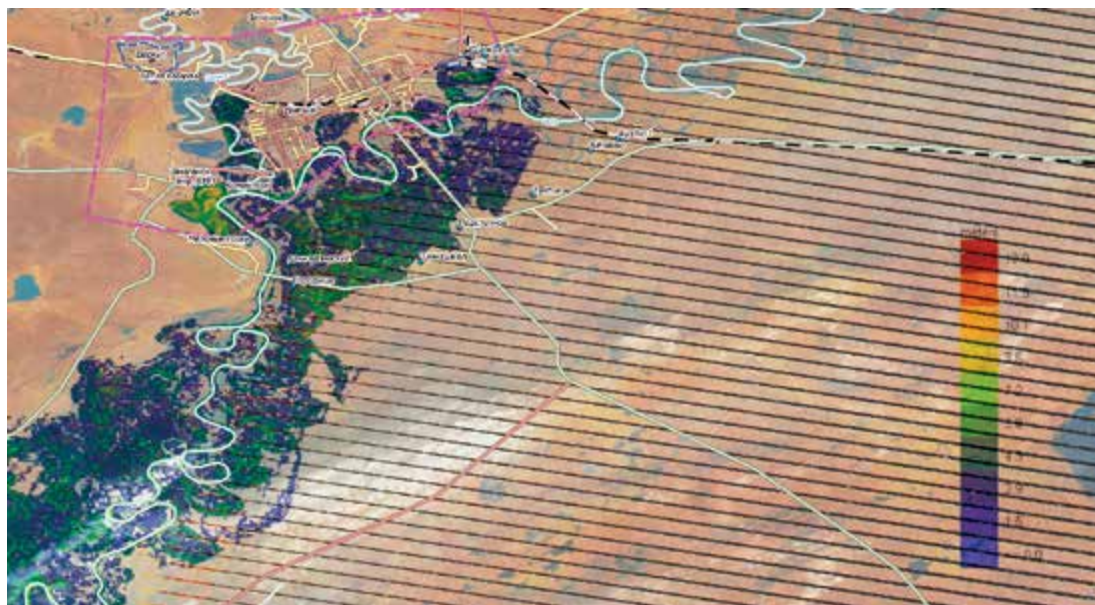


Рисунок 8.
Результаты
моделирования,
наложенные
на снимок
со спутника
LANDSAT — 7
(24 апреля 2011 г.)

факторов, и требует практической проверки результатов прогнозирования. Такая проверка может быть проведена с применением данных ДЗЗ. Математический аппарат позволяет получать достоверные данные об уровне поднятия воды в водоемах и соответствующей площади затопления территории, что продемонстрировано на модели паводка на реке Жайык. При моделировании паводков

и наводнений необходимо использовать, по возможности, более точные данные о рельефе местности. Использование «грубых» ЦМР, однозначно, приводит к неудовлетворительным результатам моделирования. Проверку моделей паводков и наводнений необходимо проводить с использованием как можно более длинных временных рядов данных — только в этом случае воз-

можна полноценная проверка математического аппарата моделирования. В заключение следует отметить, что модель FLO-2D в сочетании с космическим мониторингом является перспективным инструментом для прогнозирования паводков и наводнений в составе информационно-аналитической системы центра космического мониторинга чрезвычайных ситуаций. ■

Литература

1. Копылов В.Н. Оперативные технологии в области регионального космического мониторинга // Труды Междунар. науч.-практ. конф. «Суверенный Казахстан: 10-летний путь развития космических исследований». — В кн. Известия МОН и АН Казахстана. — Серия физико-математическая. 6(220), ч.2. -Алматы: НИЦ «Фылым», 2001. — С. 95 — 100.
2. Бураков Д.А., Сухинин А.И., Ромасько В.Ю. и др. Методика определения заснеженности речного бассейна по спутниковым данным для оперативного прогноза стока. / Метеорология и гидрология, 1996, №8, с 100-109.
3. Тарарин, А.М. Создание геоинформационной базы данных уязвимости территории Нижегородской области для весенних половодий на основе космических снимков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : тез. докл. Пятой открытой всерос. конф. — М, ИКИ, 2007.
4. FLO-2D reference manual (model documentation)
5. Чибилев А.А. Река Урал. Л.: Гидрометиздат, 1987. 167с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Л.: Гидрометиздат, 1970.-Т.12.- Вып. 2.-393с.
7. Гальперин Р.И. Высокие уровни воды на реках равнинного Казахстана. Алматы: КазГУ, 1994. С24-25
8. http://rus.azattyq.org/content/uralsk_flood_/16800866.html
9. <http://yvision.kz/post/150825>
10. Тленбеков О.К., Щеголева Н.Н., Мукина К.М. Современное состояние гидрологического режима устьевой области р.Урал // Труды КазРНИИ, 1980. Вып. 55.- С.3-16

Геоинформационная система SAR-мониторинга состояния лесных массивов на основе использования методов дифференциальной интерферометрии

МУХАМЕДГАЛИЕВ А.Ф.

директор Департамента геоинформационного моделирования АО «НЦКИТ», докт.техн. наук, профессор

АЙДАРХАНОВ Е.Е.

СНС Лаборатории геоинформатики и ГИС-технологий Департамента геоинформационного моделирования АО «НЦКИТ»

РАЗАКОВА М.Г.

заведующая Лабораторией геоинформатики и ГИС-технологий Департамента геоинформационного моделирования АО «НЦКИТ»

СМИРНОВ В.В.

ВНС Лаборатории геоинформатики и ГИС-технологий Департамента геоинформационного моделирования, канд.физ.-мат. наук АО «НЦКИТ»,

Космический мониторинг лесных массивов — это систематическая долгосрочная система наблюдений, оценки и прогноза состояния лесного фонда в целях эффективного использования, воспроизводства, охраны и защиты лесов [1].

В последнее время все большее распространение в системах мониторинга состояния природных ресурсов получают методы и технологии радиолокационной интерферометрии, основанные на использовании радаров с синтезированной апертурой (SAR-Synthetic aperture radar) космического базирования. Эффективность использования технологии радио-



локационной интерферометрии определяется всепогодностью, высоким пространственным разрешением, а также возможностью определения миллиметровых временных изменений рельефа подстилающей поверхности, обусловленных влиянием природных и антропогенных факторов.

В настоящей публикации будет рассмотрена 2-х уровневая геоинформационная технология космического мониторинга лесных массивов. На первом уровне, с использованием космических методов дифференциальной интерферометрии, будут выявляться аномальные лесные участки, подвергшиеся отрицательным антропогенным и природо-климатическим воздействиям. Характер произошедших воздействий (вырубка леса, выгоревшие территории, утнетенная биомасса, др.) будет анализироваться и распознаваться на втором уровне с использованием методов и алгоритмов текстурного анализа.

Мониторинг изменений рельефа лесных массивов методами дифференциальной интерферометрии

Методы и алгоритмы дифференциальной интерферометрии позволяют с высокой точностью определять временные изменения рельефа местности, связанные с негативной антропогенной деятельностью, а также обусловленные влиянием природных и чрезвычайных обстоятельств в пределах исследуемого лесного массива [2].

Используя методику оценки разности фаз, одновременно отраженных от исследуемого объекта земной поверхности радиосигнала, дифференциальная интерферометрия позволяет с миллиметровой точностью определять изменения рельефа земной поверхности исследуемого участка лесной

экосистемы, произошедшие в результате различных причин природного и техногенного характера (оползни, изменения биомассы, пожары, вырубка леса, др.).

На рисунке 1 приведена интерферограмма, построенная для тестового участка лесного массива методами дифференциальной интерферометрии по паре радиолокационных космических снимков космического аппарата ALOS/PALSAR, полученных 01/07/2008 г. и 19/08/2009 г. На полученной интерферограмме окомтурены участки, на которых произошли наиболее значимые временные изменения в рельефе лесного массива тестового участка, которые составили от 0.185 до 0.318 метра. В качестве тестового участка была выбрана территория Семипалатинского лесного массива.

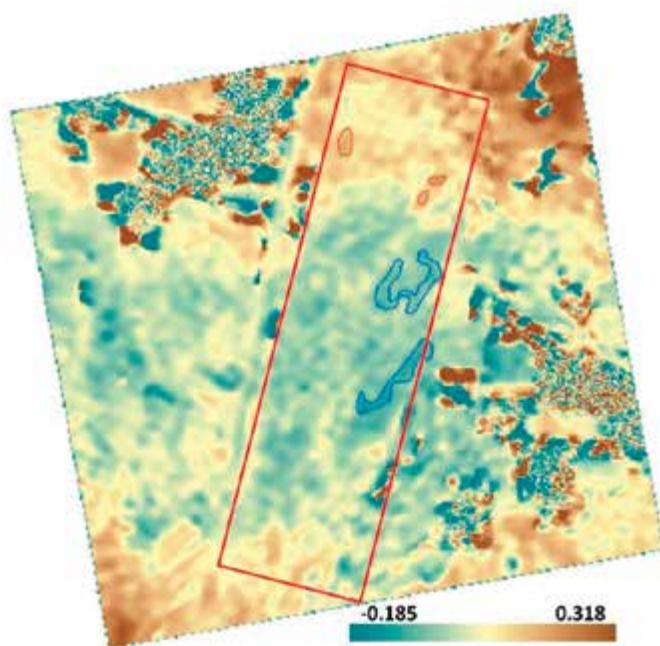


Рисунок 1.
Интерферограмма тестового участка лесного массива

Распознавание состояния лесных массивов с использованием методов текстурной классификации

Рассмотренные в предыдущем разделе методы дифференциальной интерферометрии по произошедшим временным изменениям рельефа позволяют с высокой точностью выявлять аномальные участки лесного массива, связанные с негативной антропогенной деятельностью а также обусловленные влиянием природных и чрезвычайных обстоятельств.

Распознавание произошедших изменений в пределах выявленных аномальных участков исследуемого лесного массива может быть проведено на основании применения методов и алгоритмов текстурного анализа.

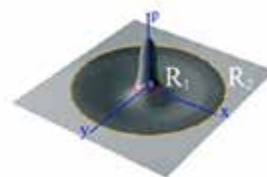
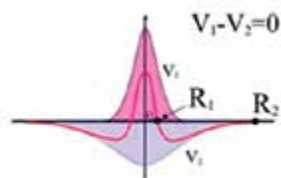
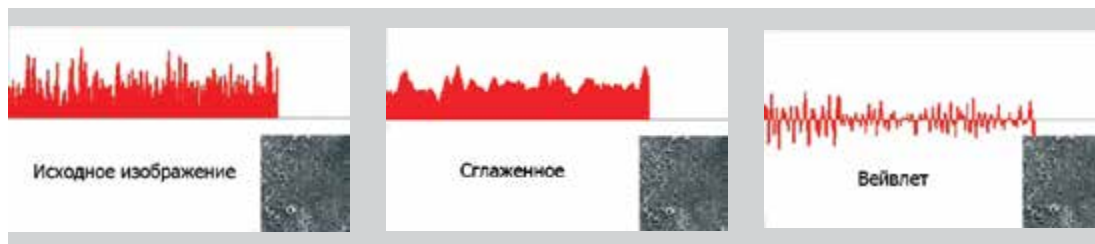


Рисунок 2.
Дифференциальный фильтр Гаусса

Рисунок 3.
Диаграммы профилей изображений



Проведенные исследования показали, что наиболее эффективным методом текстурного анализа радиолокационных ДДЗ является Вейвлет-преобразование, основанное на высокочастотной фильтрации космических изо-

бражений. В качестве таких фильтров используются алгоритмические модели, использующие дифференцирование функции Гаусса (рисунок 2).

В практических применениях методы высокочастотной фильтрации основаны на ис-

пользовании операций сглаживающих фильтров следующего вида:

$$C_j = \frac{\sum_{m=i-r}^{i+r} \sum_{n=j-r}^{j+r} A_m}{(2r+1)^2}$$

— сглаживание изображения, где r — радиус сглаживания.

После нормализации исходного изображения посредством вычитания сглаженного изображения из исходного, полученный результат: $B_{ij} = A_{ij} - C_{ij}$ дает нам искомую высокочастотную фильтрацию (рисунок 3).

Применение методов текстурной классификации предполагает использование бинаризованных космических изображений, полностью исключающих наличие цвета или полутонов серого. Исходной информацией для текстурной классификации является вейвлет-преобразование, полученное в результате применения высокочастотной фильтрации исходного космического изображения.

Бинаризованное изображение получается путем нормализации и масштабирования вейвлет-преобразования до максимального значения яркости, относительно выбранного порога. В качестве порога нормализации выбирается среднее значение яркости пикселей, составляющих бинаризируемое полутоновое изображение.

Введем понятие «текстурной плотности» изображения. Пусть $|B_{ij}|_{max}$ — фрагмент бинаризованного космического изображения размерности $P(b)$, а $P(b)$ — суммарное количество черно-белых переходов

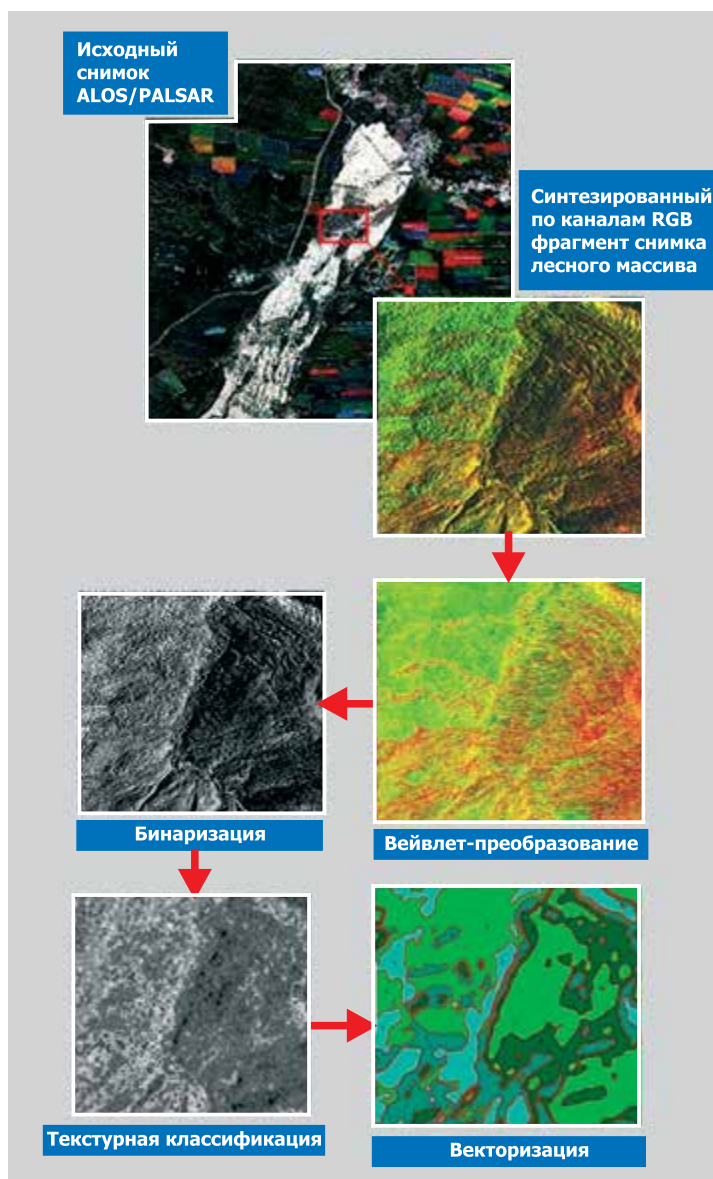


Рисунок 4.
Текстурная классификация



фрагмента $|B_{ij}|_{mxn}$, посчитанное по строкам и по столбцам.

Тогда величину:

$$\varepsilon(b) = \frac{P(b)}{mxn}$$

назовем текстурной плотностью фрагмента.

Текстурная классификация состоит в локализации однородных, по величине текстурной плотности, полигональных образований (таксонов) на обрабатываемом бинаризованном изображении. Локализация однородных таксонов может быть проведена с использованием модифицированной технологии медианной фильтрации.

На рисунке 4 приведена иллюстрация процесса текстурной классификации ис-

следуемого тестового участка лесного массива на основе использования радиолокационных космических снимков ALOS/PALSAR.

Решение задачи текстурной классификации классификации позволяет лескадастровым и лесоохранным организациям проводить качественные оценки по выборочным участкам лесных экосистем с последующим распространением полученных результатов классификации на однородные территории. Это, в свою очередь, позволяет оценить общие запасы древесины, определить экономические и экологические характеристики изучаемой лесной экосистемы, а также экономить средства на экспедиционные расходы. ■

Литература

1. Данюлис Е.П. Дистанционное зондирование в лесном хозяйстве. — М.: Агропромиздат, 1989. — 223 с.
2. Мухамедгалиев А.Ф., Разакова М.Г., Смирнов В.В. — Использование радиолокационной интерферометрии для обнаружения подвижек земной поверхности. — Геоинформатика, №3, Москва, 2013.-56-62 с.

Наземные пункты оптических наблюдений ГСС в Казахстане: их состояние и возможности



ДИДЕНКО А.В.

ДТОО «Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова»



УСОЛЬЦЕВА Л.А.

ДТОО «Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова»

Общеизвестно, что настоящее время космическая отрасль является одной из самых развивающихся и перспективных. В активной эксплуатации космического пространства в той или иной мере участвуют сейчас все государства, в том числе и Республика Казахстан. Согласно государственной программе по форсированному индустриально-инновационному развитию на 2010 — 2014 годы формирование космической отрасли РК напрямую связано решением ряда неотложных задач. Наиболее важными из них являются: развитие наземной инфраструктуры, совершенствование научной и научно-технологической базы, получе-

ние информации о состоянии околоземного космического пространства над территорией РК, участие в международных проектах, связанных с засоренностью ближнего космоса.

Активная эксплуатация околоземного космического пространства принципиально изменила жизнь современного общества — это неоспоримый факт. ИСЗ обеспечивают работу средств связи, навигационных, метеорологических, экологических служб, систем оборонного и технологического назначения, сбор научной информации и много другого. Но есть и обратная сторона этих достижений — космический мусор и связанные с ним экологические проблемы, имеющие долговременные и неот-

вратимые последствия. Согласно данным, представленным T. S. Kelso в Satellite Catalog [1], по состоянию на 16.02.2014 количество объектов, зарегистрированных на околоземных орбитах наземными пунктами наблюдений, составляет 39531. Из них активны, т.е. находятся в рабочем состоянии, только 1292 аппарата, все остальное — космический мусор (КМ). Общее число неотслеживаемых объектов, относящихся к этой категории «населения» околоземных орбит, точному учету не поддается, имеются лишь приблизительные оценки, основанные на теоретических расчетах.

Естественно, что проблемами, связанными с состоянием ближнего космоса зани-



маются как международные организации, так и национальные исследовательские институты и космические агентства. Генеральная Ассамблея ООН в своей резолюции 66/71 призвала, в частности, разрабатывать усовершенствованные технологии наблюдения за состоянием околоземного космического пространства, собирать и распространять данные о космическом мусоре и по мере возможности представлять информацию по этому вопросу Научно-техническому подкомитету Комитета по использованию космического пространства в мирных целях, [2]. В соответствии с постановлениями ООН это направление исследований должно являться приоритетным для всех

государств, связанных с эксплуатацией околоземного пространства, поскольку ситуация с его засоренностью близка к критической.

Сведения о состоянии орбит поступают от наземной сети специализированных служб и пунктов наблюдений (ПН), расположенных по всей территории Земли, в идеальном варианте желательно их равномерное распределение по долготам. Но из-за различных политических и экономических обстоятельств это условие не выполняется. Недостаточное количество средств обнаружения и сопровождения, ограниченность их возможностей и постоянное увеличение числа неконтролируемых объектов приводят к тому, что в настоя-

щее время невозможно непрерывно отслеживать все аппараты и фрагменты космического мусора, находящиеся на околоземных орбитах. Поэтому подключение любого дополнительного пункта наблюдений — это важный вклад в систему контроля за ближним космосом. Как правило, ПН обеспечивают обнаружение, сопровождение, получение координатной и некоординатной информации о функционирующих и пассивных космических аппаратах (КА), крупных фрагментах космического мусора, анализ и отображение обстановки и предоставляют необходимые сведения заинтересованным ведомствам. Оптические средства могут быть эффективно использованы и в случае воз-

Рисунок 1.
1-м телескоп фирмы
Карл-Цейсс Йена
Тянь-Шаньской
обсерватории,
Алматы

Рисунок 2.

Снимки ГСС Kazsat-2, полученные 11.02.2014 в Кассегреновском фокусе 1-м телескопа Тянь-Шаньской обсерватории с ПЗС-камерой U 9000: слева — с остановленным часовым ведением, справа — с часовым ведением, экспозиция 30 сек.



никновения аварийных ситуаций, когда телеметрическая информация об ИСЗ отсутствует, [3,4].

Следует подчеркнуть, в настоящее время все государства, связанные с эксплуатацией ближнего космоса, стараются снизить зависимость своих систем контроля от иностранных источников информации, к сожалению, единой системы пока нет. Наиболее полные и доступные сведения о работающих и нефункционирующих ИСЗ содержатся в «Таблицах двухстрочных орбитальных элементов (TwoLinesElements—TLE)» [5]. Источник — Объединенная система воздушно-космической обороны США и Канады (NORAD). Эти данные широко используются и наблюдателями и аналитиками всего мира. Но проблема состоит в том, что для некоторых объектов информация вообще отсутствует, а опубликованная не всегда верна. Поэтому очень важно иметь отечественные материальные и научные разработки для того, чтобы, во-первых, обладать независимой информацией о состоянии околоземного космического пространства (в том числе, и о фактах передислокации космических аппаратов) и, во-вторых, активно подклю-

чаться к тем исследованиям, которые сейчас проводятся во всем мире.

Регулярное сопровождение геостационарных спутников (работающих аппаратов и крупных фрагментов КМ) проводится в Казахстане с начала 1980-х годов, [6]. Стоит отметить, что наблюдательные пункты РК, имеющие выгодное географическое расположение: они находятся в долготном разрыве между европейскими и американскими ПН, их долгота близка к долготе одной из точек либрации — 75°Е, что позволяет контролировать большую часть пассивных объектов, находящихся на геостационарных орбитах (ГСО) в диапазоне долгот 10° — 140° в.д. В качестве базового пункта использовалась Обсерватория на Каменском плато вблизи Алматы (Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, АФИФ). Но в последние годы условия наблюдений существенно ухудшились из-за городской подсветки. В связи с этим было принято решение о переносе ПН на Тянь-Шаньскую обсерваторию (1-м телескоп Цейсса с ПЗС-матрицей).

В настоящее время проводятся исследования данной системы и работы по адаптации имеющегося программного

обеспечения, регулярные наблюдения пока не ведутся, [7]. В качестве примера на рис.2 показаны снимки ГСС КазСат-2, полученные в Кассегреновском фокусе 1-м телескопа Тянь-Шаньской обсерватории с ПЗС-камерой ALTA U10.

Вторым наземным ПН Казахстана является квантово-оптическая система (КОС), «Сажень-С», расположенная вблизи г. Приозерска, полигон Сары-Шаган, [8]. Она была привлечена в работах по контролю за состоянием геостационарной зоны с 1998 года. КОС имеет громадный потенциал и при грамотном подходе может быть использована как основа сети пунктов наблюдений за околоземным космическим пространством РК. Подключение Приозерска было крайне важно в плане территориального разнесения оптических пунктов наблюдений. Это позволяет исключить погодный фактор, упростить процедуру расчета орбитальных параметров, увеличить надежность работы всего наземного комплекса, количество сопровождаемых космических объектов и, как следствие, существенно расширить возможности и повысить достоверность получаемой информации. Преимущества данного ПН:

- возможность одновременного получения координатной и фотометрической информации по наблюдаемому объекту, что крайне важно при решении ряда задач (например, определение ориентации КА в пространстве, направления оси вращения, отождествление типа ГСС и др.);

- по сравнению с высокогорными обсерваториями РК здесь большое количество ясных ночей (до 280 в году, из них почти 100 пригодны для точной фотометрии). Кроме того, полностью открытый горизонт при необходимости позволяет проводить измерения на больших зенитных расстояниях;

- удаленность от населенных пунктов, отсутствие электромагнитных помех и техногенной засветки, что существенно повышает проникающую способность аппаратуры при использовании апертурной оптики небольшого диаметра.

В настоящее время квантово-оптической системой «Сажень-С» отслеживаются геостационарные спутники и крупные фрагменты космического мусора до 15^m (в режиме накопления). Наблюдения проводятся на телескопе АЗТ-28, который фактически состоит из двух соосных 50-см телескопов, смонтированных на одной параллактической установке. Это позволяет реализовать два информационных канала: астрометрический — для определения координат, и фотометрический — для измерения блеска объекта в разных диапазонах длин волн. Соответственно, в зависимости от поставленной задачи и приоритетов, возможно проведение только позиционных или только фотометрических наблюдений, но наиболее эффективным и информационно полным является синхронное определение координат и блеска ИСЗ. В ка-



Рисунок 3.
Квантово-оптическая система (КОС) «Сажень-С полигона Сары-Шаган, г. Приозерск

честве светорегистрирующей аппаратуры используются две телевизионные камеры ФЭУ-79 на основе вакуумных трубок (изокон) ЛИИ-804. Наблюдения сопровождаются привязкой к сигналам точного времени. Конструкция КОС «Сажень-С» позволяет провести ее модернизацию, повышение проникающей способности установки может быть достигнуто за счет использования в современных ПЗС-матриц. Это позволит наблюдать объекты до 17^m , что представляет наибольший интерес для решения практических задач околоземной астрономии.

По своим функциональным возможностям ПН в Алматы и Приозерске дополняют друг друга. Совместная работа и объединение результатов позволили существенно увеличить объем получаемой информации, расширить имеющуюся базу данных, ежемесячно обновлять сведения, необходимые для ведения текущего Зонального каталога ГСС и расширить круг решаемых задач. Электронная версия Зонального каталога включает результаты текущих наблюдений ГСС, архивные данные о состоянии геостационарной зоны, необходимую астрометрическую и фотоме-

трическую информацию по каждому из КА, входящих в Базу Данных (БД), сведения из других источников (назначение, особенности запуска, состав бортового оборудования и др.). Использование такого варианта каталога позволило существенно упростить обработку собственных наблюдений и проводить оперативный обмен сведениями с другими организациями.

База Данных включает координатную информацию для 1098 активных и пассивных ГСС, находящихся в зоне видимости наземных пунктов наблюдений РК, из них для 248 есть фотометрия в системе BVR (сведения на февраль 2014 г.). Использование БД в процессе планирования и проведения наблюдений позволяет в реальном времени получать, сравнивать и анализировать сведения о космических аппаратах, находящихся в зоне контроля.

Обработка информации, поступающей от ПН, включает в себя вычисление координат, построение орбит, предварительную сортировку, отождествление (распознавание) и каталогизацию наблюдаемых объектов, планирование последующих наблюдений и расчет целеуказаний, обнов-



ление базы данных, анализ фотометрических данных.

Основной состав программного обеспечения (ПО), предназначенного для обработки, анализа получаемой информации и поддержания БД содержит:

- пакет программ для построения кеплеровской орбиты и расчета эфемерид на основе результатов наблюдений одного или нескольких наземных пунктов;
- программы сортировки и первоначального анализа фотометрической информации;
- пакет полной обработки фотометрической информации;

- блок отождествления типа ГСС по фотометрической и орбитальной информации.

Общий сервис для пользователей включает множество полезных функций, предоставляет возможность обрабатывать и анализировать имеющуюся информацию, легко манипулировать имеющимися данными, [9].

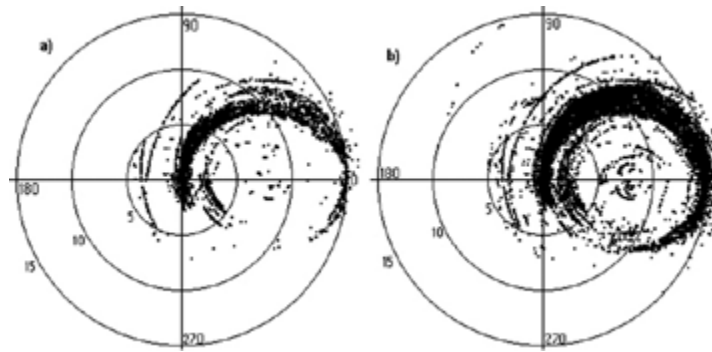
Во многих случаях для уверенного отождествления КА достаточно орбитальных характеристик, т.е. информации, полученной из координатных наблюдений. На основе этих наблюдений вычисляют элементы орбиты и сравнивают их с каталожными по специ-

альным алгоритмам. Но растет количество орбитальных позиций, в которых находятся группировки геостационарных спутников, образующих компактный кластер из нескольких аппаратов, имеющих практически нулевое наклонение к экватору и нулевой эксцентриситет. Анализ орбитальных параметров близко расположенных объектов не всегда дает уверенную идентификацию. В этих случаях для однозначного отождествления КА необходима дополнительная, некоординатная информация.

При отождествлении ГСС на основе координатной информации наиболее значимы-

ми элементами являются углы наклона плоскости орбиты и долготы восходящего узла относительно плоскости экватора i и Ω , по эволюции которых можно, например, определить приблизительную дату запуска КА, [10]. В качестве примера можно привести эволюционную диаграмму «наклон – узел» относительно плоскости экватора, построенную на основе информации нашей БД на 2003г. и 2013г., рис. 4.

Ежегодно увеличивается количество аппаратов, запускаемых на ГСО, вместе с тем растет и число спутников с большими углами наклона. Этот факт является отражением влияния различных факторов на движение ГСС по орбите (гравитационные возмущения от Луны, Солнца и несферичности Земли, световое давление). В частности, наклон плоскости орбиты объекта к экватору начинает постепенно увеличиваться и примерно за 27 лет достигает максимального значения (около 150), затем за тот же интервал времени он вновь



уменьшается до нуля. Долгота восходящего узла орбиты также меняется с периодом 54 года. Этот эволюционный процесс наглядно виден на рис.4.

Первый ГСС был выведен на орбиту в 1963 году, примерно к 2017-му году самые старые некорректируемые ГСС вновь выйдут в плоскость экватора, и диаграмма полностью замкнется. В дальнейшем регулярное заполнение плоскости экватора будет происходить не только за счет вновь запускаемых аппаратов, но и за счет тех, которые были запущены 54 года назад, со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями. Отсюда следует, что отождествление геостационаров только

на основе координатной информации станет практически невозможным. Нельзя будет отличить новый ГСС от старого, запущенного 54 года назад, используя только параметры его орбиты. Для этих целей необходимо будет привлекать дополнительные сведения, в качестве которых логично использовать результаты некоординатных наблюдений.

Эффективность и надежность применяемых нами методик и разработок, неоднократно подтверждалась на практике. В качестве примера можно сослаться на работы по сопровождению и анализу наблюдений американских спутников DSP, RHYOLITE, MAGNUM,

Рисунок 4. Эволюционная диаграмма «наклон – узел» относительно плоскости экватора, сведения относятся к концу 2000г. (слева) и к январю 2014г. – справа. По осям координат отложены: по радиусу – i , по полярному углу – Ω . Время существования ГСС на орбите увеличивается по часовой стрелке

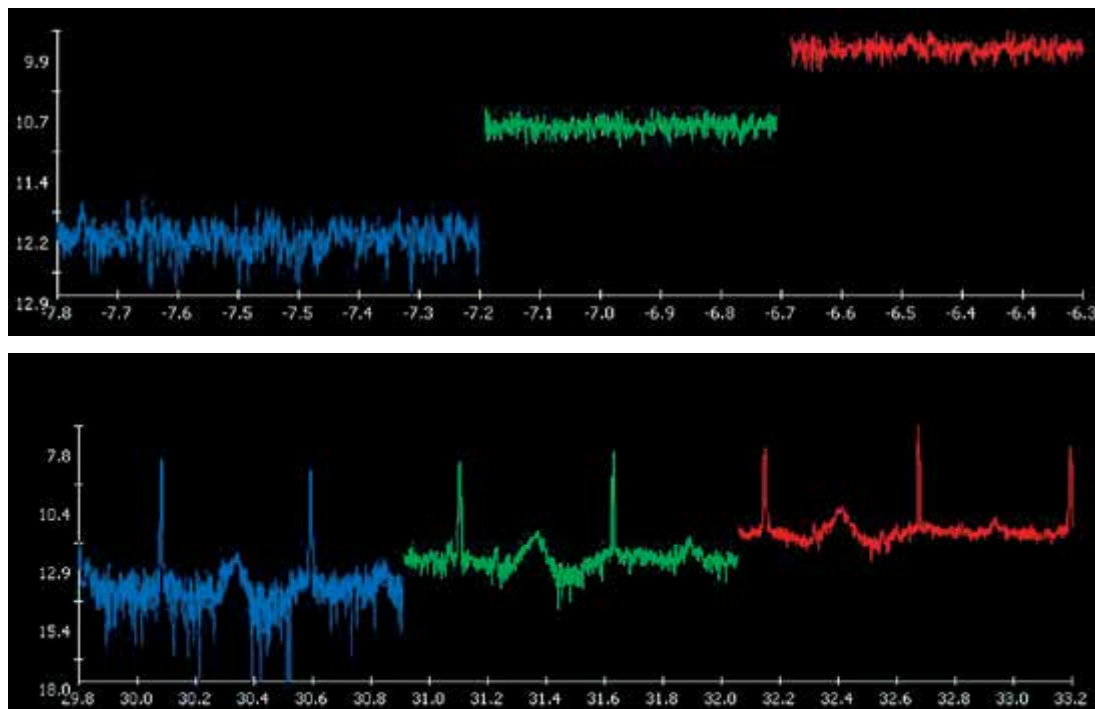


Рисунок 5а. Кривые блеска «Экспресс АМ-11» в фильтрах В, V, R, полученные 23.03.2006г., состояние стабилизированное

Рисунок 5б. Изменения блеска объекта «Экспресс АМ-11» в фильтрах В, V, R, зафиксированные 30.04.2006г., состояние нестабилизированное

MENTOR, CANYON, CHALET и др., [11,12,13]. Полученные результаты, в частности, свидетельствуют о том, что задача отождествления наблюдаемого объекта наиболее надежно может быть решена на основе совместного анализа координатной и фотометрической информации.

Еще одно важное направление работы наземных ПН — выявление нештатных ситуаций и сопровождение аварийных ГСС. Практика показывает, что в случае «несанкционированного» поведения КА оптические средства могут быть использованы для контроля его состояния. Получаемая информация позволяет проводить оценку пространственной ориентации и оптических характеристик объекта в течение всего периода наблюдений и, при отсутствии телеметрической информации, выявить вероятные причины нештатного поведения спутника. Наглядная демонстрация возможностей наземных пунктов РК — наблюдения и анализ аварийных ситуаций с российскими спутниками «Ямал-1»,

«Экспресс-AM11», американским DSP 23; казахстанским KazSat-1 [14]. В качестве примера на рис. 5 и 6 показаны кривые блеска «Экспресс-AM — 11» и «KazSat-1» до и после аварии, произошедших 29 апреля 2006г. и 8 июня 2008г. соответственно. Резкие изменения блеска обусловлены вращением объектов вокруг центра масс.

По оси абсцисс отложены фазовые углы, по оси ординат — звездные величины. Длина массива временного ряда $T1 = 240$ сек., время накопления $\Delta t = 0,5$ сек.

Работа наземных ПН РК показывает, что они занимают далеко не последнее место среди аналогичных учреждений СНГ и мирового сообщества. В качестве примера можно привести наше участие в международных проектах — грант INTAS Ref. No: 01-0669 «Optical and radar ecological monitoring of near-Earth space environment for the control of technogenic pollution and natural hazard assessment due to asteroids», 2001г.; в работе американско-российской рабочей группы

по исследованию космического мусора, Санкт-Петербург, 2003г.; договоры с КИА — системы», МАК «Вымпел», ИПМ им. Келдыша, в кооперации пунктов, работающих по федеральной программе «Автоматизированная система предупреждения об опасных ситуациях в околоземном космическом пространстве, РФ.

Регулярно работающие пункты наблюдений по приему, обработке и анализу наземной информации о состоянии геостационарной зоны над территорией РК позволяют:

- оперативно отождествлять наблюдаемые КА и крупные фрагменты КМ;
- контролировать ситуацию в зоне видимости ПН, осуществлять мониторинг точек стояния казахстанских спутников «KazSat-2», «KazSat-3» и последующих;
- оценивать опасность, которую представляют фрагменты КМ для КА на высоких орбитах в настоящем и будущем, рассчитывать вероятность опасных сближений, а значит давать рекомендации о

Рисунок 6 а.

Фрагменты кривых блеска КазСат — 1 в стабилизированном состоянии в фильтрах В, V, R, наблюдения 06.06.08г, начало наблюдений в UT = 23h21m07s.

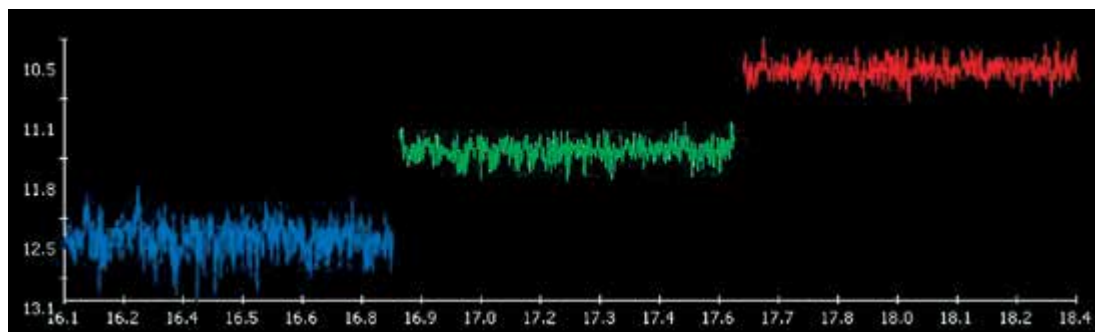
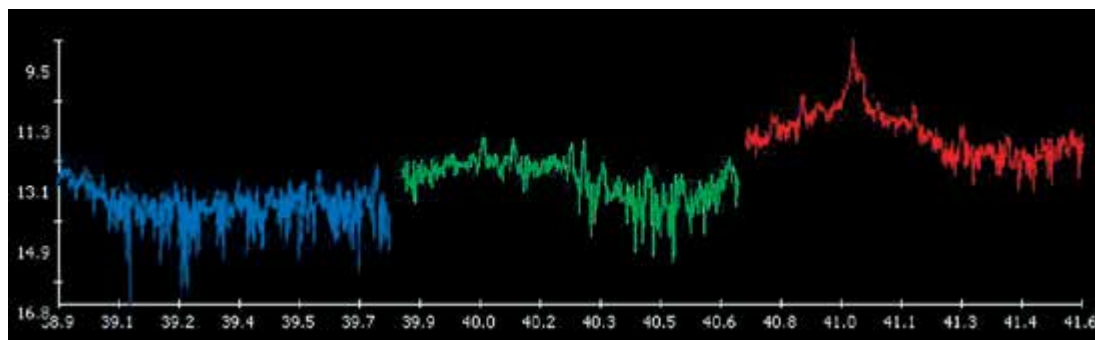


Рисунок 6 б.

Изменения блеска КазСат — 1 после аварии в фильтрах В, V, R, наблюдения 11.06.08г, начало наблюдений в UT = 20h16m52s.4.





корректировании орбит КА, в том числе и казахстанских;

- участвовать в международных проектах и заключать хозяйственные договоры с заинтересованными организациями стран СНГ и дальнего зарубежья;

- организовать новые рабочие места и подготовку научно-технических и иных специалистов для национальной космической отрасли, если будут проводиться работы по совершенствованию и модернизации технического и программного обеспечения ПН.

Международная практика свидетельствует, что ПН являются важным звеном в космической отрасли любого государства. Получение наземной оптической и траекторной

информации является составной частью развития этой отрасли и призвано обеспечить ее информационную независимость. Если Казахстан намеревается играть активную роль в решении актуальных задач околоземного космического пространства, то особое внимание должно быть уделено совместной работе существующих ПН, их дальнейшему развитию и, в первую очередь, современному техническому оснащению и комплектации.

В настоящее время объекты слабее 16^m практически не наблюдаются из-за отсутствия соответствующих светоприемников и необходимых методик. Для слежения за малоразмерными объектами

(10-50 см) на высоких орбитах необходимо увеличить проникающую способность приемной аппаратуры как минимум на 3^m — $3,5^m$. Это может быть достигнуто за счет использования специализированных ПЗС-матриц. Применение современных светоприемников позволит существенно расширить и дополнить представления о реальной ситуации с засоренностью в области ГСО, создать основу для формирования архива слабых ГСС, необходимого для изучения их физических свойств и вероятных источников образования.

ПЗС-матрицы — основа современных наблюдений малоразмерных ГСО, но обработка и анализ получаемой

информации — процесс достаточно сложный и неоднозначный. При этом необходимо решать ряд новых задач, связанных с :

- автоматической обработкой ПЗС-кадров для обнаружения подвижных объектов и определения их координат;
- поиском и построением наиболее оптимальных стратегий наблюдения для разных классов орбит в зависимости от типа используемого телескопа;
- автоматической сортировкой и идентификацией

полученных координатных и фотометрических измерений по каждому из наблюдавшихся объектов.

В настоящее время ведутся работы по дооснащению 1-м телескопа Тянь-шанской обсерватории для проведения наблюдений малоразмерных ГСС и адаптации существующего программного комплекса. Аналогичные доработки необходимо провести и на КОС «Сажень-С». Совместная регулярная работа двух ПН позволит получать достаточно большой объем координатной и фотометрической

информации для того, чтобы проводить независимую оценку состояния геостационарных орбит, участвовать в международных программах по наблюдениям и каталогизации космического мусора, проводить обмен информацией об опасных сближениях КА. Кроме того, это и вклад нашей Республики в решение экологических проблем околоземного космического пространства, в международное сотрудничество по цивилизованному использованию ближнего космоса и решению соответствующих научных задач. ■

Литература

1. <http://celestrak.com/satcat/boxscore.asp>
2. Комитет по использованию космического пространства в мирных целях. Научно-технический подкомитет. Сорок девятая сессия. Вена, 6-17 февраля 2012 года. www.oosa.unvienna.org/pdf/reports/ac105/AC105_1001R.pdf
3. Диденко А.В., Усольцева Л.А. Анализ состояния аварийного геостационарного спутника Ямал-101 на основе фотометрических наблюдений // Известия НАН РК. Серия физ.-мат. 2006 г. №4. С. 100-104.
4. Диденко А.В., Усольцева Л.А. Анализ оптической информации о геостационарном спутнике Казсат-1 // Известия НАН РК. Серия физ.-мат. 2009. №4. С. 84-89.
5. <http://www.celestrak.com/NORAD/elements.geo/txt>
6. Диденко А.В., Кабенко Ф.К., Усольцева Л.А., Чечин Л.М. Сопровождение искусственных космических объектов наземными пунктами Казахстана: современное состояние и перспективы // Известия Казахского Государственного Университета им. Аль-Фараби. Серия физ.-мат. 2005. С.178-181
7. Диденко А.В., Демченко Б.И., Комаров А.А., Нифонтова М.В., Усольцева Л.А. Предварительные результаты наблюдений ГСС на 1-м телескопе с ПЗС-матрицей // Известия НАН РК. Серия физ.-мат. 2013. № 5. С. 117-121.
8. V Международная научная конференция «Наблюдения околоземных космических объектов», 10-12 ноября 2011, Звенигород, РФ. Полигон «Сары-Шаган». Площадка 3Д. <http://astronomer.ru/publications.php?act=view&id=55>
9. Диденко А.В., Демченко Б.И., Комаров А.А., Нифонтов С.Г., Нифонтова М.В., Усольцева Л.А. Программный комплекс обработки и анализа координатной и фотометрической информации о ГСС, используемый в АФИФ РК. V Международная научная конференция «Наблюдения околоземных космических объектов», 10-12 ноября 2011, Звенигород, РФ. <http://astronomer.ru/data/0066/didenko.pdf>
10. Диденко А., Демченко Б.И., Усольцева Л.А. Зависимость орбитальных параметров и их временной эволюции от типа (класса) ГСС // Известия НАН РК. Серия физ.-мат. 2008. № 4. С. 93-95.
11. Диденко А.В. Оптические и орбитальные характеристики некоторых ГСС США и их разгонных блоков // II Международная научная конференция «Наблюдение околоземных космических объектов», Звенигород, 24-28 января 2008г. <http://lfvn.astronomer.ru/report/0000027/index/htm>.
12. Диденко А.В. Оптические и динамические характеристики космических аппаратов (КА) Canyon, Chalet (Vortex) и Mercury // Известия НАН РК. Серия физ.-мат. 2012. №3. С.28-31.
13. Диденко А.В., Усольцева Л.А. Результаты анализа диффузной и зеркальных составляющих кривых блеска ГСС «Радуга» // Известия НАН РК. Серия физ.-мат. 2008. № 4. С. 96-99.
14. Диденко А.В., Усольцева Л.А. Анализ наземной оптической информации о геостационарном спутнике Казсат-1 // Известия НАН РК. Серия физ.-мат. 2009. № 4. С. 84-89. <http://lfvn.astronomer.ru/report/0000049/index.htm>

Обзор монографий, изданных в серии «Казахстанские космические исследования»

Л.М. ЧЕЧИН

доктор физ.мат. наук, профессор, член-корреспондент
Национальной академии наук РК,
зав. Отделом перспективных астрофизических
исследований АФИФ АО «НЦКИТ»

Л.Р. ШНАНОВА

младший научный сотрудник Отдела перспективных
астрофизических исследований
АФИФ АО «НЦКИТ»

С момента организации Национального центра «Космических исследований и технологий» прошло десять лет. За этот период центром проведена огромная научно-исследовательская работа, включающая проведение фундаментальных исследований, подготовку научных кадров, организацию ряда крупных международных конференций, а также публикацию результатов научных и технологических разработок. К числу результатов научных исследований относится публикация одиннадцати монографий в серии «Казахстанские космические исследования».

В данной статье мы дадим краткий обзор содержания этих монографий.

Монография «Казахстанские космические эксперименты»

(серия «Казахстанские космические исследования», том 1, Алматы, 2007, ДайкПресс, 268 стр.)

В книге отражены результаты научных исследований в рамках государственной



программы «Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005-2007 годы». Они представляют собой серию новых астрофизических, физико-технических и биологических космических экспериментов, которые были подготовлены исполнителями этой программы.

Монография «Космические исследования и эксперименты Республики Казахстан».

(серия «Казахстанские космические исследования», том 2, Алматы, 2008, Дайк-Пресс, 240 стр.)

В ней представлены доклады, рекомендованные к изданию на международной конференции, посвященной итогам

выполнения государственной программы «Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005-2007 годы» и не вошедшие в первый том. Книга удачно дополняет первый том и позволяет получить полную картину состояния и перспектив развития космических исследований в Республике Казахстан.

Монография «Физические процессы в дальнем и ближнем космосе»

(серия «Казахстанские космические исследования», авторы С.Б. Дубовиченко, Н.Ж. Такибаев, Л.М. Чечин, том 3, Алматы, 2008, Дайк-Пресс, 336 стр.)

В книге рассматриваются актуальные вопросы современной космологии, физики атмосферных явлений, физики квазичастиц и ядер.

Монография «Ослабление света при прохождении через земную атмосферу»

(серия «Казахстанские космические исследования», автор А.В. Харитонов, том 4, Алматы, 2008, Дайк-Пресс, 92 стр.)

В книге рассмотрены физические основы взаимодействия излучения с разными компонентами земной атмосферы. Основное внимание уделено экспериментальным методам определения прозрачности атмосферы при астрономических наблюдениях. Рассмотрены причины, влияющие на коэффициент прозрачности по разным временным шкалам.

Монография «На путях развития космической науки»

(серия «Казахстанские космические исследования», авторы Ж.Ш. Жантаев, Л.М. Чечин, том 5, Алматы 2009, Дайк-Пресс, 112 стр.)

В книге представлены публицистические статьи, подготовленные авторами для периодической печати с 2005

по 2009 годы, из презентационных материалов по реализации программ развития космической деятельности, из материалов программ научных исследований Республики Казахстан.

Монография «Прикладные космические исследования в Казахстане»

(серия «Казахстанские космические исследования», том 6, Алматы, 2010, Дайк-Пресс, 368 стр.)

В монографии представлены наиболее значимые результаты НИР, полученные коллективом ученых и специалистов АО «НЦКИТ» в 2008 — 2009 годах в рамках республиканской бюджетной программы 002 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности». В отдельный раздел выделены избранные доклады Международного научно-практического симпозиума «Роль и место космических технологий в индустриально-инновационном развитии РК», который состоялся 4 — 6 июня 2010 года в Алматы.

Монография «Термоядерные процессы Вселенной»

(серия «Казахстанские космические исследования», автор С.Б.Дубовиченко, том 7, Алматы 2013, Изд-во «А-Три Принт», 402 стр.)

В книге рассматриваются теоретические вопросы ядерной астрофизики тепловых энергий и легких атомных ядер. Для анализа реакций используется потенциальная двухкластерная модель легких атомных ядер с классификацией состояний по орбитальным схемам Юнга. На ее основе рассмотрены фотоядерные процессы в p^2H , p^3H , p^6Li , p^7Li , p^9Be и $p^{12}C$, а также $^2H^4He$, $^3H^4He$, $^3He^4He$ и $^4He^{12}C$ каналах, и рассчитаны соответствующие

астрофизических S-факторы. Показано, что используемые методы позволяют хорошо описывать имеющиеся экспериментальные данные в области астрофизических энергий.

Монография «Фундаментальные и прикладные исследования по разработке и внедрению современных космических технологий в интересах социально-экономического развития Республики Казахстан за 1994 – 2009 годы»,

(серия «Казахстанские космические исследования», авторы Д.Ш. Ахмедов, Ж.Ш. Жантаев, М.М. Молдабеков, Н.Р. Муратова, Т.А. Мусабаяев, Л.Ф. Спивак, У.М. Султангазин, том 8, Алматы, Изд-во «Триумф Т», 2011, 160 стр.)

В работе представлены результаты фундаментальных и прикладных исследований по разработке и внедрению наукоемких космических технологий в практическую деятельность министерств и ведомств Республики Казахстан, областных и городских акиматов в период с 1994 по 2009 годы. Изложены теоретические основы и описана научно-методическая база космических исследований в Казахстане.

Монография «Избранные методы ядерной астрофизики. Методы ядерной физики в избранных задачах ядерной астрофизики»,

(серия «Казахстанские космические исследования», автор С.Б.Дубовиченко, том 9, Алматы, Изд. КазНУ им. аль-Фараби, 2011. – 310 стр.)

Книга посвящена отдельным вопросам ядерной физики и ядерной астрофизики легких атомных ядер и процессов с ними при низких и сверхнизких энергиях. Приводятся некоторые методы расчета ядерных характеристик термоядерных

процессов, рассматриваемых в ядерной астрофизике. Полученные результаты непосредственно применимы к решению некоторых задач ядерной астрофизики в области описания термоядерных процессов на Солнце, звездах и Вселенной.

Монография «Астрофизические исследования космических объектов»

(серия «Казахстанские космические исследования», том 10, Алматы 2013, А-Три Принт, 299 стр.)

В сборнике нашли отражение недавние достижения отечественных астрономов по исследованию актуальных проблем дальнего и ближнего космоса. В нем предложены критерии спектральной классификации В-звезд по особенностям ультрафиолетового спектра; разработаны начала для составления стандартов для наблюдений в ультрафиолетовом диапазоне; проведены исследования симбиотических звездных систем и пекулярных звезд с эмиссионными линиями; обсуждена свойства переменности эмиссионных линий Ae — Be звезд Хербига в оптическом и ультрафиолетовом диапазонах.

Далее, приведены результаты моделирования эволюции галактик на фоне темной материи; найден эффект индуцированного звездообразования в диффузных туманностях; предложен метод исследования свойств темной материи в ультрафиолетовом диапазоне; обсуждены результаты спектральных исследований слабых объектов; предложен расчет эволюции активных ядер галактик методом NBS; приведены данные о фотометрических исследованиях переменных звезд на Тянь-Шанской обсерватории. Кроме того, приведены результаты спектrophотометрических исследований атмосферы Сатурна



за период с 1995 по 2009 годы; отмечены особенности стадии роста 24 –ого цикла солнечной активности; дана оценка частоты опасных сближений ИСЗ в геостационарной зоне, обнаружена внутренняя связь около-солнечной пыли с «солнцескребущими» кометами.

Монография «Наземно-космические технологии в исследованиях Земли»

(серия «Казахстанские космические исследования», том 11, Алматы, 2013, А-Три Принт, 275 стр.)

В коллективной монографии представлены наиболее значимые результаты НИР, полученные коллективом ученых и специалистов АО «НЦКИТ» в 2012-2013 годы в рамках республиканской бюджетной программы 002 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности». Коллективная монография состоит из четырех разделов «Исследование геодинамики наземно-космическими методами», «Исследо-

вание динамических процессов и солнечно-земной связи на основе наземно-космических измерений», «Космические технологии и исследования экологии Казахстана», «Развитие космических технологий».

Из приведенного обзора видно, что казахстанские космические исследования проводятся на мировом уровне; в них ставятся и решаются проблемы, являющиеся наиболее актуальными для современной космической науки в целом. При этом речь идет не только о теоретических проблемах, но и о вопросах, имеющих прикладной характер. Важно также подчеркнуть, что этому способствуют широкие международные научные связи, которые установлены сотрудниками Национального центра космических исследований и технологий.

И, наконец, необходимо отметить, что научная составляющая деятельности космического агентства Республики Казахстан в немалой степени способствовала созданию космической отрасли нашего государства. ■

Радиолокационные технологии и их применение в Казахстане

**ЖАНТАЕВ Ж.Ш.,
БИБОСИНОВ А.Ж.,
ИВАНЧУКОВА А.В.,
КИРСАНОВ А.В.,
КУРМАНОВ Б. К.,
ФРЕМД А.Г.,**
АО «НЦКИТ», ДТОО «Институт ионосферы»

Рынок данных ДЗЗ сейчас переживает активный рост. Порядка 60 стран развивают национальные программы ДЗЗ, на орбите находятся более 100 космических аппаратов ДЗЗ, а к 2020 г., как ожидается, их будет не менее 200.

Привлекательность космических снимков в решении прикладных народнохозяйственных задач объясняется тем, что они несут в себе информацию не только о состоянии покрова земной поверхности, но также и о строении и эволюции земной коры в целом, в том числе и о местонахождении месторождений полезных ископаемых. Этим, а также относительно низкой стоимостью объясняется разнообразие методик по их дешифрированию.

Один из главных признаков классификации систем ДЗЗ состоит в подразделении их на пассивные системы (сканиру-

ющие оптико-электронные), регистрирующие естественное излучение и активные (радиолокационные, лазерные), сами генерирующие излучение и регистрирующие его отраженную часть. К последним относятся радарные спутниковые системы, получившие в последние десятилетия широкое распространение благодаря широкому спектру их применения.

Радиолокационная съемка обладает рядом преимуществ перед другими видами съемок, в том числе:

- независимостью от метеорологических условий и освещенности;
- повышенной точностью измерений и возможностью трехмерного портретирования объектов и построения карт рельефа местности;
- возможностью наблюдения и обнаружения объектов, невидимых в опти-

ческом или ИК-диапазонах электромагнитного спектра;

- возможностью получения дополнительной информации об объектах по их электродинамическим свойствам (резонансу, поляризметрическим характеристикам, отражательным, проникающим или поглощающим свойствам).

Радиолокационная космическая съемка выполняется в ультракоротковолновой (сверхвысокочастотной) области радиоволн, подразделяемой на X-, C-, и L-диапазоны.

Съемка в каждом из вышеперечисленных диапазонов имеет свои плюсы и минусы. Ниже приведена таблица 1, дающая представление соответствия PCA систем и области электромагнитного спектра.

В ближайшие годы планируется запуск первого космического радиолокатора Р-диапазона (BIOMASS, Европейское космическое агент-

Таблица 1.

Диапазон	Частоты, ГГц	Длины волн, см	Спутниковые системы
X	5.20-10.90	2.75-5.77 (2.4-3.8)	USGS SLAR, TerraSAR-X, TanDEM-X, COSMO-SkyMed-1-4
C	3.9-6.2	3.8-7.6	ERS-1,2; ENVISAT/ASAR; RADARSAT-1,2
L	0.39-1.55	19.3-76.9 (15-30)	SIR-A,B, JERS, ALOS/PALSAR



ство — ESA). В марте 2014 года Европейское Космическое Агентство планирует запуск спутника глобального покрытия Sentinel-1 (рис.1) с диапазоном зондирующей волны С (5,6 см). Съемка будет реализовываться в двух основных режимах Interferometric Wide Swath с шириной полосы в 250 км и разрешением 5х20 м и Wave. Примечательно, что данные со спутника Sentinel-1 в рамках программы Copernicus будут распространяться бесплатно. В 2020 году планируется запуск Казахстанского радарного спутника высокого разрешения KazSAR.

Среди задач, решаемых с помощью технологии PCA

интерферометрии, можно выделить мониторинговые наблюдения за смещениями земной поверхности, в том числе природного и техногенного происхождения; мониторинг экологической обстановки на земной и водной поверхностях а также ледников, паводков, наводнений и пожаров; задачи лесного и аграрного сектора экономики; поиски месторождений полезных ископаемых, построение высокоточных ЦМР и ряд других.

Входными данными для обработки в специализированных программных комплексах являются интерферометрическая пара (либо цепочка) радарных снимков.

Ограничением для возможности интерферометрической обработки пары (или цепочки) радарных снимков являются пространственная и временная базы.

Интерферометрическая съемка предусматривает получение набора (двух и более) радиолокационных изображений (РЛИ) заданной территории при совпадающих или близких условиях наблюдения, определяемых интерферометрической базой. В зависимости от решаемой задачи база может располагаться поперек линии пути (построение карт рельефа, топографическое картирование), вдоль линии пути (ин-

Рисунок 1.
Спутник Sentinel-1,
который будет
запущен в 2014 г

Таблица 2.
Основные технические
характеристики
спутниковых
РСА систем

Радарные космические аппараты (страна, год запуска)	Спектральный диапазон	Номинальное пространственное разрешение, м	Ширина полосы съемки, км	Диапазон углов съемки, град.	Поляризация	Периодичность съемки
ERS-1 (ESA) 1991–2000	C	25	100	20–26	VV	12 суток
ERS-2 (ESA) 1995–2011						
RADARSAT-1 (Канада) 1995–2013	C	8-100	50-500	10–60	HH	От 9 часов на экваторе до 3 часов в средних широтах
ENVISAT-ASAR (Франция) 2002	C	30-1000	100-400	15–45	VV, HH, VV/HH, HH/HV, VV/VH	От 2,5 до 35 суток
ALOS (Япония) 2006	L	7–100	40–350	10–51	HH, VV, HH/HV, VV/VH, HH+VV+HV+VH	46 суток
RADARSAT-2 (Канада) 2007	C	1,6-100	20-500	10–59	HH, VV, HV, VH, HH/HV, VV/VH, HH+VV+HV+VH	В зависимости от режима и типа съемки от 2–3 суток на экваторе в полосе 500 км
TerraSAR-X (Германия) 2007	X	1-16	10-100	20–55	VV, HH, VV/HH, HH/HV или VV/VH	11 суток
TanDEM-X (Германия) 2010						
COSMO-SkyMed-1, 2, 3, 4 (Италия) 2007-2010	X	1-20	10-100	20–60	HH, VV, HV, VH, VV/HH, HH/HV или VV/VH	10 ч – 3 сут.
RISAT-2 (Индия) 2009	X	1-8				3-4 сут.
RISAT-1 (Индия) 2012	C	2-50	10-240	20–49	Одинарная или четверная	25 суток
KOMPSAT-5 (Корея) 2013	C	1-20	30-100	45	HH, VH, HV, VV	
Кондор-Э (Россия) 2013	S	1–30	8–40	20–60	HH, VV	

дикация движущихся целей) или определяться временным интервалом между съемками (временная база дифференциальной интерферометрии для измерения малых смещений земной коры и изменения геометрии объектов, а также для

выявления изменений в оперативной обстановке).

Основное требование к получаемым парам РЛИ — их пригодность к когерентной обработке. Ее характеризуют коэффициентом когерентности. Этот комплексный параметр

называют «интерферометрической когерентностью». Нарушение когерентности может быть вызвано увеличением размера базы. Критический размер базы, когда когерентность нарушается, составляет от сотен метров до километров

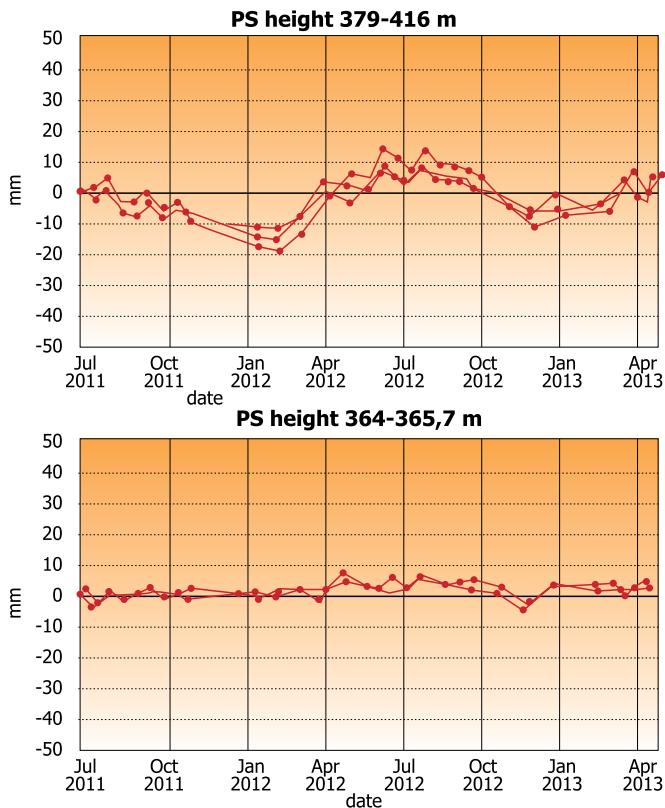


Рисунок 2.

Динамика смещений верхней и нижней частей архитектурного сооружения «Байтерек»

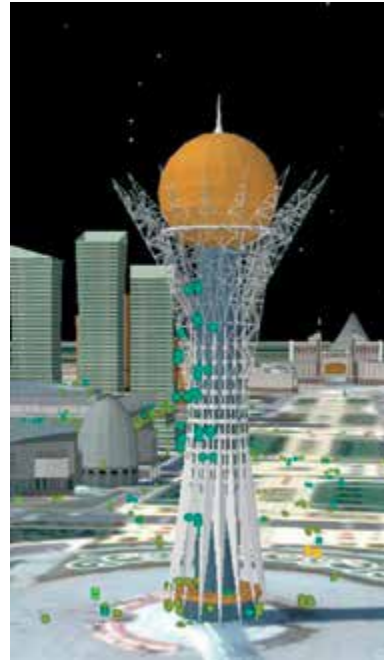


Рисунок 3.

Деформации центральной северо-западной части моста по ул. Шалкыма. Справа сверху — график динамики оседаний в миллиметрах по датам. Заметен монотонный тренд оседаний, осложненный сезонными термическими деформациями (локальные поднятия зимой и ускоренные оседания летом)

в зависимости от диапазона волн и разрешающей способности РСА.

Основные технические характеристики спутниковых РСА систем гражданского назначения приведены в таблице 2.

Технологии дистанционного мониторинга деформаций земной поверхности с использованием спутниковых технологий получают все большее развитие и распространение. Становится возможным регистрировать движения по тектоническим разломам, развитие

оползней и лавин, вертикальные и горизонтальные смещения поверхности при разработке месторождений нефти и газа, изменения состояния подземной гидросферы в районах городов и крупных инженерных сооружений. Ниже приводятся некоторые результаты, полученные при мониторинге вертикальных смещений земной поверхности городов, разрабатываемых месторождений углеводородов и выявлении территорий, загрязненных нефтепродуктами.

Мониторинг современных движений земной поверхности и инфраструктуры городских агломераций

Астана. Методы обработки данных РСА интерферометрии позволяют обнаружить и контролировать низкоамплитудные движения земной поверхности, имеющие естественную или техногенную природу. Для мониторинга этих процессов во многих городах мира успешно применяется метод PSI (постоянных отражателей). Результаты



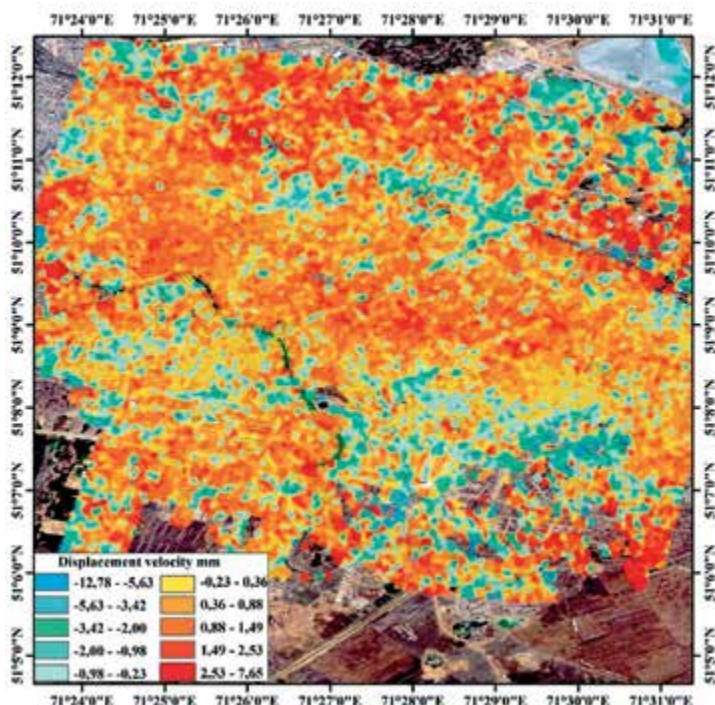


Рисунок 4.

Карта распределения
площадных смещений
земной поверхности
г. Астана

применения PS технологии позволяют выполнять геодиническое районирование урбанизированных территорий, а также выявлять объекты, подверженные деформированию — отдельные здания и сооружения и протяженные линейные объекты (например, метрополитен).

В 2013 г. был завершен первый цикл радарного интерферометрического мониторинга смещений и деформаций земной поверхно-

сти и сооружений в столице Казахстана Астане, охватывающий период с 18.06.2011 г. по 20.04.2013 г.г. Результаты обработки и дешифрирования 30 снимков высокого пространственного разрешения COSMO-SkyMed (3 м) на территорию города Астана, полученные совместно с компанией «Совзонд» (Россия), позволили выявить вертикальные смещения отдельных зданий и сооружений, с плотностью отражателей в среднем 4 000 PS

на кв.км — технология PSP-IfSAR (e-Geos), а также провести анализ распределения площадных движений земной поверхности с миллиметровой точностью.

Анализ результатов смещений на локальных объектах показал следующее:

1) монотонные оседания отдельных сооружений и зданий, амплитуда некоторых просадок достигает -35 мм за 2 года.;

2) графики смещений для отдельных точек высотных объектов (рис.2), отразили сезонность колебаний, что может быть связано с влиянием резко-континентальных климатических условий и/или влиянием термической дилатации несущих конструкций.

Установлены отдельные оседающие и/или деформирующиеся здания и сооружения, в том числе выявлен локальный участок одного из мостов (рис. 3), также подверженный сезонным деформациям. Выявлены оседания отдельных сооружений Акмолинской ТЭЦ-2, возможно, вызванные добычей грунтовых вод и ряд других.

Помимо этого каждый рассеиватель охарактеризован значением среднегодовой скорости смещений за весь период наблюдений и значениями ско-

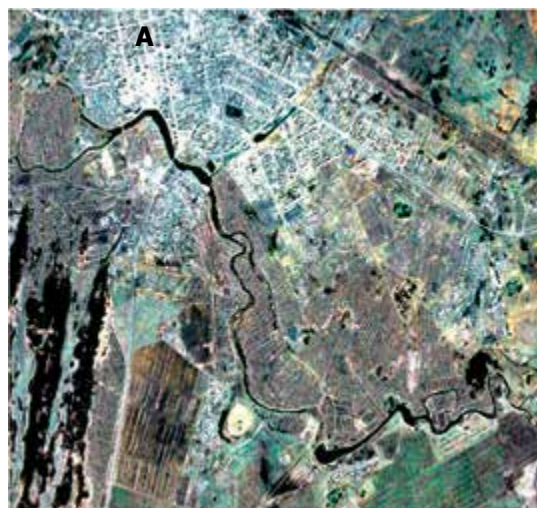


Рисунок 5.

Оптические снимки
территории г. Астана:

A — Landsat 7
за 2001 год;
B — Landsat 8
за 2013 год

рости смещений по годам. Дополнительным атрибутом каждого постоянного рассеивателя является абсолютная высота, что позволило отобразить их на имеющихся в Google Earth трехмерных моделях зданий.

Для анализа площадного распределения смещений земной поверхности результаты обработки PSP-iFSAR были проинтерполированы методами геостатистического анализа в растровую поверхность (рис. 4). При анализе целостной картины смещений выделились области оседаний вдоль русел рек, в промышленной северо-восточной части города (ТЭЦ, железная дорога, складские помещения).

При сопоставлении развития площадных деформаций (рис. 4) с архивными оптическими снимками Landsat за 2001 и 2013 гг. (рис. 5 А, В) было выявлено, что отдельные участки оседаний точно повторяют контуры ранее засыпанных речных меандр и ареалов заболоченных территорий. В целом тенденция оседаний монотонна и максимальные значения в отдельных случаях достигают -35 мм в год. Но при анализе локальных объектов были обнаружены отдельные многоэтажные здания, подверженные монотонному оседающему тренду, динамику движений которых необходимо продолжать наблюдать. В 2014 году мониторинг объектов и инфраструктуры города будет продолжен по актуальной съемки со спутника COSMO-SkyMed, который продолжает съемку территории города с периодичностью в 8 дней, архив составляет более 150 снимков, набранных с 2011 года.

Алматы. В 2002 году Европейским Космическим Агентством (ESA) был запущен спутник ENVISAT, который до 2012 года вел повторную съемку

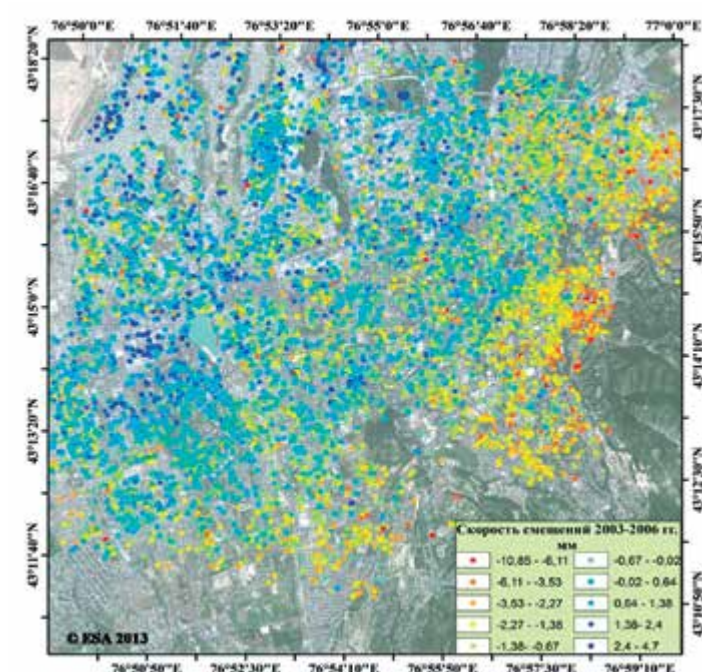


Рисунок 6.
Карта распределения смещений земной поверхности города Алматы за 2003-2006 гг. по данным спутника ENVISAT ASAR.

ку значительных территорий, что позволяло выстраивать интерферометрические многопроходные серии снимков для мониторинга смещений земной поверхности. На территорию города Алматы в архиве агентства было найдено около 90 снимков с двух треков, наиболее подходящих для интерферометрической обработки.

В рамках новой политики Агентства, которое позволяет получать снимки бесплатно под предложение об исследованиях на различных территориях мира, были получены архивные снимки для Алматы по проекту C1.P15390 «Spatio-temporal analysis of surface displacements in urban areas with high seismic risk by SAR interferometry data».

Предварительные результаты обработки данных алгоритмом Persistent Scatterers, реализованном в программном комплексе ENVI SARscape, показали (рис. 6), что большая часть оседающих отражателей находится в предгорных районах.

Следует отметить, что итальянская группировка спутни-

ков VHR (very high resolution) двойного назначения COSMO-SkyMed, начиная с августа 2013 года начала вести съемку территорию города Алматы.

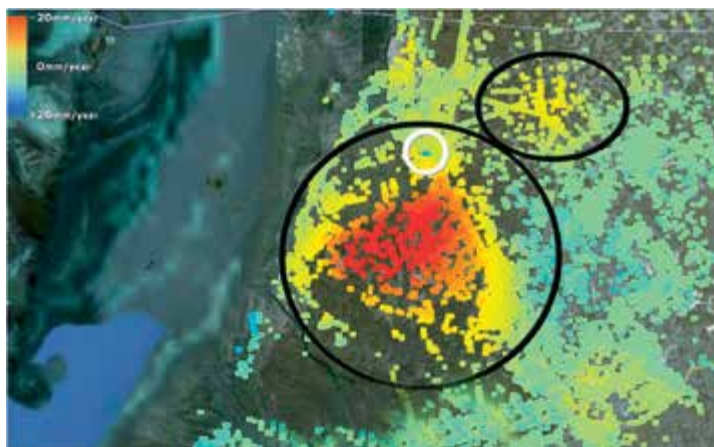
Мониторинг территорий активной добычи углеводородов

На основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса в комплексе с данными наземного геодезического мониторинга возможно проводить построение геомеханических моделей, которые представляют собой совокупность параметров, определяющих механические и структурные особенности конкретного региона и реакцию недр на внешнее воздействие. Составными частями геомеханической модели являются механические и структурные модели.

В октябре 2006 года был запущен японский космический аппарат ALOS с оптико-электронной аппаратурой (PRISM, AVNIR-2) и оснащенный радаром L-диапазона длин волн (около 23 см) PALSAR, позво-

Рисунок 7.

Основная мульда оседаний земной поверхности метосрождения Тенгиз и новая формирующаяся мульда оседаний на Королевском месторождении (черные круги), а также локальный участок поднятий (белый круг)



ляющим получать изображения с разрешением от 7 до 100 м и использовать при интерферометрическом анализе снимки с временной базой более чем два года для аридных регионов.

Для Прикаспийского региона нефтедобычи совместно с компанией «Совзонд» (г.Москва, Россия) были выполнены проекты по мониторингу смещений земной поверхности в местах активной добычи углеводорода по данным ENVISAT (Европейское космическое агентство) и Alos PALSAR (JAXA, Япония). Объектами исследования были территории месторождений Тенгиз и Ботахан.

Ниже представлены сравнительные результаты обработки радарных снимков Alos PALSAR, дающие представление о техногенной составляющей вертикальных смещений, связанной с эксплуатацией месторождений.

Анализ результатов мониторинга смещений земной поверхности, произошедших над месторождением Тенгиз с 2007 по 2010 годы и зарегистрированных в ходе интерферометрической обработки радарных данных ALOS, показал наличие ускоряющихся во времени оседаний земной поверхности над районом активной добычи углеводородов из этого месторождения. Скорость оседаний в центре основной зарегистрированной мульды достигает 30 мм в год (рис. 7).

На момент окончания анализируемой цепочки данных ALOS (конец 2010 года) западная граница мульды (нулевая изолиния смещений) достигла береговой линии. Поэтому дальнейшее наблюдение за оседаниями необходимо, чтобы предотвратить возможное неожиданное подтопление объектов наземной инфраструктуры.

В 2013 г. была выполнена интерферометрическая обработка радарных данных для территории нефтяного месторождения Ботахан. Исходными данными также служили снимки с радарного спутника ALOS PALSAR.

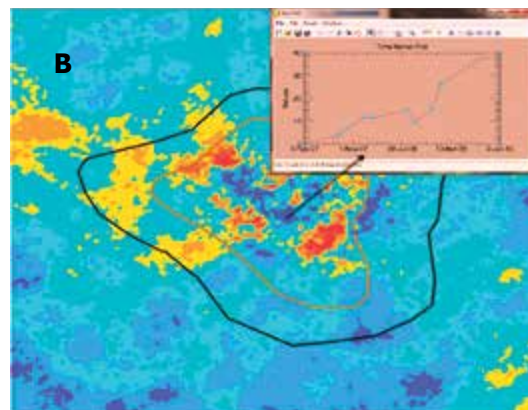
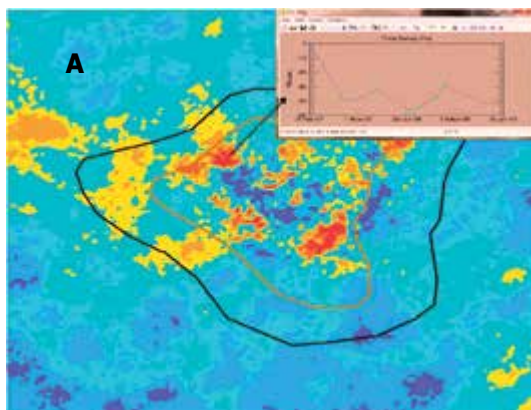
12 интерферометрических снимков дают на выходе 66 возможных парных комбинаций между снимками. В итоге, для дальнейшей обработки программой по принципу наименьших базовых линий (базисов съемки) и без ограничения временной базы было отобрано 44 интерферометрические пары (то есть 44 независимых замера смещений).

В качестве примера на рисунке 8 показана динамика зарегистрированных по радарным данным смещений земной поверхности в их локальных максимумах. Следует отметить, что графики динамики зарегистрированных оседаний осложнены локальными максимумами в зимний период и локальными минимумами в летний. Графики динамики поднятий характеризуются практически линейным трендом без локальных максимумов-минимумов.

Поскольку для месторождения Ботахан расчет среднегодовых скоростей был осложнен ограниченным количеством снимков, результаты конечных значений смещений земной поверхности были

Рисунок 8.

Динамика оседаний за 2007-2010 гг. в одном из локальных максимумов (А) и подъемов (В)



взяты из геокодированного файла за последнюю дату (рис. 9). По результатам точного нивелирования, проведенным в 2004–2009 гг. установлен дифференцированный характер смещений, выражающийся в относительном поднятии сводовой части месторождения на фоне регионального проседания. Между различными циклами наблюдений амплитуда поднятий составила около 30 мм и затем увеличилась до 40 мм. Дифференцированный характер развития деформационных процессов выражается в поднятии центральной части месторождения на величину до 50 мм за весь период наблюдений (с 2007 по 2010 гг.).

Таким образом, несмотря на ограниченный набор радарных снимков и их относительно невысокую когерентность, удалось выполнить геодинамическое районирование по значениям вертикальных смещений земной поверхности на территории месторождения Ботахан и представить его в виде карты (рис. 9).

Результаты распределения смещений находятся в хорошем качественном соответствии с данными наземного нивелирования. Следует отметить, что амплитуда смещений может отличаться от данных наземного нивелирования, так как построенные интерферограммы были осложнены влиянием низкой когерентности исходных данных. И тем не менее, удалось подтвердить сложную структуру деформационных процессов, показать их в динамике и охарактеризовать количественно.

Мониторинг загрязнений окружающей среды

Нефть и нефтепродукты являются одним из наиболее распространенных загрязняющих веществ. Наибольшие потери нефти связаны с ее

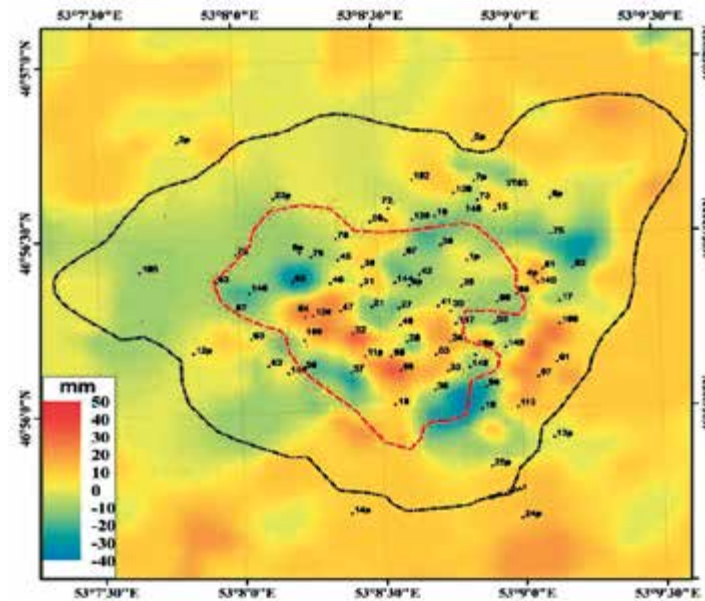


Рисунок 9. Карта смещений земной поверхности на месторождении Ботахан за период 2007–2010 гг. Красным пунктиром обозначен контур водонефтяного контакта, черным – контур месторождения, точки с подписями – скважины

транспортировкой из районов добычи. Аварийные ситуации на объектах нефтетранспортной системы обуславливают присутствие постоянных полей загрязнения на трассах транспортировки углеводородов. Попадая в окружающую среду, нефть растекается в виде пленки, образуя слои различной мощности, в том числе могут образовываться целые озера (рис. 10).

Губительное влияние нефтяных загрязнений на все

живое требует постоянного экологического контроля, в частности с использованием радарных спутниковых систем.

Обнаружение нефтяных загрязнений с применением радиолокационных данных основывается в первую очередь на том, что нефть, попадая в окружающую среду, приводит к нарушению равномерности почвенного покрова. Форма и размеры нарушений могут быть весьма различными. Важнейшая характеристика почв, свидетельству-



Рисунок 10. Нефтяные загрязнения в районе месторождения Узень

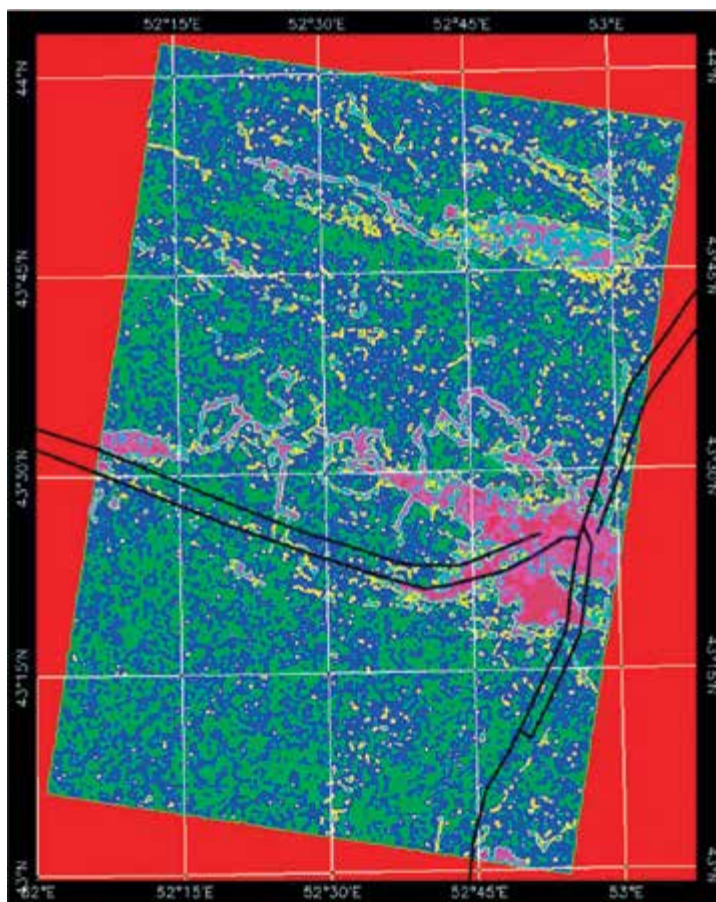


Рисунок 11.
Результаты обработки
данных
радиолокационной
спутниковой съемки
территории
месторождений Узень
и Жетыбай

ющая об их нарушении — это изменение ее гранулометрического состава, который определяется относительным содержанием песка и глины. При наличии нефтяных загрязнений каждая частица почвы покрыта слоем углеводородного сырья, который занимает некоторое пространство между отдельными частицами, что приводит к изменению величины сигналов обратного рассеяния радиолокационного сигнала и изменению текстуры радиолокационного изображения.

На рисунке 11 показан результат обработки радиолокационного изображения спутника ENVISAT. На данной карте (схеме) синими, зелеными и желтыми тонами показаны классы, отнесенные в результате анализа к областям изображений текстура которых не отображает наличия нефтя-

ных загрязнений. Красным и розовым цветом показаны области, наличие в которых нефтяных загрязнений весьма вероятно. Нефте- и газопроводы показаны черными линиями. Для подтверждения полученных результатов было выполнено дешифрирование оптического снимка спутника Landsat 8, которое выявило полное соответствие результатов.

Таким образом, анализ результатов тематической обработки оптических и радиолокационных данных позволил выявить и локализовать территории нефтяных загрязнений в районе месторождений Узень и Жетыбай. При проведении дальнейших исследований целесообразно привлечение многоспектральных данных сверхвысокого пространственного разрешения. ■

Литература

1. Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования. Москва. 2010. 674 с.
2. Захаров А.И. Измерение полной матрицы рассеяния земных покровов спутниковым поляризметрическим РСА // II Всероссийская научная конференция. Сб. докладов «Дистанционное зондирование земных покровов и атмосферы аэрокосмическими методами». С.-Петербург. 16-18 июня. 2004 г. Т. 1. С. 60-64.
3. Кантемиров Ю.И. Обзор современных радарных данных ДЗЗ. Геоматика, №1, 2012, С. 18-21.
4. Crossetto M., Monserrat O., Iglesias R., Crippa B.: Persistent Scatterers Interferometry: potential, limits and initial C- and X-band comparison, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, V.76, pp. 1061-1069, 2010.
5. Ferretti A, Prati C, Rocca F: Permanent scatterers in SAR Interferometry, IEEE Transactions Geoscience Remote Sensing, V.39, pp. 8-20, 2001.
6. Minayev V., Faddeyev A., Danilov R.: Slow disasters as the causes of hazards, Journal Problems of risk management in the technosphere, V.2, pp. 36-50, 2010.
7. Osipov V.: Megalopolises are under threat of natural disasters. Bulletin of Russian Academy of Sciences, V. 66, pp. 771-782, 1996.
6. M. Richards: A Beginner's Guide to Interferometric SAR Concepts and Signal Processing. IEEE Aerospace and Electronic, Vol. 22, No. 9, September 2007.

Launchers

Приложение к журналу «Космические исследования и технологии»

КОСМОДРОМЫ
И НОСИТЕЛИ



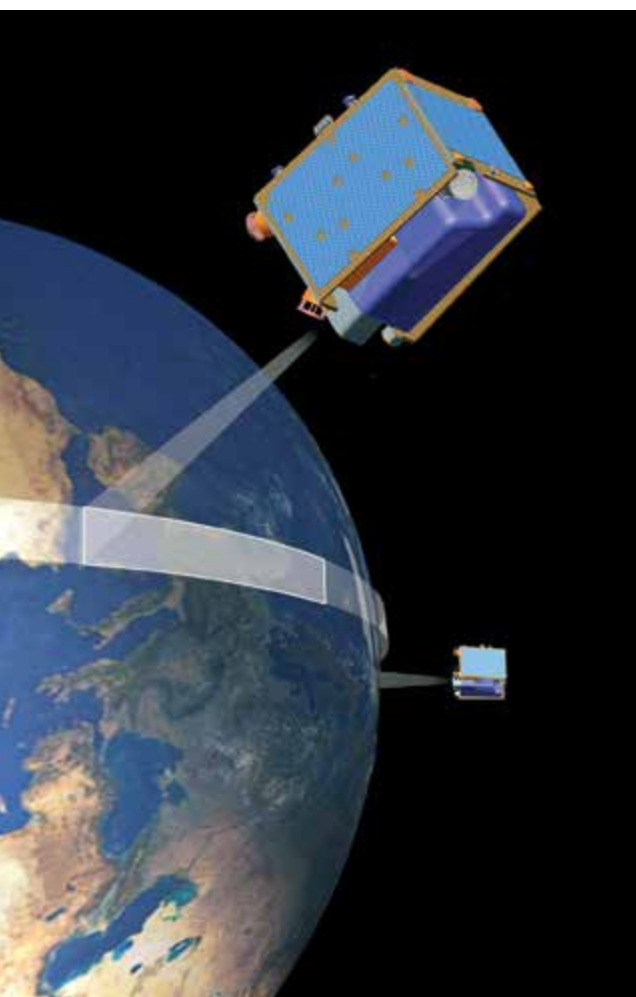
Казкосмос 2014: спутники на старте

Доброго полета!



Нурлан АСЕЛКАН

шеф-редактор журнала
«Космические исследования и технологии»



Весна обещает «Казкосмосу» много волнений, на орбиту должны отправиться три спутника, долгожданный «KazSat-3» и первые отечественный спутники ДЗЗ «KazEOSat»- 1 и 2.

Пуски намечены на конец апреля и июль, есть надежда, что все пройдет штатно.

Первый казахстанский спутник ДЗЗ, высокого разрешения, изготовленный компанией AIRBUS DEFENCE & SPACE будет выведен на орбиту с помощью носителя малого класса VEGA с европейского космодрома Куру, во Французской Гвиане. Второй спутник ДЗЗ, среднего разрешения, производства компании SSTL, полетит с пусковой базы «Ясный», в Оренбургской области, на конверсионном носителе «Днепр».

Спутники будут запущены в рамках программы создания космической системы дистанционного зондирования Земли Республики Казахстан АО «НК «Казахстан Ғарыш Сапары», включающей два спутника ДЗЗ, наземный комплекс

управления спутниками и наземный целевой комплекс для приема и обработки космических данных.

Космическая система дистанционного зондирования Земли Республики Казахстан состоит из космической и наземной части.

Космическая часть системы включает в себя два космических аппарата, относящихся по высоте рабочей орбиты к низкоорбитальным космическим аппаратам.

Реализация проекта «Создание системы дистанционного зондирования Земли Республики Казахстан» позволит решить следующие задачи:

- предупреждение, мониторинг и оценка последствий чрезвычайных ситуаций;
- разведка и добыча полезных ископаемых и энергоносителей;
- контроль имущества и состояния инфраструктуры;
- экологический мониторинг;
- мониторинг степных и лесных пожаров;



- картографирование;
- учет, планирование и контроль земле — и лесопользования;

- мониторинг состояния сельскохозяйственных и лесных угодий.

Целевые группы потребителей данных дистанционного зондирования Земли:

- Государственные структуры.
- Научные учреждения.
- Коммерческие организации.

Спутник ДЗЗ высокого разрешения сможет делать снимки с точностью до метра. Срок его эксплуатации как минимум 7 лет. Полоса захвата этого спутника — 20 километров. В сутки он сможет снимать поверхность площадью в 220 тысяч квадратных километров. Точность разрешения второго спутника ДЗЗ-1 составит 6,5 метра, а срок активного суще-

ствования — также не менее 7 лет. Производительность космического аппарата очень высокая — до 1 млн. квадратных километров в сутки, с полосой захвата 77 км и возможностью стереосъемки. Под руководством специалистов AIRBUS DEFENCE & SPACE в течение первых шести месяцев после запуска спутника пройдут орбитальные испытания аппаратов. Затем они полностью перейдут на баланс АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары». Отечественные специалисты, которые будут работать с этими спутниками, уже подготовлены. 47 человек прошли подготовку во Франции и Англии. 24 из них — это разработчики и технологи-испытатели. Остальные 23 специалиста, будут управлять космическими аппаратами и обрабатывать снимки.

Что касается «KazSat-3» то это коммерческий геостацио-





нарный телекоммуникационный спутник, заказанный АО «Республиканский центр космической связи» (Казахстан) и изготовленный в ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева.

Космический аппарат (КА) должен быть запущен в точку стояния $58,5^\circ$ в. д. для предоставления различных услуг связи на территории Казахстана: DTH, широкополосных систем и VSAT, передачи голоса и данных и видеоконференцсвязи.

КА «KazSat-3» строится на базе платформы «Экспресс-100 НТА». Одной из особенностей платформы является комбинированная система терморегулирования, где применяется полностью резервированный жидкостный контур. Оборудование платформы размещено на сотопанелях (с внутренним строением пчелиных сот), которые в свою очередь крепятся на изогридную («вафельную») центральную трубу. На платформе применяются солнечные батареи на основе трёхкаскадных арсенид-галлиевых фото-

преобразователей производства ОАО НПП «Квант» (г. Москва), литий-ионные аккумуляторные батареи Saft VS 180 производства французской компании Saft[9] и плазменные двигатели СПД-100, производства ОКБ «Факел» (г. Калининград) для осуществления коррекций. Оборудование модуля полезной нагрузки КА «KazSat-3» изготавливается в итальянском отделении компании THALES ALENIA SPACE. На космическом аппарате будет установлено 28 транспондеров Ku-диапазона.

Запуск космического аппарата планируется осуществить в паре со спутником «Луч-5В» ракетой-носителем «Протон-М» с разгонным блоком «Бриз-М».

Срок активного существования спутника на орбите должен составить не менее 15 лет.

Специалисты космической отрасли Казахстана, да и вся мировая космическая общественность будет внимательно следить за началом масштабных программ реализуемых в последнее время. Космонавтика начинает приносить реальные плоды. ■

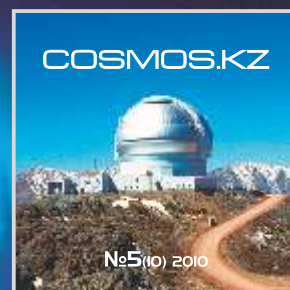
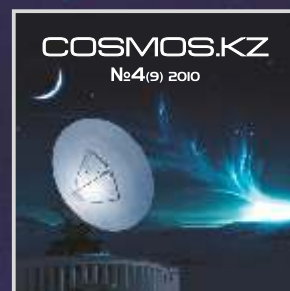


Журнал «Космические исследования и технологии» — достоверная информация
о международном космическом сотрудничестве



cosmos.kz

The first TV program
on space technologies
in Kazakhstan



www.cosmos.kz