



## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Талгат Мусабаев** —  
председатель, Казахстан  
**Меирбек Молдабеков** —  
заместитель председателя, 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  
**Мартин Свитинг** —  
исполнительный председатель совета директоров компании  
Surrey Satellite Technology Limited (SSTL), Великобритания  
**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  
**Ризат Нуршабеков** —  
председатель комитета связи и информатизации  
Министерства транспорта и коммуникаций, Казахстан

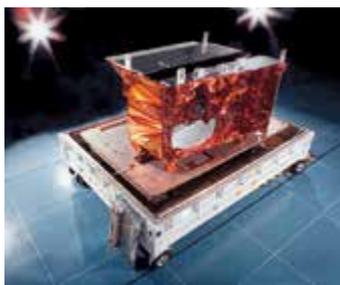
Журнал представлен в Федеральном космическом агентстве России,  
Государственном космическом агентстве Украины, NASA (США), ESA,  
DLR (Германия), JAXA (Япония), Израильском космическом агентстве,  
CNES (Франция), UKSA (Великобритания), SSTL, AIRBUS DEFENCE &  
SPACE, THALES ALENIA SPACE, SPACEX, ORBITAL 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, SPACEX, ORBITAL  
SCIENCES CORPORATION, GISTDA (Thailand), S.P. Korolev Rocket and  
Space Corporation Energia, M.V. Khrunichev 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», № 4(9) 2013

**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», № 4(9) (2013)  
**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 Brussov  
**Deputy Editor-in-Chief** Leonid Chechin  
**Official Representative in Moscow and Russian Federation**  
Elvira Khanko  
**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»



## ГЕОФИЗИКА

Наземно-космические технологии изучения динамики земной коры и развитие методов прогноза землетрясений

*Т.А. Мусабиев,  
Ж.Ш. Жантаев,  
А.Ж. Бибосинов*

**2**

Оптические исследования мезосферы в институте ионосферы

*А.Б. Андреев,  
В.М. Сомсиков*

**8**

## ПРОГНОЗ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Возможности использования многолетней спутниковой информации

при мониторинге засух для регионов Казахстана

*И.С. Витковская,  
М.Ж. Батырбаева,*

*А.М. Кауазов,  
Н.Р. Муратова*

**14**

## ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

Новый спутник для мониторинга территории Казахстана

*Л.В. Шагарова,  
М.М. Муратова,*

*О.Н. Скакова*

**22**

Центры космического мониторинга чрезвычайных ситуаций

*Б.Э. Бекмухамедов,  
И.В. Каипов*

**32**

## НОСИТЕЛИ

Возвращаясь к «супертяжу»

*Дмитрий Воронцов*

**40**

## LAUNCHERS

Returning to the «heavyweights»

*D. Vorontsov*

**50**

## ОСВОЕНИЕ КОСМОСА

Лунный ренессанс

*Нурлан Аселкан*

**58**

# Наземно-космические технологии изучения динамики земной коры и развитие методов прогноза землетрясений

**Т.А. МУСАБАЕВ**

НКА РК,

**Ж.Ш. ЖАНТАЕВ**

АО «НЦКИТ» НКА РК,

**А.Ж. БИБОСИНОВ**

Институт ионосферы АО «НЦКИТ» НКА РК



**О**бщая сейсмичность Земли достаточно точно определяется границами тектонических плит, вдоль которых распределена основная масса очагов землетрясений.

Картина резко отличается во внутриконтинентальных об-

ластях, в том числе в так называемых сейсмически активных регионах, где трудно определить какие либо закономерности в распределении очагов землетрясений в земной коре.

Известно, что тектонически активные регионы являются и сейсмически активными, и есте-

ственно их отнесение к сейсмически опасным регионам.

В последние десятилетия регистрируются крупные очаги землетрясений, происходящих в асейсмичных регионах. В первую очередь это связано с неизвестными геодинамическими процессами в земной

коре, в зонах крупных разломов, которые были отнесены к разломам с неактивными геодинамическими движениями. Во вторую — с изменением геомеханического равновесия в земной коре в связи с антропогенным воздействием на земную кору. Особенно это проявляется на локальных участках земной коры, где происходит интенсивная разработка и добыча полезных ископаемых из недр земной коры, что может привести к техногенным катастрофам — вызванная сейсмичность, аномальные как по амплитуде, так по скорости движения в земной коре.

Можно предположить, что сейсмическая активность, как на тектонически активных регионах, так и на асейсмичных областях подчинены некоторым общим закономерностям движения земной коры обширных геотектонических территории земной коры.

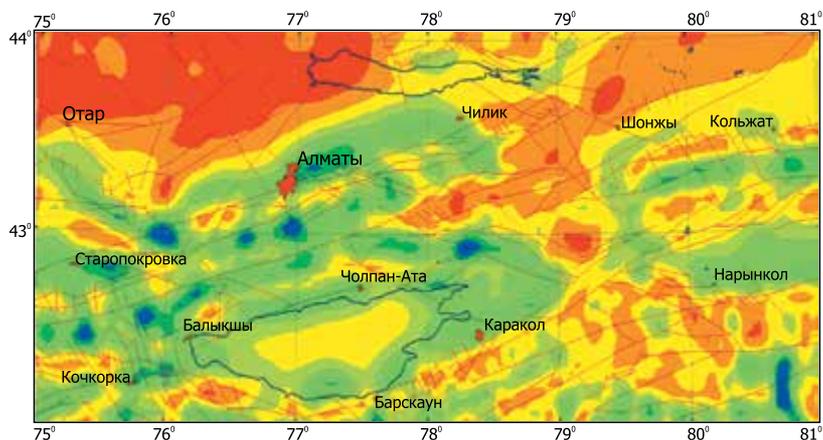
Современные технологии изучения сейсмичности и тектонической активности определенных территорий наземными геофизическими, сейсмологическими и геолого-тектоническими методами могут охватывать только ограниченные территории. Это связано с естественными государственными границами и, что особенно важно, с самими системами сети измерительных



наблюдений, зачастую развернутых на ограниченных участках земной коры, где происходят сейсмические события и наблюдается современная тектоническая активность.

Эти измерения или наблюдения могут не дать общей динамики геодинамических процессов в земной коре во времени и в пространстве.

Возможность учета общих

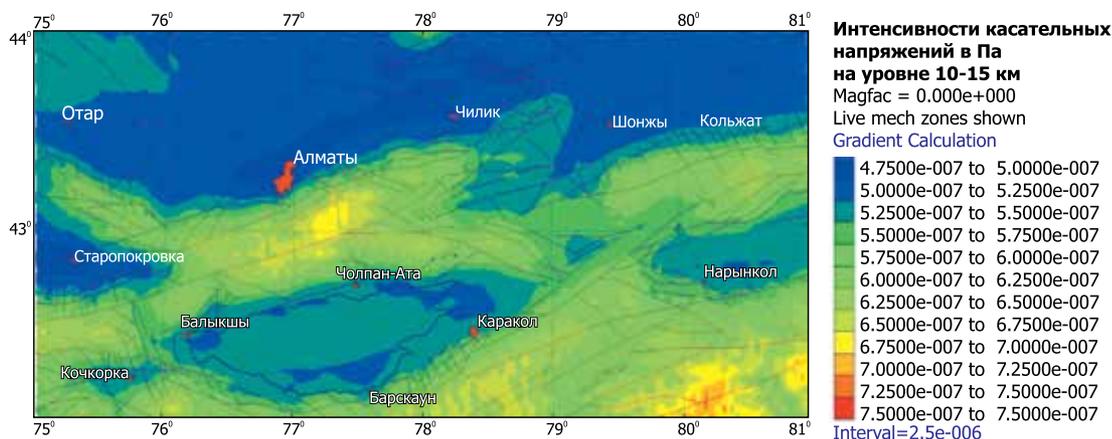


**Параметра Лоде-Надаи на уровне 10-15 км**

Magfac = 0.000e+000  
Live mech zones shown  
Gradient Calculation

- 8.2601e-001 to 8.4000e-001
- 8.4000e-001 to 8.6000e-001
- 8.6000e-001 to 8.8000e-001
- 8.8000e-001 to 9.0000e-001
- 9.0000e-001 to 9.2000e-001
- 9.2000e-001 to 9.4000e-001
- 9.4000e-001 to 9.6000e-001
- 9.6000e-001 to 9.8000e-001
- 9.8000e-001 to 9.9689e-001

Interval=2.0e-002



геодинамических закономерностей появились в последние десятилетия при использовании данных спутниковой геодезии, радиолокации и методов дистанционного зондирования.

Спутниковые измерения и их интерпретация позволили дать очень оригинальные

выводы об общих широкомасштабных закономерностях движения земной коры континентальных областей.

В данном случае при поиске возможных ключей для прогнозирования опасных катастроф (землетрясения, активные тектонические и техногенные

движения земной коры — геориски) появился очень существенный инструмент — измерение параметров движения земной поверхности методами космической геодезии.

Процесс медленных движений в земной коре (речь идет о скоростях сравнимых с несколькими десятками миллиметров в год) сопровождается процессами механического изменения в коре. Если предположить, что горные породы земной коры обладают свойствами среды, способной деформироваться как сплошная среда, то она будет обладать свойством накопления напряжений. Именно с таким представлением получены определенные успехи в построении математических и физических моделей очага землетрясения собственно техногенных геодинамических процессов при разработке рудных, нерудных, углеводородных месторождений.

Данная книга представлена с позиции возможности использования спутниковых данных о перемещениях земной поверхности в математических моделях деформации пород земной коры и определения мест концентрации напряжений, ответственных за возможность нарушения несущей способности коры, т.е. землетрясения.

Работа посвящена обзору современных возможностей космических технологий в изучении геодинамических





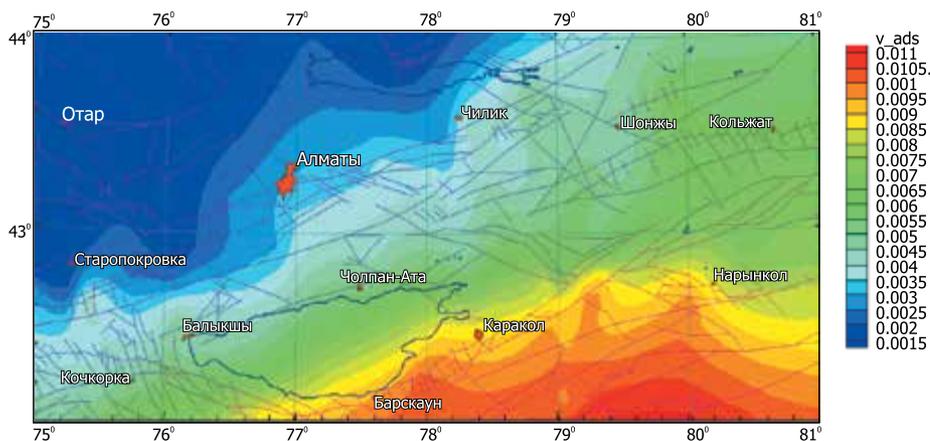
и сейсмических процессов в земной коре.

Рассмотрено применение спутниковой съемки с использованием радаров с синтезированной апертурой (РСА) в исследовании динамики деформационных процессов земной поверхности. На примере исследования месторождений Тенгиз и Карачаганак показано влияние добычи углеводородного сырья на характер вер-

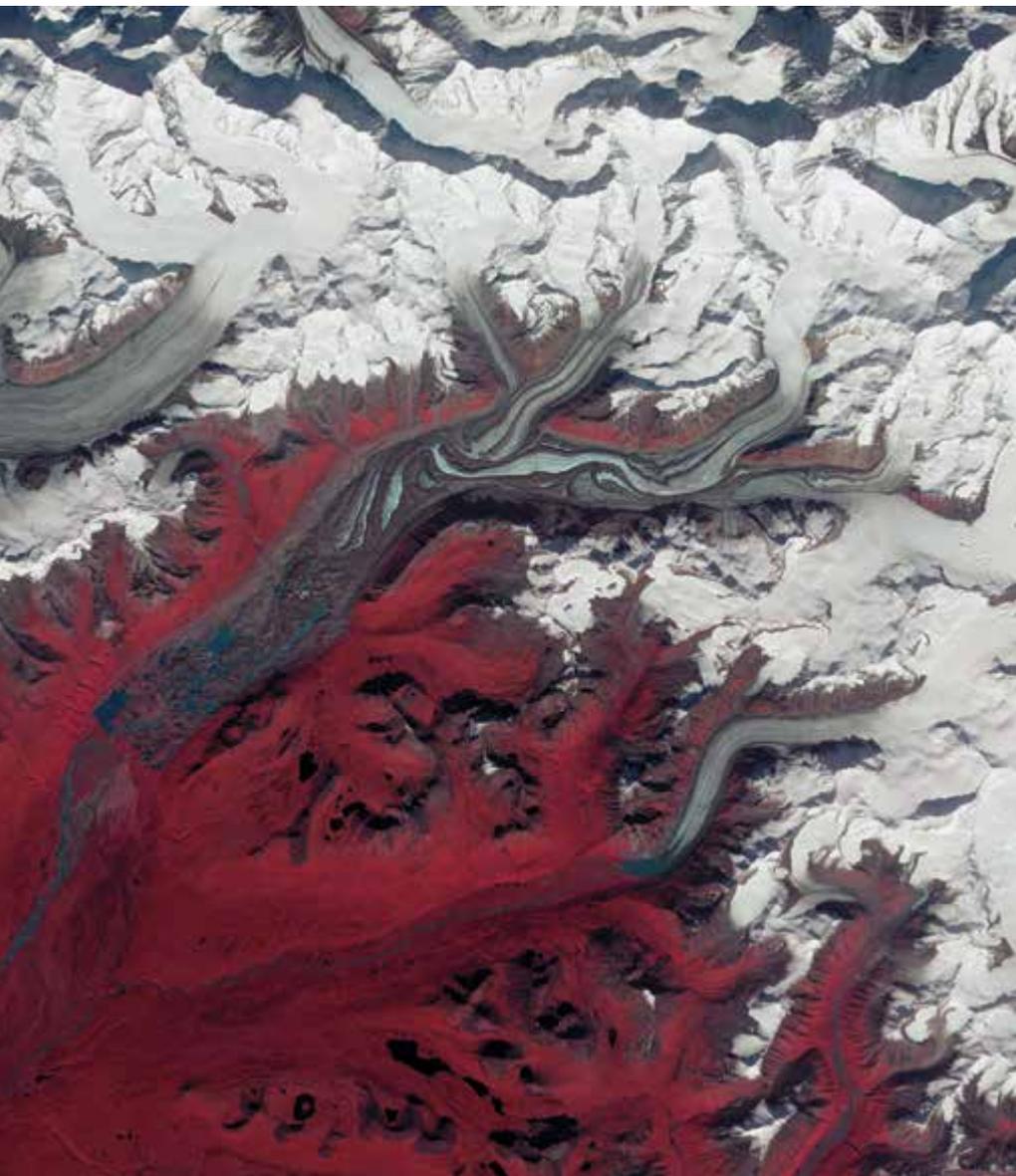
тикальных смещений земной поверхности при их добыче. Полученные результаты можно будет использовать для анализа и выявления динамики смещения земной поверхности в зонах активных разломов и их влияния на инфраструктуру месторождений, промышленные сооружения, нефте- и газопроводы.

Также рассмотрены задачи о напряженном состоянии земной коры, представленной

упругим или вязкопластическим полупространством, в окрестности неоднородности рельефа или механической неоднородности, моделирующей разлом, в условиях плоской и осесимметричной деформации. Задачи решались методом возмущений. Проведена количественная оценка различных параметров деформации и напряжений на поверхности и внутри полупространства.



Распределение скоростей движения земной поверхности Северного Тянь-Шаня (Горизонтальная составляющая)



Изучена деформация упругого и неупругого трещиноватого полупространства в окрестности разлома, моделируемой неоднородностью механических свойств среды в виде непрерывной функции, с минимальными значениями на оси разлома. Показана особенность деформации при различных углах наклона оси разлома к поверхности полупространства. Выявлены углы наклона в одной четверти, при которых движения берегов разлома могут сменить знаки движения при одних и тех же направлениях внешних сжимающих сил. При

вязкопластическом течении материала среды показана особенность распределения скоростей возмущенного течения.

Рассмотрен процесс локализации деформации в окрестности мягкого включения с повышенной трещиноватостью в упруго-пластическом полупространстве.

Исследуется объемное напряженное состояние упругой коры под действием веса нескомпенсированного реального рельефа юга Казахстана. Рассмотрено влияние на напряженное состояние коры приливообразующих или тектони-

ческих сил с учетом реального рельефа.

Представлены расчеты по моделированию напряженно-деформированного состояния земной коры Северного Тянь-Шаня на основе данных спутниковой геодезии. Объектом исследований являются современные движения земной поверхности, геологические, геофизические и геодинамические особенности строения земной коры и литосферы сейсмоопасных регионов.

Существующие сейсмические риски в регионах Восточного, Юго-Восточного и Южного Казахстана продолжают возрастать, что обусловлено углублением урбанизации этих регионов и практическим отсутствием прогноза сейсмической опасности во всем энергетическом спектре известных здесь сейсмических событий. Особую актуальность и значимость приобретают космические технологии при исследованиях геодинамических процессов, протекающих в верхней части земной коры, и имеющих как естественную, так и техногенную природу. Интерес к исследованиям современных движений и деформаций во многом обусловлен тем, что безопасное ведение человеком хозяйственно-экономической деятельности возможно только при получении целостной картины о происходящих в недрах Земли и на ее поверхности процессах. Мониторинг, направленный на обеспечение геодинамической и геоэкологической защиты окружающей среды, объектов природопользования и потенциально опасных производств с использованием инновационных наземно-космических методов исследования геодинамических процессов в земной коре, а также методов математического моделирования геомеханических процессов в земной коре, является научной задачей.



За последние 15-20 лет роль GPS стала одной из главных в исследовании современных движений земной поверхности, как обладающей наибольшей чувствительностью к медленным движениям, и после применения определенной технологии наблюдений и обработки данных, обеспечивающей приемлемую точность определения скоростных параметров. В настоящее время продолжают GPS-наблюдения в непрерывном режиме на Северном Тянь-Шане вблизи г. Алматы и сосредотачиваются они

вблизи линии критической скорости деформирования поверхности.

В основе расчетов лежат экспериментальные данные наблюдений глобальных GNSS-сетей и локальных GPS-станций на территории Северного Тянь-Шаня, сгруппированные в Каталог данных современных движений земной поверхности. По одновременной и единой методике, принятой для Центрально-Азиатского региона, составлены карты горизонтальных и вертикальных скоростей современных движений, отражающих в большей степени

напряженно-деформированное состояние земной коры.

Получена оценка влияния сейсмической активности на геомеханические свойства и геодинамическое состояние горных пород. Составлены по глубинные карты напряжений, деформаций и зон сжатия-растяжения. Показано, что мониторинг параметров напряженно-деформированного состояния в земной коре исследуемых регионов от воздействия сейсмичности позволяет дать объективную оценку сейсмической опасности исследуемых сейсмоопасных регионов. ■

# Оптические исследования мезосферы в институте ионосферы

**АНДРЕЕВ А.Б.,**

Научный сотрудник института ионосферы

**СОМСИКОВ В.М.,**

доктор физико-математических наук, профессор



Атмосфера является сложной многосвязной средой, определяющей не только климат, погоду, но и само существование всего многообразия жизни на Земле. От ее поведения зависит развитие практически всех областей деятельности человека, начиная от сельского хозяйства, кончая космической отраслью. Особенно ее изучение стало актуальным в последние десятилетия, когда стали наблюдаться процессы заметного изменения климата. В этой связи становится понятным то особое внимание, которое сегодня уделяется изучению ее физики.

Структура атмосферы, ее динамика определяются всей ее толщей. Поэтому для понимания происходящих в ней физических процессов используются всевозможные методы исследований всех составляющих ее слоев. Одним из таких методов является исследование собственного свечения атмосферы Земли на высотах мезосферы. Этот метод особенно широко применяется последние десятилетия для мониторинга состояния атмосферы. Он дает информацию о динамике, химическом составе атмосферного газа на высотах мезосферы.

## Мезосфера

Мезосфера — это слой атмосферы на высотах примерно

от 40 до 90 км, температура в котором повышается с высотой.

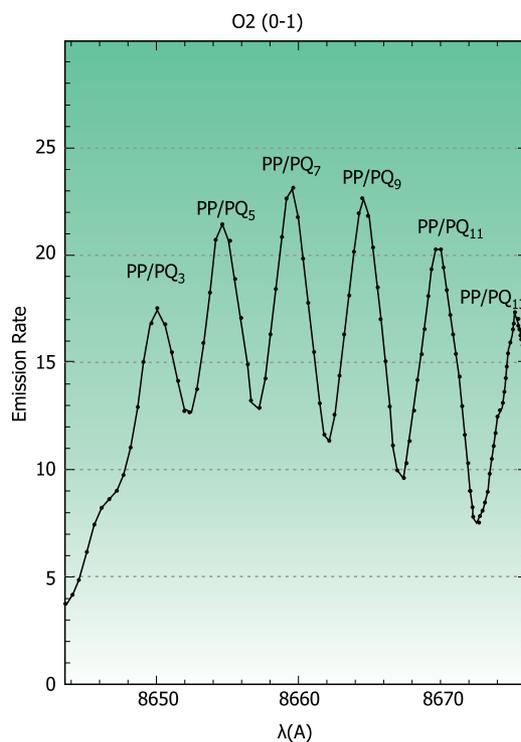
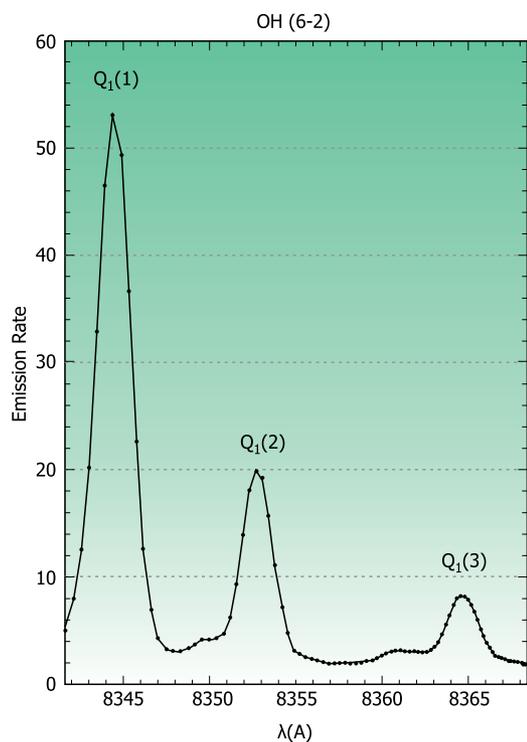
Мезосфера является наиболее чувствительной к внешним воздействиям частью атмосферы, что делает ее своеобразным индикатором изменений климата. Так, даже незначительные изменения в распределении температуры сильно меняют картину распространения волновых возмущений в мезосфере, а поскольку внутренние волны переносят значительную энергию, это приводит к существенным изменениям в атмосфере в целом. При столь значительной роли, на сегодня мезосфера представляет собой наименее изученный слой атмосферы.

Пространственно-временное распределение параметров верхней границы мезосферы — мезопаузы отображает приток энергии сверху, обусловленный поглощением ультрафиолетового излучения Солнца, и снизу, за счет распространения вверх волновых возмущений от крупномасштабных динамических процессов из нижней атмосферы. Это сложное



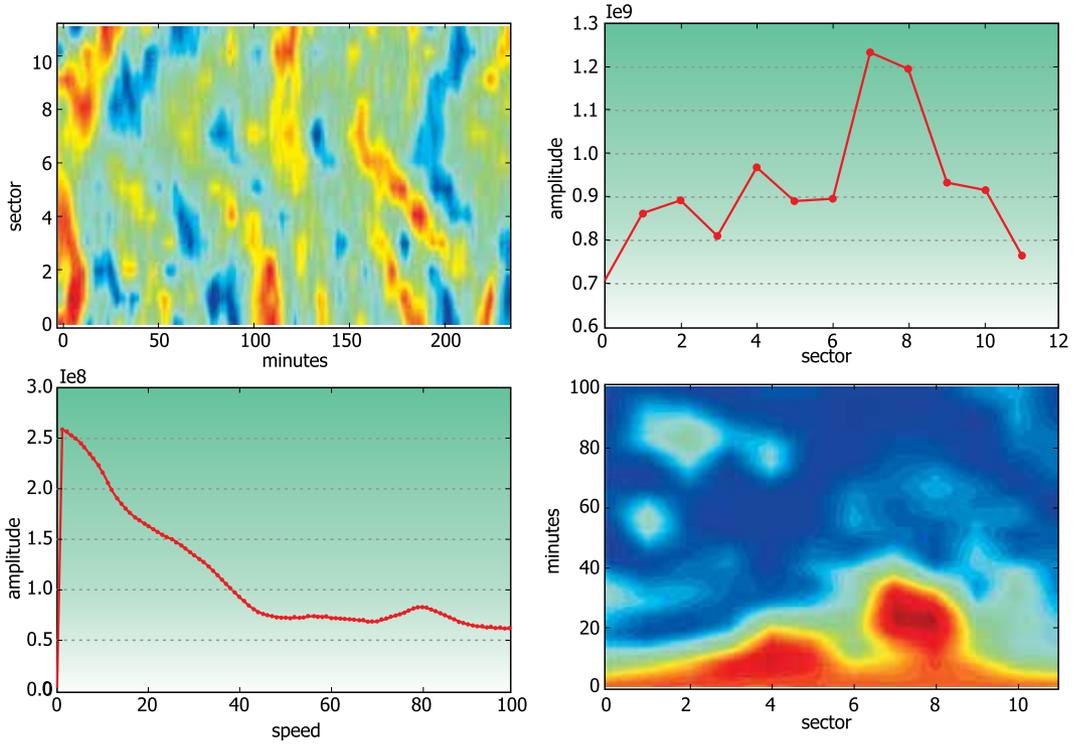
явление в свою очередь проявляется в характеристиках эмиссий этих областей атмосферы, среди которых наиболее информативным является излучение гидроксила. Эта его особенность обусловлена тем, что оно обладает такими важными для исследования про-

цессов в среде атмосферы параметрами, как вращательная температура, которая является индикатором температуры окружающей среды на высотах свечения гидроксила, и интенсивность излучения — индикатор скоростей процессов преобразования энергии.



**Рисунок 1.** Колебательно-вращательные спектры гидроксила и молекулярного кислорода, регистрируемые на SATI

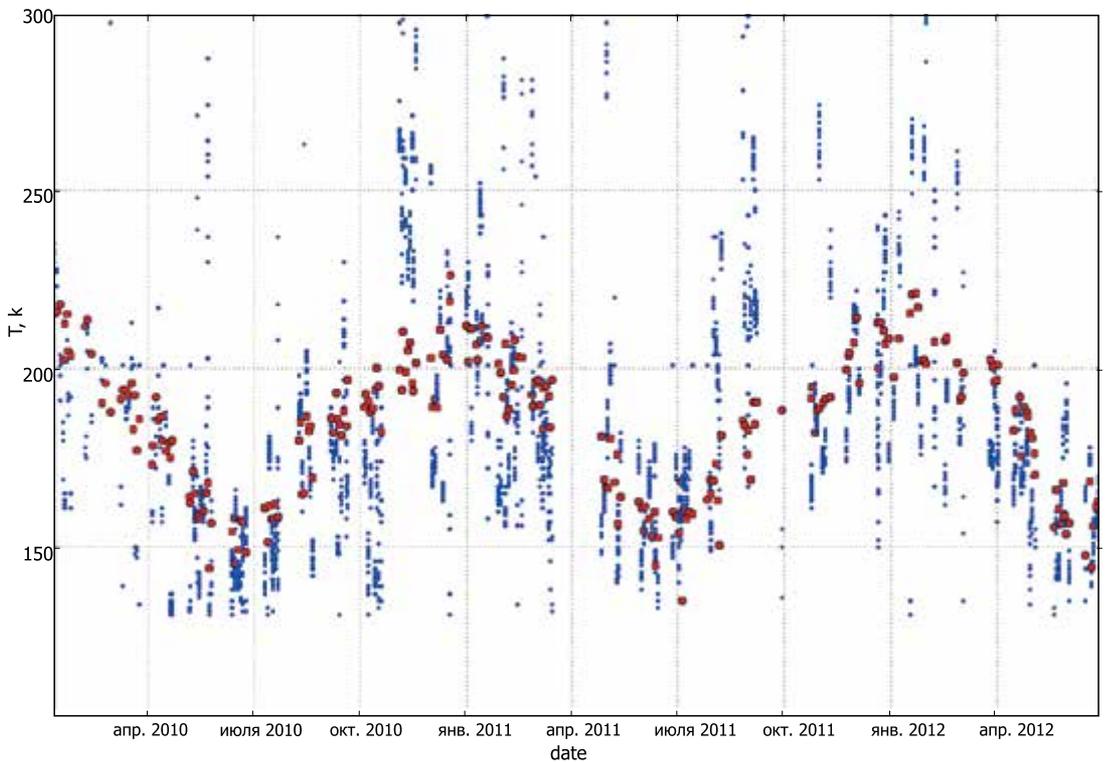
ОН, 2010-05-11



**Рисунок 2.**  
Автоматическое выявление акустико-гравитационных волн в данных SATI

В интенсивности оптического свечения верхней атмосферы наблюдается зависимость от солнечной и геомагнитной активности, регистрируются вариации, обусловленные наличием в атмосфере внутренних гравитационных волн, стратосферными потеплениями, сейсмической и метеорной активностью и др. За последние десятилетия резко

**Температура в слое гидроксила на высоте 85 км по данным SATI (•) и по данным MLS AURA (•)**



**Рисунок 3.**  
Сопоставление результатов измерения температуры гидроксила на SATI и спутниковых измерений температуры MLS



возросла роль антропогенного влияния на атмосферу, верхняя часть которой (высоты 80 километров и более) особенно чувствительна к нему. Изменения в верхней атмосфере, обусловленные этим влиянием, также отражаются на характеристиках эмиссии гидроксила. Однако до настоящего времени некоторые из них были мало исследованы. Это и представляет собой актуальную задачу.

#### Оптические исследования

В настоящее время установлено, что некоторые нерегулярные гелио-геофизические процессы и явления в околоземном космическом пространстве оказывают значительное влияние на характеристики собственного свечения верхней атмосферы Земли.

Оптические исследования собственного свечения атмосферы на высотах мезосферы сегодня делятся на два вида — наземные и спутниковые. Здесь мы остановимся на наземных мето-

дах ее исследования. Наземные исследования выполняются с помощью разного рода фотометров и спектрометров, зенитных и пространственных, регистрирующих свечение определенных линий спектров компонентов атмосферного газа.

Началом оптическим исследованиям в институте было положено в период реализации государственной программы «Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005-2007 годы». В 2007 году на высокогорном комплексе Института ионосферы радиополигона «Орбита» на высоте 2730 метров над уровнем моря (43°03'30" с. ш., 76°58'24" в. д.) была установлена аппаратура нового поколения для исследования собственного свечения ночного неба SATI-4 (Spectral Airglow Temperature Imager).

SATI — это спектрометр, позволяющий получать спектральные изображения ближней инфракрасной зоны свечения полос гидроксила OH(6-2) с длиной волны 836 nm и мо-

лекулярного кислорода O<sub>2</sub>(0-1) с длиной волны 867 nm с пространственно разнесенных участков ночного неба. Эти спектральные полосы соответствуют колебательно-вращательной температуре гидроксила и молекулярного кислорода, и представляют собой несколько близких спектральных линий — 3 линии, отстоящие друг от друга на 0.18nm для гидроксила, и 6 линий, отстоящих на 0.13nm для кислорода. По соотношению интенсивности этих линий рассчитывается колебательно-вращательная температура излучающего газа.

С августа 2009 года SATI начал работать в регулярном автоматическом режиме, записывая поочередно спектральные изображения с фильтрами O<sub>2</sub> и OH, с экспозицией 2 минуты, непрерывно, в течение каждой ночи. С мая 2010 года прибор был переведен на другой режим работы — для получения лучшей дискретизации по времени используется только фильтр OH, и экспозиция 1



минута, то есть временное разрешение получаемых данных составляет 1 минуту. По настоящее время прибор SATI Института Ионосферы работает в таком режиме. Это позволяет решать широкий круг задач, начиная от исследования распространения акустических волн от поверхности Земли, возникающих в периоды повышенной сейсмоактивности, и заканчивая проблемами климатических особенностей поведения атмосферы.

SATI позволяет регистрировать как короткопериодные атмосферные возмущения, такие как акустико-гравитационные волны во всем диапазоне характерных для них периодов, так и длиннопериодные приливные

и планетарные волны, а также производить мониторинг абсолютных значений температуры и эмиссии на высоте мезосферы.

Так, акустико-гравитационные волны выявляются автоматически, в процессе обработки спектральных изображений. При этом регистрируется длина волны, ее период и направление распространения.

Накопленного за 4 года регулярных измерений экспериментального материала достаточно для выявления статистически значимых закономерностей в сезонной зависимости параметров на высоте мезопаузы, и для исследования мезосферы в разных фазах цикла солнечной активности. Дальнейшие измерения

и накопление статистического материала позволят проанализировать климатические изменения абсолютных значений температуры и волновых характеристик в мезосфере за длительный период.

Наземные оптические исследования мезосферы хорошо дополняют спутниковые измерения параметров атмосферы, проводимые в последние годы, такие как оптический эксперимент MLS (Microwave Limb Sounder) на спутнике NASA Aura и исследования атмосферы радиозатменными методами (COSMIC и другие), позволяя получать пространственную картину волновых возмущений малых масштабов, с более высоким временным

разрешением и пространственным разрешением по горизонтали порядка нескольких километров, недоступную спутниковым измерениям.

Данные о температуре гидроксидов, полученные на инструменте SATI, хорошо коррелируют с данными экспериментов MLS и COSMIC. При этом превосходят спутниковые данные по пространственному и временному разрешению, позволяя наблюдать отдельные волны в мезосфере с амплитудой в несколько градусов, регистрируя при этом горизонтальное направление распространения, скорость и длину волны. Это позволяет использовать инструмент SATI для обнаружения волновых возмущений в мезосфере, вызванных отдельными слабыми гелио-геофизическими событиями, такими как землетрясения, метеориты или метеорологические возмущения.

В настоящее время в Институте ионосферы с использованием инструмента SATI проводятся такие работы как: исследование перемещающихся волновых возмущений, исследование распространения орографических возмущений до высот мезосферы, исследование параметров мезосферы во вре-

мя внезапных стратосферных потеплений, во время сильных сейсмических событий, исследование влияния солнечной активности на характеристики мезосферы и другие.

Получаемые результаты позволили выявить закономерности прохождения акустических волн через толщу атмосферы, взаимосвязи погодных условий и интенсивности акустико-гравитационных волн в районе мезопаузы, определить сезонные особенности волновых процессов в мезосфере.

В качестве целей дальнейших работ на ближайшее время обозначается получение фоновой волновой картины в мезосфере и определение формирующих ее факторов; выявление случаев воздействия на мезосферу нерегулярных гелио-геофизических событий — землетрясений, солнечных и магнитных возмущений и др.; изучение климатических особенностей характеристик мезосферы и их влияние на динамические процессы в тропосфере, а также выявление роли волновой активности в мезосфере в стратосферных потеплениях; изучение оптических характеристик атмосферы и ее радиационного режима как



основного показателя экологической устойчивости биосферы. ■

### Литература

1. G. G. Shepherd. Spectral Imaging of the Atmosphere, Vol. 82 of the International Geophysics Series Academic, San Diego, Calif., 2002.
2. S.I. Sargoytchev, S.Brown, B. H. Solheim, Y-M. Cho, G. G. Shepherd, and M. J. López-González. Spectral airglow temperature imager SATI: A ground-based instrument for the monitoring of mesosphere temperature. Applied optics, 43, 30, 2004.
3. Aushev V.M., Fedulina I.N., Gordienko G.I., López-González M.J., Pogoreltsev A.I., Ryazapova S.Sh. and Shepherd M.G. Effects in the mesosphere and ionosphere observed at northern midlatitudes. Journal of Planetary and Space Science, 2006, V. 54.-pp. 559-571.
4. Семенов А.И., Баканас В.В., Перминов В.И., Железнов Ю.А., Хомич В.Ю. Спектр излучения ночной верхней атмосферы Земли в ближней инфракрасной области. Геомагнетизм и аэронавигация. 2002. Т. 42. № 3. С. 407-414.
5. C. D. Rodgers. Retrieval of atmospheric temperature and composition from remote measurements of thermal radiation. Reviews of Geophysics and Space Physics, 14(4):609–624, 1976.

# Возможности использования многолетней спутниковой информации при мониторинге засух для регионов Казахстана

**ВИТКОВСКАЯ И.С.,  
БАТЫРБАЕВА М.Ж.,  
КАУАЗОВ А.М.,  
МУРАТОВА Н.Р.**

ДТОО «Институт космических исследований имени академика Султангазина У.М.»



**Д**етектирование изменений объектов растительного покрова территории республики, оценка масштабов этих изменений, возможность прогноза дальнейшего развития — это проблемы, имеющие практическую значимость и требующие повышенного внимания.

Засуха — комплексное природное явление, которое наблюдается в разных климатических зонах и связано с дефицитом влаги. Трудности в определении засухи связаны с необходимостью рассмотрения разных компонентов гидрологического цикла, а также пери-

одов времени и сред, когда и где проявляется дефицит влаги, соответственно. Формирование засух разной интенсивности и продолжительности обусловлено взаимодействием множества физических механизмов. Засухи, особенно в их экстремальном проявлении, оказывают ускоряющее воздействие на развитие опустынивания.

Согласно классификации всемирной метеорологической организации (ВМО) различают следующие типы засух: метеорологическую, климатологическую, атмосферную, сельскохозяйственную, гидрологическую и социальную. Сельскохозяйственная засуха — природное

явление, характеризующиеся длительным отсутствием осадков, повышенными температурами воздуха и почвы, ветрами. В комплексе это приводит к истощению влаги в почве, нарушению водного баланса растений и недобору урожая или гибели всего посева.

Результаты исследований, проведенных климатологами в рамках проекта ПРООН/ГЭФ по подготовке Второго Национального сообщения Казахстана по изменению климата, свидетельствуют о том, что температурный режим на территории Казахстана изменяется, в основном, в сторону потепления. Повышение температуры наблюдается практически повсеместно и во все сезоны года, отмечается увеличение частоты и повторяемости засух, а также повышение засушливости на территории ряда регионов Казахстана. Подобные метеорологические тенденции безусловно приводят к ответной реакции экосистем и, в первую очередь, вегетационного покрова, как наиболее динамичного компонента.

Для территории республики наступление и развитие засух является наиболее типичной ситуацией природного характера, сопровождающейся резким снижением урожайности сельскохозяй-

ственной продукции, нарушением режима функционирования пастбищ, что приводит к экономическому ущербу. Основные посевные площади зерновых культур расположены в северных областях Казахстана и являются непродуктивными, для них характерна сильная зависимость урожайности от погоды. Здесь засушливые условия развиваются практически ежегодно на той или иной территории.

В последние годы отмечается уменьшение продуктивности на большей части посевных площадей зерновых культур и на пастбищных территориях, связанное с недостаточным увлажнением и учащением засушливых лет. В связи с этим, идентификация засух и изучение их влияния на состояние растительного покрова, процессы сельскохозяйственного производства, исследование пространственно-временных особенностей развития засушливых условий на территории Казахстана имеют важное научное и прикладное значение.

Традиционно засухи и засушливые явления диагностировались по данным наземных метеостанций. При традиционных определениях засухи и ее параметров используют такие метеорологические данные, как количество осадков, температура поверхности почвы и воздуха, влажность почвы и воздуха и др. Для разных природных условий предложены разнообразные индексы, позволяющие проводить мониторинг засухи, но единого универсального индекса, пригодного для всех обстоятельств и любых территорий не существует.

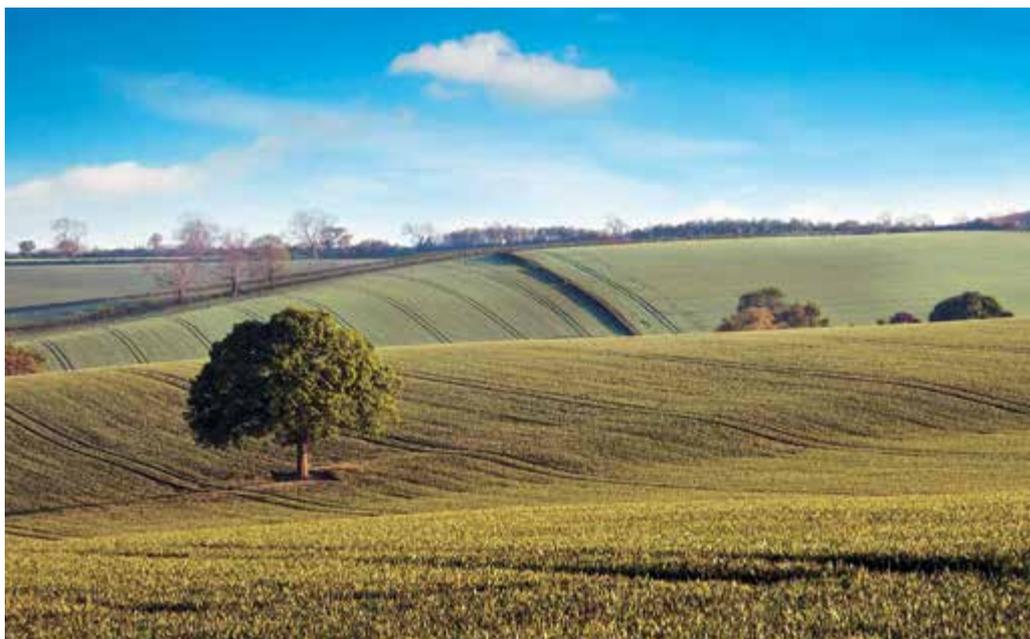
Однако, сеть метеостанций в Казахстане является редкой, измерения — точечными и интерполируемыми на большие территории. Своевременное выявление территорий, подвергшихся засухе, наряду

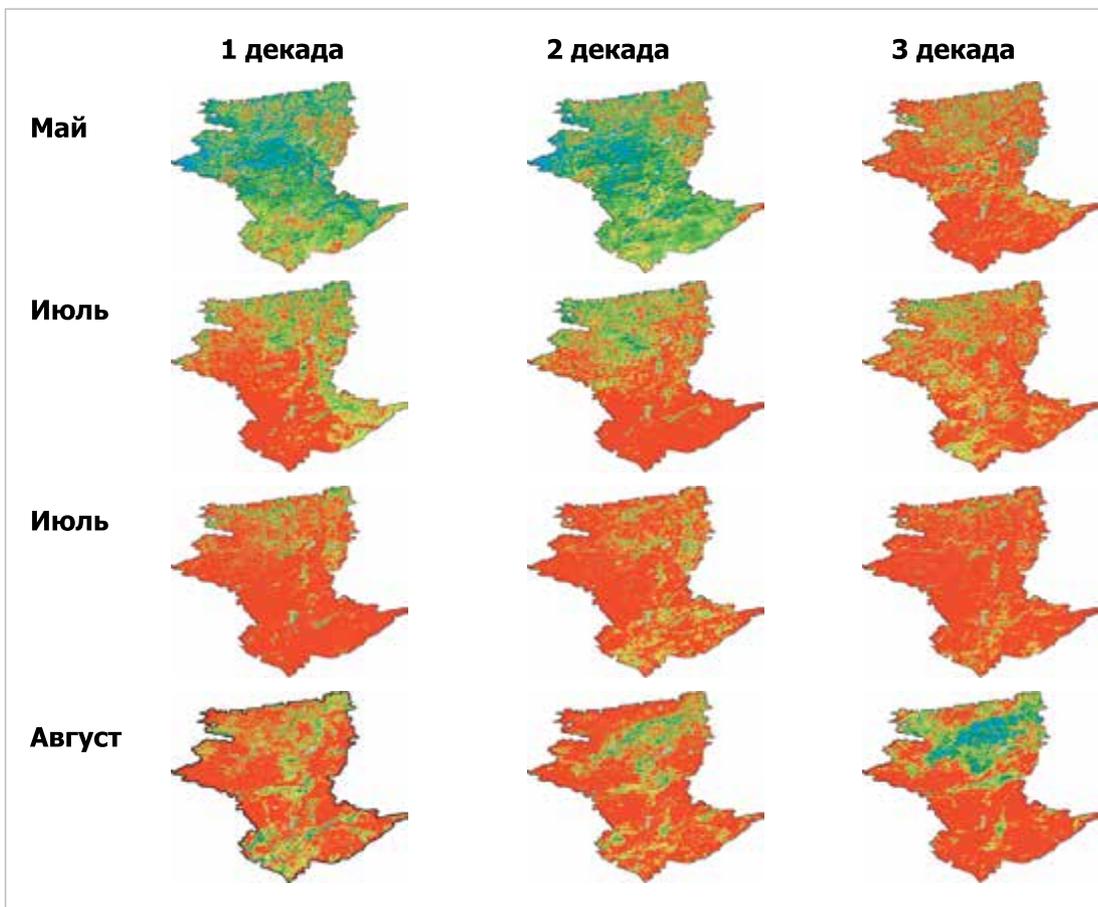


**Рисунок 1 —** Сезонная динамика индекса NDVI, Акмолинская область (A) — вегетационный сезон 2012 года; (B) — вегетационный сезон 2009 года

с наземными данными требует применения оперативной космической информации.

На современном этапе, используя данные космических съемок, можно проследить раз-





**Рисунок 2 —**  
 Распределения  
 декадных значений  
 индекса VCI  
 в вегетационном  
 сезоне 2012года,  
 Костанайская  
 область

вите и распространение сельскохозяйственной засухи, выявить территории, пораженные этим явлением в различной степени, дать своевременный прогноз по потере урожая. Спутниковая информация широко применяется для распознавания и мониторинга засушливых периодов с учетом их экстремальности, а также прогнозирования их изменчивости в рамках регионального и глобального масштабов.

Вопросами мониторинга сельскохозяйственной засухи, определением рисков, оценкой ущерба занимаются исследователи в различных странах мира, так как увеличение частоты и интенсивности засух наблюдается практически повсеместно и является мировой проблемой. На современном этапе в развитых странах основное внимание уделяется разработке методов и технологий темати-

ческой обработки космических данных в теоретических и прикладных целях. Многие государства имеют собственные системы космического мониторинга состояния растительного покрова на принадлежащих им территориях с целью раннего распознавания и предупреждения последствий засух.

К числу таких систем мониторинга можно отнести:

- U.S. Geological Survey (USGS) — National Integrated Drought Information System (NIDIS) — Национальная информационная интегрированная система засух. Цель создания — определение потенциальных последствий засух и связанные с ними риски, рекомендации по поддержке принятия решений необходимых для подготовки и смягчения последствий засух в США;
- National Remote Sensing Centre National

Agricultural Drought Assessment and Monitoring System (NADAMS) Национальная система мониторинга оценки засух на территории Индии;

- Сервис ВЕГА (Россия) — спутниковый сервис анализа вегетации. Мониторингу подлежат посевы сельскохозяйственных культур, в том числе озимых и яровых культур. В основе сервиса лежат архивы данных о состоянии растительности на территории России.

Растительный покров является наиболее динамичным компонентом окружающей среды, и изменения его состояния могут служить визуально-определяемыми индикаторами погодных и антропогенных воздействий на экосистемы. Основным способом детектирования засух при использовании методов дистанционного зондирования являются ис-



пользование различных индексов вегетации, рассчитанных по значениям красного и ближнего инфракрасного участков спектра отражения. Разработано большое количество методов, основанных на спутниковых вегетационных индексах, главным преимуществом которых является легкость их получения и широкий диапазон решаемых с их помощью задач.

Анализ условий засушливости на основе спутниковой информации базируется на связях состояния растительности с ее спектральными отражательными способностями. Воздействие засушливых условий сказывается на состоянии растительности, приводя к уменьшению хлорофилла в листьях и стеблях. Это приводит к изменению характеристик отраженного сигнала, что фиксируется в результате съемки спутниковым радиометром. Несмотря

на инертность растительного покрова, его состояние является косвенным индикатором при установлении устойчивых засушливых условий.

Выявление пострадавших от засухи регионов, а также картографирование и оценка площадей поврежденных участков растительности как культивируемой, так и естественной, основано на анализе многолетних временных серий различных индексов.

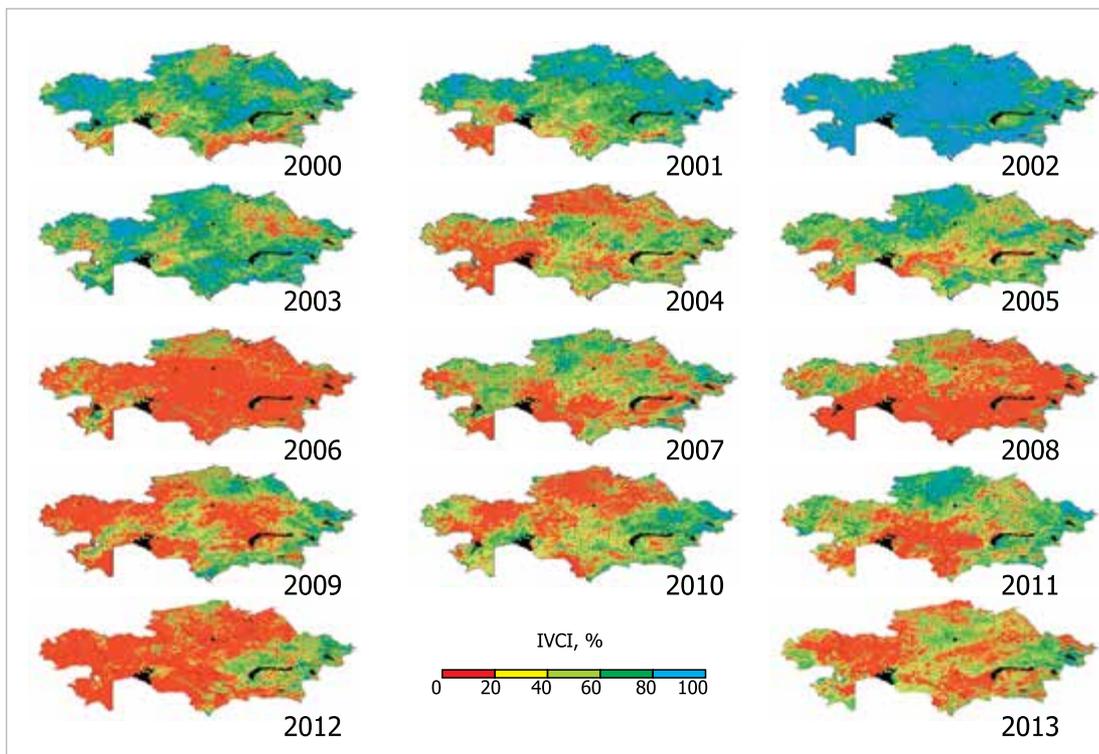
В качестве исходных данных, получаемых из космической информации, обычно используют нормализованный вегетационный индекс NDVI, значения которого отражают суммарное воздействие природных (долговременных) и погодных (краткосрочных) факторов влияния на продуктивность растительности.

Индекс условий вегетации VCI, являющийся результатом

взвешивания NDVI за многолетний период, уменьшает влияние погодных факторов. Значения VCI традиционно используются в качестве коэффициента влияния сезонных метеоусловий на объем наземной биомассы. В мировой практике мониторинга засухи значения  $VCI < 30\%$  считаются признаком засухи. Индекс VCI был успешно применен при изучении климатологии засухи на юго-востоке Русской равнины.

В Казахстане развитие методов и технологий космического мониторинга засух осуществляется со второй половины 90-х годов XX века. В процессе адаптации методологии вегетационных индексов для территории Казахстана было доказано, что индексы NDVI и VCI могут быть использованы для мониторинга состояния растительного по-

**Рисунок 3 —** Распределения интегрального индекса условий вегетации IVCI по территории Казахстана за период 2000-2012



крова, детектировании засухи и оценки ее воздействия на продуктивность пастбищ и посевов. Вариации растительности в пределах вегетационного сезона описываются распределениями NDVI/VCI. Для условий Казахстана значения NDVI зависят от агроклиматических зон: так для аридных и полуаридных территорий индекс принимает значения 0,2-0,4, для лесостепи эти значения повышаются.

В результате многолетних исследований определено, что распознавание засушливых погодных условий на полуаридных территориях Казахстана и мониторинг их последующего развития эффективнее проводить с использованием как дифференциальных, так и интегральных индексов вегетации. При этом, дифференциальные вегетационные индексы (NDVI, VCI) позволяют определять состояние растительности и его изменения в течение сезона, а для анализа долговременных изменений продуктивности растительного

покрова эффективно использовать интегральные вегетационные индексы: IVI — характеризует накопленный за весь сезон объем зеленой биомассы и вычисляется суммированием NDVI-композигов за вегетационный сезон в каждом пикселе; IVCI — описывает межгодовые вариации погоды. Значения IVCI менее 30% могут быть использованы для оценки неблагоприятности погодных условий для вегетационного сезона в целом. Простота расчета этих индексов является немаловажным преимуществом при цифровых матриц индексов из большого потока данных.

В ДТОО «Институт космических исследований имени академика У.М. Султангазина» АО НЦКИТ РК создана система космического мониторинга засух, основанная на VCI-методике и обеспечивающая:

- оперативный мониторинг, включающий картирование текущего состояния посевов и естественного растительного покрова, раннее распознавание признаков за-

сухи и выделение территорий, охваченных засухой;

- сезонный мониторинг, в рамках которого осуществляется контроль развития засухи, анализ сезонной динамики состояния растительности, определение тенденций и направлений распространения засухи;

- межсезонный мониторинг, предусматривающий анализ пространственно-временных закономерностей развития засух за многолетний период, количественную оценку частоты наступления засух.

Индексы вегетации рассчитаны по данным спутников NOAA и Terra/MODIS за период 2000-2012 гг.

Одной из наиболее важных задач мониторинга засухи является ее раннее распознавание. При проведении оперативного и сезонного мониторинга следует использовать дифференциальные индексы вегетации, позволяющие распознать наступление засухи и проследить ее развитие.

Сезонные распределения

индекса NDVI позволяют достаточно рано распознать возникновение этого грозного природного явления. Для засушливых лет отмечаются низкие значения максимума вегетационного пика ( $NDVI_{max}$ ) и, как правило, ранние даты наступления пика вегетации.

Известно, что в 2012 году северные и центральные области страны подверглись жестокой засухе. Для примера на рисунке 1(A) приведено распределение NDVI в вегетационном сезоне 2012 года для растительного покрова Акмолинской области в сравнении со среднеголетним значением, многолетними максимумом и минимумом для оценки развития растительного покрова. Для сравнения на рисунке 1(B) показана сезонная динамика NDVI для благоприятного по погодным условиям 2009 года.

В 2012 году, начиная со 2-й декады мая, значения NDVI естественной растительности уменьшаются и становятся меньше многолетних минимальных значений. Таким образом, уже к концу мая этого года возникла вероятность наступления засухи. Столь раннее определение ухудшения состояния растительности оказалось возможным благодаря наличию архива многолетних значений NDVI.

Кроме того, при распознавании засухи важное значение имеют величина пика NDVI и дата его наступления: для засушливых сезонов пик вегетации наступает рано и значения  $NDVI_{max}$  невелики.

Визуализация карт декадных значений VCI-индекса позволяет обнаружить участки появления засушливых условий. На рисунке 2 для примера показаны карта-схемы декадных значений индекса VCI в вегетационном сезоне май-август 2012 года для Ко-



станайской области. Низкие значения VCI, указывающие на стрессовое состояние растительности и охватившие в 3-й декаде мая большую часть области, впоследствии устойчиво наблюдаются на юге и западе, постепенно занимая практически всю территорию области. Дожди, прошедшие во второй половине августа, незначительно улучшили ситуацию на севере области.

Результаты мониторинга, оформленные в виде бюллетеней состояния растительности (как на посевных площадях, так и естественной), далее передаются заинтересованным организациям.

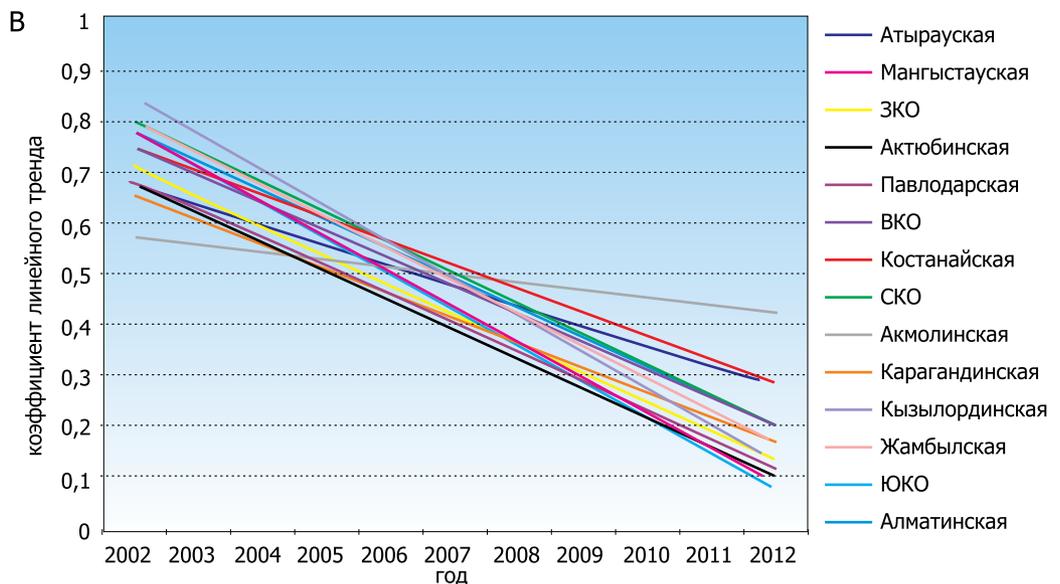
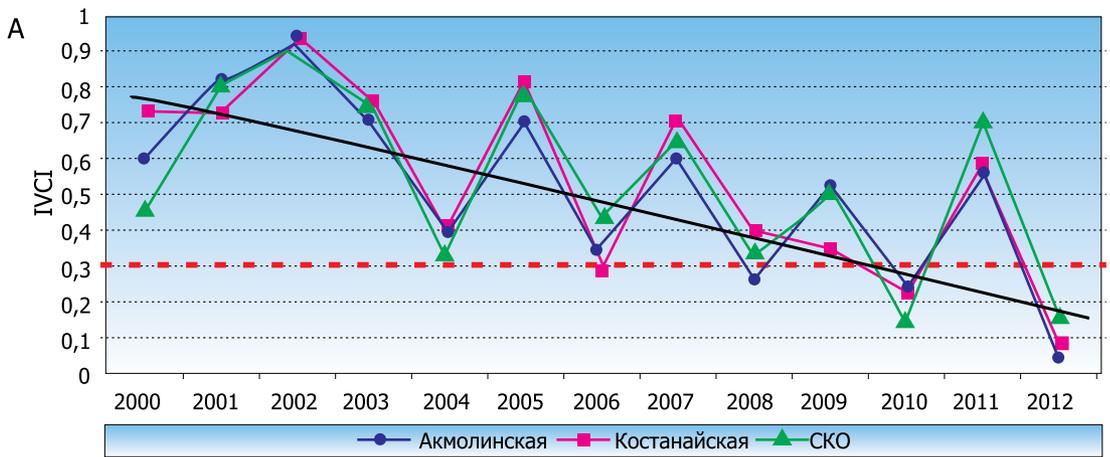
Многолетние цифровые матрицы интегральных индексов вегетации IVI, IVCI позволяют определить влияние погодных условий на растительный покров в течение вегетационного сезона в целом и ранжировать сезоны по степени благоприятности погодных условий для произрастания растительности. При этом карта-схемы индекса IVCI предо-

ставляют возможность визуализации расположения очагов засушливости, рисунок 3.

В последнее десятилетие отмечается увеличение засушливых лет. По данным спутниковой съемки, начиная с 2004 года, растительный покров территории Казахстана в целом находится под стрессовым воздействием погодных условий. Практически ежегодно наблюдаются засухи той или иной степени интенсивности.

Для территории республики абсолютным многолетним максимумом по благоприятности условий развития вегетации является 2002 год, наиболее неблагоприятными — 2006, 2012 годы. Как видно из спутниковых данных, в 2006 г. в условиях стрессового воздействия находилась практически вся территория Казахстана за исключением северных областей; в 2008 — центральные и восточные регионы; в 2010 и 2012 — западные и северные области республики.

Графическое представление результатов расчета



**Рисунок 4 —**  
Изменения интегрального индекса условий вегетации IVCI по территории Казахстана за период 2000-2012: (А) динамика индекса IVCI для северных областей; (В) тренды многолетних изменений индекса IVCI для областей Казахстана

вегетационных индексов позволяет оценить многолетние тенденции происходящих изменений (рисунок 4).

Наблюдается тренд уменьшения значений индексов IVI и IVCI, рисунок 4 (А). По значениям IVCI менее 0,3 могут быть четко выделены засушливые годы. Так, для северных областей Казахстана засушливыми годами являются 2004, 2006, 2008, 2010, 2012. При этом отмечается уменьшение значений индекса для каждого последующего засушливого года.

Полученные результаты характеризуют увеличение частоты наступления засух, их интенсивности и простран-

ственного охвата. Аналогичные расчеты могут быть проведены для различных по масштабу объектов (область, район, группа полей) с целью установления степени засушливости сезона по спутниковой информации.

На рисунке 4 (В) приведены линейные тренды для всех областей Казахстана за 2002-2012 гг. Применение индексов вегетации дает возможность констатировать засушливость сезона в целом, ранжировать каждый сезон в многолетнем ряду по степени засушливости и оценить пространственно-временные особенности каждой новой засухи.

Использование VCI-методики позволяет определить частоту наступления засушливых условий (появление низких значений IVCI). На рисунке 5 показана карта-схема частоты появления низких значений IVCI в 2000-2012 гг., обновляемая по результатам мониторинга в каждом сезоне. Для выявления участков на территории Казахстана, находившихся в засушливых условиях наиболее часто в 2000-2012 гг., к матрицам интегрального индекса условия вегетации применено пороговое значение 30%.

Априорная вероятность засухи, определяемая, как ча-

стота регистрации засухи за период наблюдений, является важной характеристикой, позволяющей оценить риск наступления засухи и возможный ущерб в текущем сезоне. По карте априорной вероятности наступления засушливых условий можно детектировать административные территории (район, хозяйство, поле), подверженные засухам в высокой, средней и слабой степени.

Наиболее часто возникновение засушливых условий по спутниковой информации отмечается в зоне, протянувшейся в субмеридиональном направлении через практически всю Кызылординскую, Карагандинскую, частично Акмолинскую и Павлодарскую области. В качестве многолетних очагов засушливости можно отметить Прибалхашье и западную часть Костанайской области.

Важным вопросом является не только установление факта засухи и отслеживание ее развития, но и прогнозная (априорная) оценка возможного наступления засушливых

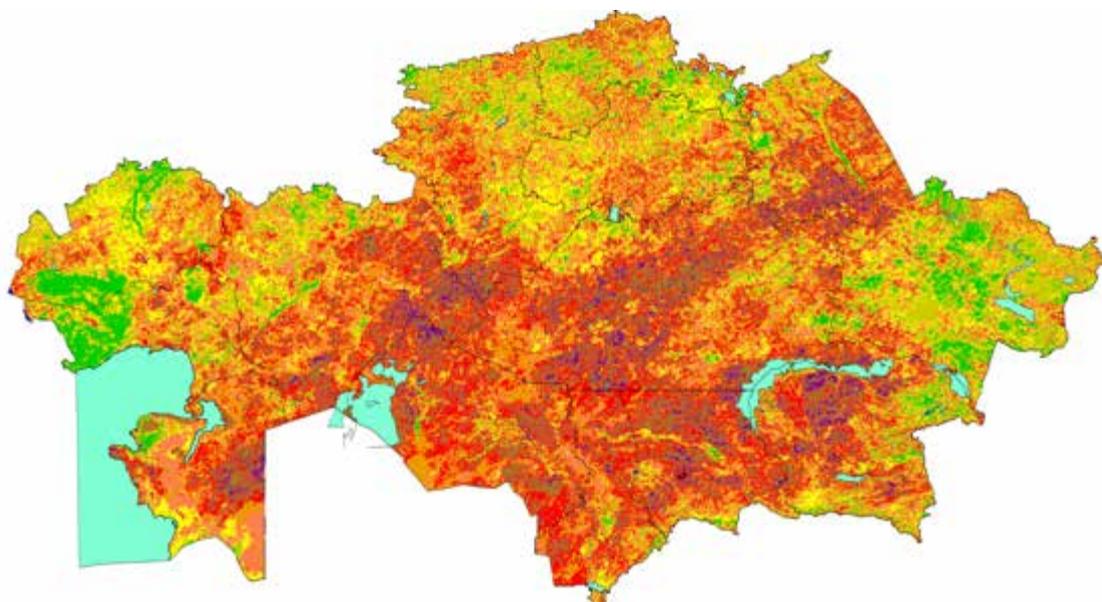
условий в текущем вегетационном сезоне. При этом рассматривается как ранняя диагностика, так и уточнение по мере ее развития. Для этого следует применять не только VCI-метод, но и исследовать возможности использования информации о других факторах, воздействующих на состояние растительного покрова, например, характеристик снеготаяния в весеннем сезоне, особенности температурного режима, распределение летних осадков.

Новизна предлагаемых исследований заключается в комплексном анализе многолетней базы данных динамики состояния растительного покрова Казахстана и его изменениях, с целью ранжирования и выделения территорий, наиболее часто подвергающихся стрессовому воздействию засухи.

На современном этапе в условиях становления рынка страхования сельскохозяйственной продукции и при отмеченной тенденции увеличения числа засушливых лет

необходимо развитие новых технологий по оценке риска засухи. Информация, полученная в результате применения данной технологии, будет полезна для руководителей областей, районов, фермерских хозяйств.

Следует отметить, что решение методических и технологических проблем, связанных с космическим мониторингом засух, является новым направлением научных исследований в области ДЗЗ в Казахстане. Перспективность исследований заключается в том, что отработка прикладных технологий обработки спутниковых данных, в частности методов дистанционного мониторинга воздействия засухи на сельскохозяйственные культуры и естественные пастбища и оценки ее пространственных масштабов, откроет новые возможности информационного обеспечения управляющих органов и организации государственного контроля деятельности и поддержки сельхозпроизводителей. ■



Частота появления низких значений IVCI (0-30%)



**Рисунок 5 —**  
Карта-схема частоты появления низких значений IVCI в 2000-2012 гг.

# НОВЫЙ СПУТНИК ДЛЯ МОНИТОРИНГА территории Казахстана



**ШАГАРОВА Л.В.,**

к.т.н, начальник Центра приема космической информации

**МУРАТОВА М.М.,**

руководитель группы

**СКАКОВА О.Н.,**

ведущий инженер

АО «Национальный центр космических исследований  
и технологий»

*«Большое видится на расстоянии»  
(С.А. Есенин)*

**Ц**ифровые изображения Земли, полученные со спутников дистанционного зондирования из космоса, дают колоссальные возможности для исследования процессов, происходящих на Земле. Серии изображений одной и той же территории позволяют решать проблемы комплексного изучения, освоения и рационального использования природных ресурсов.

Многолетние ряды космических снимков необходимы для решения разнообразных задач дистанционного зондирования, определяемых как научным сообществом, так и конкретными отраслями производственной деятельности:

- определение метеорологических характеристик (температура подстилающей поверх-

ности, вертикальные профили температуры, интегральные характеристики влажности, классификация облачности и т.д.);

- мониторинг аграрных ресурсов, контроль состояния и оценка продуктивности растительности;

- анализ чрезвычайных ситуаций (обнаружение степных и лесных пожаров, паводков и зон наводнений);

- контроль за перемещением границ пустынь и зон засух;

- мониторинг зон экологических бедствий;

- мониторинг районов повышенной антропогенной нагрузки;

- выявление и классификация крупномасштабных загрязнений поверхности;

- обнаружение крупных или постоянных выбросов промышленных предприятий;

- наблюдение за динамикой снежного и ледового покровов;

- мониторинг состояния водных поверхностей;

- картографирование территорий, растительности, ландшафтов и др.

Для решения научных и прикладных задач космического мониторинга в ДТОО «Институт космических исследований имени академика У.М. Султангазина» АО «Национальный центр космических исследований и технологий» осуществляется прием спутниковой информации в режиме прямого сброса на наземные станции. В настоящее время это оптико-электронные данные низкого пространственного разрешения.

В мире сохраняется тенденция увеличения числа спут-

ников с аппаратурой съемки Земли, запуск казахстанских КА намечен на 2014 год. Перспективные космические системы ДЗЗ имеют улучшенные характеристики целевой аппаратуры, чаще всего разработанные с учетом летного опыта их предшественников и добавления новых элементов. Так, например, американский спутник NPP оснащен радиометром VIIRS, созданным с учетом 10-тилетнего опыта функционирования радиометра MODIS на научно-исследовательских спутниках Terra и Aquасистемы EOS (Earth Observing System) и 40-летнего опыта съемки радиометра OLS, установленного на военных спутниках системы DMSP (Defense Meteorological Satellite Program).

Данные MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) регулярно принимаются в Институте с 2001 года, их обработка позволила создать архив цифровой информации объемом более 18 Тб. Для продолжения формирования долговременного ряда данных (с учетом того, что гарантированный срок функционирования КА Terra, Aqua составляет 6 лет) в 2013 г. выполнена модернизация станции УниСкан в г.Алматы для приема данных с нового спутника Suomi NPP.

Космический аппарат NPP выведен на целевую орбиту ракетой Дельта II, стартовавшей 28 октября 2011 г. с западного военно-воздушного полигона США–космодрома Ванденбергштата Калифорния. Спутник создан в рамках Национального полярно-орбитального партнерства спутниковой системы наблюдения за окружающей средой.

24 января 2012 г. на собрании Американского метеорологического общества было объявлено о переименовании КА NPP в Suomi NPP (Suomi National Polar-orbiting



## Спутник Suomi NPP

<b>Оператор</b>	NASA/NOAA/DoD
<b>Задачи</b>	метеоспутник
<b>Запуск</b>	2011-10-28 в 09:48:00 UTC
<b>Масса</b>	2200 кг
<b>Размеры</b>	1,3x1,3x4,2 м
<b>Мощность</b>	2285 Вт
<b>Тип орбиты</b>	Солнечно-синхронная орбита
<b>Витков за день</b>	14



Partnership) в честь «отца спутниковой метеорологии» Вернера Э. Суоми.

Прямой прием на станцию Унискан данных с перспективного КА Suomi NPP наряду с информацией Terra и Aqua позволяет оперативно получать снимки территории республики 6-7 раз в сутки.

За счет более высокой орбиты спутника NPP по сравнению с орбитами КА Terra и Aqua, он охватывает съемкой полосу шириной 3000 км, что обеспечивает увеличение частоты съемки поверхности Земли.

На спутнике Suomi NPP установлено пять комплектов целевой аппаратуры:

- VIIRS (Visible/Infrared Imager and Radiometer Suite) — 22-канальный сканирующий радиометр видимого и инфракрасного диапазонов;
- ATMS (Advanced Technology Microwave Sounder) — 22-канальный пассивный микроволновый радиометр СВЧ-диапазона для создания глобальных моделей температуры и профилей влажности;
- CrIS (Cross-Track Infrared Sounder) — 1305-ка-

нальный спектрометр ИК-диапазона для отслеживания параметров атмосферы,

- OMPS (Ozone Mapping and Profiler Suite) — сенсор определения концентрации и вертикального профиля озона в атмосфере;

CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System) — 3-канальный радиометр измерения радиационного баланса Земли, в том числе отраженного солнечного излучения и определения характеристик облаков. Увеличение частоты повторной съемки актуально



Спутник	Terra	Aqua	Suomi NPP
Год запуска КА	1999	2002	2011
Высота орбиты, км	705	705	824
Частота	X-диапазон, 8.2 ГГц	X-диапазон, 8.2 ГГц	X-диапазон, 7.8 ГГц
Скорость передачи	13.1 Мб/сек	15 Мб/сек	15 Мб/сек
Год начала приема на станцию в ИКИ	2001	2004	2013
Ведется архив телеметрии	MODIS	MODIS	VIIRS, ATMS, CRiS

для решения задач мониторинга чрезвычайных ситуаций.

**Спектрорадиометр VIIRS**, аббревиатура которого переводится как «Радиометрический набор формирования видимого и инфракрасного изображения», является одним из ключевых инструментов на борту американского спутника Suomi

NPP. VIIRS осуществляет съемку Земли в видимом и инфракрасном диапазонах спектра, радиометрию суши, атмосферы, криосферы и океанов. Он расширяет и улучшает серии измерений, полученных аппаратами AVHRR и MODIS. VIIRS дает многоканальные изображения для создания различных при-

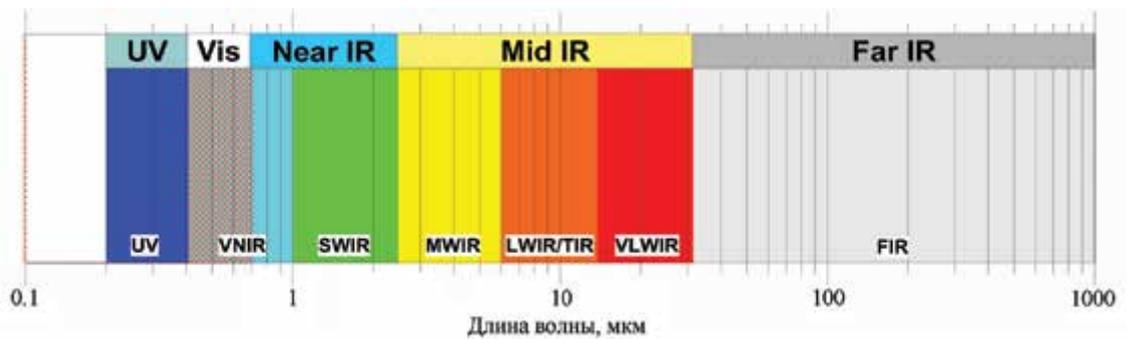
кладных продуктов, например, обнаружения пожаров, дыма и атмосферных аэрозолей для изучения свойств облаков и аэрозолей, температуры земной и водной поверхности, измерения альbedo поверхности Земли и др.

Оптико-механический сканер VIIRS создан с учетом опыта использования спектро-

Характеристики	MODIS	VIIRS
Полоса обзора	2300	3000
Радиометрическое разрешение	12 бит	12-14 бит
Спектральные каналы	38 каналов (36 спектральных диапазонов)	22 канала/диапазона
VIS/NIR	B1, B2 с разрешением 250 м B3, B4 с разрешением 500 м B8 — B12 с разрешением 1000 м	I1, I2 с разрешением 375 м M1 — M7 с разрешением 750 м
SWIR/MWIR	B5 — B7 с разрешением 500 м B20 — B26 с разрешением 1000 м	I3, I4 с разрешением 375 м M8 — M12 — с разрешением 750 м
LWIR	B27 — B36 с разрешением 1000 м	I5 с разрешением 375 м M13 — M16 с разрешением 750 м
DNB		DNB с разрешением 750 м

Аббревиатуры диапазонов, используемые в таблице. Обозначения диапазонов электромагнитного излучения.

Аббревиатура	Обозначение диапазонов	Английский вариант
UV	Видимый	Visible
VIS	Инфракрасный	Infrared
NIR	Ближний инфракрасный	Near Infrared
SWIR	Коротковолновый инфракрасный	Short Wave Infrared
MWIR	Средний инфракрасный	Mid Wave Infrared
TIR	Тепловой инфракрасный	Thermal Infrared
FIR	Дальний инфракрасный	Far Infrared



радиометра MODIS и обеспечивает получение изображений в 22 каналах от зеленой до ближней инфракрасной части спектра (0,4–12,5 мкм) с пространственным разрешением от 0,375 до 0,750 км – наиболее востребованных из 36 спектральных диапазонов MODIS. Как показано в таблице, большинство каналов имеют не только близкие спектральные диапазоны, но даже совпадают номера каналов, например, 1-2 каналы MODIS с разрешением 250 м. соответствуют номерам I- (Image) каналам VIIRS.

Среди каналов VIIRS стоит отдельно выделить DNB (Day/Night Band) — широкополосный дневной/ночной канал, позволяющий наблюдать за атмосферой и поверхностью Земли в условиях низкой освещенности. Спектр DNB охватывает часть видимого и область ближнего инфракрасного диапазона. Чувствительность радиометра такова, что по-

зволяет обнаруживать ночное свечение, производимое даже отдельным объектом. Пространственное разрешение VIIRS в участке спектра 0,5–0,9 мкм для дневных и ночных наблюдений DNB составляет 742 м ( $\pm 5\%$ ) и постоянно во всей полосе обзора 3000 км, как в надири, так и на краю сканирования. Поддержание постоянного разрешения происходит за счет некоторого снижения отношения сигнала к шуму (ОСШ) на удаленных от надира пикселей. Тем не менее, даже на краю сканирования характеристика ОСШ превышает значения, просчитанные при проектировании аппаратуры.

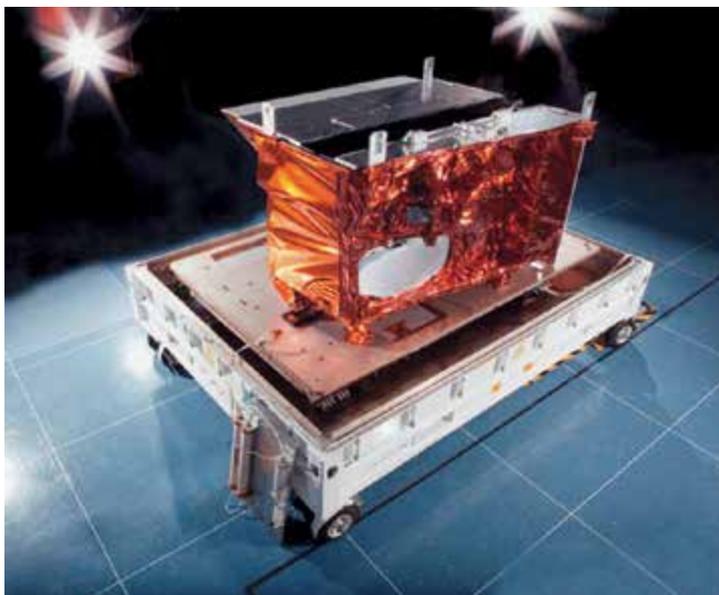
Для ведения DNB-съемки в радиометре используется монолитная ПЗС-матрица фотоэлементов, а также предусмотрены три автоматически выбираемых уровня усиления (Gain) регистрируемого светового потока: низкий — LGS, средний — MGS и высокий — HGS, обеспечи-



вающих контроль изменения яркости в пределах кадра изображения до величины седьмого порядка. Формирование изображения происходит в результате последовательного сканирования кадра в поле зрения прибора.

Коэффициенты Gain имеют следующие значения: 119000; 477 и 1. Сигналы от всех камер подвергаются цифровой обработке с радиометрическим разрешением 14 бит (16384 градаций) при высоком уровне усиления и 13 бит (8192 гра-

даций) для сцены с средним и низким коэффициентом Gain. Все это позволяет получить широкий динамический диапазон измерений и возможность выбора наилучшего кадра. Изображение представляется в виде миллионов пикселей, для



## Съемочная аппаратура VIIRS

<b>Режим съемки</b>	Мультиспектральный
<b>Спектральные каналы</b>	22
<b>в том числе:</b>	
<b>Видимый/</b>	
<b>Ближний инфракрасный</b>	10
<b>Средний инфракрасный</b>	8
<b>Дальний инфракрасный</b>	4
<b>Спектральный диапазон</b>	0,45–12,5 мкм
<b>Пространственное разрешение в надире</b>	375 м; 750 м
<b>Ширина полосы съемки</b>	±56°, 3000 км
<b>Периодичность съемки</b>	1-2 раза в сутки
<b>Скорость передачи данных</b>	10.5 Мб/с (max)

**Таблица —**  
Спектральные  
характеристики  
каналов  
радиометров VIIRS  
и MODIS (мкм)

Номер канала	Спектральный диапазон, центр	Ширина диапазона	Номер канала	Спектральный диапазон, центр	Ширина диапазона
VIIRS			MODIS		
<b>VNIR (Visible Near-Infrared)</b>					
M1	0,412	0,02	8	0,412	0,015
M2	0,445	0,018	9	0,443	0,01
M3	0,488	0,02	3 10	0,469 0,488	0,02 0,01
M4	0,555	0,02	4 12	0,555 0,551	0,02 0,01
I1	0,640	0,05	1	0,645	0,05
M5	0,672	0,02	13 lo/hi 14 lo/hi	0,667 0,678	0,01 0,01
M6	0,746	0,015	15	0,748	0,01
M7	0,865	0,039	2 16	0,859 0,870	0,036 0,015
I2	0,865	0,039	2	0,859	0,036
DNB	0,70	0,40			
<b>SWIR (Short-Wave Infrared)</b>					
M8	1,24	0,02	5	1,24	0,02
M9	1,378	0,015	26	1,375	0,03
M10	1,61	0,06	6	1,64	0,02
I3	1,61	0,06	6	1,64	0,02
M11	2,25	0,05	7	2,13	0,05
<b>MWIR (Mid-Wave Infrared)</b>					
I4	3,74	0,38	20	3,75	0,18
M12	3,70	0,18	20	3,75	0,18
M13	4,05	0,155	23	4,05	0,06
<b>TIR (Thermal Infrared)</b>					
M14	8,55	0,3	29	8,55	0,30
M15	10,763	1,00	31	11,03	0,50
I5	11,450	1,9	31 32	11,03 12,02	0,50 0,50
M16	12,013	0,95	31	12,02	0,50

каждого из которых в результате анализа уровня яркости по методу «контраст к контрасту» формируется «равномерно освещенное» изображение.

Специфические особенности ночной съемки DNB зависят от лунного освещения: съемка выполняется в динамическом диапазоне с высоким

коэффициентом усиления в условиях слабого или в отсутствии лунного света и с низким коэффициентом усиления — в полнолуние. Отметим, что Луна

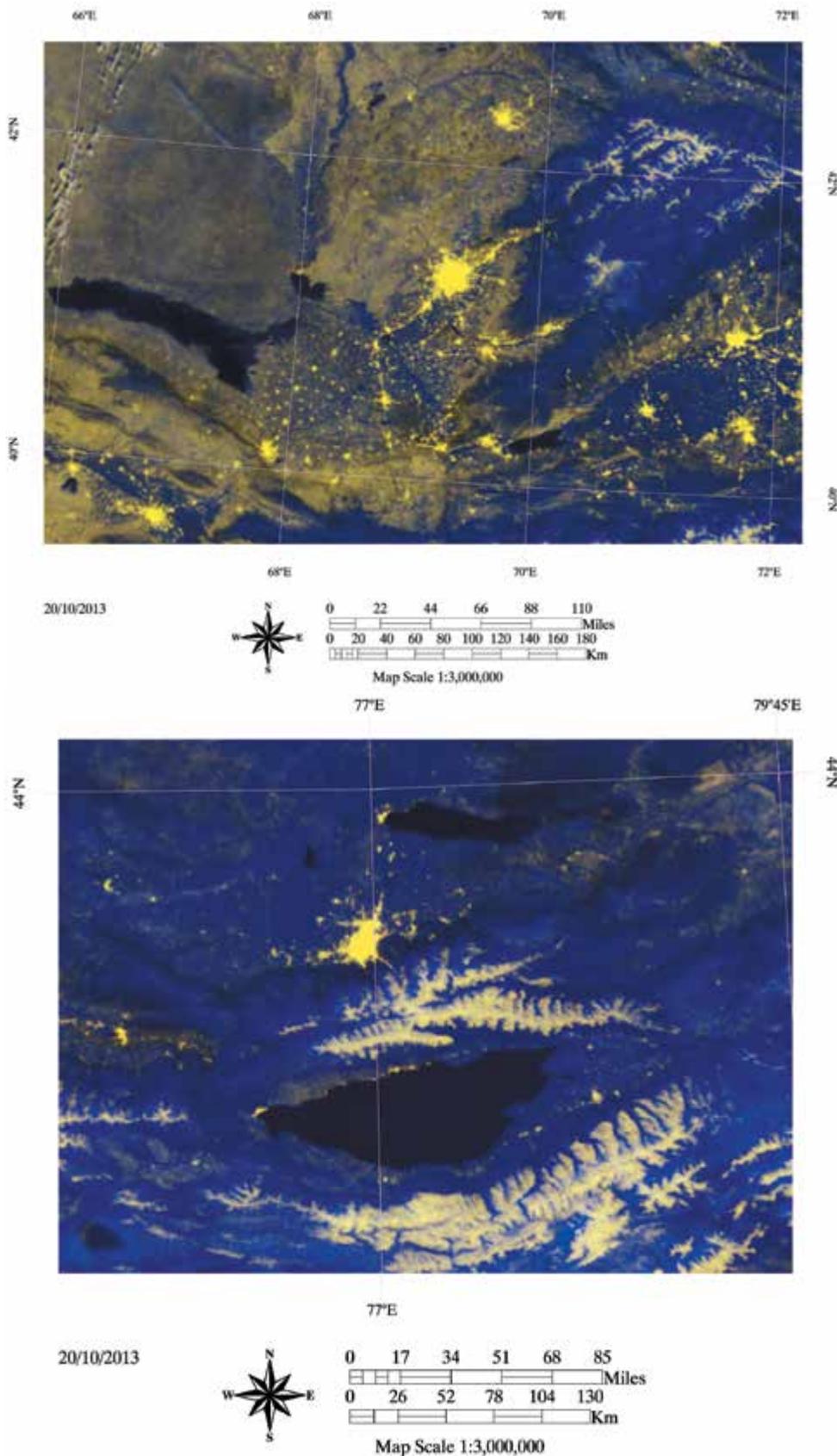
не является эффективным отражателем солнечной энергии. Сферическое альbedo Луны составляет 0,067 по сравнению с 0,39 для Земли: воспринимаемая нашим глазом яркость Луны преувеличена темным фоном пространства.

Количество лунного света для освещения облаков и поверхности Земли определяется как фазой Луны (в пределах от новой до полной луны), так и высотой нахождения Луны в небе. Следует отметить, что количество лунного освещения, создаваемое Луной, не является линейной функцией фазы, отчасти из-за того, что тени, производимые Лунной топографией, сведены к минимуму при полной Луне. Интенсивность освещения примерно в 9 раз больше в полнолуние, чем в первой или третьей четверти Луны.

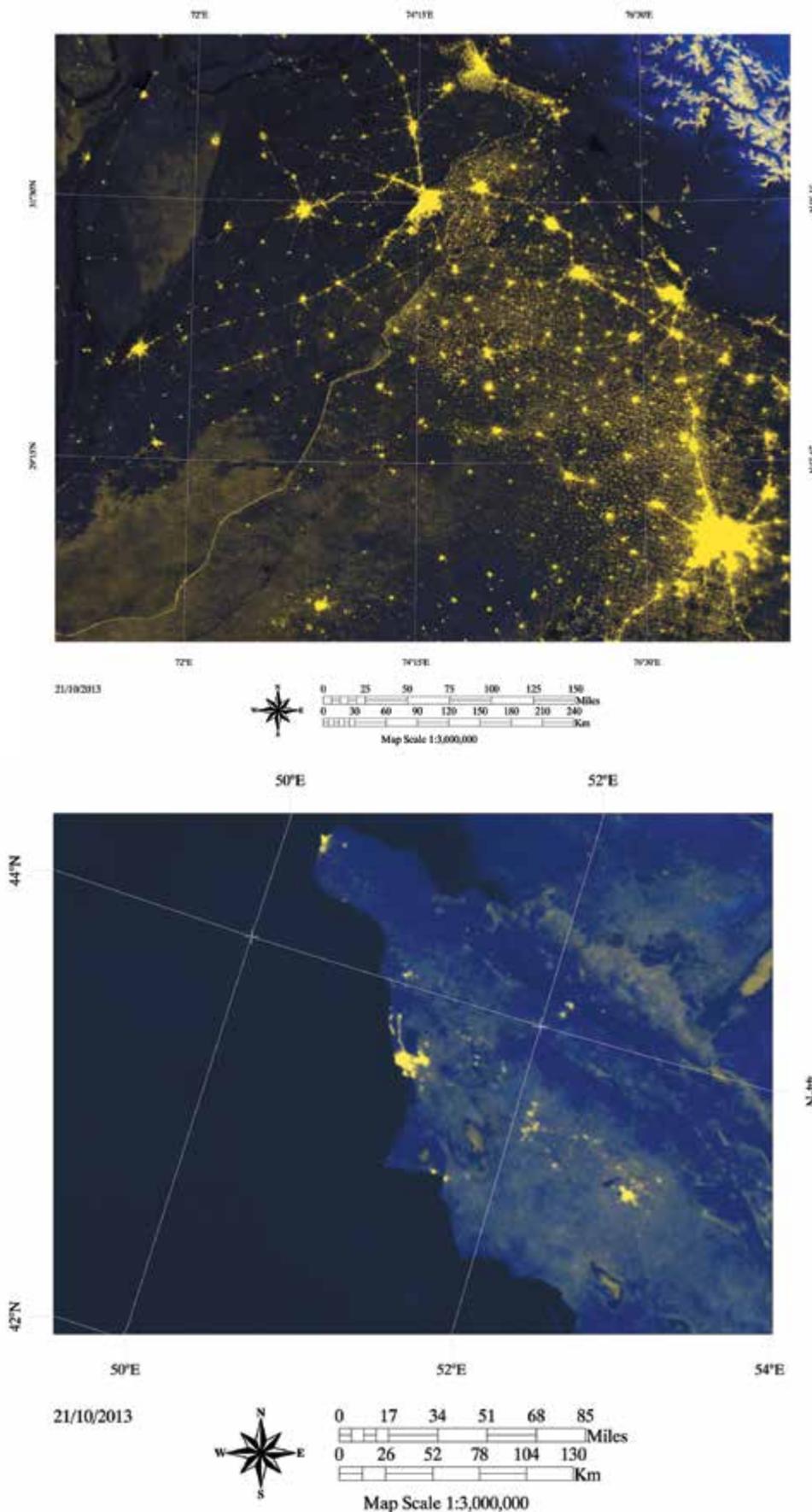
В Лунном свете в NDB-канале детектируется отражение таких объектов, как поверхность Земли, облака, туман, снежный покров и даже облака дыма (первая группа объектов). Также будут видны источники светового излучения, например, городские огни, пожары, газовые факелы, молнии (вторая группа). Однако, при наличии лунного отражения, эти отдельные источники излучения кажутся относительно «бледными» из-за присутствия отражения Луны.

При четверти Луны или менее, объекты первой группы, требующие освещения, станет трудно обнаружить, и они исчезнут совсем при отсутствии Лунного света. В этих же безлунных условиях объекты группы 2 (в том числе слабые городские объекты) будут, наоборот, более заметны.

Композитные изображения, фрагменты которых приведены ниже, синтезированы по ночным снимкам Suomi NPP, обработанных до SDR-продуктов, позволяют увидеть



Рисунки – Дневное мозаичное покрытие территории Казахстана по данным съемки Suomi NPP/VIIRS



свечения естественного и искусственного происхождения по всей территории в зоне видимости приемной станции. Съемка выполнена в осенний период 2013 года. Цветное изображение получено комбинированием каналов для RGB-композиции в следующей последовательности: R (красный) = DNB, G (зеленый) = DNB, B (синий) = M15 infrared. Четкие снимки со спутника позволяют рассмотреть огни ночной Земли.

Астрономы «NASA» представили свой собственный взгляд на нашу планету: «С первого взгляда на ночную планету заметно, что светится она крайне неоднородно. В некоторых местах светящийся город напоминает одинокую звезду в ночном небе, в других — плотное скопление галактик».

Стив Миллер, сотрудник, который работает со спутником Suomi NPP, отметил, что «Землю необходимо наблюдать не только в дневное время суток, но и в ночное... Наша планета, в отличие от нас, не спит никогда».

Большим преимуществом Suomi NPP является тот факт, что КА находится на гелиосинхронной орбите, т.е. спутник сохраняет один и тот же угол между Землей и Солнцем, поэтому дневные космоснимки имеют одинаковое освещение. Обработка данных Suomi NPP включает несколько последовательных этапов от распаковки данных телеметрии до создания тематических продуктов и мозаичных покрытий обширных территорий.

На рисунке представлена дневная мозаика территории Казахстана за 16 октября 2013г. Синтез цветного изображения в натуральных цветах выполнен по каналам M5, M4 и M3 радиометра VIIRS в формате tif для каждой из сцен, участвующей в мозаике. В дальнейшем соседние сцены объединены в



единое бесшовное покрытие с учетом особенностей ландшафта и наличия/отсутствия облачного покрова.

Развитие технологий приема, первичной и тематической обработки спутниковой информации позволяет сформировать многолетние ряды данных, которые необходимы для изучения долговременных изменений окружающей среды.

Снимки Suomi NPP/VIIRS могут быть успешно применены для решения таких мониторинговых задач, как:

- космический мониторинг нефтегазовой инфраструктуры, в том числе мониторинг функционирования

факелов и выявление мест сжигания попутного газа, контроль выбросов которых повлияет на экологическую безопасность разработки месторождений и экологию региона;

- мониторинг пожаров, включающий выявление ЧС и оценку их интенсивности как по фактам выявления «термальных аномалий» в коротковолновом ИК диапазоне 3,7 — 3,9 мкм; так и по дымовым шлейфам от пожаров, которые хорошо видны в DNB-канале в лунном свете;

- мониторинг «свечения городов» по данным ночной космосъемки DNB-канала;
- мониторинг песчаных

и пылевых бурь, которые можно обнаружить даже в ночное время при достаточном количестве лунного света по данным DNB, что особенно актуально для экологического мониторинга Аральского региона. Другие спутниковые датчики обычно не в состоянии обнаружить пыль ночью из-за отсутствия контраста между пылью и поверхностью в ИК каналах. ■

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://npp.gsfc.nasa.gov/20120221.html>
2. <http://www.dvrcpod.ru/NPP.php>
3. Thomas E. Lee et al., The NPOESS VIIRS Day/Night Visible Sensor (American Meteorological Society, 2006, 194)

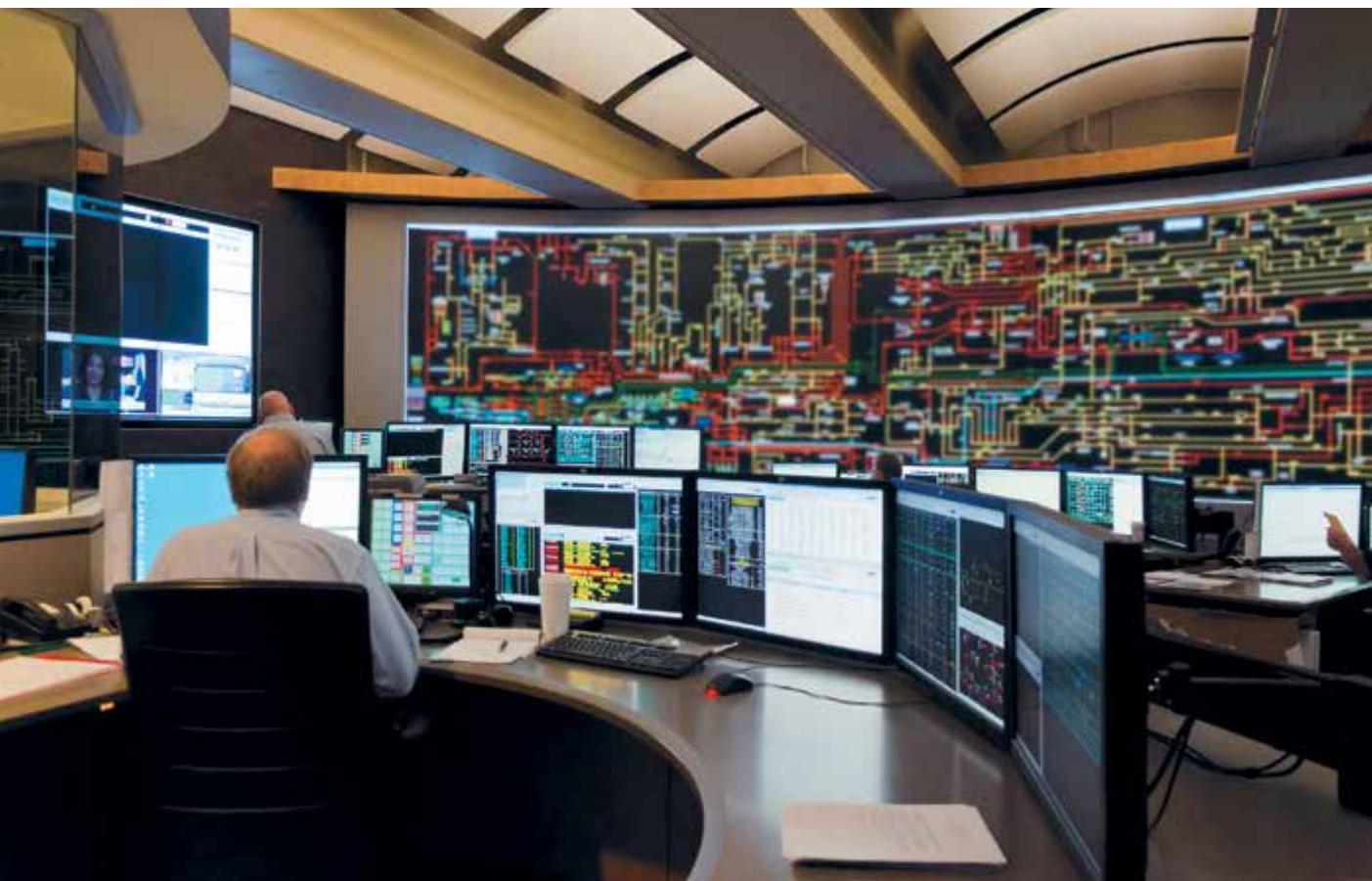
# Центры космического мониторинга ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

**БЕКМУХАМЕДОВ Б.Э.**

директор ДТОО «Институт космических исследований имени академика У.М. Султангазина», кандидат технических наук;

**КАИПОВ И.В.**

начальник Отдела ситуационных центров космического мониторинга ДТОО «Институт космических исследований имени академика У.М. Султангазина»



**С**тихийные бедствия сопровождали человечество во все времена. Информация о них будоражит умы значительной части населения Земли. Ежедневно мы узнаем о тайфунах или цунами, землетрясениях, наводнениях или других бедствиях природного и техноген-

ного характера по всему миру. Казахстан не является исключением. По данным Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан (МЧС РК) в 2010 году чрезвычайных ситуаций природного характера в Казахстане произошло на 18,5% больше, чем в 2009, и на 29% больше, чем в 2011.

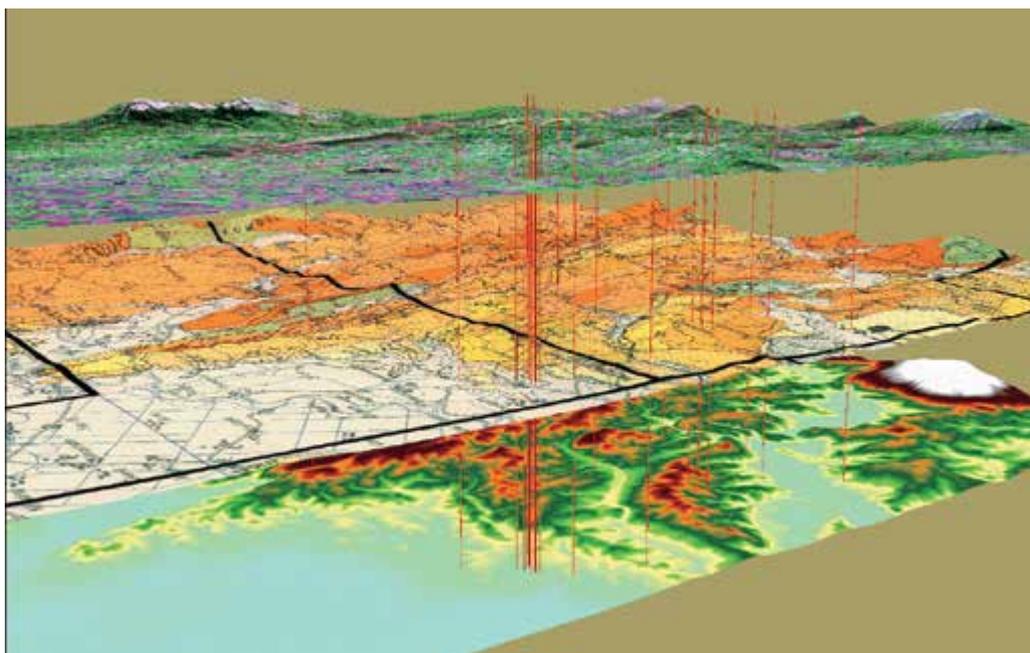
Для территории Казахстана наиболее характерными стихийными бедствиями являются землетрясения, селевые потоки, снежные лавины, оползни, ураганы, наводнения, снежные заносы, пожары, засухи. Согласно карте рисков, разработанной в МЧС РК, наиболее подверженными различного

рода стихийным бедствиям на протяжении всего года являются Южно-Казахстанская, Жамбылская, Алматинская и Восточно-Казахстанская области.

Особенно важным является информирование населения и организаций о прогнозируемых и возникших ЧС, а также своевременные меры по их предупреждению и ликвидации. Заблаговременное определение степени риска, осуществление мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций возможно лишь при информированности и адекватности действий органов управления различного уровня. Функции по сбору, анализу и поддержке принятия управленческих решений призваны выполнять ситуационные центры ЧС.

Ситуационный центр (СЦ) — это система специализированных рабочих мест для мониторинга, контроля, анализа и оперативного управления объектами и ситуациями. Целью создания СЦ является поддержка принятия решений на основе аналитической обработки различной информации, включая оперативные данные. СЦ представляет собой организационно-техническую систему, основу которой составляют информационное и программное обеспечение, используемое для комплексного мониторинга факторов влияния на развитие происходящих процессов. Ситуационный центр состоит из аппаратного, программного и информационно-аналитического комплексов.

Важнейшим источником информации для СЦ являются данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса. Космический мониторинг заключается в непрерывном многократном получении информации о качественных и количественных характеристиках природных



и антропогенных объектов и процессов с точной географической привязкой. Также он позволяет получать однородную и сравнимую по качеству объективную информацию единовременно для обширных территорий, что практически недостижимо при любых наземных обследованиях.

Сейчас на орбите находится около 100 спутников ДЗЗ. Следует подчеркнуть, что в настоящее время отмечается устойчивая тенденция все более активного интереса к внедрению технологий комплексного космического мониторинга.

Выделяют два направления получения пространственной

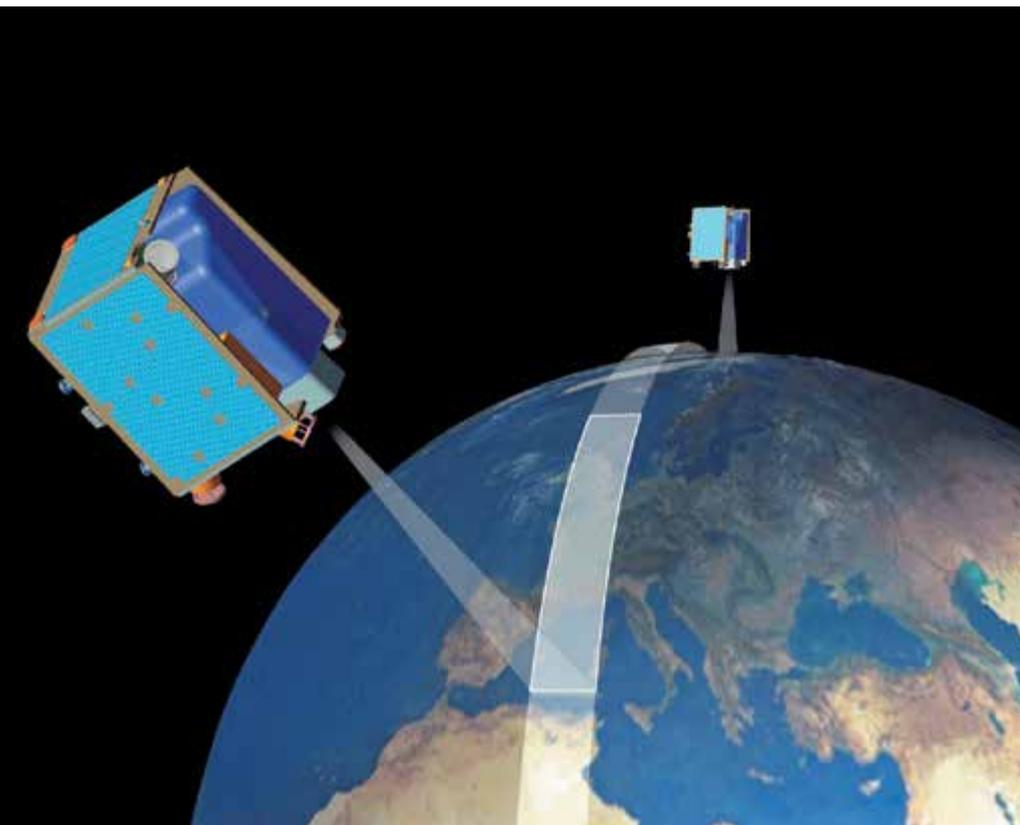


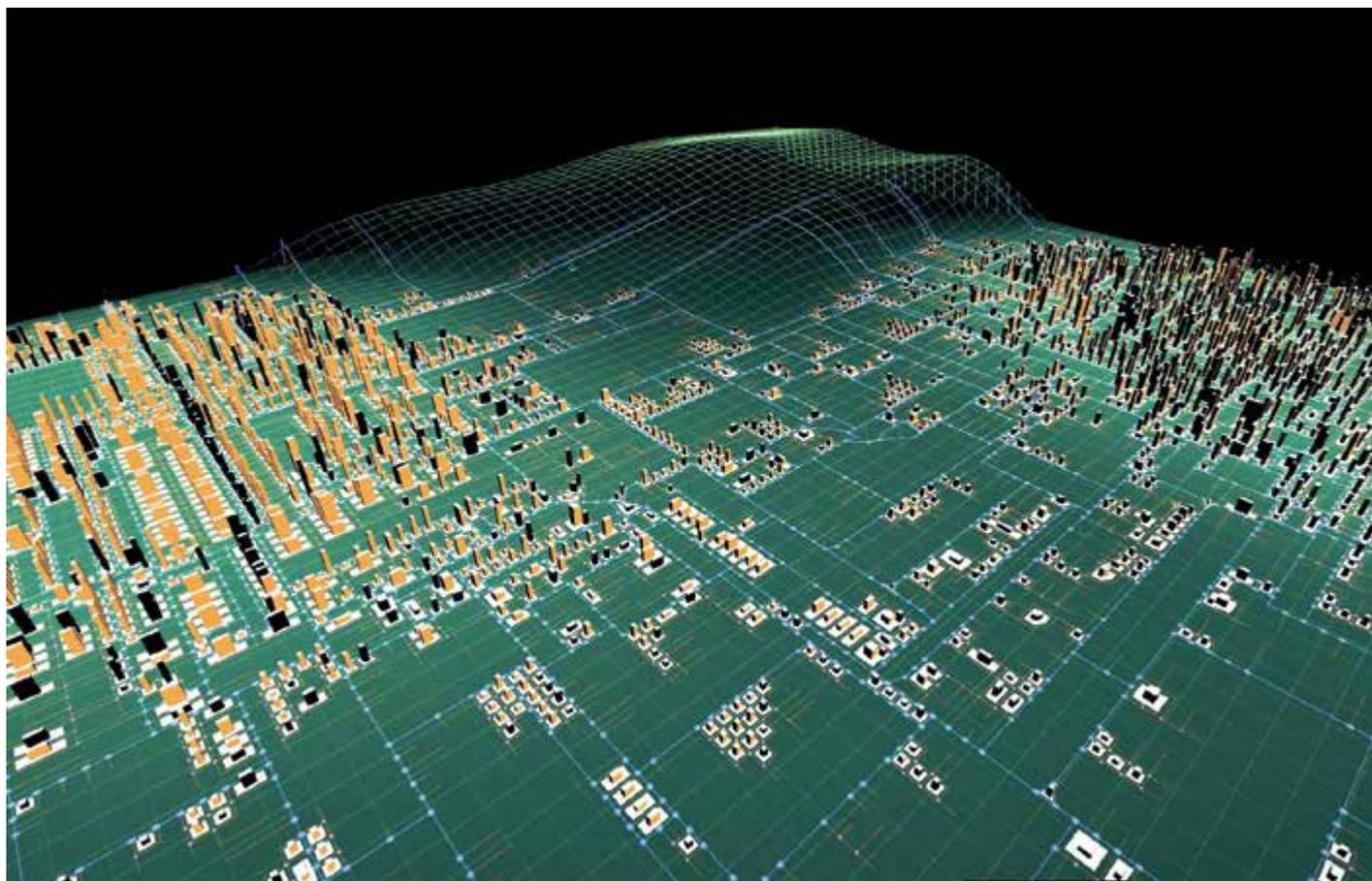
информации о земной поверхности из космоса. Это съемка в видимом и инфракрасном диапазонах длин электромагнитных волн (оптико-электронные системы) и съемка в сантиметровом радиодиапазоне (радарные системы). Данные космического мониторинга также разделяют по пространственному разрешению съемочной аппаратуры, по возможности съемки в разных спектральных каналах, возможности стереосъемки, актуальности на текущий момент и т.д.

Космическая съемка активно применяется и для мониторинга ЧС природного и техногенного характера. На текущий момент, в силу ряда технических и экономических причин, используемые в Казахстане системы в полной мере готовы выполнять задачи по мониторингу таких ЧС: степные и лесные пожары, наводнения, нефтяные разливы, засухи.

В АО «Национальный центр космических исследований и технологий» (АО «НЦКИТ») Национального космического агентства Республики Казахстан (НКА РК), на основе информации, получаемой наземными станциями приема космических данных (г.Алматы и г.Астана), уже более 10 лет, практически круглогодично, осуществляется космический мониторинг ЧС на территории Казахстана. С января по май проводится оперативный космический мониторинг схода снежного покрова и прохождения паводковых вод для 7 областей, с середины марта по ноябрь — оперативный космический мониторинг пожаров на всей территории Казахстана, с октября по декабрь — космический мониторинг формирования снежного покрова и зон затопления в среднем течении реки Сырдарья.

Технология мониторинга природных пожаров базируется



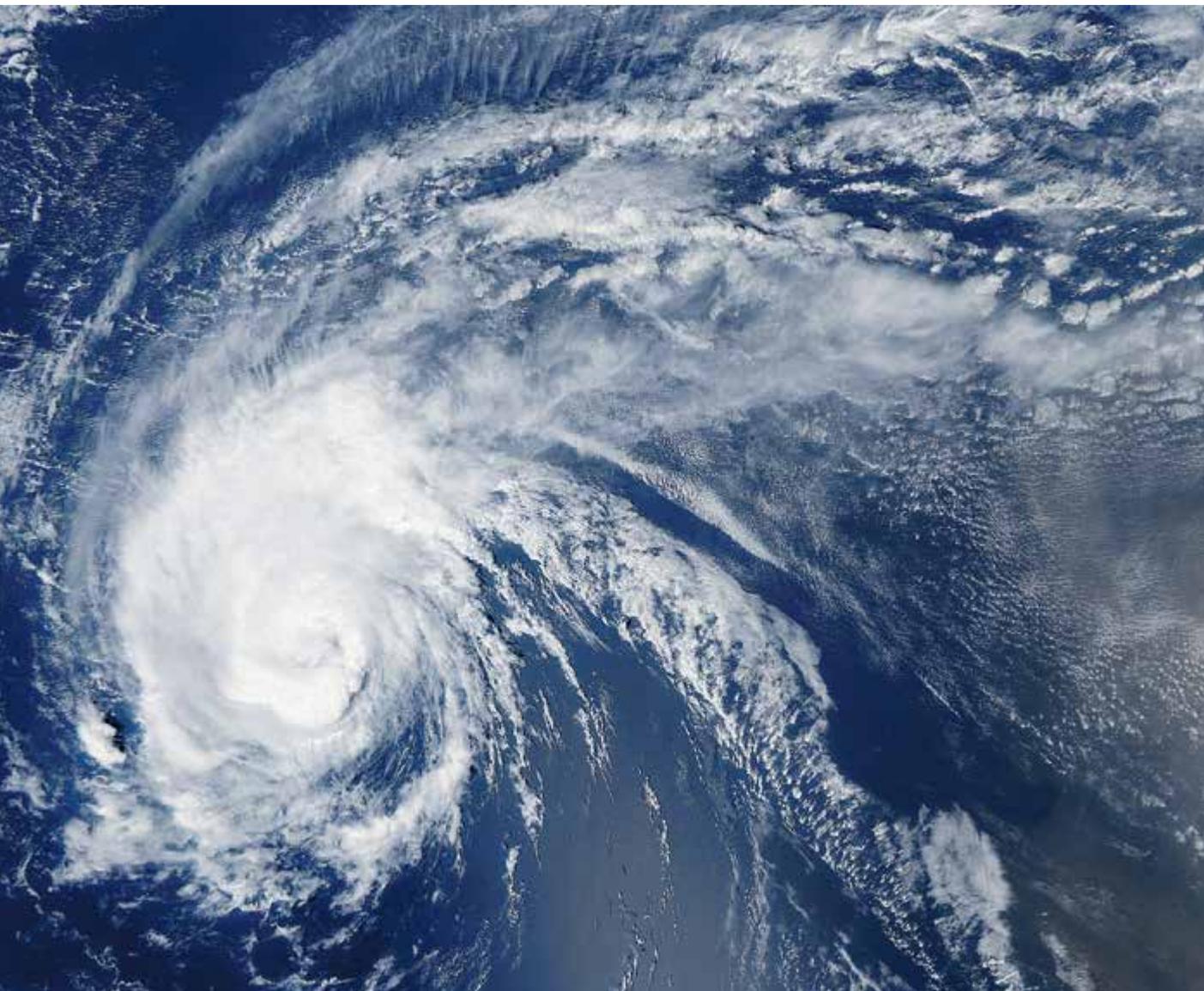


ся на комплексном использовании ночных и дневных данных радиометров MODIS и VIIRS, установленных на космических аппаратах TERRA, AQUA и SUOMI NPP, соответственно. По данным тепловых каналов, прошедших предварительную, а затем и специальную тематическую обработку, определяется температура подстилающей поверхности Земли, на основе анализа которой выделяются очаги высоких температур, как потенциальных источников пожаров. Алгоритм выделения очагов высоких температур основан на анализе как самой температуры, полученной по данным тепловых каналов, так и на ее сравнении с температурой ближайшего окружения. В процессе оперативного космического мониторинга пожаров формируются карты очагов пожаров с привязкой к населенным пунктам. Рассчитываются величи-

ны выгоревших и пострадавших от пожаров площадей.

Технологии оперативного космического мониторинга схода снежного покрова и прохождения паводковых вод и наводнений основываются на данных радиометров MODIS и VIIRS; на космических данных в видимом и инфракрасном каналах с более высоким пространственным разрешением; на данных радарных систем космического базирования. В процессе оперативного космического мониторинга прохождения паводковых вод создаются обзорные карты состояния снежного и ледяного покрова исследуемой территории, карты состояния водного покрова территории с выделением зон затопления. Для отдельных регионов дополнительно формируются карты и диаграммы динамики водной поверхности крупных водохранилищ.

Учитывая, что значительная часть Каспийского моря относится к Казахстану, то загрязнение поверхности моря нефтепродуктами является значимой проблемой для республики. Основу технологии мониторинга нефтяных загрязнений составляют радиолокационные снимки (спутники RADARSAT-1,2, TerraSAR-X и другие). Однако существует ряд объективных причин, затрудняющих интерпретацию спутниковых радиолокационных изображений и уверенное выделение на них нефтяных загрязнений, поскольку их радиолокационные образы, особенно при слабом ветре, нелегко отличить от других объектов, имеющих схожие образы. Поэтому для более полного анализа необходимо также привлекать всю доступную космическую информацию, получаемую в инфракрас-



ном и оптическом диапазонах с помощью оптических сканирующих устройств различного разрешения. Эффективность использования указанных средств определяется следующими их характеристиками: чувствительностью к областям выглаживания морской поверхности (поверхностной шероховатости), температурным контрастом и толщиной пленки; пространственным разрешением; периодичностью повторного обзора; оперативностью обработки и доставки информации.

Результаты исследований, проведенных климатологами,

свидетельствуют о том, что температурный режим на территории Казахстана изменяется, в основном, в сторону потепления. Повышение температуры наблюдается практически повсеместно и во все сезоны года, отмечается увеличение частоты и повторяемости засух, а также повышение засушливости на территории ряда регионов Казахстана. Для территории республики наступление и развитие засух является наиболее типичной ситуацией природного характера, сопровождающейся резким снижением урожайности сельскохозяйственной продукции (в 2-3 раза), нару-

шением режима функционирования пастбищ, что наносит значительный экономический ущерб. Основными способами детектирования засух при использовании методов дистанционного зондирования (ДЗ) являются различные индексы вегетации, построенные на значениях красного, ближнего инфракрасного, а также теплового диапазона спектра отражения, позволяющие определить температурные характеристики подстилающей поверхности.

Одним из направлений научно-практической деятельности АО «НЦКИТ» является создание СЦ с использовани-



ем программно-аппаратных средств визуализации геопространственных данных, их информационно-аналитическое обеспечение на базе изложенных выше технологий космического мониторинга, цифровых карт и цифровых моделей местности.

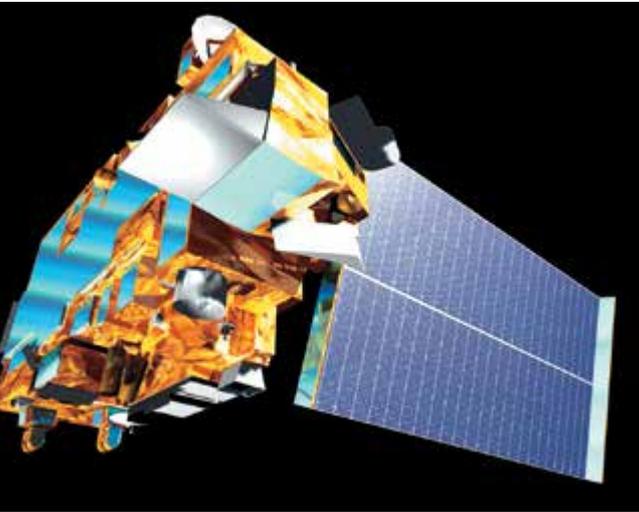
Цифровая карта — это двухмерная визуальная модель карты или поверхности Земли, отображаемая с помощью средств компьютерной графики в заданной картографической проекции и обладающая возможностью (в отличие от обычной карты) изменения масштаба отображения и из-

менения визуально отображаемых деталей. Цифровая карта организована как совокупность слоев (покрытий, карт-подложек). Многослойная организация цифровой карты при наличии механизма управления слоями позволяет объединить и отобразить не только большее количество информации, чем на обычной карте, но существенно упростить анализ пространственных объектов.

Цифровая модель местности (ЦММ) — это совокупность данных (плановых координат и высот) о множестве ее точек. Указанная совокупность

может представлять собой отдельно цифровую модель рельефа (ЦМР) и цифровую модель контуров (ЦМК). Цифровая модель рельефа обязательно задается одновременно плановыми координатами и высотами.

В состав разрабатываемого СЦ неотъемлемой частью входит база данных космических снимков. Это систематизированная и постоянно обновляющаяся информация о снимках различного пространственного разрешения, получаемая с существующих и вновь выводимых на орбиту космических аппаратов.



Основой СЦ является географическая информационная система (ГИС) — единое информационное поле анализа, выработки решения и представления результата. Среди задач, которые решает ГИС в составе ситуационного центра ЧС — ситуационный анализ, моделирование развития, прогнозирование кризисных и чрезвычайных ситуаций, планирование мероприятий по противодействию стихийным бедствиям, динамический контроль пространственного положения и соблюдения подразделением ЧС регламента действий с использованием

систем GPS/ГЛОНАСС, планирование размещения объектов, маршрутов, зон ответственности. ГИС позволяют агрегировать данные из разнородных источников в целях достижения «ситуационной осведомленности». От того, насколько эффективно будет представлена информация, зависит качество принятия решений.

Составными элементами информационно-аналитической системы космического мониторинга являются АРМы — автоматизированные рабочие места, которые обеспечивают обработку космических снимков, специализированный анализ геопространственных данных и прогноз развития чрезвычайной ситуации на основе ГИС. К настоящему времени в АО «НЦКИТ» разрабатываются следующие АРМы: «Пожары», «Наводнения», «Засухи», «Погода». В рамках проекта также создан и постоянно совершенствуется WEB-ГИС портал, который определяется как интернет-приложение, используемое для доступа к распределенным сетевым ресурсам геопространственных данных и геосервисов (поиска, визуализации, редактирования, анализа и т.п.). Он входит, как составная часть, в геоинформационную систему СЦ и позволяет объединить пространственную информацию из различных источников в единую среду совместного использования. Пользователю не требуется специальных программных приложений, доступ к ресурсам осуществляется посредством интернет-браузера.

В техническом плане СЦ — это сложный комплекс, содержащий множество подсистем:

- подсистема сбора информации (компьютеры, сервера, базы данных);
- подсистема передачи информации (локальная и глобальная сеть, каналы связи);

- подсистема анализа и структурирования информации (ситуационный анализ, информационные системы, специализированное программное обеспечение, модели);

- подсистема визуализации информации (специализированные программы для визуализации, дисплейные системы, управление выводом информации, озвучивание, интерактивные средства);

- подсистема хранения информации (сервера, специализированное оборудование для записи и хранения);

- подсистема обеспечения безопасности информации и управления СЦ.

Только слаженная работа всех подсистем СЦ, их оперативное взаимодействие позволит создать эффективный инструмент мониторинга, анализа и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Немаловажным фактором является квалификация специалистов и лиц, принимающих управленческие решения.

Резюмируя сказанное, хотелось бы подчеркнуть, что внедрение технологий космического мониторинга в практику работы органов ЧС Казахстана позволит регулярно отслеживать состояние потенциально опасных объектов, разбросанных по территории республики, своевременно обнаруживать и оценивать риск возникновения ЧС. Это существенно повысит обоснованность и оперативность принятия решений по предупреждению и ликвидации ЧС на республиканском, областном и местном уровнях. Социальная значимость решаемой задачи обусловлена, прежде всего, тем, что объектом исследования являются ЧС, которые оказывают большое влияние на повседневную жизнь, производственную деятельность и здоровье человека. ■

# Launchers

Приложение к журналу «Космические исследования и технологии»

КОСМОДРОМЫ  
И НОСИТЕЛИ



«Тяжелый» выбор

Все на Луну

# Возвращаясь к «супертяжу»



**Дмитрий ВОРОНЦОВ,**  
независимый эксперт в области ракетно-космической техники,  
Россия



Год назад мы уже рассматривали проблему создания и эксплуатации сверхтяжелого носителя. При этом была описана концепция «бюджетного» РН сверхтяжелого класса, которая должна базироваться на максимально возможном использовании готовых элементов, систем и технологий. Напомним, в связи с этим была высказана идея о том, что «супертяж» должен входить в ряд модульных носи-

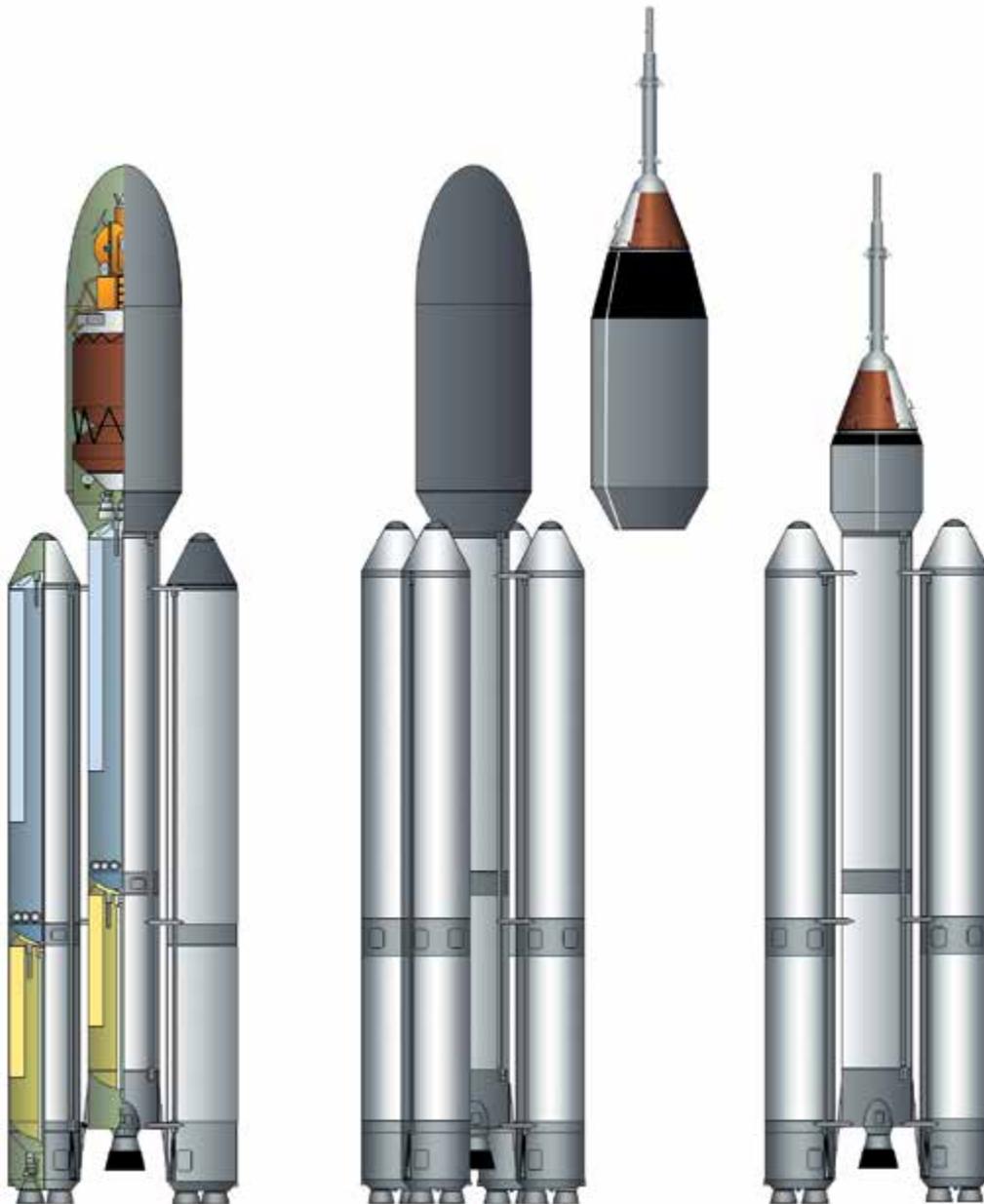
телей, составленных из блоков, находящихся в постоянном серийном производстве и предназначенных для выполнения, в том числе, задач практической и коммерческой космонавтики. Фактически был сделан вывод о целесообразности создания подобного носителя на элементной базе РН «Зенит».

За истекший год в теме произошли определенные подвижки. Во-первых, Роскосмос подтвердил проведение научно-

исследовательских работ (НИР «Магистраль» и «Облик») по формированию облика сверхтяжелого носителя. Во-вторых, анонсировано решение о проведении конкурса на проект «супертяжа», оно ожидается до конца года. Об этом заявил статс-секретарь, заместитель главы Роскосмоса Д.В. Лысков. Наконец, стали известны подробности некоторых проектов, и их анализ позволяет сделать некоторые выводы о некоторых технических тенденциях. С этой темы и начнем.

## Проекты

Основная канва проектирования была задана еще в «Основах государственной политики в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу», утвержденных Президентом России В.В. Путиным 19 апреля 2013 года. Там сказано буквально следующее. До 2030 года намечено создание РН сверхтяжелого класса грузоподъемностью более 50 тонн для осуществления запусков КА нового поколе-



Гипотетический модульный двухступенчатый носитель на основе элементов РН «Зенит» (условное наименование «Кварк»)

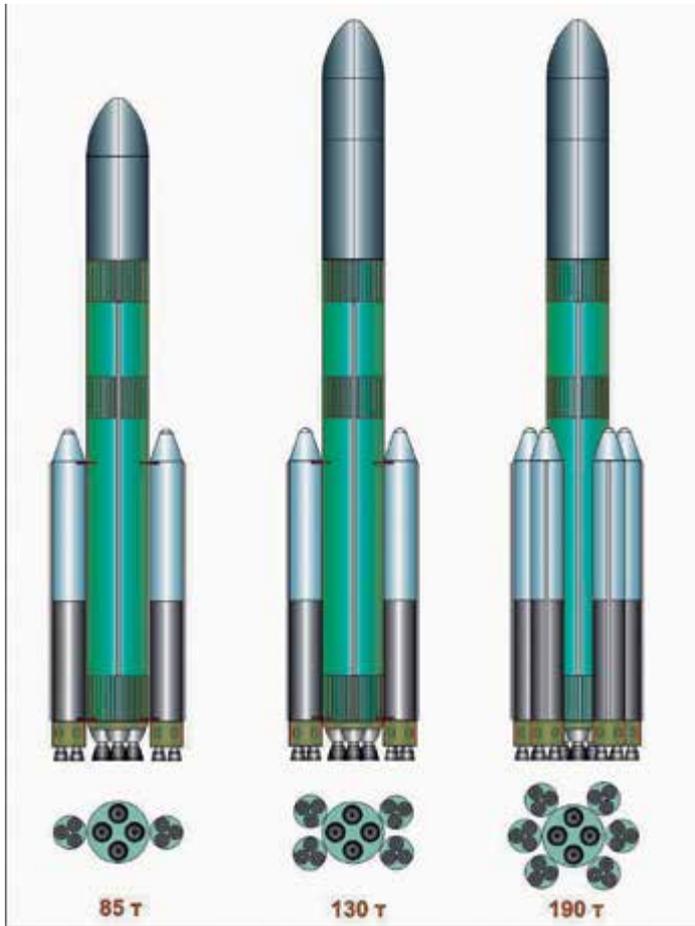
Слева — компоновочная схема.  
 В центре — общий вид «70-тонника» с четырьмя боковыми блоками.  
 Справа — общий вид «30-тонника» с двумя боковыми блоками

ния на высокие околоземные орбиты, а также к Луне, Марсу, Юпитеру и другим небесным телам Солнечной системы. После 2030 года намечено завершение создания и начало эксплуатации ракеты-носителя с многоэтажной первой ступенью, а также разработка научно-технического задела для создания средств выведения миссии на Марс (в частности, РН грузоподъемностью до 130 -180 тонн и межпланетных буксиров с мощными энергодвигательными установками).

По словам нового руководителя Федерального космического агентства РФ О.Н. Остапенко, Роскосмос планирует совместно с Российской Академией наук обсудить вопросы создания сверхтяжелой ракеты. «Весь задел, который у нас есть, будет проанализирован и использован. Сегодня мы планируем проработать этот вопрос с научным сообществом отрасли, затем эту проблематику вынести на совместное рассмотрение с РАН и, исходя из тех наработок, которые существуют, вы-

брать оптимальный вариант для решения этой задачи. — сказал он, отметив при этом, что должен быть использован опыт создания советской сверхтяжелой ракеты «Энергия». — Это уникальная ракета. Отвергать тот опыт и те возможности было бы в высшей степени неправильно. Я думаю, что этот опыт и те возможности мы будем использовать. В каком качестве и каким образом — это предмет дальнейшего разговора».

В свою очередь вице-премьер Д.О. Рогозин заявил, что



Роскосмос по итогам рассмотрения задачи создания сверхтяжелого носителя выйдет с предложением рассмотреть этот вопрос на уровне политического руководства страны. «Исходя из этих приоритетов, будет определена полезная нагрузка ракеты, будет принято техническое решение, какой должна быть ракета-носитель. Но техническое решение по ней должно укладываться в очень жесткие рамки», — отметил Дмитрий Олегович, пояснив, что одним из основных требований к этой ракете будет требование по экологичности.

В настоящее время практически все ведущие ракетостроительные предприятия ведут изыскания как по ракетам первого — с грузоподъемностью 70-90 т — так и второго этапа — с грузоподъемностью 130 т и выше.

Ракетно-космическая корпорация (РКК) «Энергия» в течение года анонсировала несколько вариантов сверхтяжелой РН. Активность фирмы понятна: она разрабатывает перспективную пилотируемую транспортную систему (ШТС) и кровно заинтересована в создании носителя, необходимого для доставки корабля к Луне — это одна из основных задач. В качестве «супертяжа» первого этапа РКК «Энергия» предложила два носителя. Наиболее проработан вариант, получивший в сетевых СМИ название «Энергия — 5К». В общих чертах он повторяет прошлогодний проект РН «Содружество». Однако ключевым его отличием является отход от прямого заимствования элементов РН «Зенит».

Так, каждый из четырех боковых и унифицированный с ними центральный блок име-

ют диаметр 4,1 м (у «Зенита» — 3,9 м). Рабочий запас топлива в каждом из этих блоков увеличен до 385 т против 321 т у «Зенита». Указанные обстоятельства исключают транспортировку комплектных блоков по железной дороге даже на Байконур. На Восточный их придется доставлять на Ан-124. Блок третьей ступени также имеет существенные отличия как по компоновке и массе, так и по используемому двигателю: вместо РД-0120 на ступени предлагается использовать РД-191В (вариант двигателя РД-191 с выдвинутой сопловой насадкой). Общая стартовая масса «Энергии -5К» достигла примерно 2400 т против примерно 2000 т у «Содружества». Указанные изменения вызваны стремлением повысить энергетику носителя с 64-75 т у «Содружества» — до 79 тонн с некоторым резервом, а также обойтись исключительно российской технологическо-производственной базой без привлечения украинских предприятий.

Второй вариант, предложенный РКК «Энергия» — носитель с большим криогенным блоком диаметром 7,7 м с двумя двигателями РД0120. Вокруг центрального «ядра» расположены три боковых блока, которые, по экспертным оценкам, взяты из проекта «Энергия-5К». Этот РН способен доставить на низкую орбиту 80 тонн полезного груза. В качестве носителя второго этапа РКК «Энергия» предлагает развитие именно этого варианта. За счет увеличения количества «боковушек» до четырех, а также удлинения центрального блока и применения на нем 3-4 ЖРД РД0120, грузоподъемность на низкой орбите вырастает более чем до 126 тонн.

Самарский центр «ЦСКБ-Прогресс» сделал ставку на метан. Сейчас там прорабатывается две линейки носителей



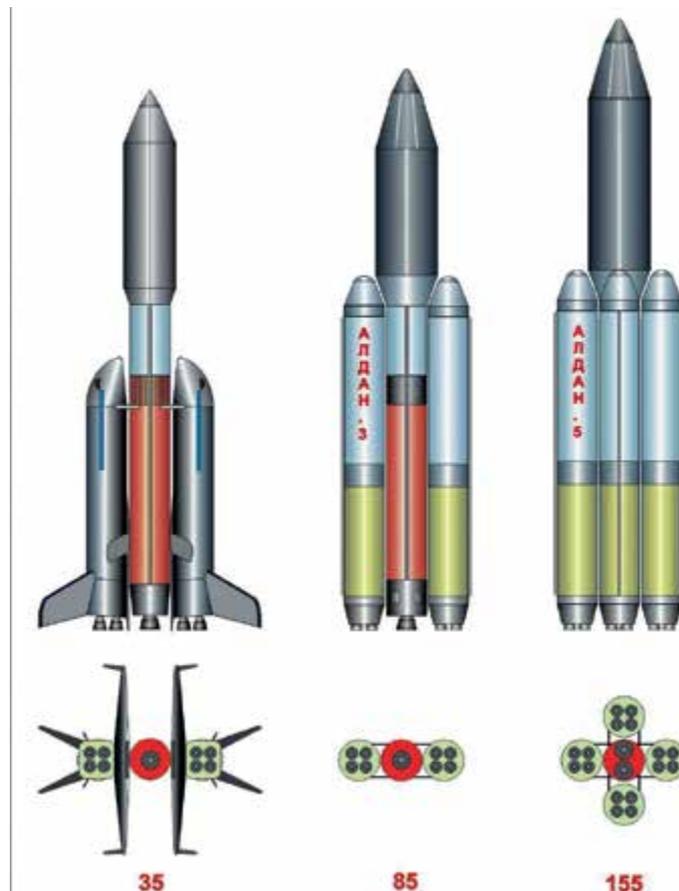
сверхтяжелого класса, которые условно так и обозначены — СТК. Первая линейка представлена ракетами, все ступени которых работают на сжиженном природном газе (СПГ) с высоким содержанием метана. Базовый вариант — СТК 1.1 — состоит из центрального блока диаметром 7,7 м, на который навешены четыре боковых блока диаметром 4,1 м. Каждый из боковых блоков оснащается двумя метановыми двигателями РД0164 с «земными» соплами, тогда как на центральном блоке установлены четыре высотных модификации этого ЖРД. Грузоподъемность СТК 1.1 составляет 85 тонн. Носитель СТК 1.2 с грузоподъемностью 130 тонн получается путем добавления к СТК 1.1 третьей ступени. «Старшая» модель семейства — 165-тонный носитель СТК 1.3 — получается из СТК 1.2 добавлением еще двух боковых блоков.

Вторая линейка носителей отличается использованием не метанового, а кислородно-водородного центрального блока. Базовый носитель семейства — 85-тонник СТК 2.1 оснащен двумя метановыми боковыми блоками, взятыми из первой линейки. Соответственно,

130-тонная РН СТК 2.2 оснащается четырьмя, а 190-тонник СТК 2.3 — шестью боковыми блоками.

Точных сведений о предложениях Центра Хруничева

пока нет. Можно предполагать, что 130-тонный носитель будет базироваться на решениях более ранних разработок — «Амур-5» и «Енисей-5». Но это вторая очередь. Самый



Серия носителей «Ангара» тяжелого класса



Носители «Амур-5»  
и «Енисей-5»

Vehicles «Amur-5»  
and «Yenisei-5»

интересный вопрос — каким видится первоочередной носитель 80-тонного класса? В интернете в неофициальном порядке была озвучена информация о ракете «Амур», в общих чертах похожей на «Содружество» или «Энергию — 5К». Возможно, что это ни что иное, как «Амур-5», в котором третья водородная ступень заменена керосиновой.

Но куда больший интерес вызывает предложение, подготовленное альтернативной группой проектантов Центра Хруничева. Речь идет о семействе РН «Каскад», во всяком случае, именно так они называются в открытых интернет-источниках. Изюминкой проекта является применение на всех ступенях ракеты многодвигательных установок, состоящих из нескольких ЖРД открытой схемы тягой порядка 83 тс на



уровне моря. Ракеты «Каскад» имеют модульно-блочную конструкцию и сформированы из унифицированных модулей. Каждый модуль, образующий боковой блок, оснащен восемью двигателями, а единый центральный модуль — четырьмя, но с высотными соплами.

В семейство входят пять носителей среднего, тяжелого и сверхтяжелого классов. Средний носитель — с двумя боковыми блоками — обеспечивает выведение на орбиту 16,6 т полезного груза. Тяжелый носитель с тремя «боковушками» способен вывести уже 32,9 т. Четырехблочный тяжеловес обладает грузоподъемностью около 49 тонн. Ракета с шестью боковыми блоками обеспечивает выполнение требований к носителю первого этапа, обеспечивая выведение на низкую орбиту около 77 тонн полезного груза. Наконец, носитель второго этапа получается путем добавления к последнему варианту опциональной криогенной (кислородно-водородной) ступени, которая доводит грузоподъемность РН до требуемых 130 тонн.

В целом, концепция «Каскада» своей «многодвигательностью» напоминает советскую Н1 или американский Falcon 9. На первый взгляд — это ошибка. Однако не все так просто. Проведенный проектантами анализ показал, что разработка многодвигательной установки из сравнительно небольших двигателей открытой схемы будет в несколько раз дешевле и быстрее, нежели из напряженных ЖРД замкнутой схемы. Открытая схема на восстановительном генераторном газе к тому же более надежна, по той простой причине, что аварии в ней развиваются на порядок медленнее, чем в «замкнутых» движках на окислительном газе, а значит, у системы аварийной защиты будет больше времени на отключение неисправного

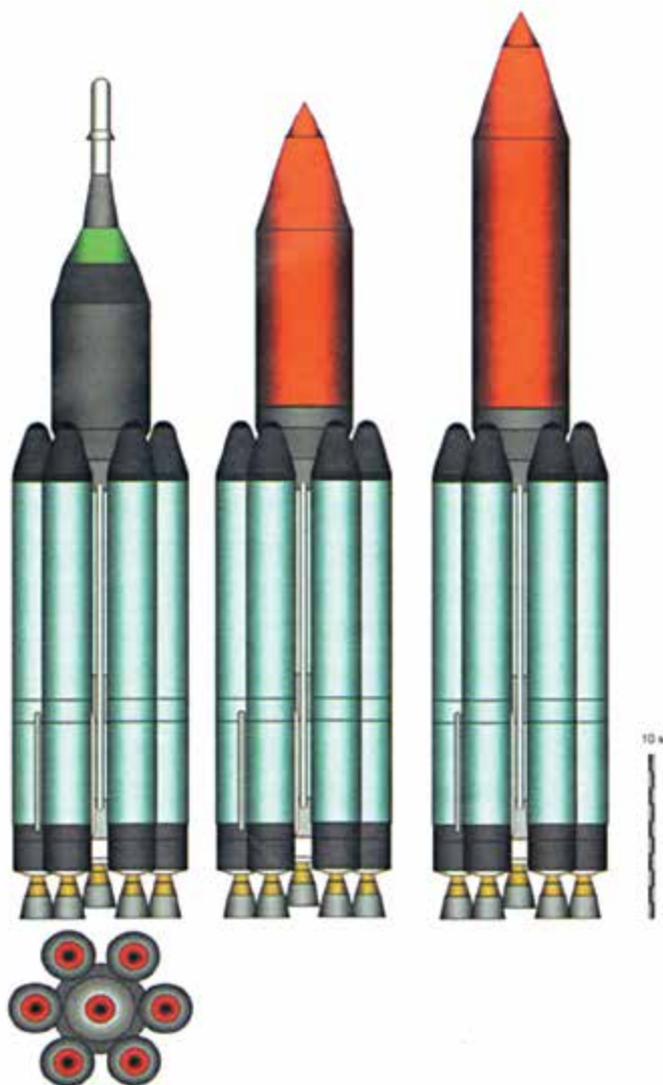
двигателя. Т.е. многодвигательная установка, как подтвердил опыт эксплуатации Falcon 9, будет более «живучей» и безопасной. Стоит также заметить, что разработчики «Каскада» пожертвовали массовым совершенством в угоду простоте, дешевизне и надежности. И, пожалуй, это верный подход.

Какие же выводы следуют из опубликованной информации?

#### Анализ тенденций и рисков

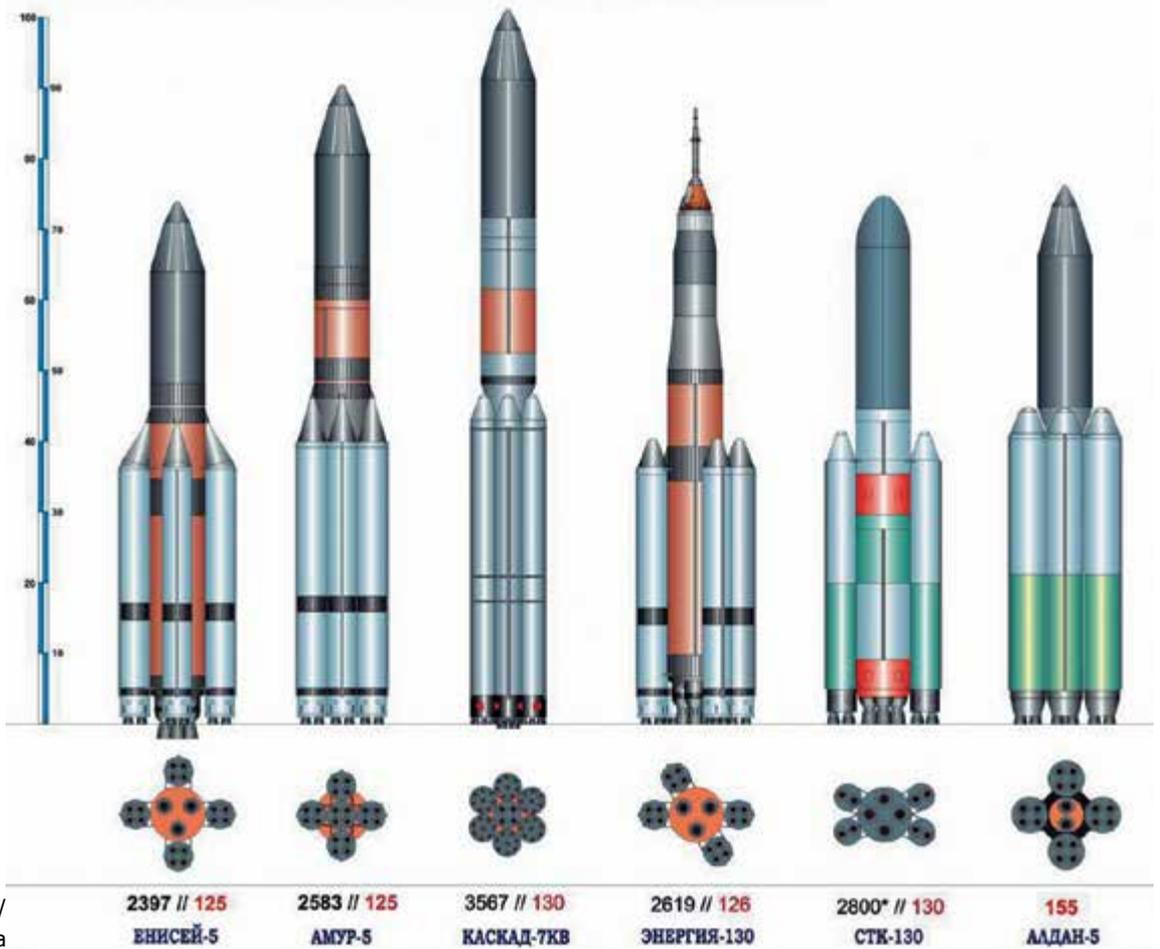
Информации уже достаточно, чтобы выявить кое-какие, порой тревожные, тенденции в формировании облика сверхтяжелого носителя.

Тенденция первая — продолжающийся рост проектной грузоподъемности. Еще несколько лет назад для решения задачи изучения Луны в самой минимальной постановке считалось вполне достаточным обеспечить создание тяжелого носителя с грузоподъемностью 55-60 тонн. Этого хватало для выведения на окололунную орбиту Лунной орбитальной станции (ЛОС), создания на поверхности нашего естественного спутника минимальной инфраструктуры для научных исследований, а также для осуществления пилотируемых экспедиций по двухступенчатой схеме. Однако затем, по



Варианты носителя «Ангара-7»

Variants of the vehicle «Angara-7»



Стартовая масса//  
Полезная нагрузка

мере «набора веса» лунной модификации корабля ПТК НП начала расти и потребная размерность РН для него. Всего за несколько лет она увеличилась до 79-85 тонн. А ведь это уже близко к грузоподъемности РН «Энергия» с многоразовыми блоками «А»!

Вторая тенденция, тесно связанная с первой, заключается в отходе от использования готовой элементной базы РН «Зенит». Ее было достаточно для выведения на низкую орбиту 60-70-тонной полезной нагрузки, но уже явно не хватает в нынешних реалиях. При дальнейшем росте потребной грузоподъемности ожидается нарастание технических и экономических проблем. Перечислим некоторые из них.

При росте габаритов ракетных блоков, как уже отмеча-

лось выше, происходит потеря транспортабельности по железной дороге. То есть, в принципе блок можно разделить на отсеки, как это делается при транспортировке центрального блока РН «Союз», но при этом растет трудоемкость сборочных работ, усложняется, утяжеляется и удорожается конструкция. Дальнейший рост габаритов в рамках пакетной компоновки с четырьмя боковыми блоками может привести к недостаточности тяги двигателя РД-171М, закладываемого сейчас в большинстве проектов. Это значит, что потребуются новый, более мощный ЖРД, со всеми вытекающими последствиями: десять лет и сотни миллионов долларов на проектирование и экспериментальную отработку.

Более того, рост габаритов ракетных модулей усложняет

возможность их использования в ракетах меньшей размерности. Во-первых, из-за увеличения длины и снижения жесткости, что само по себе может быть неприятной проблемой. Но самое главное, что грузоподъемность этих ракет может выйти за пределы практической применимости. Пока можно сказать, что востребованными могут оказаться носители грузоподъемностью как у «Зенита» или чуть больше — для выведения ПТК НП на орбиту МКС, а также грузоподъемностью 25-35 тонн — для коммерческих миссий на ГСО и выведения, при необходимости, лунной модификации ПТК НП.

Можно, конечно, сделать носитель первого этапа и с шестью блоками, чтобы сохранить возможность использо-



вания уже имеющихся двигателей. Но при этом надо иметь в виду усложнение системы разделения ракетных блоков из-за очень небольших зазоров между ними. Обеспечение безударного разделения в данном случае становится проблематичной задачей.

Учитывая сказанное, можно сказать, что пока наилучшим образом на роль «бюджетного супертяжа» подходит «Каскад». Особенно с учетом того, что его двигатели могут в будущем использоваться в носителях малого и легкого класса. Его недостатком является то, что «старшие» модели оснащаются шестью боковыми блоками, что ведет, как только что было показано, к определенным техническим проблемам. Кроме того, как бы ни были просты его двигатели, их

нужно еще спроектировать и испытать, а это время и деньги. «Энергия 5К» пока еще находится в рамках разумной размерности, но еще «чуть-чуть» и она ее перешагнет. Носители «ЦСКБ-Прогресс» выглядят наиболее рискованными, поскольку для них уже на первом этапе придется разрабатывать крупногабаритный центральный блок, что вкупе с совершенно новой топливной парой «жидкий кислород — СПГ» и, соответственно, новыми ЖРД, задает максимальный риск и стоимость всего проекта.

К чему может привести чрезмерный рост размерности «супертяжа»? Ответ уже известен из истории — к катастрофе отечественной ракетно-космической отрасли. Вспомним историю программы «Энергия-Буран». Сложная и амби-

циозная, она оттянула на себя все финансовые ресурсы отечественной космонавтики, что предопределило отставания советских космических аппаратов почти по всем «фронтам». Необходимость создания совершенно нового сверхтяжелого носителя размерности «Энергии» и выше в современных условиях нанесет нашей космонавтике еще больший ущерб, поскольку ресурсы России меньше, чем у СССР. В предыдущей статье на эту тему мы оценили возможные затраты на разработку совершенно нового носителя сверхтяжелого класса по типу РН «Энергия» примерно в 15-20 млрд \$. Возможно, эту оценку придется скорректировать в большую сторону. Например, стоимость разработки американской системы космических запусков SLS, которая должна



Вариант «Кварка» с грузоподъемностью около 70 тонн на низкой орбите

Variant of «Quark» with a load capacity of about 70 tons in low orbit

стать основой пилотируемой программы США в ближайшие полвека, оценивается в 38 млрд \$. Подобных ресурсов на космические программы у России нет.

В российской прессе уже появлялись сообщения о том, что проект сверхтяжелого носителя может быть разработан совместно с Европой. А как может выглядеть совместная разработка? В оптимальном варианте, конечно, было бы неплохо получить у европейцев деньги и на них спроектировать ракету, которой могут пользоваться кредиторы. Но Европа в здравом уме никогда не пойдет на такой вариант: зачем ей за свои деньги развивать российские технологии? Поэтому гораздо вероятнее, что европейцы предложат подход именно совместной разработки. Но исторический опыт показывает, что любая космическая разработка с Европой неизбежно погрязнет в бесконечных согласованиях требований и бюджетов. Все это приведет к таким срокам реализации проекта, что по сравнению с ними долгострой «Ангары» покажется мгновением.

#### Что делать?

Разумеется, в первую очередь, необходимо четко определить цели и задачи будущих миссий, для которых потребуются сверхтяжелый носитель. Эти цели должны быть достижимы в обозримом будущем. Они также должны служить научному и технологическому развитию стран-участниц проекта. Но они также должны быть разумными с точки зрения располагаемых ресурсов.

С этих позиций единственной реальной целью для «супертяжа» в ближайшие десятилетия может быть только изучение Луны с организацией на ее поверхности скромной научной базы, работающей в режиме периодических посе-

щений. Ни о каком масштабном освоении лунных ресурсов в ближайшие столетия речи просто быть не может. По той простой причине, что все эти ресурсы доступны и на земле. Малореальным кажется и задача создания на Луне некоего «форпоста» или «гавани» для полетов на Марс. Гораздо проще стартовать с околоземной орбиты.

Указанный подход можно охарактеризовать, как «разумный минимализм». Если развивать его дальше, то можно выдать несколько рекомендаций, которые, разумеется, не являются истиной в последней инстанции. Они просто отражают точку зрения автора. Во-первых, следует сознательно и разумно ограничить функции и задачи, возложенные на пилотируемый корабль. Пусть даже в ущерб некоторым характеристикам. Например, пусть он доставляет к Луне не четырех, а трех космонавтов. Можно, вероятно, определить и иные требования, которые можно безболезненно «усечь». В этом случае, на долгие годы, максимум, что потребуется, это носитель с грузоподъемностью на низкой орбите порядка 65-70 т. Все что выше грузоподъемностью резко теряет в транспортабельности и дешевизне, а также требует более сложных технических решений.

В качестве примера, можно предложить концепцию «70-тонного» носителя, выдвинутую еще в прошлой статье. Ее суть заключается в создании семейства двухступенчатых ракет с максимальным использованием существующего задела. В частности, рассмотрен вариант РН пакетной компоновки с последовательной работой ступеней (схема 11К37). Стартовая масса ракеты 1950 т. Первая ступень состоит из четырех блоков диаметром 3,9 м. Они аналогичны по ком-

поновке с блоками первой ступени «Зенита» и также оснащаются двигателями типа РД-171М (с необходимыми изменениями). Вторая ступень включает в себя ракетный блок с теми же габаритами и заправкой, что и «боковушка», с той лишь разницей, что на нем установлены два РД-191В с высотным соплом. Разгонный блок — кислородно-водородный с двумя-четырьмя двигателями РД0146Д. При схеме с доведением — с падением центрального блока в «антиподной точке» в Тихом океане — такая ракета обеспечит выведение на низкую опорную орбиту порядка 70 тонн, а на орбиту искусственного спутника Луны (ОИСЛ) может быть доставлен груз массой примерно 19 т. Как видим, это довольно внушительное значение. Если же использовать схему с «подсадкой», т.е. с выводением пилотируемого корабля другим носителем, то на ОИСЛ можно вывести уже 25-27 тонн. Кстати, носитель с двумя боковыми блоками может вывести на низкую околоземную орбиту от 25 до 32 тонн (в зависимости от рабочей заправки центрального блока). Этого достаточно для выведения пилотируемого корабля в схеме с «подсадкой», а также для выполнения коммерческих миссий на ГПО. Компоночное решение ракет показано на рисунке.

Также требованиям «разумного минимализма» отвечают проекты «Зенит-5» (упоминался в предыдущей статье) и «Содружество». В них наиболее полно реализуется преимущество конструктивно-компоночных решений и технологической базы РН «Зенит». Собственно, макет этих ракет, при наличии готовых «зенитовских» блоков, можно было бы собрать за несколько месяцев. Конечно, изготовление летной машины заняло

бы гораздо больше времени, но оно бы исчислялось тремя-четырьмя годами. Не было бы нужды проводить огневые стендовые испытания отдельных ступеней, можно было бы провести лишь «прожиг» пакета в сборе на УКСС.

Именно «70-тонник» позволяет с минимальными изменениями использовать элементы РН «Зенит» и избежать длительной наземной отработки новых конструкций и технических решений. Надо понять, что от носителя не требуется каких-то «навороченных» и ультрапередовых технологий. Ведь это всего лишь инструмент, он должен с минимальной ценой и с заданной надежностью выводить полезный груз в определенную область пространства. Также необходимо повторить, что единственным пока пригодным местом для пусков «супертяжа» остается УКСС («площадка 250») космодрома Байконур. Попытка создания пусковой инфраструктуры сверхтяжелых носителей в ином месте резко затормозит весь проект. И в УКСС надо вложить очень много, но разработка с нуля будет вообще малоподъемной (вспомним, сколько лет строится не самый сложный стартовый комплекс «Ангара» в Плесецке)... Можно полагать, что затраты на создание с нуля универсального — под «супертяж» первого и второго этапов — стартового комплекса могут составить порядка 3-5 млрд \$, а время на его постройку и испытания может достичь десятка лет, если не больше.

Понятно, что такой подход резко сокращает возможность для «освоения» бюджетных средств, но в таких грандиозных проектах, как изучение Луны, требуется проявить воистину государственный подход. ■



Вариант «Кварка» с грузоподъемностью около 30 тонн на низкой орбите

Variant of «Quark» with a load capacity of about 30 tons in low orbit

# Returning to the «heavyweights»

D. VORONTSOV



A year ago, we have considered the problem of the creation and operation of super-heavy vehicle. In this case, has been described the concept of «budget» super-heavy launch vehicle, which should be based on the maximum possible use of prefabricated elements, systems, and technologies. Recall that in this connection it was suggested that the “heavyweight” must be in the range of modular carrier composed of blocks are in constant scale production and designed

to perform the tasks of practical and commercial space. In fact, it was concluded about feasibility of establishing of such carrier on elemental base of «Zenit».

Certain changes have taken place over the past year in the subject. First, the Roscosmos has confirmed carrying out the research work («Magistral» and «Oblik») on the formation of guise of super-heavy vehicle. Second, the decision on the tender for the project «heavyweight» is announced, it is expected before the end of the year. This was announced by the

State Secretary, Deputy Head of Roscosmos D.V. Lyskov. Finally, the details of some projects have become known and their analysis allows some conclusions about the technical trends. Let's start from this topic.

## Projects

The basic outline of the design was specified in the «Principles of State Policy in the field of space activities for the period up to 2030 and beyond», approved by the President of Russia Vladimir Putin, April 19,

2013. There it says the following. Creating a super-heavy launch vehicle carrying capacity of over 50 tons for the implementation of launches of new generation in high-Earth orbit and to the Moon, Mars, Jupiter and other celestial bodies within the solar system is planned until 2030. Finishing creating and the beginning of operation the launch vehicle with a reusable first stage, and the development of scientific and technical basis for the creation of launch missions to Mars (in particular, the launch vehicle carrying up to 130-180 tons and interplanetary tugs with powerful power propulsion units) is scheduled after 2030.

According to the new Head of Federal Space Agency of the Russian Federation O.N. Ostapenko, Roscosmos plans jointly with the Russian Academy of Sciences to discuss the creation of super-heavy rockets. «All reserve which we have will be analyzed and used. Today we plan to work this question with the scientific community sector, then this perspective to make a joint analysis with the Russian Academy of Sciences, and based on those developments that are there to choose the best option for solving this problem. — He said, noting that the experience of establishing a Soviet super-heavy rockets «Energy» should be used. — This is a unique missile. Reject the experience and capabilities would be extremely wrong. I think that this experience and the opportunities we will use. In what capacity and how — is the subject of further conversation.»

In turn, Deputy Prime Minister Dmitry Rogozin said that Roscosmos will come with a proposal to consider this issue at the level of the political leadership of the country on the basis of analysis of the problem of creating super-heavy vehicle. «On the basis of these priorities will be determined by the payload of rocket, will be accepted tech-

nical solution, which should be launch vehicle. But the technical solution on it must fit into a very rigid framework», — said Dmitry Olegovich, explaining that one of the main requirements for this rocket will be a requirement for environmental friendliness.

At present, almost all the leading rocket-building enterprises conduct finding as the missile of the first — with a capacity of 70-90 tons — and the second phase — with capacity of 130 tons and above.

Rocket and Space Corporation (RSC) «Energy» during the year announced several options for extra-heavy launch vehicle. The activity of the company is clear: it is developing a promising piloted transport system (PPTS), and is vitally interested in the creation of carrier required for the delivery of the ship to the Moon — it is one of the main tasks. Two carriers were proposed by RSC «Energy» as a «heavyweight» of the first phase. «Energy — 5K,» which got its name in the online media is the most elaborated option. In general, it repeats last year's project LV «Sodruzhestvo». However, the key his difference is deviation from direct borrowing of the elements of «Zenit».

Thus, each of the four sides and unified with them the central unit have a diameter of 4.1 m (for «Zenit» — 3.9 m). Operating reserve of fuel in each of these blocks is increased to 385 tons against 321 tons of «Zenit». These circumstances exclude the transportation of complete units by rail even at Baikonur. On the Vostochny they will have to deliver on the An-124. Block of the third stage also has significant differences both in arranging and weight and on the motor used: instead of the rocket engine RE-0120 on stage will be offered to use the RE-191B (a variant of the RE-191 with retractable nozzle head). The total launch mass of the «Energy-5K» has reached



about 2,400 tons, compared to about 2,000 tons of «Sodruzhestvo». These changes are caused by the desire to improve energy of the carrier with 64-75 tons of «Sodruzhestvo» — up to 79 tons with a certain reserve, and manage only by the Russian technological and industrial base without the involvement of Ukrainian enterprises.

The second option proposed by RSC «Energy» is the carrier with a large cryogenic stage with a diameter 7.7 m and two engines RE-0120. Three side blocks, which according to expert estimates, taken from the project «Energy-5K», arranged around a central «core». This LV is able to deliver into a low orbit a payload of 80 tons. RSC «Energy» suggests the development of this variant as a carrier for the second phase. Load capacity in low orbit grows to more than 126 tons by increasing the number of «sides» to four, and the extension of the central unit and uses on it 3-4 liquid rocket engines (LRE) RE-0120.

Samara Center «TSKB Progress» made a bid for methane. Now two lines of vehicles of super-heavy class are worked there that conventionally identified as SHC. The first line is represented by rockets; all the stages of it use the liquefied natural gas (LNG) with high methane content. The basic version of the SHC 1.1 consists of a central unit with a diameter 7.7 m, at which four side blocks with a diameter 4.1 m are hung. Each of the side units is equipped with two methane engines RE-0164 with «mundane» nozzles, while four high-rise modifications of the LRE mounted on the central unit. Load capacity of the SHC 1.1 is 85 tons. The launcher SHC 1.2 with capacity of 130 tons is produced by adding a third stage to the SHC 1.1. The «senior» model family is the 165-ton vehicle SHC 1.3 is obtained from the SHC 1.2 by addition of two side blocks.

The second line of vehicles is characterized by using of oxygen-hydrogen central unit instead of methane. The base vehicle of the family is 85-tonner SHC 2.1, which is equipped with two methane lateral blocks taken from the first line. Accordingly, the 130-ton LV SHC 2.2 is equipped with four side blocks, and 190-tonner SHC 2.3 — with six side blocks.

Exact details of the Khru-nichev's Center on proposals are not yet available. It can be assumed that the 130-ton vehicle will be based on the decisions of earlier developments — «Amur-5» and «Yenisei-5». But this is the second stage. The most interesting question: what is the primary vehicle of the 80-ton class? Information about the rocket «Amur» has been announced on the Internet in an informal manner that is similar to the «Sodruzhestvo» or «Energy-5K» in general terms. It is possible that this «Amur-5», in which the third hydrogen stage is replaced by kerosene.

But far more interest is the proposal prepared by the alternative group of designers the Khru-nichev Center. It is about a family of LV «Kaskad», at least that is how they're called in the open Internet sources. The use of multimotor systems at all levels of the rocket, consisting of several liquid rocket engines of open circuit with thrust around 83 ton at sea level, is the highlight of the project. Rockets «Kaskad» having modular block construction, are formed from standardized modules. Each module, which forms a side unit, equipped with eight motors, and a single central unit — by four, but with high-rise nozzles.

Five launchers of the medium, heavy and super heavy classes belong to the family. Medium vehicle with two side blocks provide orbit insertion 16.6 tons of payload. Heavy vehicle with three «sidewalls» is able to deduce 32.9 tons. The four-block-heavyweight has capacity about 49 tons. Rock-

et with six lateral blocks provides fulfillment of the requirements to launch vehicles of the first stage, providing output to the lower altitude of about 77 tons of payload. Finally, the launch vehicle of the second stage is obtained by adding to the latest version the optional cryogenic (oxygen-hydrogen) step, which shall bring load capacity of launch vehicle to the required 130 tons.

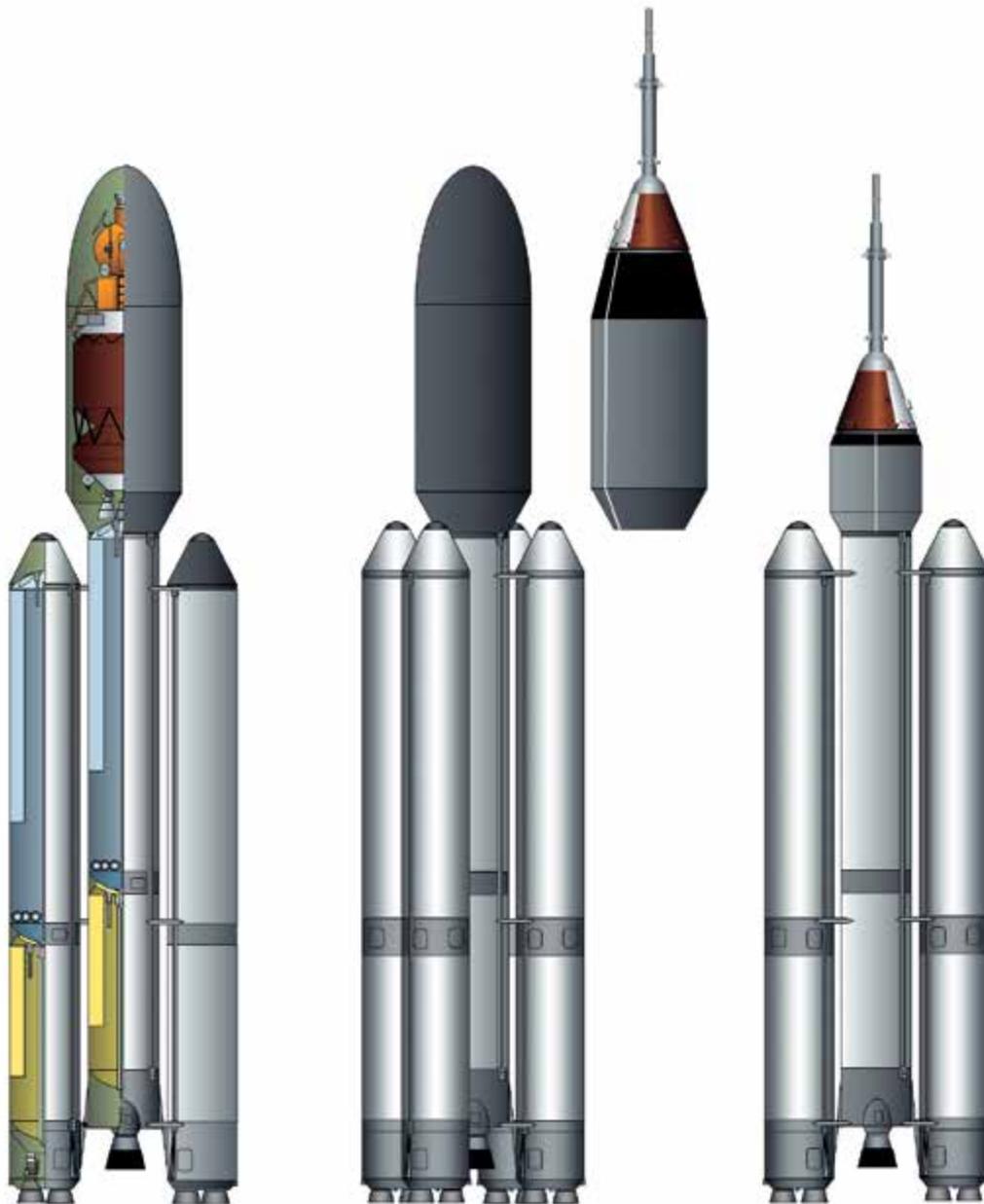
In general, the concept of a «Kaskad» of its “multi-engine” resembles the Soviet H1 or American Falcon 9. At first glance — it's a mistake. However, not all is so easy. Analysis conducted by designers showed that the development of multi-engine installation from relatively small engines of the open circuit will be several times cheaper and faster than from a strained LRE closed circuit. Open circuit on the reduced generator gas is also more reliable, for the reason that the accident in it develops on the order of magnitude slower than in the «closed» engines on the oxidizing gas. This means that the safety system will have more time to turn off the faulty engine. That is, multi-engine setup, as confirmed by operating experience of the Falcon 9 will be more «survivable» and safe. It is also worth noting that the developers of the «Kaskad» have sacrificed by massive perfection for the sake of simplicity, low cost and reliability. Perhaps this is the right approach.

What conclusions follow from the published information?

#### Analysis of trends and risks

Information is already enough to identify some, at times alarming, trends in shaping of the super-heavy vehicle.

The first trend: the continued growth of the project capacity. Ensure the creation of heavy vehicle with carrying capacity of 55-60 tons was considered quite sufficient to solve the problem of



Hypothetical modular two-stage vehicle based on elements of the LV «Zenit» (codenamed «Quark»)

On the left — the layout scheme  
In the center — the general view of the «70-ton» with four lateral blocks.

On the right — general view of the «30-ton» with two lateral blocks

studying of the Moon in the lowest formulation just a few years ago. This was enough to launch of the Lunar orbital station (LOS) on the lunar orbit, the establishment of minimum infrastructure for research at the surface of our natural satellite, and also for realization of manned expeditions on the two-start circuit. But then, PTK NP began to rise and the required dimension of the launch vehicle for it to the extent «weight gain» of the lunar spacecraft modification. It increased to 79-85 tons in just a few years. These indicators are

close to the carrying capacity of launch vehicle «Energy» with reusable blocks «A»!

The second trend, which is closely connected with the first, is to move away from the use of the finished elemental basis of launch vehicle «Zenit». It was enough to launch into low orbit of the 60-70-ton payload, but it is clearly not enough in the current circumstances. The growth of technical and economic problems is expected with further increase of the required load capacity. Here are some of them.

With increasing dimensions of the rocket units, as noted above, there is a loss of transportability by rail. That is, the block can be divided into sections as it is done during transportation of the central unit of launch vehicle «Soyuz», but the complexity of assembly work is growing, and the construction is more complex, heavier and more expensive. Further growth of sizes within batch layout with four side blocks can result in poor engine thrust RE-171M, mortgaged now in most projects. This means that a new,



more powerful LRE with all its consequences will require: ten years and hundreds of millions of dollars to design and piloting.

Moreover, the growth of sizes of rocket modules complicates the possibility of their use in rockets of smaller dimension. First, it is due to increase in length and reduce stiffness, which in itself can be a troublesome problem. But the most important thing is that the load capacity of these rockets can come out for the redivision

of practical applicability. Launch vehicles with a load capacity as that of the «Zenit» or a little more may be demanded for insertion of PTK NP into ISS orbit, as well as load capacity of 25-35 tons for commercial missions in geostationary orbit and launch of the lunar PTK NP modification, if necessary.

It is possible, of course, make the launch vehicle of the first stage and with six blocks to preserve the ability to use exist-

ing engines. Thus it is necessary to take into account complication the system of separation of rocket units because of very small gaps between them. Providing of unstressed separation in this case becomes problematic task.

Taking this into account, we can say that the «Cascade» is best suitable for the role of «fiscal heavyweight», especially considering the fact that its engines may in the future be used in launch vehicles of the light and small class. Its disadvantage is that the «older» models are equipped with six side blocks, which leads to certain technical problems. Furthermore, its engines must be designed and tested. This is the time and money. «Energy 5K» while still within reasonable dimensions, but also «a bit» and it will step over it. Launch vehicles of the «TSKB Progress» look the most risky, because for them in the first stage will have to develop large-sized central unit that together with a completely new fuel pair «liquid oxygen-LNG» and, accordingly, the new LRE, sets the maximum risk and cost of the entire project.

What can cause excessive growth of dimension of «heavyweight»? The answer is already known from history — to the catastrophe of the national rocket and space industry. Recall the history of the program «Energy-Buran». The complex and ambitious, it pulled up all the financial resources of domestic space, which explains the lag of the Soviet spacecrafts almost all «fronts». The need to create of the entirely new super-heavy vehicle of dimension «Energy» and higher in the present conditions will cause more damage to our space program, as resources of the Russia is less than that of the Soviet Union. In a previous article on this topic, we assessed possible cost of developing an entirely new vehicle of super-heavy class by type of «Energy» about \$ 15-20 billion.

Perhaps this assessment will have to be adjusted in a big way. For example, the cost of the development of the American system of space launches SLS, which should be the basis of the U.S. manned program in the next half-century, is estimated at \$ 38 billion. Russia does not have such resources on space programs.

Reports that the project of super-heavy vehicle may be developed together with Europe already appeared in the Russian press. What can the joint development? Optimally, of course, it would be nice to get the money from the Europeans and design a rocket on them, which lenders can use. But Europe is in their right mind would never agree to such an option: why should it develop the Russian technology for your money? It is therefore much more likely that the option of the joint development will be offered by the Europeans. But historical experience shows that any space development with Europe will have endless harmonization of requirements and budgets. This will result in the project implementation period that in comparison with them a long construction of the «Angara» will seem a moment.

#### What to do?

Of course, first of all, a clear definition of goals and objectives for future missions, which will require super-heavy vehicle, is necessary. These goals should be achievable in the foreseeable future. They should also serve to the scientific and technological development of the participating countries. But they also need to be reasonable in terms of available resources.

From this perspective, the study of the Moon with the organization on its surface a modest research facilities, operating in a mode of periodic visits may be the only realistic goal for a «heavy-weight» in the coming decades. Neither of which the large-scale development of lunar resources in



the next century can be no question for the simple reason that all of these resources are available on the ground. The task of creating of the «outpost» or «haven» on the Moon for Mars missions seems too unrealistic. Start from the near-Earth orbit is much simpler.

The above approach can be characterized as «reasonable minimalism.» If develop it further, we can give some recommendations, which, of course, are not the ultimate truth. They

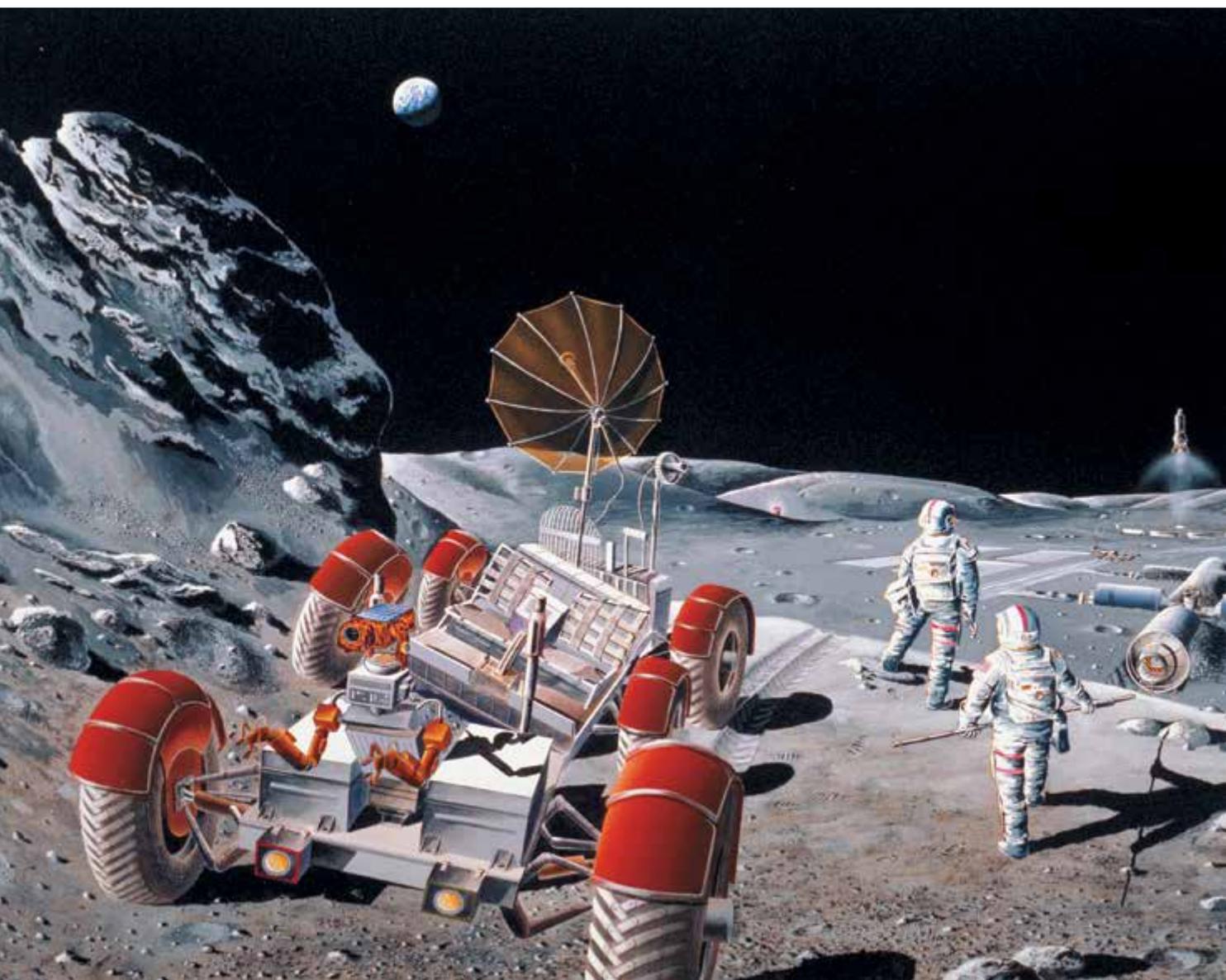
simply represent the views of the author. First, knowingly and intelligently limit the functions and tasks assigned to the manned spacecraft, is necessary. Even if it at the expense of some characteristics. For example, manned spacecraft delivers three astronauts to the Moon, instead of four. You can probably determine other requirements, which can be painlessly «truncate». In this case only vehicle in low orbit with a carrying capacity about 65-

70 tons required for many years. All that is higher in capacity, rapidly loses for the transportability and cheapness, but also requires more complex solutions.

As an example, it is possible to propose the concept of «70-ton» vehicle represented in the previous article. Its essence is to create a family of two-stage rockets with a maximum use of the existing reserve. In particular, the version of launch vehicle of the batch configuration with consistent work of stages (Scheme 11K37) was considered. The starting weight of the rocket — 1950 t. The first stage consists

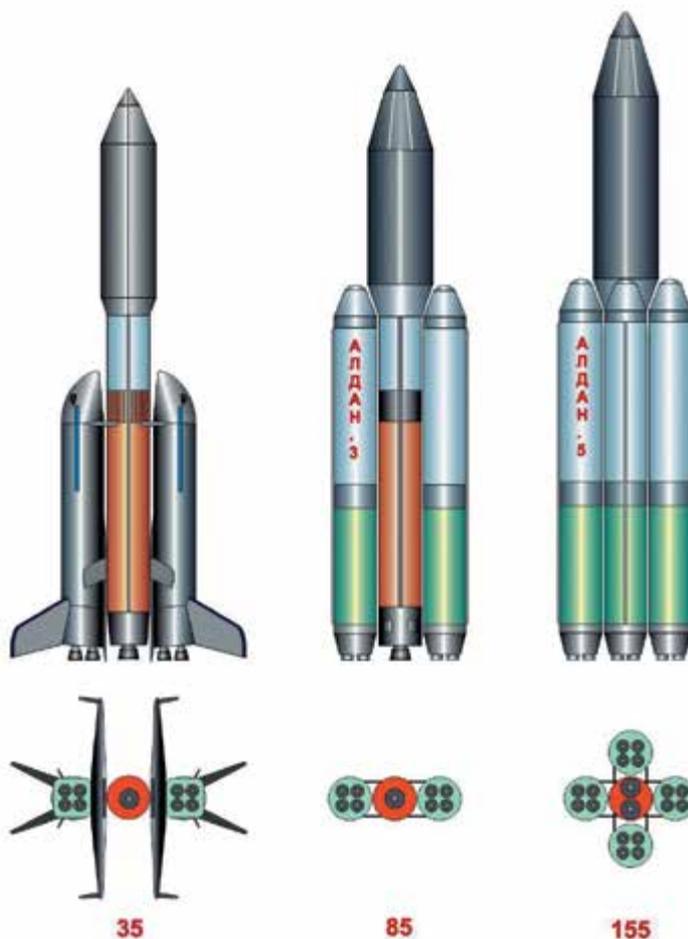
of four blocks of diameter 3.9 m. They are similar by the layout with the blocks of the first stage of the «Zenit» and are also equipped with engines RE-171M type (with the necessary changes). The second stage includes a missile unit with the same dimensions and refilling as the «side-wall» with the only difference that two RE-191V with high-rise nozzle mounted on it. The upper stage is an oxygen-hydrogen with two-four engines RE-0146D. The missile can provide a derived to a low reference orbit about 70 tons with the scheme with final ascent with the fall of the central

unit in the «antipodal point» in the Pacific Ocean, and into satellite orbit of the Moon (SOM) can be delivered a weight of about 19 tons. As you can see, it's pretty impressive value. If you use a schema with the «replanting», i.e. with deducing of manned spacecraft by other suitable vehicle, then 25-27 tons can be put on SOM. Incidentally, the launch vehicle with two side blocks can bring to low-Earth orbit from 25 to 32 tons (depending on the operating fueling of the central unit). This is enough to launch a manned spacecraft in the scheme with a «replanting» as well as for



commercial missions to GEO. Space arrangement of rockets is shown in the Figure.

Also projects «Zenit-5» (mentioned in the previous article), and the «Sodruzhestvo» satisfy the requirements of «reasonable minimalism.» The continuity of design-assembly solutions and technological base of the launch vehicle «Zenit» most fully realized in them. In fact, the layout of these units could be collected in a few months in the presence of predefined «Zenit» blocks. Of course, making of flight machines would have taken longer. It would be counted in



A series of vehicles «Angara» of the heavy class

three or four years. In this case, there is no need to conduct firing bench testing of individual steps. We could organize a «burn» of package in assembly on UKSS.

It is the «70-tonner» allows to use the elements of the launch vehicle «Zenit» and avoid a long ground tests of new designs and technical solutions with minimal changes. We need understand that some «advanced» and the ultra-advanced technology is not required from vehicle, it's just a tool. It should deduce the payload in a specific region of space with the lowest price and with a given reliability. It is also necessary to repeat that the only suitable place for launches of the «heavyweight» remains UKSS («area 250») of the Baikonur cosmodrome. An attempt to create of the launching infrastructure of

super-heavy vehicles in another place dramatically slows down the whole project. We must also invest great deal into UKSS, but development from the ground up to be very heavy (remember how many years is constructed not the most complicated launch complex «Angara» in Plesetsk). It is believed that the cost on creating from scratch of universal — for the «heavyweight» of the first and second phases — the launch complex could reach \$ 3.5 billion, and the time for its construction and testing can achieve ten years, if not longer.

It is clear that this approach greatly reduces the opportunity for the «development» of the budget, but in such grandiose projects as the study of the Moon, it is required to manifest a truly national approach. ■

# Лунный ренессанс



**Нурлан АСЕЛКАН**

шеф-редактор журнала

«Космические исследования и технологии»



**Л**уна, наш естественный спутник, становится в последнее время главной целью космической деятельности ведущих стран мира. Это происходит после значительного периода, когда исследования были фактически прекращены. После завершения так называ-

емой «лунной гонки» между СССР и США, автоматические станции до начала 90-х на Луну не направлялись. Ситуация изменилась в 90-х.

В 1994 г. был запущен американский зонд Clementine. Затем его работу продолжил Lunar Prospector в 1998 г. Работа этих станций дала пер-

вые данные о наличии запасов воды в виде льда в приполярных областях Луны.

Эти открытия совпали с определенным падением интереса деловых кругов и общественности к космонавтике. Конечно, практические приложения, такие как космическая связь, дистанционное зондирование Земли, спутниковая навигация, бурно развивались. Но стратегические цели космонавтики вызывали дискуссии: необходима ли пилотируемая космонавтика, где основной вектор развития — полеты на Марс и планеты или борьба с астероидной опасностью?

Новые активные члены «Космического клуба» — Китай, Индия, Бразилия искали свои пути в космонавтике. Критике подвергался «консервативный» курс на абсолютный приоритет околоземной орбиты. Орбитальные станции, группировки спутников реализовали свой потенциал и достигли пределов своего развития с технологической точки зрения. Ничего нового «прорывного» в этой сфере не ожидалось. Нужен был импульс, вызов, который бы позволил сформулировать новые, перспективные цели.

Толчком к переменам послужила катастрофа много-разового корабля «Columbia»

в 2003 г. Стало ясно, корабли Space Shuttle уходят в историю. Президент Джордж Буш 14 января 2004 г. объявил, что США начинают масштабную программу «Constellation» с созданием новых ракет-носителей и пилотируемых космических кораблей, способных после 2020 г. доставить на Луну людей, оборудование, с целью организации первых лунных баз. Были начаты работы по созданию сверхтяжелых ракет, двигателей к ним, начали возрождаться испытательные центры и полигоны. В их рамках были созданы первые компоненты будущей лунной транспортной системы. Правда новая администрация Обамы подвергла ревизии планы NASA, переименовав программу и отменив целые ее разделы. Тем не менее, Конгресс настоял на сохранении ключевого проекта — создание сверхтяжелого носителя грузоподъемностью 70/140 тонн. Работы над ним продолжают сегодня с большой интенсивностью.

Но первыми на новый штурм Луны пошли автоматические станции. Европейское космическое агентство 28 сентября 2003 г. запустило автоматическую межпланетную станцию (АМС) «Smart -1». 14 сентября 2007 г. Япония запустила вторую АМС для исследования Луны «Selene». А 24 октября 2007 г. в лунную гонку вступил и Китай — был запущен первый китайский спутник Луны «Чанъэ-1». 22 октября 2008 г. была запущена первая индийская АМС «Chadrayaan-1». В 2010 г. Китай запустил вторую АМС «Чанъэ-2».

18 июня 2009 г. NASA были запущены лунные орбитальные зонды — Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) и Lunar CRater Observation and Sensing Satellite (LCROSS). Спутники предназначены для сбора информации о лунной поверхности, поиска воды и подходящих



Чанъэ-3 летит на Луну

мест для будущих лунных экспедиций. К сорокалетию полета Apollo 11 АМС LRO выполнила специальное задание — провела съемку районов посадки лунных модулей земных экспедиций. В период с 11 по 15 июля LRO сделала и передала на Землю первые в истории детальные орбитальные сним-

ки самих лунных модулей, посадочных площадок, элементов оборудования, оставленных экспедициями на поверхности, и даже следов тележки, ровера и самих землян. За это время были сняты 5 из 6 мест посадки экспедиции Аполлон-11. Позднее АМС LRO выполнил еще более подробные снимки



поверхности, где ясно видно не только посадочные модули и следы колес ровера, но и пешие следы самих космонавтов. 9 октября 2009 г. космический аппарат LCROSS и разгонный блок «Centaur» совершили запланированное падение на поверхность Луны в кратер Кабеус, расположенный примерно в 100 км от южного полюса Луны, а потому постоянно находящийся в глубокой тени. 13 ноября NASA сообщило о том, что с помощью этого эксперимента на Луне обнаружена вода.

Почему, кстати, придается такое большое значение открытию водных ресурсов?

Помимо того, что вода и полученный из нее кислород обеспечивают жизнедеятельность людей, она также дает возмож-

ность снабдить экспедиции компонентами ракетного топлива — водородом и кислородом. Существенным фактором на Луне является мощное солнечное излучение, позволяющее использовать солнечную энергию для расщепления воды. При кратковременных периодах затенения возможен обратный цикл синтеза с выделением тепла и энергии. Таким образом, открываются возможности для создания водородной энергетики на нашем естественном спутнике. Немаловажно также то, что вода используется практически во всех промышленных и химических технологиях, а водород — неотъемлемый компонент в восстановительных реакциях, требующихся для получения металлов из лунного реголита

и анортозита. Видимо дислокация перспективных лунных баз будет привязана к разведанным источникам водных ресурсов. Сегодня такими местами являются полярные области Луны.

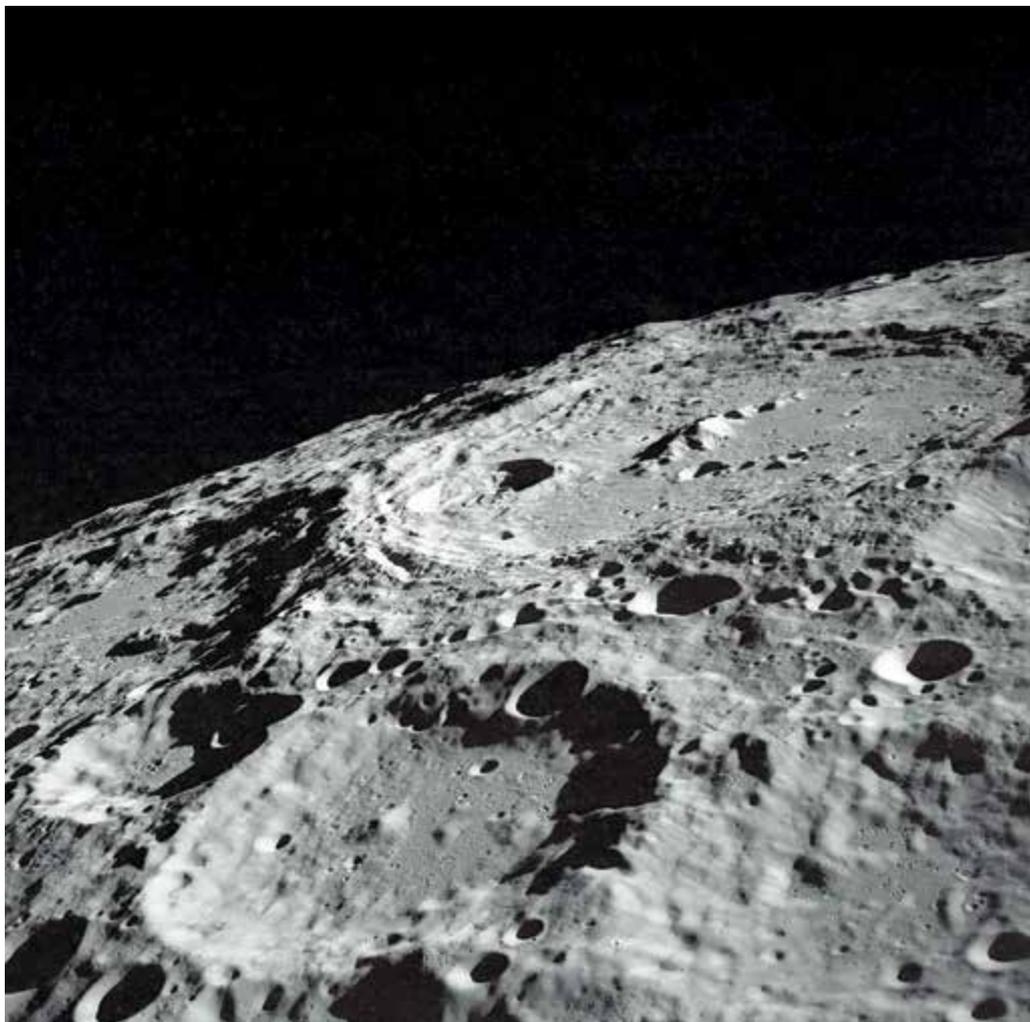
Более тщательная обработка данных эксперимента NASA подтвердила, что в жерле Кабеуса есть вода, но ее оказалось заметно больше, чем ученым показалось сначала. При первичном анализе концентрация воды в выброшенном из кратера веществе была оценена в один процент. Теперь выяснилось, что ее содержание в 5,6 раза больше. На первый взгляд кажется, что 5,6 процента воды — это не очень много. Но кое-где на Земле — например, в пустыне Сахара, воды почти вдвое

меньше. Факт, что некоторые места на Луне более обводнены, чем некоторые места на Земле, еще совсем недавно казался совершенной фантастикой. Более того, если содержание воды на всей поверхности Луны окажется приблизительно одинаковым, то потенциальные лунные колонисты смогут забыть о необходимости ждать регулярные рейсы с водой с Земли. Теоретически, они смогут добывать воду непосредственно из лунного грунта с выходом 45 литров на тысячу килограммов. Не исключено, что получать воду на Луне будет проще, чем считалось. Вода (в форме льда) входит в состав небольших гранул, которые легко обрабатывать.

Помимо воды в лунном грунте обнаружилось столько различных веществ, что их вполне может хватить на приличную химическую лабораторию. В поднимаемом при падении снарядов облаке содержится около 570 килограммов монооксида углерода, 140 килограммов молекулярного водорода, 160 килограммов кальция, 120 килограммов ртути и 40 килограммов магния.

На вопрос о том, как все эти многочисленные вещества в принципе оказались на поверхности Луны, также может быть несколько ответов. Один предполагает, что кальций, ртуть и все прочие элементы были занесены на Луну кометами и метеоритами. Согласно второй версии, земной спутник может быть куда более активным, чем принято думать, и в его недрах до сих пор протекают химические процессы. Ученые не исключают, что лунные запасы сформировались с участием обоих этих процессов.

США продолжают исследования Луны автоматическими станциями «GRAIL» (запущенной в 2011 г.), «LADEE» (запущенной в 2013 г.) и другими.



На наших глазах Китай 14 декабря текущего года осуществил доставку на Луну первого отечественного лунохода. Напомним, что последний аппарат такого типа «Луноход-2», построенный СССР, был запущен в далеком 1973 году.

Автоматическая межпланетная станция «Чанъэ-3» состоит из двух частей — посадочного аппарата и лунохода. Посадочный аппарат снабжен четырьмя опорами, двумя панелями солнечных батарей и платформой со сходнями, которая играет роль своеобразного лифта. Луноход доставляется на Луну на верхней плоскости посадочного аппарата. С нее он выезжает на платформу-лифт, которая, опустившись из верхнего положения в нижнее,

позволит луноходу съехать на грунт. На посадочном аппарате размещаются три панорамные камеры и устройство для изучения лунного грунта. Имеется отдельная телекамера для съемки поверхности во время спуска, зависания посадочного аппарата продолжительностью до 100 секунд и выбора окончательной точки прилунения.

Посадочный аппарат несет камеру коротковолнового УФ-диапазона, предназначенную для наблюдения земной ионосферы в полосе 30,4 нм в интересах исследования космической «погоды», солнечной активности, состояния магнитного поля Земли и потоков частиц в ионосфере. На нем будет также установлен оптический телескоп ближне-

Lunar Prospector



го УФ-диапазона для астрономических наблюдений, объектами которых будут двойные звезды, короткопериодические переменные, активные ядра галактик и другие объекты. Луноход, питающийся от двух панелей солнечных батарей, оснащен двумя парами камер (навигационные и панорамные), альфа-рентгеновским и инфракрасным спектрометрами, чувствительные элементы которых размещены на манипуляторе. Кроме того, на его донной части смонтирован радиолокатор, позволяющий изучать структуру грунта до глубины порядка 30 м и коры Луны до отметки в несколько сотен метров. 6-колесный

луноход массой 140 кг. может развивать скорость до 200 метров в час.

Времена изменились и теперь земляне имеют возможность следить за посадкой в прямом эфире. Более чем миллиардный Китай взорвал Всемирную Паутину, перегрузил сервера, в интернете творилось что-то невообразимое. Кадры посадки пролились бальзамом на сердца ныне живущих астронавтов, когда-то садившихся на Луну в ручном режиме. Умная машина безукоризненно выполнила заход, зависла на 15 секунд для выбора площадки и мягко села. Через несколько часов, после проверки систем, лифт доставил на лунную по-

верхность луноход «Нефритовый Кролик». «Кролик», оставив глубокие борозды, поехал навстречу загадочным лунным горизонтам...

Программа исследований рассчитана на три месяца. На основе полученного опыта китайские коллеги планируют в 2015-2017 гг. доставить лунный грунт на Землю, а после 2025 года начать первые пилотируемые полеты на Луну.

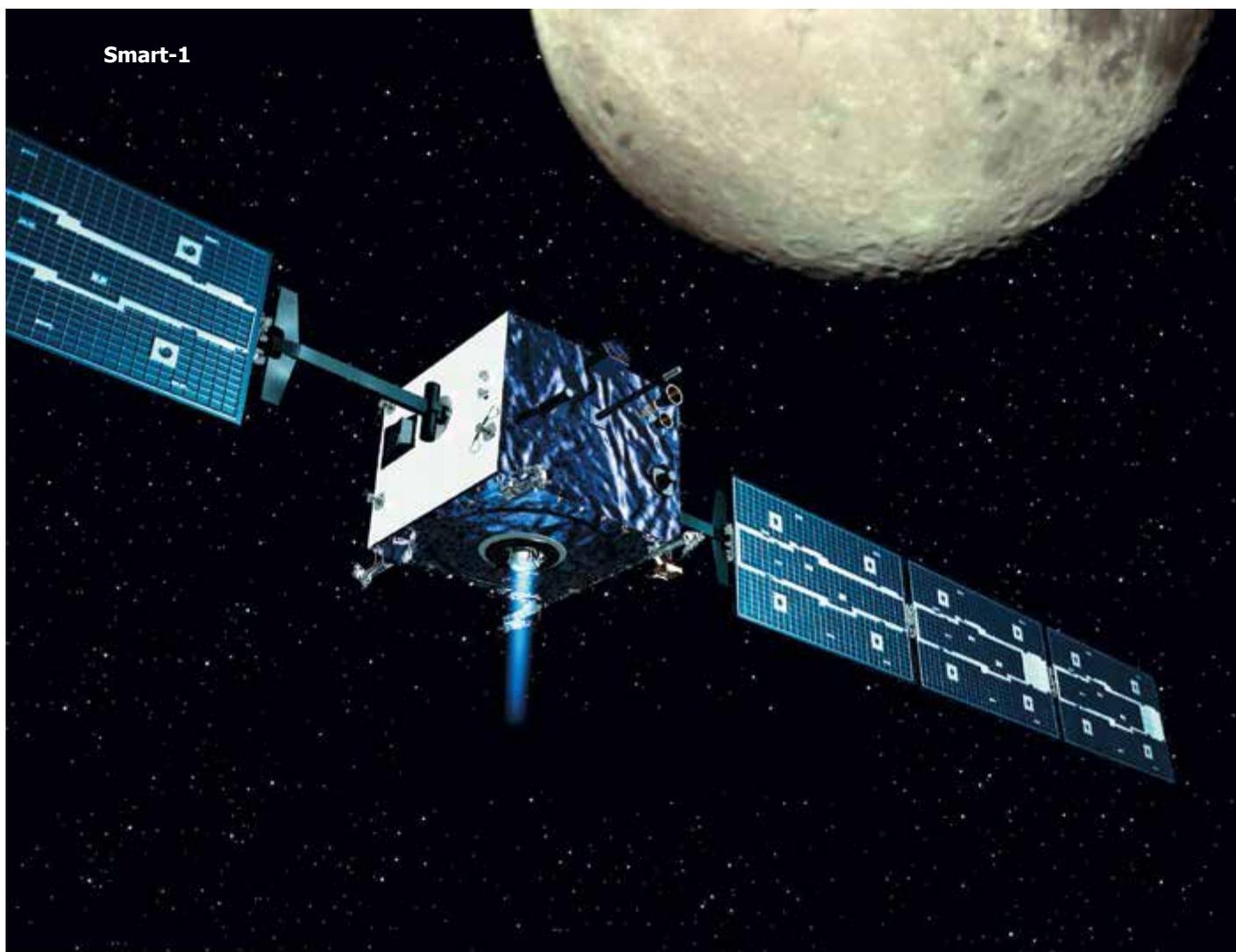
К изучению Луны приступают частные компании. Был объявлен всемирный конкурс Google Lunar X-Prize по созданию и высадке небольшого лунохода, в котором участвуют несколько команд из разных стран. Есть планы по организации космического туризма с полетами вокруг Луны на пилотируемых кораблях с перспективой посадок в наиболее интересных местах лунной поверхности.

Свои планы имеет и Россия. Она начинает реализацию многоэтапной программы исследования Луны автоматическими станциями «Луна-25» в 2016 г., «Луна-Ресурс-2» и «Луна-Ресурс-3» с луноходами в 2020 и 2022 гг., «Луна-Ресурс-4» по возврату собранного луноходами грунта в 2023 г., а затем планирует пилотируемые экспедиции в 2030-х гг.

Индия планирует миссию в 2017 г. своего орбитального аппарата «Chandrayaan-2» и небольшого лунохода, доставляемого российской АМС «Луна-Ресурс».

Роль Луны для космического будущего землян огромна. Так считают и ведущие ученые.

По словам профессора Оуяна Цзыюаня, руководителя китайской лунной программы, существует множество причин, по которым человечество нуждается в Луне и в ее уникальных ресурсах. В условиях почти полного вакуума солнечные электростанции, построенные на ее



поверхности, будут весьма эффективными, а вырабатываемая поясом таких электрогенераторов энергия может снабжать весь мир. На Луне также открыты огромные запасы изотопа гелий-3, который может использоваться в качестве топлива в будущих термоядерных реакторах. Как считает Оуян Цзыюань, этот источник энергии может обеспечить потребности человечества на предстоящие 10 тысяч лет. Ученый указывает также на сочетание крайне разреженной атмосферы с резкими перепадами температур на поверхности Луны, что создает уникальные возможности для промышленного производства, не существующие на Земле.

Он также подчеркивает наличие на Луне редких металлов и минералов.

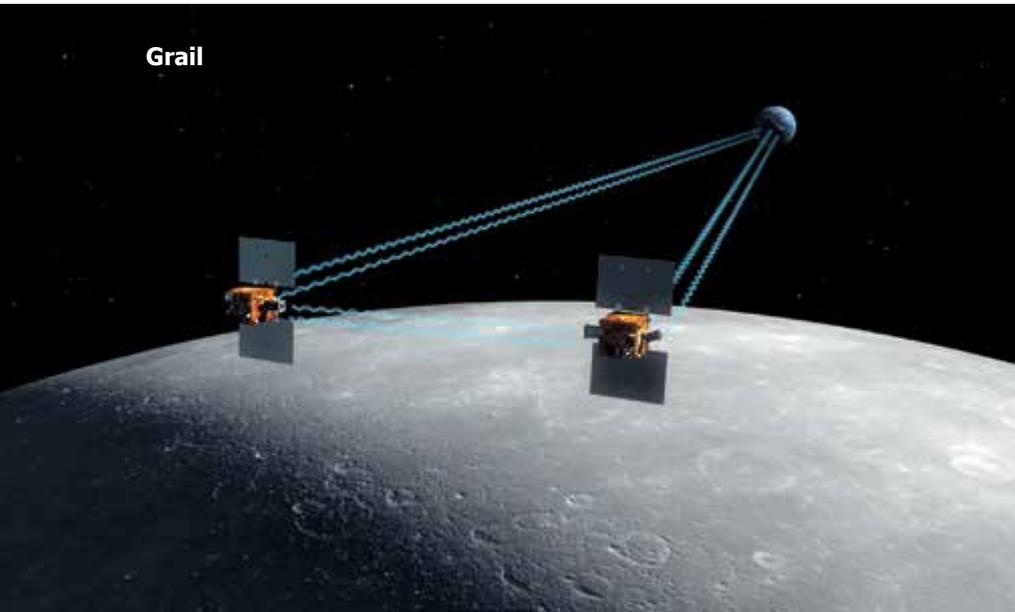
«На Луне есть неограниченные запасы редкоземельных элементов, титана и урана, которых не так много на Земле, хотя пока их добыча не планируется, потому что обойдется это слишком дорого», — говорит он.

«Луна предлагает нам великолепные возможности, и мы надеемся, что сможем полностью воспользоваться ими для обеспечения устойчивого развития человечества и нашего общества».

Вице-президент Российской академии наук (РАН), директор Института космических исследований РАН

Лев Зеленый прогнозирует обострение борьбы за Луну аналогично тому, как сейчас разворачивается борьба за арктический регион.

«Луна в каком-то смысле может рассматриваться как седьмой континент Земли. Я хотел бы сделать такой прогноз, что к середине XXI века разгорится конкурентная борьба за овладение районами вблизи лунных полюсов и за возможность создания лунной базы, что будет напоминать борьбу за арктический шельф, который сейчас стал зоной экономических интересов многих стран». По словам ученого, уже доказано, что на полюсах Луны находят-



Grail



Обсерватория LRO

ся большое количество льда, в котором также могут быть признаки следов жизни. Кроме того, Луна богата самыми различными ресурсами, в том числе редкими металлами. «Конечно, вопрос экономичности и доставки когда-то выйдет на первый план, но если другой альтернативы не будет, то лунные ресурсы — это хороший способ решения проблем редких металлов на Земле», — сказал Зеленый.

По его словам, лунная база может фактически заменить Международную космическую станцию или дополнить ее. При этом российский опыт длительных космических экспедиций может быть востребован в этом направлении.

Астронавт Базз Олдрин, второй человек, ступивший на Луну, затруднился сказать, когда может состояться первый после долгого перерыва пилотируемый полет на Луну.

Олдрин также высказал мнение, что Луну нужно осваивать всем странам вместе, а не какой-то отдельной стране в одиночку. «Нужна одна обитаемая международная база на Луне. Это будет таким же ярким примером международного сотрудничества в исследовании космического пространства, как Международная космическая станция (МКС) сейчас или как станция «Мир» до этого», — сказал он.

Недавно ушедший из жизни заместитель Сергея Королева Борис Евсеевич Черток как-то сказал: «Лунные базы должны стать в ближайшие годы (не десятилетия!) столь же обычными, как и базы в Антарктиде. Это задача нового поколения, работающего в космической технике. Я уверен. И потому, где могу, выступаю с лозунгом: Луна должна стать в ближайшем будущем частью земной цивилизации!»

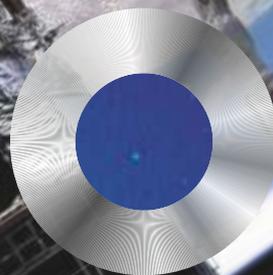
# «Ударный» эксперимент по Луне



# cosmos.kz

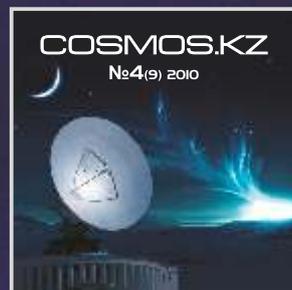
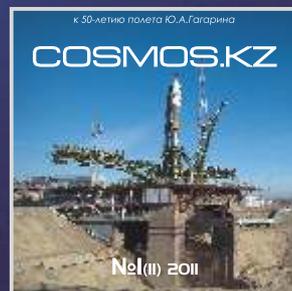
The first TV program  
on space technologies  
in Kazakhstan

# COSMOS.KZ



# №1(6)

© Space Energy 2011



[www.cosmos.kz](http://www.cosmos.kz)