

Space Research & Technologies

КОСМИЧЕСКИЕ

№4
2012

ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

Международный журнал о космонавтике International Journal of Aerospace

**Байконур
на пороге перемен**



**2012 — год
космических побед**

**Эволюция микро
и макромира**

**Малые спутники —
большие возможности**

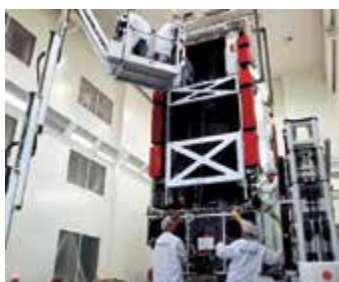
РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Талгат Мусабаев —
председатель, Казахстан
Мейрбек Молдабеков —
заместитель председателя, 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
Галия Карибжанова —
директор департамента экологической политики
и устойчивого развития Министерство охраны
окружающей среды Республики Казахстан
Игорь Коваль —
заместитель Председателя комитета лесного и
охотничьего хозяйства Министерства сельского
хозяйства Республики Казахстан
Леопольд Лобковский —
заместитель директора Института океанологии
им. П.Ширшова, член-корреспондент
Российской Академии Наук, Россия
Аскар Майлебаев —
директор департамента предупреждения чрез-
вычайных ситуации МЧС Республики Казахстан
Мартин Свитинг —
исполнительный директор компании «Surrey
satellite technology Ltd» (SSTL), Великобритания
Гавыллатын Мурзакулов —
президент АО «Национальная компания
«Казахстан Гарыш Сапары», Казахстан
Куат Мустафинов —
и.о. генерального директора АО «Совместное
Казахстанско-Российское предприятие
«Байтерек», Казахстан
Даулет Нурумбетов —
генеральный директор РГП
«Инфракос», Казахстан
Рене Пишель —
глава постоянного представительства
Европейского космического агентства
в Российской Федерации
Сомчет Тинапонг —
председатель Агентства по геоинформатике
и развитию космических технологий
Королевства Таиланд (GISTDA)
Виктор Хартов —
генеральный конструктор —
генеральный директор
ФГУП «Научно-производственное
объединение им. С.А. Лавочкина», Россия

Журнал «Космические исследования и технологии», № 4(5) 2012

Периодичность: четыре номера в год
Главный редактор Жумабек Жантаев
Шеф-редактор Нурлан Аселкан
Заместитель главного редактора Александр Губерт
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 «Синергия Пресс» 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(5) (2012)
Periodicity: four issues per year
Editor-in-Chief Zhumabek Zhantayev
Chief Editor Nurlan Aselkan
Deputy Editor-in Chief Alexander Gubert
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
«Synergy Press» 57v, Ryskulov str., Almaty
Circulation 1000 copies
Founder and publisher LLP COSMOS.KZ
Translation and proofreading — Fund for Supporting of Science
and Technologies «SCIENCE»



МИРОВАЯ КОСМОНАВТИКА

2 Космические итоги
2012 года

ГЕОФИЗИКА

Проблема геодинамической безопасности
при разработке и эксплуатации
объектов нефтегазового комплекса

8 *Ж.Ш. Жантаев,
А.Ж Бибосинов,
Н.Г. Бреусов,
Б.К. Курманов,
А.Г. Фремд*

АСТРОФИЗИКА

Механика систем
и эволюция микро и макромира

16 *В.М. Сомсиков*

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Солнце — источник энергии
или прогноз космической
погоды и климата

24 *Бейбит Жумабаев
Галина Гордиенко*

SPACE COMMUNICATION

Broadband Ka band satellite communications:
System approach and solutions

32 *R. Winkler
G. Matarazzo
O. Guilbert*

КОСМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

Широкополосный Ka диапазон
спутниковой связи:
Системный подход и решения

37 *R. Winkler
G. Matarazzo
O. Guilbert*

НОСИТЕЛИ

Бюджетный «супертяж»

44 *Дмитрий Воронцов,
Игорь Афанасьев*

PAYLOAD

От малых спутников —
к большим задачам

52 *Игорь Афанасьев,
Дмитрий Воронцов*

КОСМОДРОМЫ

58 Страсти по Байконуру
Нурлан Аселкан

Космические итоги 2012 года

Уходящий год ознаменовался появлением новых игроков в космонавтике — Северная Корея смогла вывести на орбиту свой первый спутник, опередив Южную Корею, компания SpaceX впервые доставила груз на МКС, а американское NASA высадило на красную планету новый исследовательский марсоход.

Для российской космонавтики череда неудач, которая началась еще в конце 2010 года, продолжились и в 2012 году. Потеря двух спутников привела к отставке главы Центра имени Хруничева, а главный конструктор системы ГЛОНАСС Юрий Урличич был уволен на фоне заявлений МВД о хищениях при разработке системы.



Северная Корея вошла в «космический клуб»

Северокорейским инженерам после неудачной попытки, предпри-

нятой в апреле, удалось вывести на орбиту свой первый спутник. Американская система слежения за космическим пространством подтвердила, что после запуска с космодрома Сохэ 12 декабря, в космос на орбиту высотой около 500 километров были выведены четыре объекта — спутник «Кванмёнсон-3», разгонный блок и еще два фрагмента, возможно, две половины обтекателя.

Запуск стокилограммового спутника, предназначенного для съемки поверхности Земли, вызвал резко негативную реакцию международного сообщества. Соседние страны, в частности, Япония и Филиппины, назвали этот запуск нарушением резолюций Совета безопасности ООН, которые запрещают КНДР заниматься испытанием ядерного оружия и производить пуски ракет, которые могут стать средствами его доставки.

Хотя некоторые эксперты считают, что КНДР не сможет поддерживать устойчивую космическую программу и ее цель исключительно политическая, на карте мира появилась новая космическая держава.

При этом северокорейцам удалось пробиться в космос раньше их южнокорейских коллег. Южная Корея по-прежнему испытывает трудности с ракетой KSLV. Первые два запуска этого носителя, созданного при участии российских специалистов из Центра имени Хруничева, закончились неудачей. Третий запуск, наме-

ченный на октябрь 2012 года, несколько раз откладывался из-за технических проблем, и в конце концов был перенесен на 2013 год.

Китай: пилотируемая космонавтика на подъеме



Планомерное продвижение Китая в космос вызывает уважение на фоне неудач и скандалов в российской космической отрасли и долгой паузы после отставки шаттлов в США. В июне 2012 году на корабле «Шэньчжоу-9» в космос вместе с двумя коллегами-мужчинами отправилась первая китайская космонавтка Лю Ян. Члены этого же экипажа стали первыми гостями первой китайской космической станции «Тяньгун-1», к которой «Шэньчжоу-9» пристыковался 24 июня. Космонавты провели на станции полторы недели и благополучно вернулись на Землю.

Китайский зонд в гостях у астероида



Еще об одном достижении китайской космической отрасли мир узнал под занавес этого года — китайский лунный зонд «Чанъэ-2» посетил астероид Тутатис. Этот аппарат был предназначен для исследования Луны, однако после того, как он успешно выполнил лунную программу, китайские ученые направили его сначала в точку Лагранжа L2, а затем к четырехкилометровому астероиду.

До сих пор побывать рядом с астероидами удавалось только космическим аппаратам США, Японии и ЕС. Китайские ученые заявляют, что теперь КНР доказала свою способность создавать межпланетные космические аппараты.

Частный корабль в гостях у МКС

Грузовой корабль «Дракон» в 2012 году стал первым в истории частным космическим аппаратом, который добрался до Международной космической станции (МКС).

До этого момента к станции прибывали только «государственные» корабли — российские, американские, европейские и японские.

Корабль, созданный американской компанией SpaceX, в 2012 году совершил два полета к МКС. Первый полет был пробным — он состоялся в конце мая. Участники проекта проверяли управляемость корабля, провели целую серию маневров в окрестностях станции, чтобы убедиться в безопасности стыковки.



Второй полет состоялся в октябре — эта экспедиция уже выполнялась в рамках контракта с NASA по доставке грузов на МКС.

Dragon доставил на станцию около 450 килограммов груза — питание и одежду для экипажа, оборудование для научных экспериментов и обслуживания систем станции.

На Землю в возвращаемой капсуле вернулось около 904 килограммов груза.

Потеря спутника и отставка главы Центра Хруничева

Запуск 7 августа ракеты-носителя «Протон-М», выведившего на орбиту спутники связи российский спутник «Экспресс МД2» и индонезийский «Телком-3», закончился неудачей из-за сбоя в работе разгонного блока «Бриз-М» производства Центра имени Хруничева.

Двигатель «Бриза-М» выключился через семь секунд, а не через 18 минут, как должен был. В результате спутники остались на переходной орбите, использовать их по назначению нельзя.



Премьер-министр Дмитрий Медведев провел совещание в связи с аварийным запуском и поручил правительству проработать вопросы организации работы Роскосмоса и контроля за качеством космической продукции.

После этого совещания гендиректор Центра имени Хруничева Владимир Нестеров написал заявление об уходе по собственному желанию. Чуть позже президент РФ Владимир Путин своим указом освободил Нестерова от занимаемой должности.

Роскосмос после отставки Нестерова объявил конкурс на замещение должности гендиректора Центра имени Хруничева, победителем которого стал единственный претендент — бывший заместитель руководителя Центра Хруничева Александр Селиверстов.

«Прогресс» долетел до МКС за шесть часов

В начале августа космический грузовик «Прогресс М-16М» впервые пристыковался к Международной космической станции за рекордно короткое время — шесть часов вместо обычных двух суток.

«Прогресс М-16М» привез на МКС стандартный набор грузов: компоненты топлива, кислород, оборудование для научных экспериментов, средства медицинского обеспечения, продукты питания и воду, а также посылки для экипажа МКС — всего более 2,5 тонны грузов.

Поскольку первый опыт оказался удачным, следующий космический грузовик — «Прогресс М-17М» — пристыковался к МКС также по «быстрой» схеме.



Российский ЦУП без связи

Разрыв оптоволоконного кабеля, связывающего российский Центр управления полетами (ЦУП) ЦНИИМАШ со станциями слежения за космическими объектами, произошел в ноябре.

Кабель был перерезан по ошибке на территории Мытищинской АТС при проведении ремонтных работ. Поврежденный канал связи принадлежал оператору «Акадо Телеком».

Российский ЦУП из-за разрыва кабеля не мог передавать команды на гражданские спутники и российский сегмент МКС. Однако представители Роскосмоса заверили РИА Новости, что угрозы для МКС и других космических аппаратов нет — были задействованы резервные каналы связи, в частности, связь с МКС дублировалась через американские системы связи.

NASA сообщало, что переход на американскую систему связи, которая периодически и в рабочем порядке используется в дополнение к системе российских наземных станций, никак не сказался на работе МКС.

Позже выяснилось, что обрыв кабеля никак не повлиял на российские военные спутники, некоторые спутники дистанционного зондирования Земли и спутники связи, а также на космический радиотелескоп «Радиоастрон».

Меньше чем за сутки поврежденный канал связи был восстановлен, система управления функционировала в штатном режиме. При этом, по контракту с клиентом, на устранение подобных аварий дается не более 48 часов.

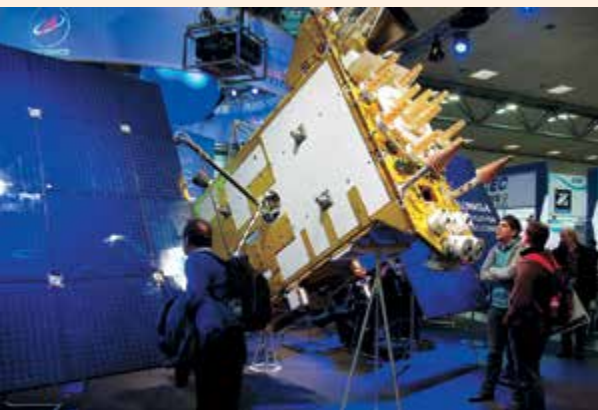


Гендиректор ЦНИИМаш Геннадий Райкунов, в свою очередь, заявил РИА Новости, что со своей стороны Роскосмос и ЦУП будут обсуждать возможные претензии к виновникам аварии. По мнению главы ЦНИИМаш, разрыв кабеля мог произойти из-за неразберихи и возможных неправильных схем и чертежей коммуникаций у строителей.

Кроме того, по его словам, ЦНИИМаш намерен подготовить предложения о резервировании канала связи.

Отставка главы РКС

Юрий Урличич был отправлен в отставку с поста генконструктора ОАО «Российские космические системы» (РКС) и написал заявление об уходе с поста гендиректора предприятия по собственному желанию.



Это произошло после заявлений со стороны МВД о хищении 6,5 миллиарда рублей в РКС при разработке навигационной системы ГЛОНАСС. По данному факту было возбуждено уголовное дело в отношении ряда руководителей, имена и должности подозреваемых не разглашались.

После этого решением военно-промышленной комиссии при правительстве РФ Юрий Урличич был освобожден от должности генерального конструктора системы ГЛОНАСС. Чуть позже Роскосмос направил в Минэкономразвития материалы об освобождении Юрия Урличича с поста гендиректора РКС.

Роскосмос предложил избрать временно исполняющим обязанности генерального директора РКС заместителя гендиректора по экономике Андрея Чимириса.

Не исключено, что полномочия генконструктора системы ГЛОНАСС могут быть поделены, чтобы один человек отвечал за использование системы в ВПК, а другой — в народном хозяйстве.

Планы Роскосмоса до 2030 года



Роскосмос опубликовал на своем сайте и направил в военно-промышленную комиссию и в правительство РФ стратегию развития космической деятельности до 2030 года и на дальнейшую перспективу.

Кроме того, глава Роскосмоса Владимир Поповкин озвучил планы ведомства о реформировании отрасли, которые предполагают создание нескольких крупных холдингов.

В частности, 2015-й год обозначен в проекте стратегии как рубеж «восстановления возможностей». Его достижение определяется выполнением действующих на момент принятия стратегии планов и программ по всем направлениям космической деятельности, отмечалось в документе.

Затем, согласно проекту, следует рубеж «закрепления возможностей» (2020 год). Его достижение определяется закреплением России в группе ведущих космических держав по всем основным направлениям космической деятельности.

После этого следует 2030-й год, который обозначен в проекте как «рубеж прорыва». Его достижение определяется постановкой и началом реализации масштабных проектов по использованию ближнего космоса, исследованию и освоению дальнего космоса, говорится в документе.

Наконец, период после 2030-го года назван в проекте стратегии «развитием прорыва». Этот период характеризуется практической реализацией масштабных проектов освоения ближне-

го космоса, Луны и созданием условий для осуществления пилотируемого полета на Марс.

Что касается реформирования, то, исходя из проекта реструктуризации отрасли, Роскосмос планирует сформировать семь крупных интегрированных структур.

Уход великого астронавта

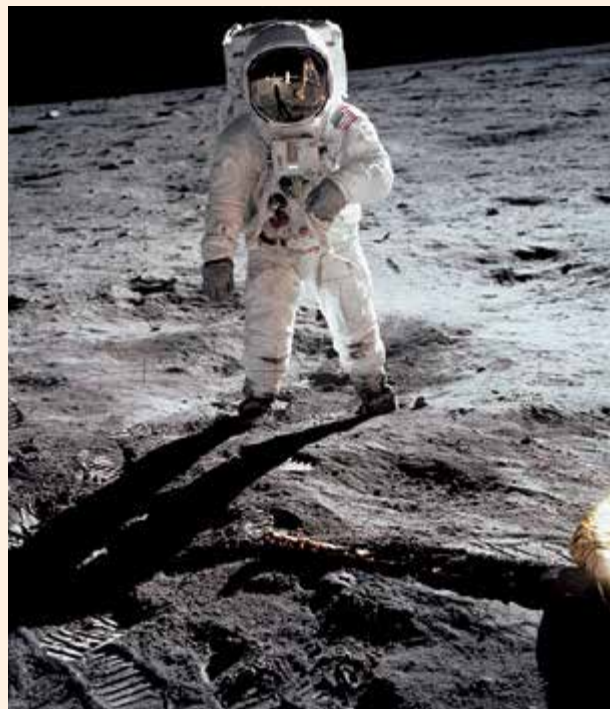
В августе 2012 года ушел из жизни выдающийся астронавт, первый человек, высадившийся на Луну, Нил Олден Армстронг. Летчик ВМС, в 1962 году был включен в состав отряда астронавтов NASA. В 1966 году он совершил свой первый полет в космос в составе миссии «Джемини-8». В 1971 году Армстронг покинул NASA и впоследствии занялся преподавательской деятельностью и бизнесом.

Нил Армстронг в последние годы активно поддерживал новые проекты исследования Дальнего Космоса, выступал с обращениями к руководству США о необходимости развития пилотируемой космонавтики. Его мнение было серьезным аргументом для всех специалистов, занимающихся практической космонавтикой.

Мини-шаттл

В декабре уходящего года на космодроме на мысе Канаверал (штат Флорида) с помощью ракеты-носителя Atlas 5 был совершен успешный запуск экспериментального космолана ВВС США X-37В. Беспилотный космолан должен был отделиться от носителя спустя несколько минут после старта.

Произведенный пуск — третий в ходе реализации программы разработки и испытаний X-37В. Впервые такой аппарат был запущен в 2010 году и провел на околоземной орбите семь месяцев. Его полет и приземление на авиабазе ВВС США Ванденберг проходили в автоматическом режиме и, по оценкам экспертов, были



удачными. Лишь при посадке после касания взлетно-посадочной полосы лопнула покрышка одного из колес шасси, при этом космолан почти не пострадал.

Как и ранее, никаких подробностей о задачах очередной миссии X-37В не сообщается. Астрофизик из Гарвардского университета Джонатан Макдоуэлл предполагает, что на борту нового военного космического аппарата может находиться разведывательная аппаратура.

Экспериментальный космолан X-37В разработан корпорацией Boeing. Его взлетная масса — почти 5 тонн, длина — около 8,9 метра, высота — 2,9 метра, размах небольших треугольных крыльев — 4,5 метра. Космический аппарат оборудован панелями солнечных батарей, которые при разворачивании на орбите служат источником электроэнергии.

Согласно изложенным ранее Пентагоном данным, космолан X-37В предназначен для функционирования на высотах от 200 до 750 километров. Он способен быстро менять орбиты и маневрировать, может выполнять разведывательные задачи, доставлять в космос небольшие грузы и использоваться для испытаний новых приборов, которые впоследствии можно применять, к примеру, на разведывательных спутниках.

Некоторые эксперты видят в X-37В прототип будущего космического перехватчика, который сможет инспектировать и, при необходимости, выводить из строя спутники, а также наносить ракетно-бомбовые удары с орбиты. Пен-





тагон эти предположения отрицает, заверяя, что экспериментальный аппарат является лишь платформой, предназначенной для отработки новых технологий.

Кьюриосити

Марсоход «Кьюриосити», запущенный США, находится на Красной планете с 6 августа. Основными задачами миссии, помимо поисков возможных форм жизни, являются изучение геологии и климата Марса. Он проанализировал образцы грунта, собранные на поверхности Красной планеты в районе кратера Гейла. Как сообщает NASA, анализы показали наличие большого количества химических веществ, однако на данный момент доказательств наличия на Марсе органи-

ки нет. Среди найденных марсоходом веществ оказался перхлорат - простое соединение кислорода и хлора. После проведения ряда химических реакций «Кьюриосити» зафиксировал наличие ряда органических соединений метана, однако, как подчеркнули ученые, входящая в них органика, возможно, была завезена с Земли самим марсоходом. Комментируя первый этап миссии «Кьюриосити» в целом, специалисты NASA отметили плановую работоспособность систем марсохода и выразили уверенность, что в течение следующих месяцев «Кьюриосити» сможет сделать более важные открытия.

Эстек — 50 лет

В Новый Год Европейскому центру космических исследований и технологий (ESTEC, Нидерланды) исполнится 50 лет. В центре, на сегодняшний день работает более 2600 человек, что составляет основную часть персонала Европейского космического агентства. ESTEC является инкубатором европейских программ по освоению космоса. Центр поддерживает европейскую космическую промышленность и тесно сотрудничает с университетами, исследовательскими центрами и космическими агентствами по всему миру.

Его задача — осуществлять научно-исследовательские разработки для развития технологий, необходимых при выполнении задач аэрокосмической отрасли в будущем. ■

По материалам информационных агентств



Проблема геодинамической безопасности при разработке и эксплуатации объектов нефтегазового комплекса

**Ж.Ш. ЖАНТАЕВ, президент АО «НЦКИТ»,
А.Ж. БИБОСИНОВ, Н.Г. БРЕУСОВ, Б.К. КУРМАНОВ, А.Г. ФРЕМД
ДТОО «Институт Ионосферы» АО «НЦКИТ»**



Состояние экологии всех окружающих нас геосфер зависит не только от естественного влияния природных факторов, но и в значительной степени от антропогенного воздействия. Поэтому геоэкологический про-

гноз и контроль за состоянием окружающей среды являются сегодня приоритетными для любых сфер человеческой деятельности. В особенности это относится к объектам нефтегазового комплекса, начиная от разведки и организации добычи

и до транспортировки и переработки сырья. Практически на всех этапах выделенного производственного цикла могут возникнуть ситуации, нарушающие экологическое равновесие в природе, вплоть до катастроф или бедствий. Ярким примером последнего является авария на нефтедобывающей платформе в Мексиканском заливе, произошедшая 20.04.2010 года, последствия которой сейчас изучаются и, возможно, могут стать необратимыми для целого ряда биологических и природных систем. В частности, в толще вод на глубине 1300 м было обнаружено пятно нефти длиной 16 км и мощностью 90 м, которое по модельным расчетам попало в петлю Гольфстрима (Loop Current), что неизбежно отразится на скорости этого течения и вызовет негативные изменения климата в Европе.

Аналогичная ситуация может сложиться на месторождениях Казахстанского сектора Каспийского моря, в частности на месторождении Кашаган, промышленная разработка которого планируется на конец 2012 года. Освоение ресурсов

этого месторождения может вывести Казахстан к 2019 году на уровень добычи 75 млн. тонн в год и позволит ему войти в пятерку крупнейших нефтяных держав. Однако, по мнению экспертов, последствия возможной аварии могут погубить Каспийское море. И вероятность такой аварии достаточно высока, так как по утверждению Махамбета Хакимова, руководителя НПО «Каспий Табигаты», на Кашагане предполагается пробурить 240 скважин.

Муфтах Диаров, член Национальной Академии Наук, говорит, что добыча нефти в море опасна для всего моря. «За последние годы произошло пять случаев загрязнения Каспия нефтепродуктами, — говорит он. — Когда начнется разработка Кашагана, может стать еще хуже. Давление в казахстанских месторождениях нефти в море имеет большую силу, более высокую температуру. Наличие сероводорода в каспийской нефти очень высокое по показателям». Диаров напомнил об огромном выбросе нефти в 90-х годах на месторождении Тенгиз, который сопровождался пожаром: «Этот выброс не могли остановить более 300 дней, горящую нефть тушили всем миром». По словам Диарова, «ликвидировать разливы будет практически невозможно, Каспийское море превратится в токсичную лужу». В таком случае «другие страны Каспийского бассейна — Туркменистан, Иран — будут предъявлять иски и претензии к Казахстану, надеясь на огромную компенсацию».

По данным Oil&Gas Journal (Кайзер, Пулцифер, 2007), количество аварийных ситуаций на платформах, сооружениях для добычи и хранения нефтеуглеводородов, скважинах, трубопроводах и др., составляет около 3000 случаев, а экономический ущерб превысил 34





млрд \$. Анализ влияния различных факторов на возникновение аварийных ситуаций на морских нефтегазодобытках в Европе показывает, что наибольшее число аварий произошло за счет потери устойчивости, повреждений и разрушений конструкций (36 %), тяжелых погодных условий (7 %), удара (5 %) и др. факторов. При этом отмечается, что фактически по каждой пятой и более аварийной ситуации причина неизвестна (22 %) (Мельников Н.Н. и др., 2009).

Очевидно, что для предотвращения возможных аварий и выбросов нефти необходимо принять адекватные меры, в число которых входит «геодинамическое сопровождение», выражающееся в проведении мониторинговых наблюдений за ходом деформацион-

ных процессов как на земной поверхности, так и на поверхности дна моря.

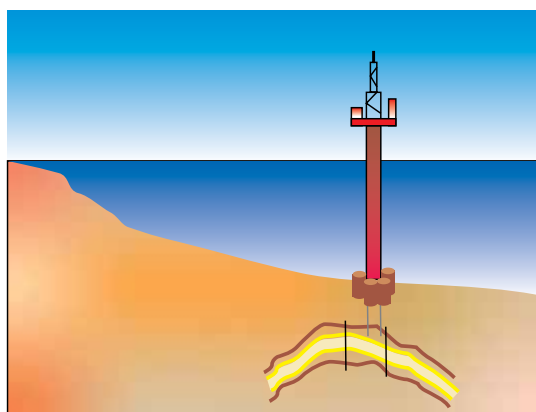
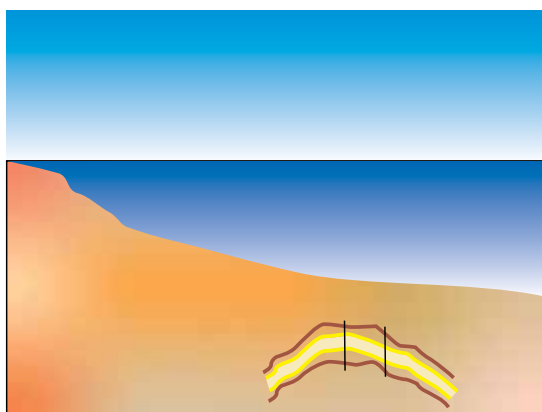
Наиболее ярким примером просадок, связанных с разработкой месторождения, является месторождение Эксфиск, разрабатываемое в Северном море, на котором за более чем 30 лет добычи про-

изошло проседание морского дна над центральной частью месторождения на глубину более 7 м, приведшее к значительным техническим и экономическим последствиям. Вследствие этого проседания морского дна основания ряда платформ и внешняя стенка нефтехранилища оказались

недопустимо низкими по отношению к уровню моря, и потребовалось провести работы по наращиванию и подъему оснований платформ и возведению дополнительной, более высокой, внешней стены нефтехранилища. По разным оценкам, затраты на выполнение этих работ превысили

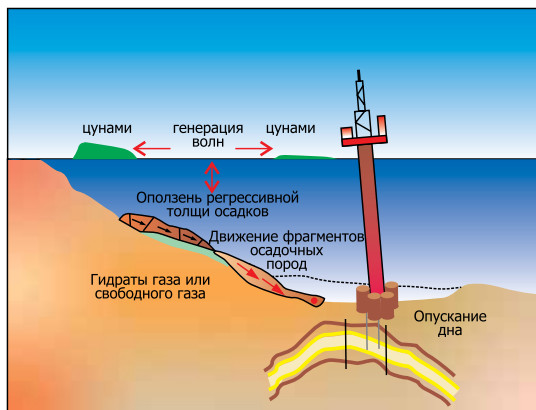
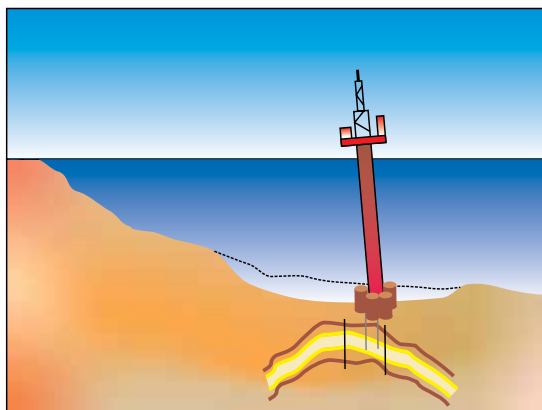
а — естественное состояние

б — вовлечение в эксплуатацию



в — оседание дна моря

г — оползни и генерация волн (цунами)



д — землетрясение

е — грязевые вулканы и газовые каналы

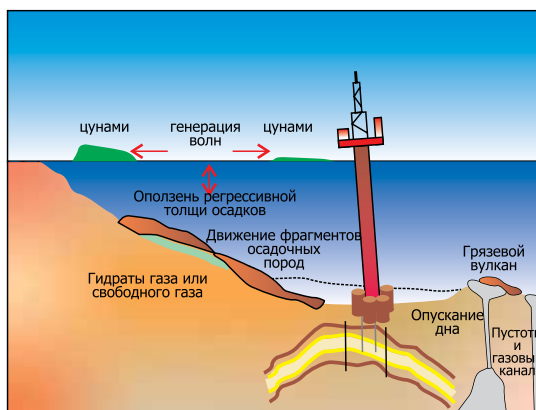
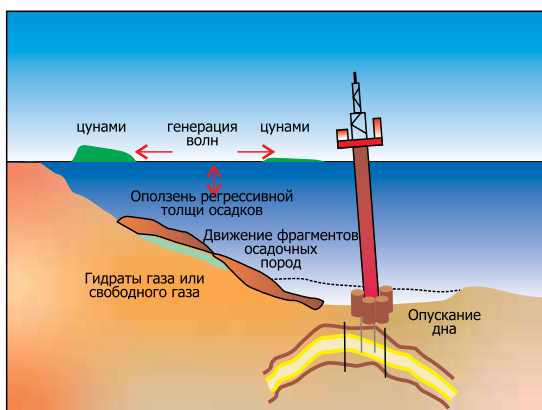


Рисунок 1
 Модельное отображение геодинамических процессов при отработке морских нефтегазовых месторождений (Мельников Н.Н. и др., 2009)



400 млн \$ (Мельников Н.Н. и др., 2009).

Другим характерным примером является разработка нефтяного месторождения Уилмингтон (США) в течение более 40 лет, которая привела к оседанию земной поверхности над месторождением до 8,7 м. Это создало угрозу затопления военно-морской базы Лонг-Бич, которая была по-

строена без учета возможности просадок. Ориентировочная стоимость работ и защитных мероприятий по предотвращению затопления составила в ценах 70-80-х гг. прошлого столетия более 6 млн \$ (Кашников, Ашихмин, 2007).

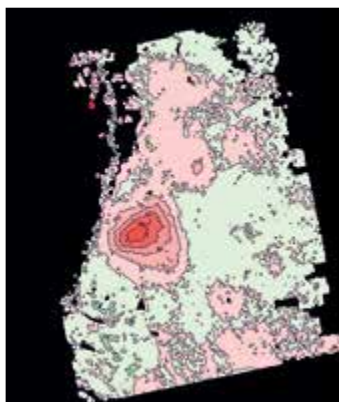
Не менее важным, а порой и определяющим, геодинамическим фактором на объектах нефтегазоразработок яв-

ляется наведенная сейсмичность. Макропроявления сейсмичности в виде техногенных и индуцированных землетрясений относительно редки, но их разрушающее влияние, а также вызываемый социально-экономический и экологический ущерб, очень велики. Анализ данных, проведенный Н.Н. Мельниковым и др. (2009) показал, что землетрясения, индуцированные добычей нефти и газа с магнитудой от 3 до 7 и выше баллов происходят как на газовых, так и на нефтяных месторождениях и могут приводить к катастрофическим разрушениям (Газлийское (Узбекистан), Нефтегорское (Россия), Лак (Франция) и др. (Адушкин, Турунтаев, 2005).

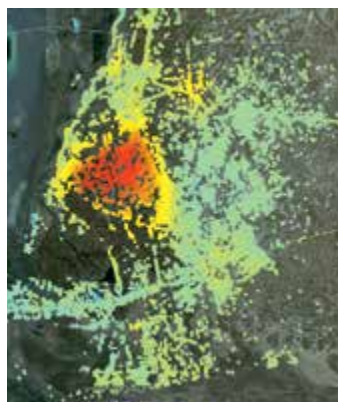
Таким образом, определяющим фактором, приводящим к разрушительным последствиям, является недооценка влия-

Рисунок 2

Мульда оседания земной поверхности над месторождением Тенгиз за период с 2007 по 2010 год, зарегистрированная по данным ALOS, отображенная в среде Google Earth (А) и результирующая модель вертикальных смещений за этот же период в цветовом кодировании.



Зеленый цвет — поднятия, красный цвет — оседания. Изолинии смещений подписаны в миллиметрах («+» — поднятия, «-» — оседания)





ния геомеханических процессов. Именно недооценка влияния геомеханических процессов приводит к формированию условий возникновения необратимых геодинамических явлений, разрушающих скважины, трубопроводы и добывающие устройства и сооружения (Калашник, 2008; Адушкин, Турунтаев, 2005; Кашников, Ашихмин, 2007; Касьянова, 2003). Рисунок 1 (Мельников Н.Н. и др., 2009) иллюстрирует формирование опасных геодинамических явлений, связанных с разработкой месторождений на дне моря.

Чтобы предотвратить или уменьшить опасность возможных последствий геокатастроф представляется крайне важным проводить мониторинговые наблюдения, направленные на получение своевременной, объективной и достоверной инфор-

мации о характере наведенной сейсмичности и состоянии среды в целом. А также принимать своевременные меры по контролю над ее уровнем (в случае добычи полезных ископаемых) или упредительного автоматического отключения особо опасных производств.

Однако организация мониторинговых наблюдений за развитием геодинамических

процессов в Прикаспийском регионе немислима без ясного представления о местоположении тех элементов структуры земной коры, в которых эти процессы протекают наиболее интенсивно. Такими структурами являются зоны относительного разуплотнения — делатансии земной коры.

На данном этапе НЦ КИТ разработано геодинамическое





обоснование и проект системы мониторинговых GPS наблюдений, учитывающий распределение зон разуплотнения в Прикаспийском регионе.

Начиная с 2011 года, в практику геодинамических исследований НЦ КИТ вошел метод РСА интерферометрии. Метод позволяет получать площадные оценки вертикальных и плановых смещений земной поверхности с точно-

стью до первых миллиметров независимо от условий освещенности и облачности. Наиболее эффективно он может быть использован при контроле за развитием деформационных процессов на объектах добычи углеводородного сырья, обнаружении просадок грунтов в районах угольных шахт, в районах высокой сейсмической активности, а также городах с высотной застройкой или

объектах потенциально опасного экологического бедствия (ГЭС, АЭС и пр.).

На рис.2 показаны результаты интерферометрической съемки месторождения Тенгиз, полученные НЦ КИТ и компанией «Совзонд» (Россия), позволившие выявить просадки земной поверхности и дать оценку динамики происходящих деформационных процессов, обусловленных его разработкой (Жантаев Ж.Ш., Фрейд А.Г. и др. 2012). Анализ результатов мониторинга смещений земной поверхности, произошедших над месторождением Тенгиз с 2007 по 2010 годы и зарегистрированных в ходе интерферометрической обработки радарных данных ALOS, показал наличие ускоряющихся во времени оседаний земной поверхности над районом активной добычи углеводородов из этого месторождения. Скорость оседаний в центре основной зарегистрированной мульды достигает 30 мм в год. На момент окончания анализируемой цепочки данных ALOS (конец 2010 года) западная граница мульды (нулевая изолиния смещений) достигла береговой линии. Поэтому дальнейшее наблюдение за оседаниями необходимо, чтобы предотвратить возможное неожиданное подтопление объектов наземной инфраструктуры добычи углеводородов.

Не менее важным направлением является выявление загрязнений окружающей среды, связанной с разработкой месторождений углеводородов. Разливаясь, нефть загрязняет почву и воды, и требуются огромные усилия и средства, чтобы ликвидировать нанесенный природе ущерб. Разлив особенно опасен на шельфе, поскольку нефть очень быстро распространяется по поверхности моря и при больших выбросах заполняет водную тол-

щу, делая ее непригодной для жизни. Здесь также практически безальтернативными представляются методы дистанционного зондирования земной поверхности. Причем современные технологии позволяют проводить выявление и картографирование нефтезагрязненных территорий по результатам анализа космических снимков в автоматическом режиме (Абросимов А.В. и др., 2009).

Геоэкологические проблемы, связанные с разработкой месторождений углеводородов на шельфе Каспийского моря, успешно решаются благодаря разработанной в ИО РАН технологии многоуровневого экологического мониторинга. Эта разработка позволяет в масштабе времени, близком к реальному, осуществлять контроль и прогнозировать негативные последствия техногенных загрязнений акватории (а в сейсмоопасных районах — геодинамическую активность) и обеспечивать необходимой информацией процесс принятия адекватных управленческих решений для минимизации ущерба.

Сотрудничество с ИО РАН позволило НЦ КИТ развернуть на территории Мангистауской области систему сейсмологического мониторинга, которая должна обеспечить уверенный контроль над проявлениями местной сейсмичности, в том числе и техногенной. ■



Литература

1. Абросимов А.В., Беленов А.В., Брагин Е.А. Совместный проект компании «Совзонд» и ГП НАЦРН им. В.И. Шпильмана — новое слово в космическом контроле недропользования и природопользования. *Геоматика* № 4, 2009, с. 64-79.
2. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенные процессы в земной коре (опасности и катастрофы). — М.: ИНЭК, 2005. — 254с.
3. Жангаев Ж.К., Фремд А.Г., Иванчукова А.В. и др. Космический радарный мониторинг смещений земной поверхности над нефтегазовым месторождением Тенгиз. *«Геоматика»*, № 1, 2012, с. 61-71.
4. Кашников Ю.А., Ашихмин С.Г., Механика горных пород при разработке месторождений углеводородного сырья. — М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. — 467с.
5. Мельников Н.Н. и др. Техногенные геодинамические процессы при освоении нефтегазовых месторождений шельфа Баренцева моря. *Вестник МГТУ*, том 12, № 4, 2009, с. 601-608.

Механика систем и эволюция микро и макромира

В.М. СОМСИКОВ

Институт ионосферы, Алма-Ата, Казахстан

А сам закон Ньютона? Простота его, так долго остававшаяся скрытой, быть может, просто кажущаяся. Кто знает, не лежит в основании управляемых им явлений некоторый сложный механизм (может быть, соударения тонкой материи, возбужденной беспорядочными движениями), и не есть ли простота этого закона лишь следствие игры средних величин и больших чисел? Во всяком случае, трудно удержаться от мысли, что истинный закон содержит добавочные члены, которые делаются значительными на малых расстояниях.

А. Пуанкаре.



Мир носит иерархический характер. Верхней иерархической ступенью является Вселенная. Она состоит из галактик. Галактики, в свою очередь, также состоят из структурных элементов. На нижних иерархических уровнях находятся молекулы и атомы. Но они также являются системами, состоящими из «элементарных» частиц. Сегодня трудно сказать, насколько глубоко вниз уходит эта иерархическая лестница. Предел делимости материи не найден. То есть мир — это иерархия систем. Поэтому можно утверждать: в основе мира лежат системы. Следовательно, чтобы при изучении природных объектов избежать возможных ошибок, связанных с ограничениями используемых моделей, чтобы объяснить процессы их возникновения и развития, следует опираться на модели тел в виде систем, а не в виде элементарных частиц.

Эволюция мира определяется тем, что он открыт. Все системы в нем взаимосвязаны, а сам процесс развития является нелинейным, диссипативным и неустойчивым. Исключение из рассмотрения одного из этих трех факторов приведет к исключению процесса эволюции мира. Но современная наука пока не в силах учесть все эти основополагающие факторы эволюции. Сегодня уровень знания законов эволюции уже не удовлетворяет требованиям эффективного развития картины мира.

До последнего времени изучение природы строилось при выполнении условий консервативности систем, когда системы замкнуты и когда справедливы законы сохранения энергии и вещества. Это сильно упрощало изучение многих явлений в природе [1]. В результате для случаев, когда системы можно считать элементами или материальными точками



(МТ), развиты такие дисциплины, как классическая механика, квантовая механика, электродинамика и т.д. А для изучения физических процессов в макроскопических неравновесных системах, для которых в настоящее время нет строгих теорий и методов исследований, используются такие феноменологические дисциплины, как термодинамика, статистическая физика, кинетика. С помощью этих дисциплин в рамках заданных в них ограничений и гипотез удается объяснить некоторые физические закономерности в поведении неравновесных систем.

В целом, развитые в настоящее время физические теории, хотя и позволяют изучать достаточно широкий круг явлений, не дают ответа на вопрос о физической природе возникновения материи, систем и механизмах эволюции. Как заметил по этому поводу И. Пригожин, современная физика описывает

существующее, но она не в силах описать процессы возникновения и эволюции в природе. Однако сегодня физика подошла к той черте, когда для ее дальнейшего развития требуются теории, позволяющие описывать динамику систем с учетом их неравновесности, открытости и структурности. И пока не будут созданы такие теории, вряд ли удастся продвинуться дальше в построении эволюционной картины мира. В чем же состоят основные трудности создания таких теорий, и по какому пути их можно преодолеть?

Фундаментом физики является классическая механика, поскольку она изучает движения, а движения — это способ существования материи. Главными объектами изучения механики являются пространство и время. Именно пространство и время служат и сценой, на которой разворачивается эволюционная картина мира, и са-

мой сущностью мира. Но именно в понимании сущности пространства и времени физика находится в глубоком противоречии с природой. Так, современная механика обратима. В ней время выступает только как параметр, который никак не связан с процессами эволюции материи. В то же время в природе все объекты рождаются, живут и умирают. То есть все природные процессы являются эволюционными и необратимыми, хотя современная механика оставляет возможность возврата в прошлое.

Все попытки решить проблему необратимости, т.е. описать процессы эволюции в рамках классической механики, начиная от Больцмана и до последних лет, не дали желаемого результата [2-5]. Наиболее общепринятое в настоящее время объяснение механизма необратимости в своей основе опирается на свойство экспоненциальной неустойчи-



ности систем и существование сколь угодно малых флуктуаций. Суть объяснения заключается в следующем. Теорема Пуанкаре об обратимости гамильтоновых систем (т.е. систем, которые подчиняются законам классической механики) утверждает, что существует, хотя и очень большое, но конечное время, в течение которого система пройдет сколь угодно близко около начальной точки, из которой она вышла [2]. Но если усреднить по сколь угодно малой окрестности любой точки фазового пространства, в которой находится система, то из-за экспоненциальной неустойчивости она не вернется в исходное состояние. Такому усреднению

эквиваленты сколь угодно малые флуктуации в системе. Т.е. наличие флуктуаций в гамильтоновых системах обеспечивает им необратимость. Но использование постулата о флуктуациях в объяснении необратимости чуждо детерминизму классической механики. Более того, это накладывает ограничения на глубину и горизонт познания мира. К счастью, оказалось, что можно прийти к объяснению необратимости в рамках законов механики Ньютона без использования каких-либо вероятностных гипотез о флуктуациях [6-9]. Для этого необходимо сделать следующее: учесть структурированность тел, заменив МТ на структурированные частицы (СЧ); представить энергию СЧ в виде суммы энергии движения и внутренней энергии; получить уравнение движения СЧ из представленной таким образом энергии. Это уравнение в общем случае будет необратимо. Поясним процесс построения механики СЧ.

Как строится механика структурированных частиц

Поставим следующую задачу: на основе законов механики МТ определить движение структурированного, в общем случае неравновесного тела. Т.е. наша задача найти уравнение движения неравновесной системы (НС). Для решения задачи будем исходить из того факта, что НС в приближении локального равновесия можно задать в виде совокупности перемещающихся относительно друг друга взаимодействующих равновесных подсистем, каждая из которых состоит из достаточно большого числа потенциально взаимодействующих МТ (см. рис. 1). Эти равновесные подсистемы, из которых состоит НС и будем называть СЧ. В принципе, такими СЧ могут быть мо-

лекулярные кластеры и сами молекулы. Чтобы определить поведение НС, нужно знать уравнение движения СЧ. Это уравнение может быть получено из энергии СЧ.

Энергия каждой СЧ равна сумме энергии ее движения в поле внешних сил и ее внутренней энергии. Энергия движения СЧ состоит из кинетической энергии движения центра масс (ЦМ) и потенциальной составляющей энергии взаимодействия с другими СЧ. Кинетическая энергия СЧ определяется суммой скоростей всех МТ. Эта сумма соответствует скорости ЦМ СЧ. Потенциальная энергия движения СЧ определяется суммой внешних сил, действующих на все ее МТ. Внутренняя энергия СЧ определяется суммой кинетических энергий движения МТ относительно ЦМ и силами их взаимодействия. Т.е. внутренняя энергия СЧ обусловлена возможностью существования таких движений МТ, которые не вносят вклада в энергию движения СЧ.

Полная работа, совершаемая полем внешних сил по перемещению СЧ, идет на изменение как ее внутренней энергии, так и энергии движения. Поэтому она больше или равна работе, которая идет только на перемещение системы МТ. Действительно, изменение скорости ЦМ обусловлено суммой сил, приложенных к каждой МТ. Но эта сумма меньше суммы модулей внешних сил, приложенных к МТ, т.к. имеет место очевидное условие:

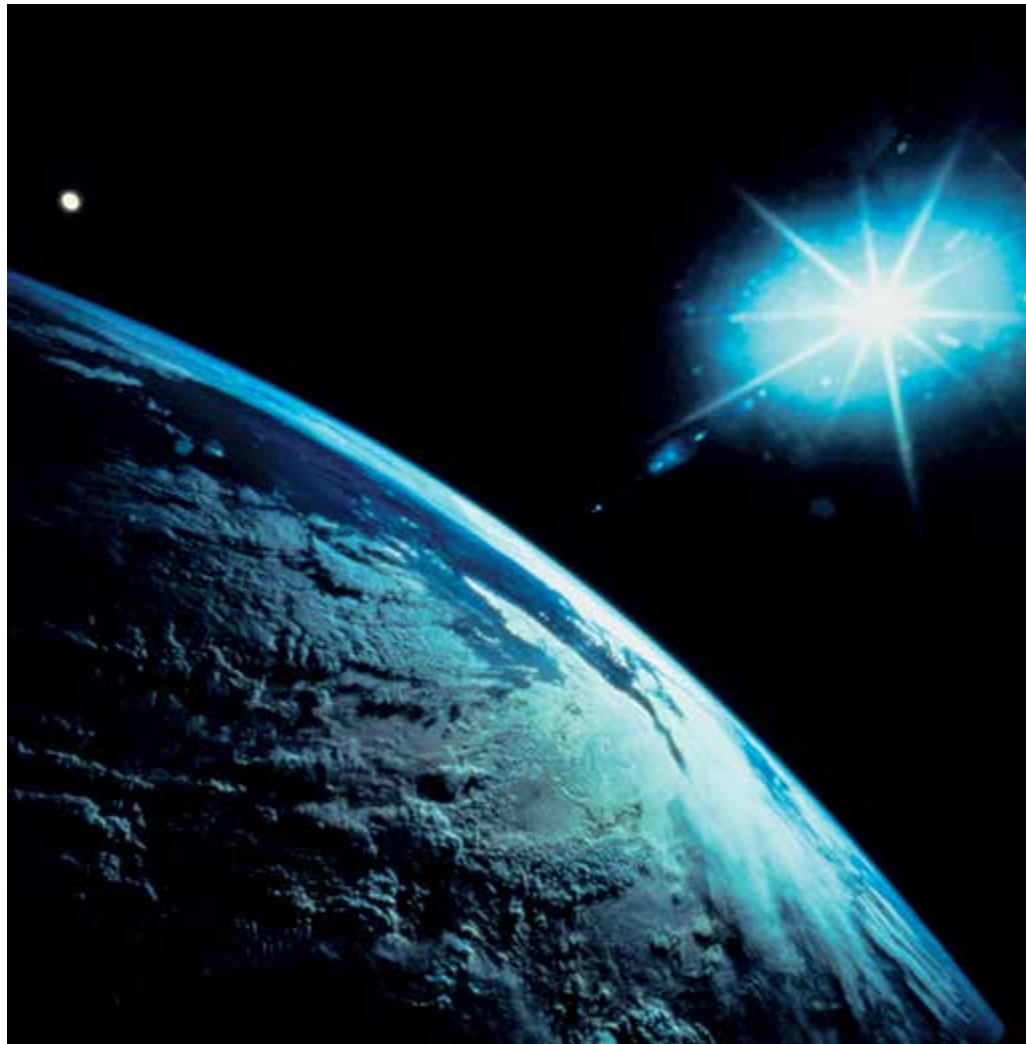
$$\left| \sum_{i=1}^N F_i \right| \leq \sum_{i=1}^N |F_i|$$

Равенство выполняется тогда, когда все МТ движутся с равными скоростями. Это возможно в том случае, когда СЧ является твердым телом.

Согласно второму закону Ньютона, ускорение СЧ про-

порционально сумме потенциальных сил, приложенных ко всем МТ. Точкой приложения сил является ЦМ СЧ. Эти силы обеспечивают изменение энергии движения СЧ. Из закона сохранения импульса следует, что сумма сил взаимодействия МТ равна нулю. Поэтому движения МТ внутри СЧ относительно ЦМ, определяющие внутреннюю энергию, не дают вклада в работу по перемещению СЧ. То есть работа сил, меняющих внутреннюю энергию, не связана с работой по изменению энергии движения СЧ. Эти силы нельзя выразить через градиент от какой-либо скалярной функции. Но их можно определить через величину изменения внутренней энергии СЧ. Для этого энергию СЧ надо представить в виде суммы энергии движения СЧ и внутренней энергии. Это можно сделать в независимых макропеременных, определяющих энергию движение ЦМ СЧ, и микропеременных, определяющих энергию движение МТ относительно ЦМ. В этих переменных полная энергия системы представляет собой сумму энергии движения и внутренней энергии [6]. Следовательно, закон сохранения энергии для системы таков: **энергия системы, движущейся вдоль траектории ее ЦМ, меняется так, что сумма кинетической энергии движения СЧ, ее внутренней энергии и энергии внешнего поля постоянна.**

Силы между МТ не зависят от внешних сил. Поэтому и внутренняя энергия, определяемая движением МТ относительно ЦМ, не зависит от энергии движения. Дифференцируя энергию по времени, находим уравнение для изменения энергии [7]. В это уравнение войдут члены определяющие изменение энергии движения СЧ и изменение внутренней энергии СЧ. Т.е. силы,



осуществляющие изменения того или иного типа энергии, находятся через величину изменения соответствующего типа энергии.

Пусть размер СЧ значительно меньше характерного масштаба пространственной неоднородности, действующей на нее внешней силы. Тогда силу можно разложить по малому параметру, которым является размер СЧ. Сохраняя в разложении члены нулевого и первого порядка малости, найдем, что изменение внутренней энергии СЧ определяется членом, зависящим от микро- и макропеременных. Этот член пропорционален разности сил, действующих на различные МТ. То есть он подобен члену,

определяющему возмущение струны, и зависит от лапласиана силовой функции.

Из уравнения для изменения энергии СЧ находим уравнение ее движения [7]:

$$M_N \dot{V}_N = -F^{env} - \alpha_N V_N \quad (1)$$

где α_N — коэффициент, определяемый изменением внутренней энергии.

Первый член в правой части (1) это потенциальная сила, меняющая кинетическую энергию СЧ. Второй член определяет изменение внутренней энергии СЧ. Так как СЧ равновесна, то ее динамика будет определяться внутренней энергией и не должна зависеть от хаотического движения индивидуальных МТ [11].



Сравним динамику МТ и СЧ. Если работа внешних сил идет только на ускорение МТ, то для СЧ работа внешних сил идет как на ее ускорение, так и на изменение внутренней энергии. Поэтому полная энергия движения СЧ, в отличие от МТ, неоднозначно определяется положением ЦМ СЧ в пространстве. Причем, если энергия движения СЧ изменяется за счет суммы сил, действующих на все ее МТ, то внутренняя энергия меняется за счет разности этих сил. В силу закона сохранения импульса, внутренняя энергия не может преобразовываться обратно в энергию ее движения. Это означает необратимость динамики СЧ. Если пренебречь изменением внутренней энергии, то уравнение (1) переходит в обратимое уравнение Ньютона для МТ. Таким образом, необратимость движения СЧ связана с «включением» внутрен-

них степеней свободы системы, которые определяют внутреннюю энергию.

Формализм классической механики для систем МТ строится на основе уравнения Ньютона и принципа Даламбера при условии потенциальности всех сил [1]. Но условие потенциальности сил исключает работу сил, меняющих внутреннюю энергию системы МТ. Т.е. условие потенциальности сил эквивалентно учету только той части работы, которая идет на изменение энергии движения тела. Поэтому с помощью этого формализма нельзя описывать процессы диссипации в неравновесных системах, так как эти процессы связаны с изменением внутренней энергии СЧ. Но если при построении формализма вместо уравнения Ньютона для МТ использовать уравнение (1) для СЧ, то получим обобщенные уравнения Гамильтона и Лиувилля [8]. Эти уравнения в правой ча-

сти содержат члены, учитывающие преобразование энергии движения СЧ в их внутреннюю энергию. Поэтому они применимы для описания диссипативных систем.

Необратимость трансформации энергии движения СЧ в их внутреннюю энергию позволяет ввести в механику СЧ понятие энтропии, определяя ее как величину, задающую увеличение внутренней энергии СЧ. Т.е. энтропия пропорциональна энергии движения СЧ, уходящей в их внутреннюю энергию. Прирост энтропии задается формулой [9]:

$$\Delta S = \sum_{L=1}^R \left\{ \sum_{k=1}^{N_L} \left[\sum_s F_{ks}^L v_k dt \right] / E_L \right\} \quad (2)$$

E_L — внутренняя энергия СЧ;

N_L — число частиц в L — СЧ;

$L = 1, 2, 3, \dots$

R — количество СЧ;

s — внешние МТ, взаимодействующие с k -й МТ L — СЧ;

F_{ks}^L — сила, действующая на k -ю МТ СЧ со стороны s -ой МТ другой СЧ;

v_k — скорость k -й МТ.

Таким образом, в неоднородном внешнем поле сил происходит нелинейная, необратимая трансформация энергии движения СЧ в ее внутреннюю энергию (см. [4]). Эта трансформация обусловлена нелинейной взаимосвязью двух независимых групп макро- и микропеременных, определяющих движение СЧ. Система приходит в равновесие, когда энергия относительных движений СЧ целиком перейдет в их внутреннюю энергию. Скорость увеличения внутренней энергии СЧ, пропорциональная лапласиану внешних к ним сил. Эта скорость уменьшается по мере уменьшения энергии движения СЧ.

Рассмотрим, как можно обобщить механику СЧ на механику НС. Как и в случае СЧ, работа внешних сил идет на движение НС и изменение ее

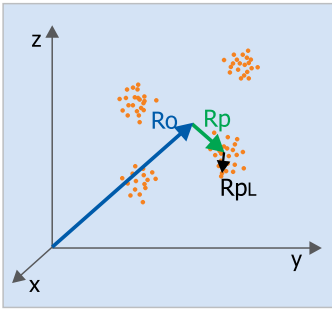


Рисунок 1
Схема НС, представленной совокупностью СЧ.

внутренней энергии. Но энергия НС уже равна сумме энергий СЧ. Энергии СЧ, из которых состоит НС, состоит из ее энергии движения во внешнем поле сил и энергии, обусловленной взаимодействиями СЧ. Схема такой НС представлена на рис. 1.

Наличие у НС неоднородной внутренней структуры приводит к необходимости учета новой ступени разбиения энергии, обусловленной этой неоднородностью. Так, внутренняя энергия НС разбивается на два типа: энергию движения и внутреннюю энергию СЧ. Это означает, что энергия внешнего поля идет как на изменение энергии движения НС, так и на изменение энергии движения и внутренней энергии СЧ. Последние два типа энергии составляют внутреннюю энергию НС. Т.е. возникает иерархия энергий НС, заданных совокупностью СЧ. Соответственно возникает иерархия и энтропии. Для НС энтропия связана как с энергией относительных движений СЧ, так и с их внутренними энергиями. Очевидно, что, как и в случае СЧ, уравнение движения НС можно получить из уравнения энергии. При этом в соответствие с новыми типами энергии возникнет иерархия переменных и иерархия сил.

Отметим, что и модель НС также является определенной степенью приближения к реальности. Действительно, в природе нет элементарных частиц. Т.е. сами МТ, совокупностью которых нами были заданы СЧ, на самом деле должны быть подсистемами, хотя потенциальные силы между элементами подсистем, могут быть другие. В природе существующая иерархия сил выстраивается в соответствии с молекулярными, атомными, ядерными силами. Отличие этих сил определяет иерархию материи: молекул, атомов, ядер, нуклонов и т.п. Чем больше энергия взаимодействия систем, тем глубже по иерархической лестнице сил будет идти изменение ее внутренней энергии и соответствующая перестройка системы. Но в любом случае при достаточно больших энергиях взаимодействия систем, которые приводят их к перестройке или разрушению, динамика системы будет определяться принципом дуализма энергии. Т.е. на любом иерархическом уровне материи имеется энергия движения системы и ее внутренняя энергия

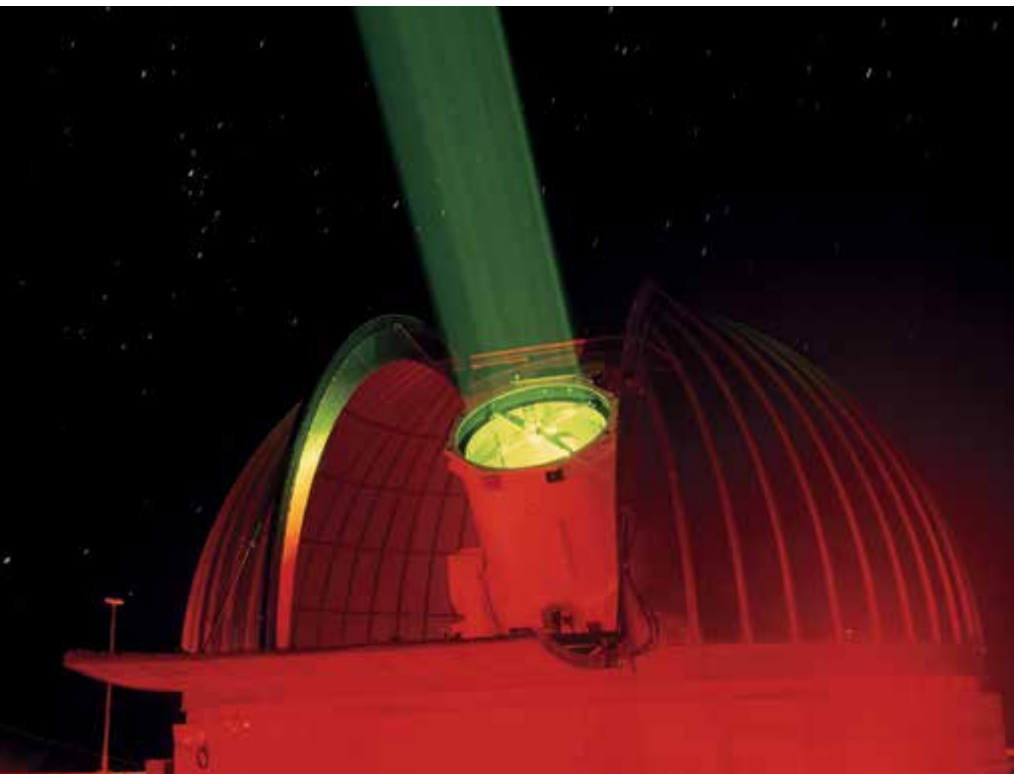
Рассмотрим, как в рамках вытекающего из динамики СЧ механизма необратимости объяснить парадоксы Цермело и Лошмидта. Суть парадокса Цермело состоит в том, что согласно теореме Пуанкаре о возврате, гамильтонова система, рано или поздно, из-за сохранения фазового объема сколь угодно близко пройдет около начального состояния [1]. Но доказательство теоремы Пуанкаре выполнено при условии потенциальности сил. Это условие исключает возможность учета изменения внутренней энергии СЧ, совокупностью которых представляются НС, поскольку внутренняя энергия меняется за счет



Исаак Ньютон

непотенциальных сил. Именно работа непотенциальных сил приводит к трансформации энергии относительного движения СЧ во внутреннюю энергию и, в конечном счете, к исчезновению относительного движения СЧ, что эквивалентно установлению равновесия [11].

Парадокс Лошмидта вытекает из требования обратимости уравнений движения Ньютона МТ в системах. Однако это требование, как уже было сказано, в общем случае не выполняется. Нередко этот парадокс трактуется, как необходимость возвращения системы в исходное состояние при обращении скоростей ее элементов. Не будем здесь заострять внимание на том, что для систем МТ такое обращение потребует бесконечной неэнтропии и потому сам процесс обращения скорости всех МТ физически неосуществим. Примем только, что в природе все тела,



сколь угодно малыми они бы не являлись, имеют структуру. Т.е. модель частиц в виде совокупности СЧ гораздо ближе к реальности, чем их модели в виде МТ. Динамика СЧ подчиняется уравнению (1), которое не инвариантно относительно обращения их скоростей. Т.е. в классической механике для МТ необратимость исчезает при пренебрежении структурой тел. Т.о., главным фактором, обуславливающим необратимость динамики тел, является структурность материи.

Заключение

В процессе построения механики СЧ стало очевидным, что возможность описания диссипативных процессов, ответственных за возникновение и эволюцию систем, была исключена в результате использования в механике моделей МТ и бесструктурных тел, а также гипотезы о потенциальности коллективных сил. Но если бы Ньютон не использовал эти упрощения, то ему

бы не удалось раскрыть сущность законов движения. Ведь второй закон Ньютона справедлив строго только для МТ. Очевидно, чтобы вернуть возможность описания диссипативных процессов, нужно найти, как исключить используемые Ньютоном ограничения при условии, что найденные им законы для МТ должны соблюдаться. Как здесь было показано, это можно сделать заменой МТ на СЧ. Именно учет структуры тел и возможности изменения их внутренней энергии при взаимодействиях позволяет включить в описания динамических процессов диссипативность. Более того, это позволяет ввести в механику понятие энтропии и раскрыть ее детерминированную природу стремления к максимуму в соответствии со вторым законом термодинамики.

Уравнение движения СЧ вытекает из закона сохранения энергии при условии выполнения законов Ньютона для МТ. Принципиальным при

его получении является учет того обстоятельства, что энергия систем представляет собой инвариантную сумму энергии движения и внутренней энергии системы. Этот учет удается сделать с помощью введения независимых макропеременных, определяющих движение СЧ и макропеременных, определяющих движение МТ относительно его ЦМ. Из-за наличия двух типов энергии существует два типа сил: потенциальные силы, перемещающие СЧ в пространстве, и непотенциальные, изменяющие ее внутреннюю энергию. Как выяснилось в процессе получения уравнения движения СЧ, дуализм энергии и сил является следствием того, что динамика тел определяется дуализмом симметрии тел и симметрии пространства. Дуализм симметрии, означает зависимость динамики тел от их внутренних симметрий и от симметрий пространства. Именно дуализм обуславливает бесконечную делимость материи, ее фрактальность [12] (см. рис. 2).

Т.о., механика позволяет описывать процессы эволюции только в том случае, если она построена на основе модели систем, обладающих структурой с учетом дуализма симметрии. Этот результат имеет принципиальное значение для развития физики. Так, из него следует, что поскольку в природе имеются только взаимодействующие системы, а не элементы, то диссипативность, а значит, нарушение симметрии времени, является неотъемлемым свойством материи. Это означает, что многие проблемы в механике, физике элементарных частиц, в квантовой механике, следует рассматривать с позиций взаимодействия систем, а не элементов. Действительно, вопрос о том, как, зная законы динамики элементов, определить законы динамики

систем, являются наиболее актуальным для физики. Целое не есть простая совокупность частей. Кстати, Больцман, пожалуй, был первым, кто обратил серьезное внимание на этот вопрос в классической механике, попытавшись объяснить необратимость процессов в газах. Не вызывает сомнений, что для решения проблемы N тел также необходим подход с позиции взаимодействия систем.

Физика элементарных частиц сталкивается с проблемой нарушения симметрий. Очевидно, что при достаточно сильных взаимодействиях часть энергии неизбежно будет уходить на перестройку структур частиц. Если при этом не рассматривать частицы, как системы, то возникнет неопределенность в законе сохранения объема фазового пространства, проблемы объяснения нарушения симметрии времени.

Не сложно заметить, что в рамках законов классической механики нет ограничений на увеличение внутренней энергии СЧ. В соответствии с законами классической механи-

ки она может увеличиваться до бесконечности в результате перехода в нее энергии движения систем. Однако с учетом закона излучения черного тела можно предположить наступление такого состояния, когда возникнет баланс поглощаемой и излучаемой энергий. Как и когда такое состояние возникает, пока не ясно. Отсюда, в частности, встают важные для космофизической теории вопросы: какова часть энергии Вселенной, которая находится во внутреннем связанном состоянии материи, как эта энергия может высвобождаться, как электромагнитная энергия переходит в массу и наоборот, какова природа фундаментальных взаимодействий и почему Вселенная фрактальна. Очевидно, что для решений этих вопросов необходимо объекты Вселенной считать системами.

В целом механика СЧ служит тем «мостом», который связывает механику Ньютона с термодинамикой, статистической физикой, кинетикой. Она открывает путь к изучению законов построения динамиче-



Людвиг Больцман



Рисунок 2
Дуализм
эволюции систем

ских систем на основе свойств элементов и законов их динамики. А это, в свою очередь, создает предпосылки к созданию основ физики эволюции, необходимой для построения современной картины мира. ■

Литература:

1. Ланцош К. Вариационные принципы механики. Мир, М., 1962, 408 с.
2. Заславский Г.М. Стохастичность динамических систем. М. Наука, 1984, 273 с.
3. Пригожин И. От существующего к возникающему. М., Наука, 1980, 342 с.
4. Lebowitz J.L. Boltzmann's entropy and time's arrow. Phys. Today. Sept., 1999, p.32-38;
5. Пуанкаре А. О науке. М., Наука, 1983, 559 с.
6. Somsikov V.M. The restrictions of classical mechanics in the description of dynamics of non-equilibrium systems and the way to get rid of them. New Advances in Physics, Vol. 2, No 2, September 2008, p. 125-140.
7. Somsikov V. M. Principles of Creating of the Structured Particles Mechanics. Journal of material Sciences and Engineering A(1). 2011, p.731-740.
8. Somsikov V.M. The equilibration of an hard-disks system. IJBC, 2004, November, V 14, N11, p. 4027-4033.
9. Somsikov V.M. Thermodynamics and classical mechanics, Journal of physics: Conference series. 23, 2005, p.7-16.
10. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, Стат. Физика и Кинематика. М, Наука, 1977, 552 с.
11. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М, Наука, 1976, 583 с.
12. Grujirc P. V., Pankovirc V. D. On the Fractal Structure of the Universe. arXiv:0907.2127v1 [physics.gen-ph] 13 Jul 2009

Солнце — источник энергии

или прогноз космической погоды и климата

Бейбит ЖУМАБАЕВ

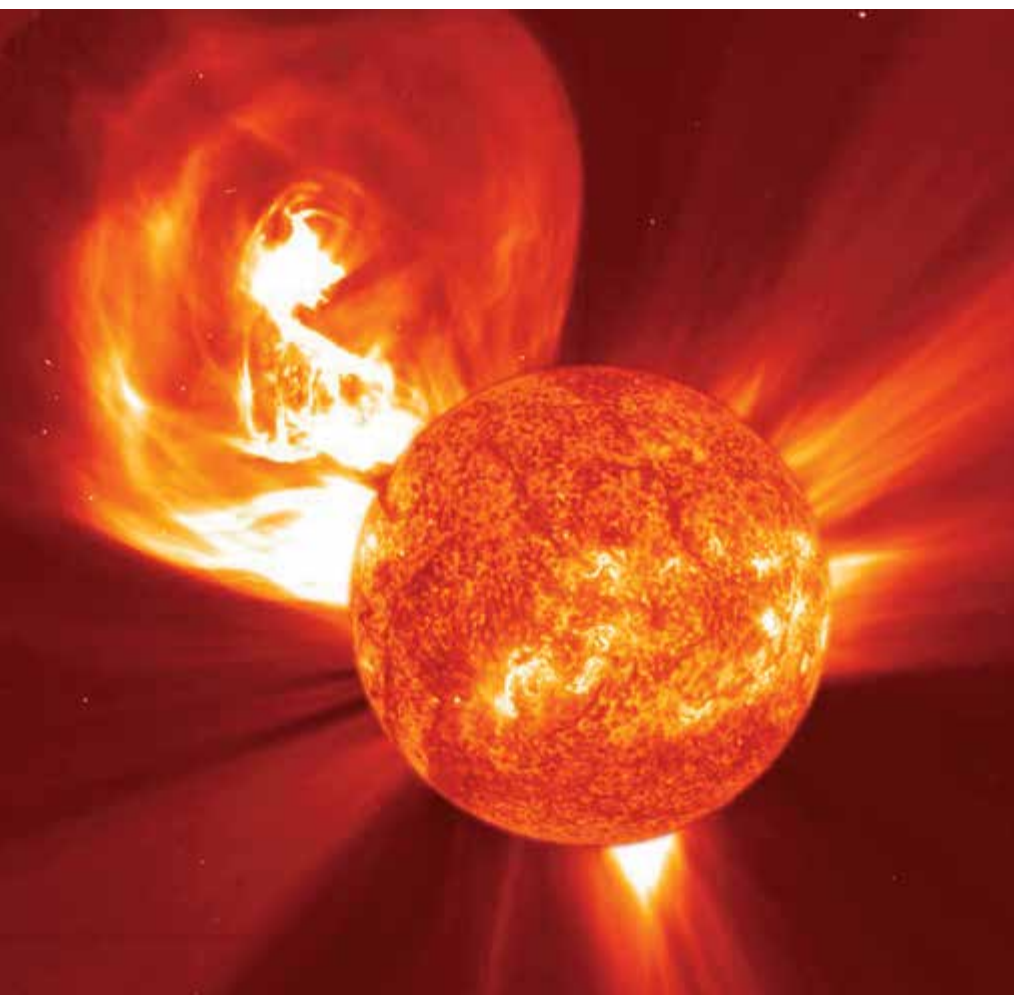
директор Института ионосферы АО «НЦКИТ»

Галина ГОРДИЕНКО

ведущий научный сотрудник Института ионосферы АО «НЦКИТ»

*О Солнце, ты живот и красота природы,
Источник вечности и образ божества,
Тобой жива земля, жив воздух, живы воды,
Душа времен и вещества!
Тобою всякое дыханье ликовствует,
Встречает радостно лицо твое вся тварь,
Пришествие твое вседневно торжествует,
Небесных тел ты — вождь и царь!*

Сумароков А.П., 1760 год



В настоящее время, в эпоху развития спутниковых средств связи, когда космос стал не только средой деятельности, но и средой обитания человека, мало факторов, которые бы в нашей жизни по своей важности могли бы превзойти роль космической погоды и климата и, соответственно, роль влияния солнечной активности на космическую погоду и климат. Предлагаемый читателю материал — это краткий обзор проблем и направлений исследования по этой теме, обсуждению которых был посвящен Симпозиум по солнечно-земной физике и рабочее совещание, состоявшееся в г. Пуна (Индия) в ноябре 2012 г. Проведение Симпозиума проходило под эгидой Научного Комитета по солнечно-земной физике (SCOSTEP) при поддержке NASA (National Aeronautics and Space Administration) в рамках программы Международных инициатив по Космической Погоде (ISWI — International Space Weather Initiative), Комитета по космическим исследованиям



(COSPAR) и других организаций с широким участием ученых различных специальностей, что свидетельствует о расширении работ в этом направлении. Целью проведения Симпозиума было представить и обсудить на международном форуме результаты недавних исследований и идей, касающихся вопросов влияния Солнца на погоду и климат Земли, степени влияния и механизмов.

В работе Симпозиума приняло участие свыше 100 человек из 10 стран, их научные и профессиональные интересы охватывали широкий диапазон от практических задачи изучения воздействия экстремальной солнечной активности на околоземное





космическое пространство и технологические системы до разработки моделей Солнца, магнитосферы Земли и прогноза космической погоды.

Безусловно, исследование солнечно-земных связей и поиск их механизмов следует продолжать, и еще предстоит развивать методы практического использования данных по наблюдению Солнца как «инструмента» для прогноза космической погоды. Однако уже есть доказательства того, что основными факторами, определяющими космическую погоду, являются выбросы корональных масс Солнца и корональные «дыры», когда высвобождается большой поток солнечной энергии от Солнца в виде электромагнитного излу-





чения и облаков замагниченной плазмы. Электромагнитное излучение приводит к внезапному увеличению электронной концентрации в ионосфере, воздействуя таким образом на системы спутниковой связи и навигации. Облака плазмы, достигая Земли в течение 2-3 дней, воздействуют на магнитосферу Земли, вызывая геомагнитные бури. Но если такая связь уже доказана, то вопросы о структуре и динамике Солнца, то есть о том, как и где формируются активные области на Солнце, их геоэффективность, что является спусковым механизмом для выброса корональных масс, какова плотность



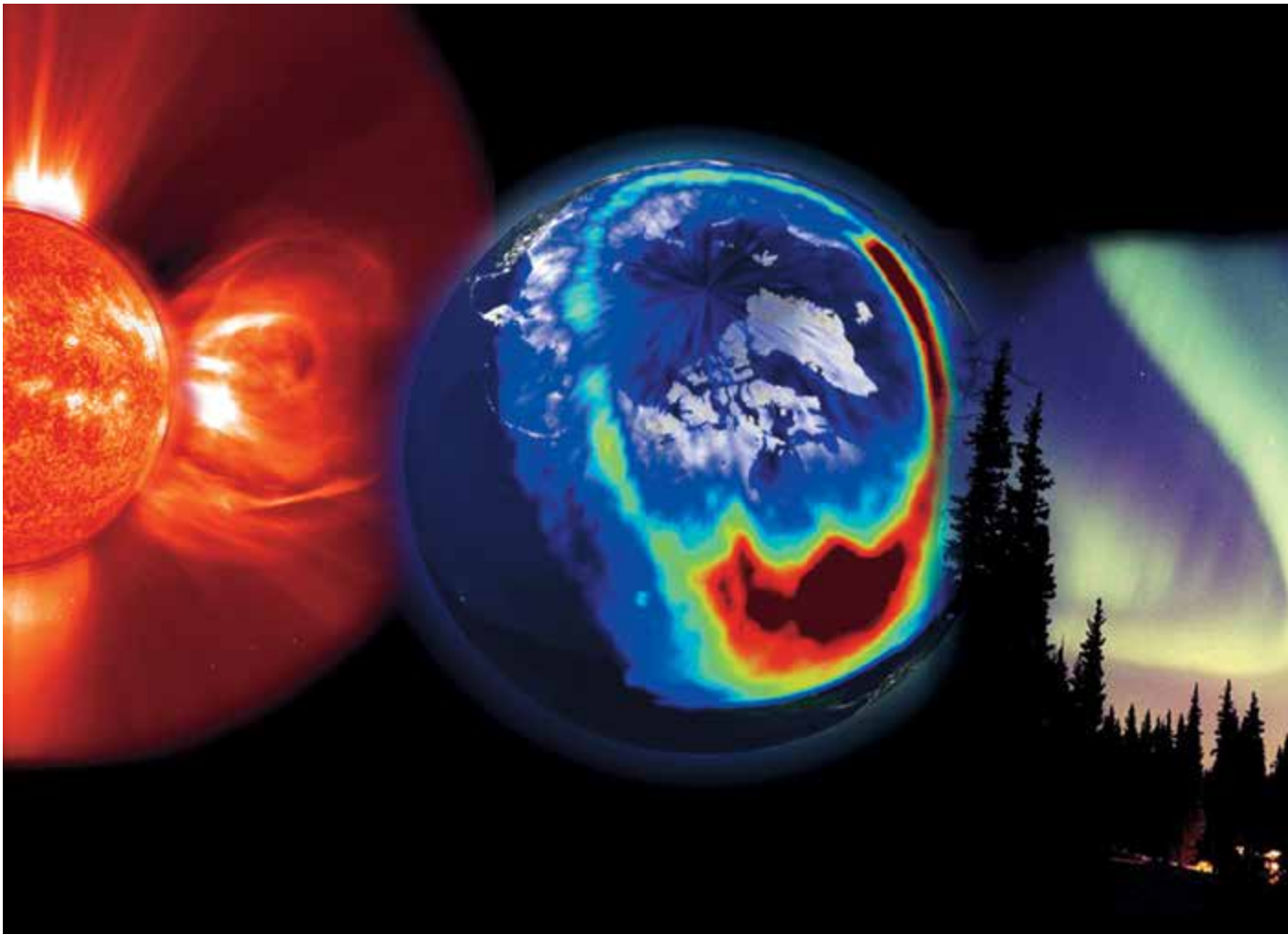


этих облаков, состав, эволюция по мере продвижения к Земле, скорость и другие характеристики, необходимые для моделирования солнечной динамики, остаются в большей части открытыми. В настоящее время эти вопросы исследуются в рамках различных текущих и будущих проектов. С 2011 г. такие исследования проводятся, например, в рамках международного проекта COMESEP (The Coronal Mass Ejections and Solar Energetic Particles), сформированного на период фазы роста уровня солнечной активности, 2011-2013 гг. (<http://www.comesep.eu>). Наблюдения ведутся наземными методами и с космических аппаратов с использованием различных приборов, таких как коронографы, спектрографы и др. Как пример наземных наблюдений можно назвать гигантский радиотелескоп метрового диапазона, работающий в Индии в 80 километрах севернее города Пуна, на высоте в 588 метров над уровнем моря. Он известен под названием Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT), является





радиоинтерферометром, состоит из тридцати 45-метровых антенн, составляющих 25-километровый массив, и является самым мощным телескопом для исследований радиоизлучения Солнца в метровом диапазоне. Научные исследования на GMRT ведутся под руководством мумбайского Института фундаментальных исследований Тата. Телескоп имеет приемные антенны для частот в 151, 235, 325, 610 и 1000—1420 MHz. В перспективе, в Индии планируется в 2016 г. установить наземный солнечный телескоп NLST (The National Large Solar Telescope) с целью изучения генерации магнитного поля и солнечного цикла, динамики магнитных областей, гелиосейсмо-



гии, долговременных вариаций солнечной активности, активных процессов на Солнце и других явлений.

Таким образом, в наблюдательном плане приоритеты на 2013-2022 гг. устанавливаются на наземные и спутниковые эксперименты. Рекомендуемые задачи на этот период: изучение природы солнечной активности и прогноз состояния околоземного космического пространства, изучение динамики области магнитосфера-ионосфера-атмосфера Земли и ее отклика на изменения солнечной активности, разработка моделей Солнца и земной магнитосферы, формирование баз экспериментальных данных для международного обмена и научной кооперации. ■



Broadband Ka band satellite communications: System approach and solutions



R. WINKLER

Thales Alenia Space Italia, Via Marcellina 11, 00131 Rome, Italy

G. MATARAZZO

Thales Alenia Space Italia, Via Marcellina 11, 00131 Rome, Italy

O. GUILBERT

Thales Alenia Space France, 26 avenue J.F. Champollion, Toulouse, France

ABSTRACT — This paper overviews and discusses System issues for the design of a Ka band broadband GEO satellite communication system. It addresses the major advantages that are obtained by exploiting this range of frequencies, considering both space and ground improvements, and discusses the countermeasures against the possible impairments deriving from the use of Ka band.

Index Terms — Ka-Band, Satellite Communications, High Throughput Systems.

1. Introduction

Since the launch of the pioneering Italsat F1, the first Ka band satellite built more than two decades ago by Selenia Spazio, a dramatic progress has been witnessed in the use of Ka band for satellite communications. Today, Ka Band is exploited for satellite missions covering the full range of needs, from pure commercial businesses aimed at providing broadband satellite connectivity, to Dual Use and Military missions.

This progress has been made possible by the development of a new generation high perform-

ance space qualified equipment and by the progress of ground segment manufacturers, in most cases relying on the progress in the definition of standards, such as the most recent DVB-S2 and DVB-RCS. The European Space Agency, National Space Agencies, such as ASI and CNES in Italy and France, have funded R&D and Satellite Missions and several national MoD's are already exploiting Ka band for their communication needs.

This paper overviews the major characteristics of Ka band satellite communications in view of their entrance in new Countries — such as Kazakhstan — already widely exploiting telecommunication satellites and interested in the perspectives open by the use of this new technologies.

The paper is organised as follows:

The section 2 introduces the advantages of Ka band from the point of view of Radio-Frequency performance;

- The section 3 presents the status in terms of bandwidth availability as per Radio-Regulations;

- The section 4 overviews the services available taking ad-

vantage of the large bandwidth and presents the satellite system architectures that may be realised for a sounding communication service matching;

- The section 5 addresses the issue of channel fading and presents the state of the art countermeasures

Last, section 6 overviews recent TAS developments for Ka band on board equipments, showing how technology progress can constitute the pillar for expanding the exploitation of Ka band missions.

2. Radio Frequency performance benefits of ka band satellite Communication Systems

Satellite antennas are a key constituents of the communication payload and their characteristics are a key discriminator for the overall Mission performance.

An antenna's directivity is a component of its gain, being the other component its electrical efficiency. Directivity is an important metric because emissions are intended for a particular direction, as other directions are energy wasteful. The Figure 1 plots the antenna directivity and its 3dB beamwidth: the higher

the frequency the higher the directivity is, with a peak for small diameter antennas and a saturation for very large antenna reflectors. While the plot is derived from well known theory formulas, its validity is widely accepted and optimisation at design stage introduce small difference.

The Figure 2 depicts the relation between the antenna gain and its diameter, vs. frequency: the higher the frequency the higher the gain becomes. This states the overall performance advantage of Ka band, resulting in the improvement of payload EIRP and G/T, with a reduction of antenna dimensions, beneficial for development, integration, testing and compatibility with launcher fairing.

Three additional advantages of Ka are introduced below:

- The high directivity performance makes Ka band well suitable to design and operate multi-spot coverage over the service area, allowing for bandwidth increase due to spatial reuse.

- The higher Ka band satellite EIRP and G/T to reduce the EIRP and G/T of gateway and satellite terminals, by apportioning performance between space and ground segment for the given performance targets. The advantage in reducing satellite terminal and earth station dimension is significant for missions involving thousands of users, in which equipment and installation cost play a significant contribution to the overall mission financial budget.

3. Ka band Satellite Communication Systems Frequency Spectrum

Radio-regulation play an key role in the design of a satellite system. Available orbital slots, allocated frequency ranges and coordination among satellites with possible mutual interferences are part of the project life-cycle, from the user needs conception to the operational post launch phase.

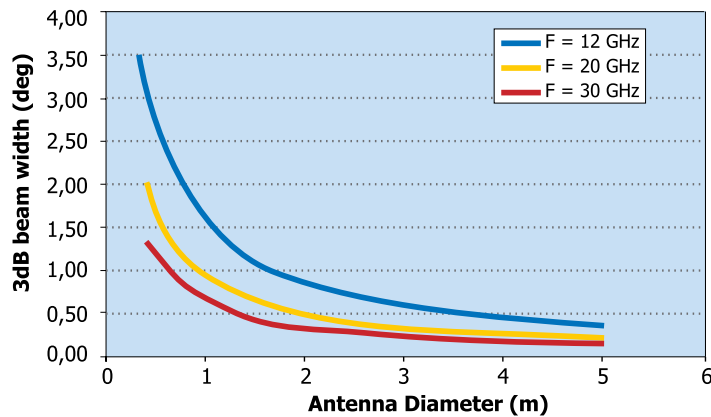


Figure 1
Antenna directivity vs. its 3dB beamwidth, varying frequency and antenna diameter

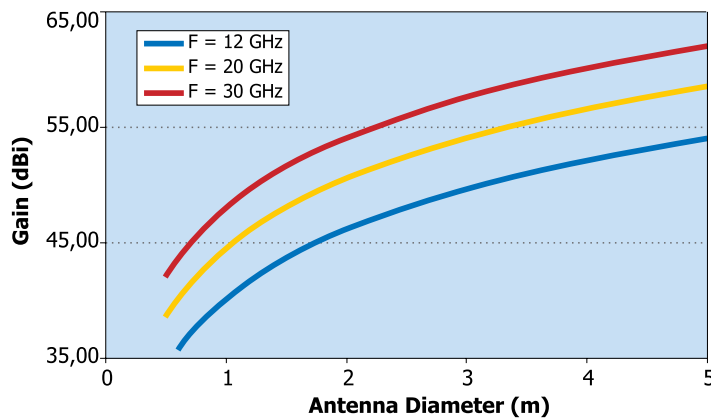


Figure 2
Antenna gain vs. its diameter, varying frequency band

The Regulatory Bodies have allotted to Ka band Fixed Satellite Systems spectrum as follows:

- 2 GHz allocated to coordinated services (i.e. Feeder Link, TX, RX):

- [27.5 — 29.5] GHz, RX by satellite
- [17.7 — 19.7] GHz, TX by satellite

- 500 MHz allocated to high EIRP satellite terminals (HEST) with exemption from individual licensing if using an EIRP not exceeding 60 dBW (i.e. User Link TX, RX):

- [29.5 — 30.0] GHz, RX by satellite
- [19.7 — 20.2] GHz, TX by satellite

- 1 GHz allocated for exclusive use to satellite services:

- [30.0 — 31.0] GHz, RX by satellite
- [20.2 — 21.2] GHz, TX by satellite

This results in a maximum availability of 3,5 GHz of Ka band range, which increases by exploiting multi-spot coverage with frequency reuse and polarization discrimination. Considering state of the art waveforms, this may state of the satellite missions traffic profiles ranging from several Gbit/s up to tens Gbit/s in multi-spot areas.

4. Service portfolio and Communication Architectures of Ka band Satellite Systems

The availability of wide spectrum resources and the resulting large traffic throughput are the enabling factors to extend the service portfolio with respect to traditional Ku band telecom satellites.

The Table 1 summarizes the main service types and matches them to target user families.

This list, not intended to be exhaustive, introduces a new topic for the design a broadband multiservice Satellite Communication Sys-

Communication Service	Target End User(s)	End User family	
Broadband Internet Access	Schools, Universities	Institutional Communications	
Distance learning			
Secure Virtual Private Network (VPN)	Governmental Institutions		
Video-Surveillance			
Distance healthcare	Hospitals, Medical Centers		
Professional Internet Access	Enterprises and Small Offices		Business Communications
Intranet and VPN			
Site interconnection			
Machine to Machine Supervisory			
Control and Data Acquisition			
Internet Backhauling			
Satellite News Gathering	News agencies		
Data Gathering			
High throughput Internet	Consumers, families	Commercial Communications	
Internet TV			
Web-casting			

Table 1
Broadband
Communication Services
and User Families

tem, i.e. the best matching between satellite service and the adopted communication architecture.

While different services entail specific needs in terms of tolerated delay and guaranteed throughput,

these requirements need to be analyzed and translated into effective architecture and communication topology. A combination of mesh and star networks (Figure 3) is an effective platform for multiserv-

ice multiuser communications. Mesh network have increasing relevance for Intranet and Virtual Private Networks for secure data exchange. Star networks constitute the legacy architectures for Inter-

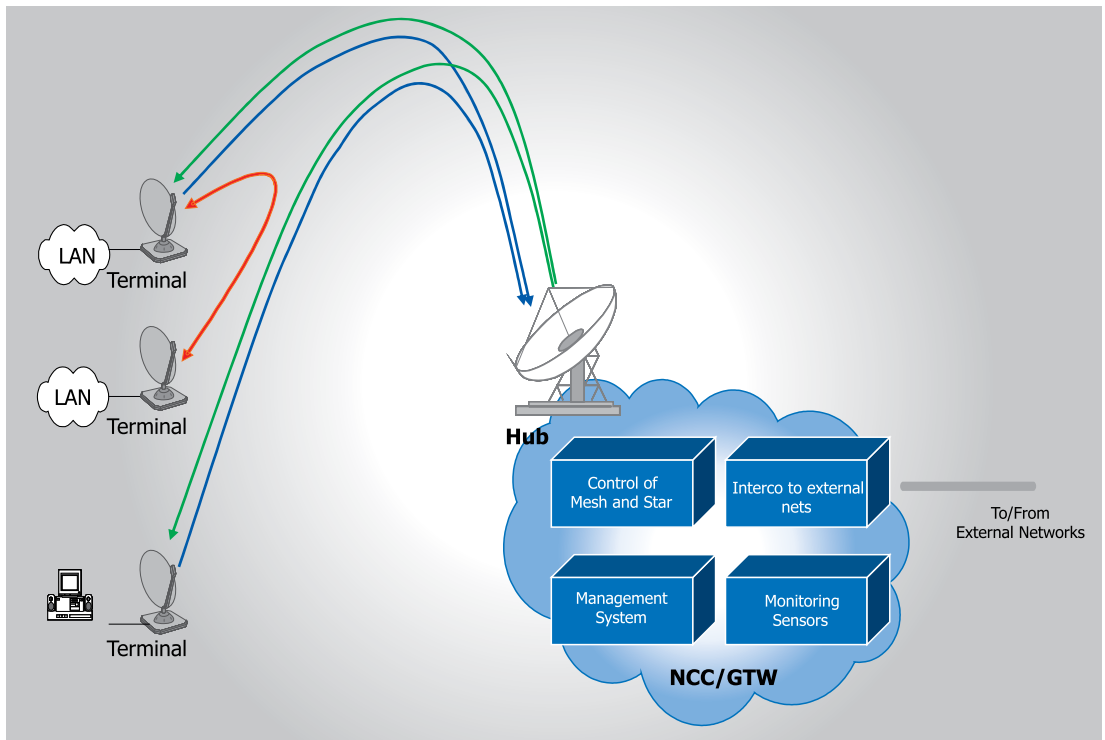


Figure 3
Mesh and Star
networks in a
broadband Ka band
satellite system

net Access and TV or other multimedia distribution services. The benefit of mesh architecture is an overall saving of bandwidth and a reduced latency resulting from the single hop needed by terminals to exchange data. Star networks relax performance of satellite terminals but require the involvement of the central Gateway for traffic exchange, which is performed with a double hop that wastes bandwidth and increases delay.

5. Channel propagation and Fading Effects i ka band

An issue on the suitability of Ka band is the effect of fading and the suitability of possible countermeasures.

The Figure 4 shows the fade statistics vs. frequency: for a given attenuation, the probability of “long” fades increases with frequency, while there is little difference for short fades. This means that there is significant margin for reactive control to manage Ka band fading.

The Figure 5 depicts the rain statistics of Kazakhstan. Overall, the Country shows non critical figures, with few spots of limited geographical extension characterised by higher rain intensity.

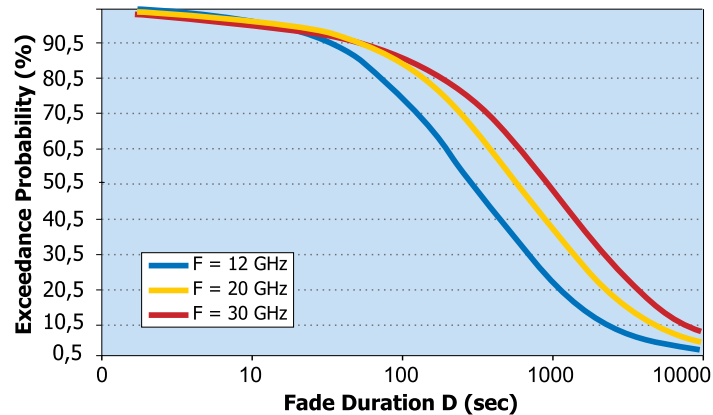


Figure 4
Fade durations statistics vs. frequency according to ITU-R P.1623-1

These two figures bring the information that Ka band is a well suited to Kazakhstan rain profile.

Techniques have been devised to mitigate fading effects and are already put in place by satellite Operators and Service Providers; they are introduced below.

Uplink Power Control (UPC):

- The terminals and gateways increase the transmit power, with mitigation capability ranging from few to several dBs.
- UPC compensates uplink fades only.

Adaptive Coding And Modulation (ACM):

- the MODCODE, i.e. the combination of modulation type and forward error correc-

tion code, of each terminal is adapted to meet the current terminal requirements, determined by channel conditions.

- Adaptation gives each terminal the highest possible data rate that the link may support, while preserving operating margin enough to compensate short term fluctuations.

- Terminals in the same beam may use different MOD-CODE values, because rain fades tend to be highly localized.

Adaptive Coding (AC):

- the forward error correction code rate of terminals is tuned keeping constant the modulation type, to meet the current terminal requirements determined by channel conditions.

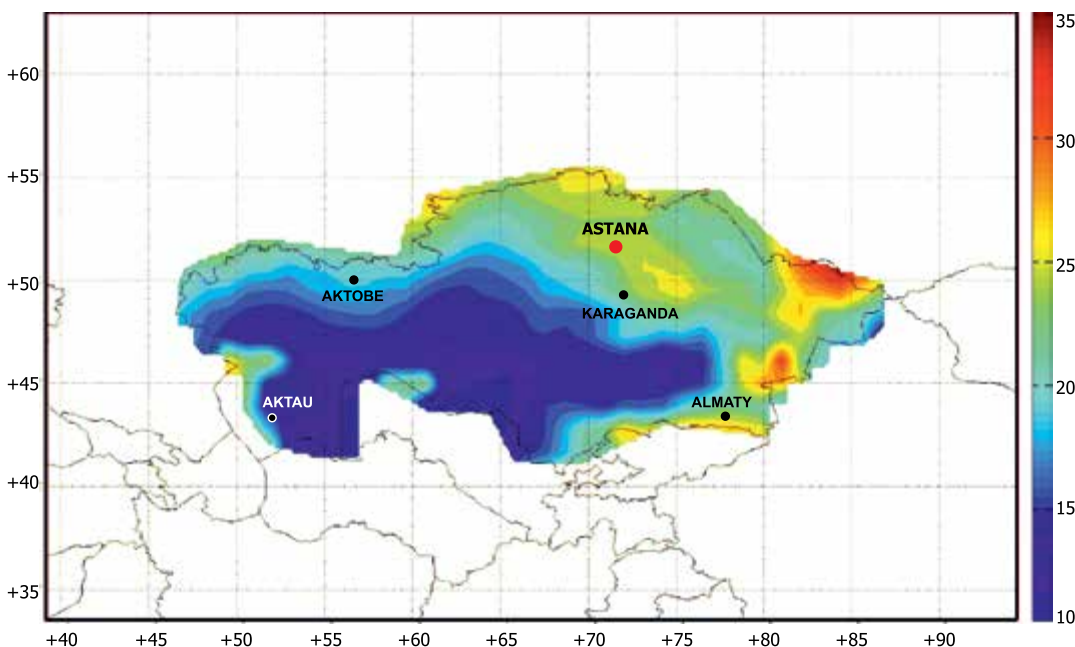


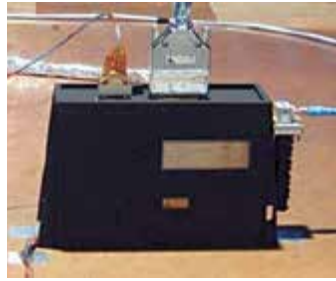
Figure 5
Kazakhstan rain intensity statistics

Figure 6

Agile frequency converter(left) and agile command receiver (right)

Рисунок 6

Преобразователь частоты (слева) и приемник команд (справа)



- Adaptation gives terminals the highest possible data rate that the link may support, while preserving operating margin enough to compensate short term fluctuations.

- Terminals in the same beam may use different code val-



Figure 7

Ka IMUX (left) and Ka OMUX (right)

Рисунок 7

Ка IMUX (слева) и Ка OMUX (справа)

ues, because rain fades tend to be highly localized.

Dynamic Rate Adaptation (DRA):

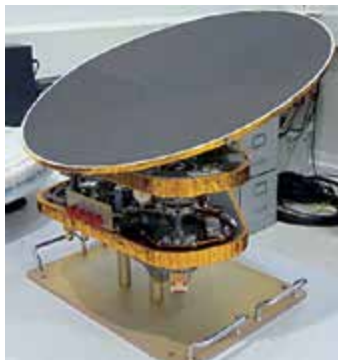
- the terminal Symbol Rate is tuned to meet the cur-

Figure 8

Module for Ka band steerable antennas (left) and a steerable antenna with its mechanisms (right)

Рисунок 8

Модуль для Ка диапазонных управляемых антенн (слева) и управляемой антенны с ее механизмами (справа)



rent terminal requirements, determined by channel conditions changes.

- Adaptation gives terminals the highest possible Symbol Rate that the link may support, while preserving operating margin enough to compensate short term fluctuations.

- Terminals in the same beam may use different Symbol Rate values, because rain fades tend to be highly localized in space.

In practice:

- ACM and UPC counteract link fades adapting data rate and TX power:

- UPC increases TX power to mitigate the fade attenuation and bring the Signal to Noise ration (SNR) to a level that possibly keeps the MODCOD unchanged and, so, the data rate;

- when the maximum UPC compensation range is reached, the residual SNR reduction due to fading is counteracted by ACM, which changes the MODCOD to reduce the data rate to the level that matches the link conditions;

- ACM and UPC do not change the communication symbol rate.

- AC and DRA counteract link fades adapting data rate and symbol rate:

- AC reduces TX data rate to bring SNR to a level that possibly keeps the MODCOD unchanged and, so, the data rate;

- AC does not changes the symbol rate;

- when the maximum AC compensation range is reached, the residual SNR reduction is in charge to DRA, which reduces the symbol rate; accordingly, the terminal “moves” to a smaller carrier.

6. Ka band state of the art TAS developments

This section shows TAS state of the art developments for Ka band satellites.

Agile Ka band frequency conversion (see Figure 6 left side) adjusts the central channel frequency for new mission needs during the satellite lifetime. The Figure 6 (right side) shows an agile Command receiver, providing frequency agility in the uplink path of the TTC link, for interference management and increased robustness against disturbs, intentional or unintentional.

The Figure 7 shows Ka band input and output filtering equipment with advanced properties for filtering and power handling.

A Ka band Micro-wave Switch Matrix has been qualified. This equipment routes any input port to any output port with non blocking and multicasting; it is a successful solution for missions in which the payload serves a multi-spot area with traffic relations among multiple spots.

The Figure 8 (left) shows the Earth Antenna Module to embark on the top floor Ka band antennas steerable over the visible hemisphere and Figure 8 (left) shows one such antennas. This consitutes a solution to serve theatre spots which may change according to specific mission needs.

Широкополосный Ка диапазон спутниковой связи: Системный подход и решения

R. WINKLER

Thales Alenia Space Italia, Via Marcellina 11, 00131 Rome, Italy

G.MATARAZZO

Thales Alenia Space Italia, Via Marcellina 11, 00131 Rome, Italy

O.GUILBERT

Thales Alenia Space France, 26 avenue J.F. Champollion, Toulouse, France

В работе представлен обзор и обсуждение вопросов проектирования широкополосного Ка диапазона GEO системы спутниковой связи. Рассматриваются основные преимущества, получаемые за счет использования этого диапазона частот, с учетом совершенствования как космических так и наземных систем, и обсуждаются контрмеры против возможных нарушений, связанные с использованием внешнего Ка.

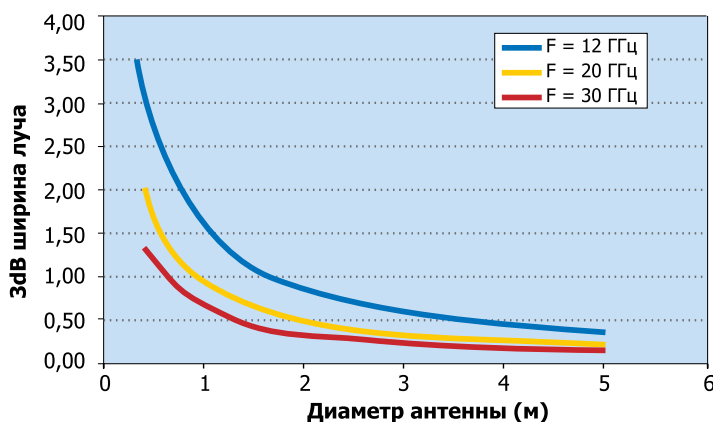
Ключевые слова — Ка — диапазон, спутниковая связь, системы высокой пропускной способности.

1. Введение

Первый Ка диапазонный спутник Italsat F1 был построен более двух десятилетий назад компанией Selenia Spazio, что явилось значительным прогрессом для спутниковой связи. Сегодня Ка диапазон применяется для спутников, охватывающих весь спектр потребностей, от чисто коммерческих предприятий, направленных на обеспечение широкополосного спутникового доступа, до функций



Рисунок 1
Направленность антенны по отношению к 3dB ширине луча при различной частоте и диаметре антенны



двойного назначения и военных миссий. Этот прогресс стал возможным благодаря развитию высокопроизводительного космического оборудования нового поколения и прогрессу производителей наземного сегмента, основанного на стандартах DVB-S2 и DVB-RCS.

Европейское космическое агентство, национальные космические агентства, такие как ASI и CNES в Италии и Франции, уже используют Ка диапазон для своих нужд связи.

Эта статья — обзор основных характеристик современной Ка диапазонной спутниковой связи в связи с их возможным распространением в новых странах, таких как Казахстан — уже широко использующих телекоммуникационные спутники и заинтересованных в перспективах, открывающихся с использованием этих новых технологий.

В разделе 2 представлены преимущества Ка диапазона с точки зрения радиочастот;

В разделе 3 представлены данные по пропускной способности согласно радио-правилам;

Раздел 4 — обзор услуг, доступных при использовании широкой полосы пропускания, где представлена структура спутниковой системы;

Раздел 5 касается вопроса затухания канала и современных мерах противодействия этому.

Заключительный раздел 6 — обзор последних разработок TAS, показывающий, как технический прогресс может стать основой расширения эксплуатационных миссий.

2. Радиочастотные преимущества в сегменте Ка диапазона систем спутниковой связи

Спутниковые антенны являются ключевыми составля-

ющими коммуникационной полезной нагрузки и их характеристики важны для общей производительности космических программ.

Направленность антенны является одним из компонентов его коэффициента усиления, другим компонентом — является его электрическая эффективность. Рисунок 1 показывает участки направленности антенны и ее 3dB ширину луча: — чем выше частота, тем выше направленность с пиком для антенн малого диаметра и насыщенностью для очень больших отражателей антенны. Хотя схема является производной от известных теоретических формул, она широко признана и оптимизирована на стадии проектирования и ввода с небольшими отличиями.

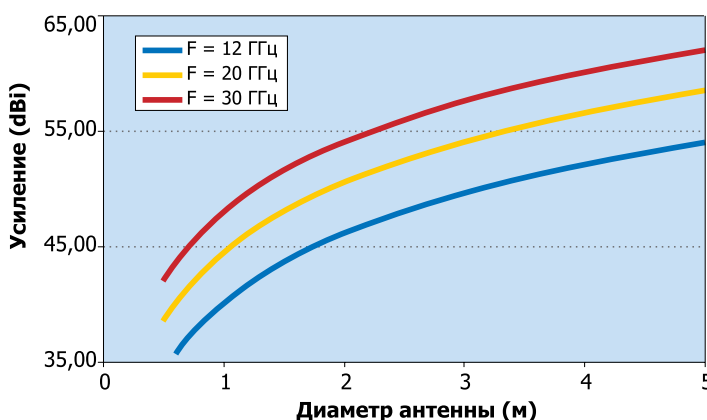
Рисунок 2 показывает соотношение между коэффициентом усиления антенны и ее диаметром в зависимости от частоты: — чем выше частота, тем выше усиление. Это указывает на общее преимущество в производительности Ка диапазона в результате совершенствования полезной нагрузки EIRP и G/T с уменьшением размеров антенны, полезной для разработки, интеграции, тестирования и совместимости с головным обтекателем.

Три дополнительных преимущества Ка представлены ниже:

- высоко направленная производительность делает Ка диапазон подходящим для разработки и эксплуатации нескольких по охвату зон обслуживания, что позволяет повысить пропускную способность за счет повторного пространственного использования.

- Более высокий Ка диапазон спутниковой EIRP и G/T позволяет уменьшить EIRP и G/T шлюза и спутниковых терминалов путем пропорци-

Рисунок 2
Коэффициент усиления антенны по отношению к ее диаметру при различных диапазонах частот



Служба связи	Цель конечного пользователя (ей)	Конечный пользователь	
Широкополосный доступ в Интернет	Школы, университеты	Институциональные связи	
Заочное обучение			
Безопасная виртуальная частная связь (VPN)	Правительственные учреждения		
Видео-наблюдение			
Здравоохранения на расстоянии	Больницы, медицинские центры		
Профессиональный доступ в интернет	Предприятия и небольшие офисы		Бизнес коммуникации
Интранет и VPN			
Взаимосвязь сайтов			
Машины для наблюдения			
Управление и сбор данных			
Интернет транзитной передачи			
Спутниковый сбор новостей	Информационные агентства		
Сбор данных			
Высокая пропускная способность интернета	Потребители, семьи	Коммерческие связи	
Интернет-телевидение			
Веб-кастинг			

Таблица 1
Широкополосная связь для различных видов услуг и пользователей

онального распределения производительности между космическими и наземными сегментами. Преимущество состоит в сокращении размеров спутникового терминала и земной станции, что имеет большое значение для миссий с участием тысяч пользователей, в которых стоимость оборудования и установки играют важную роль в общем бюджете.

3. Ка диапазонные системы спутниковой связи радиочастотного спектра

Вопросы регулирования радиочастотного спектра играют ключевую роль в разработке спутниковой системы. Доступные орбиты, выделенные диапазоны частот и координация между спутниками с минимизацией взаимных помех являются частью жизненного цикла проекта, начиная от концепции потребностей пользователей к этапу эксплуатации после официального запуска системы.

Регулирующими органами были выделены следующие Ка диапазоны спектра фиксированной спутниковой системы:

- 2 ГГц, распределенных между скоординированными службами (например, это фидерные линии, TX, RX):
 - [27.5 — 29.5] ГГц, RX через спутник
 - [17.7 — 19.7] ГГц, TX через спутник
- 500 МГц, выделенных для высоких EIRP спутниковых терминалов (HEST) с освобождением от уплаты индивидуального лицензирования при использовании EIRP не более 60 dBW (т. е. Пользователь Link TX, RX):
 - [29.5 — 30.0] ГГц, RX через спутник
 - [19.7 — 20,2] ГГц, TX через спутник
- 1 ГГц, выделенных на исключительное использование спутниковых услуг:
 - [30.0 — 31.0] ГГц, RX через спутник

- [20,2 — 21.2] ГГц, TX через спутник.

Это обеспечило максимальную доступность 3,5 ГГц Ка диапазонного спектра, которая увеличивается за счет использования в нескольких местах охвата с повторным использованием частоты и поляризации. Учитывая современные формы сигнала, спутниковый трафик может быть от нескольких Гбит/с до десятков Гбит/с в различных местах зоны покрытия.

4. Портфолио-сервис и связь архитектуры Ка диапазона спутниковых систем

Наличие широкого спектра ресурсов и в результате большая пропускная способность трафика являются благоприятными факторами, позволяющими расширить портфель услуг по отношению к традиционным Ku диапазонным телекоммуникационным спутникам.

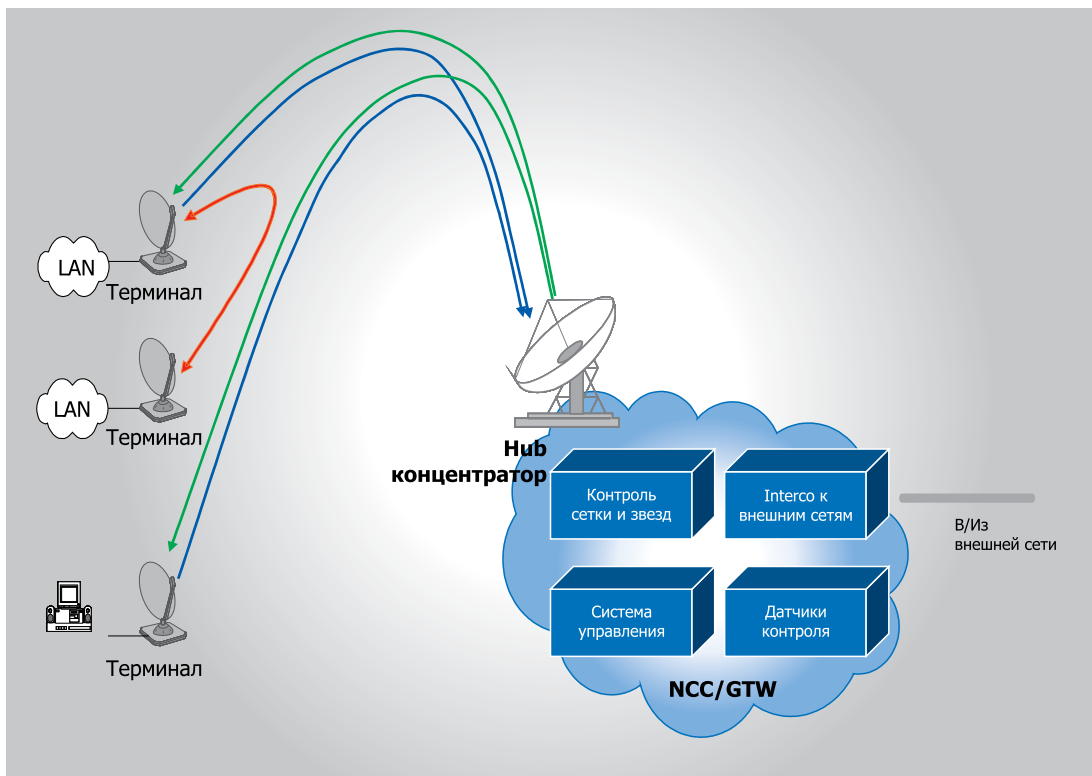


Рисунок 3
Сеть и звезды сетей широкополосной системы спутникового Ka диапазона

В таблице 1 приведены основные виды услуг и соответствующие целевые пользователи.

Этот список не является исчерпывающим, могут быть введены новые позиции для разработки спутниковой ши-

рокопосной мультисервисной системы связи в целях лучшего соответствия между спутниковой службой и принятой структурой связи.

В то время как представляемые услуги требуют гарантированную пропускную способ-

ность, эти требования должны быть проанализированы и переведены на эффективную архитектуру и топологию связи. Сочетание сети и звезды сетей (Рис. 3) является эффективной платформой для многопользовательской мультисервисной



связи. Структура сети оказывает все большее значение для интранета и виртуальных частных сетей для безопасного обмена данными. Звезда сетей представляют собой наследие архитектуры для доступа в Интернет и телевидение или в другие мультимедийные услуги распределения. Преимуществом подобной архитектуры является общая экономия полосы пропускания и сокращение задержки в результате одного импульса, необходимого терминалам для обмена данными. Звезда сетей ослабляет функционирование спутниковых терминалов и требует участия центрального шлюза для обмена трафиком, который выполняется с двойным импульсом, что снижает полосу пропускания и увеличивает задержку.

5. Канал распространения и затухания эффектов Ka диапазона

Вопросом о пригодности Ka диапазона является эффект затухания и соответствие возмозных контрмер.

Рисунок 4 показывает статистику затухания в зависимо-

сти от частоты: при заданном затухании, вероятность «длительного» затухания увеличивается с частотой. Это означает, что есть значительный резерв для активного контроля и управления затуханием Ka диапазона.

Методология была разработана для смягчения эффекта затухания и уже внедрена с помощью спутниковых операторов и поставщиков услуг, которая представлена ниже.

Управление питанием восходящей линии связи (UPC):

- Терминалы и шлюзы увеличивают мощность передачи с возможностью смягчения последствий от нескольких единиц до нескольких dBs.

- UPC компенсирует только восходящее затухание.

Адаптивное кодирование и модуляция (ACM):

- MODCODE, т.е. сочетание типа модуляции и ожидаемого кода коррекции ошибок каждого терминала, адаптированного для удовлетворения текущих требований терминала, определенного условиями канала.

- Адаптация дает каждому терминалу максимально

возможную скорость передачи данных, которую связь может поддерживать, сохраняя при этом операционную маржу достаточно, чтобы компенсировать краткосрочные колебания.

- Терминалы могут использовать различные значения MODCODE, потому что они при снижении осадков, как правило, сильно локализованы.

Адаптивное кодирование (AC):

- Скорость кода терминалов прямого исправления ошибок настроена для поддержания постоянного типа модуляции, для удовлетворения текущих требований терминала, определяемых условиями канала.

- Адаптация дает терминалам максимально возможную скорость передачи данных, которую связь может поддерживать, сохраняя при этом операционную маржу достаточно, чтобы компенсировать краткосрочные колебания.

- Терминалы могут использовать различные значения MODCODE, потому что они при снижении осадков, как правило, сильно локализованы.



6. Ка диапазон, современное состояние TAS разработок

В этом разделе показаны TAS современные разработки для спутников Ка диапазона.

Преобразователь (см. Рисунок 6 слева) регулирует центральную частоту канала. Рисунок 6 (справа) показывает приемник команд, обеспечивающий перестройку частот по восходящей линии связи ТТК для управления помехами и повышения надежности.

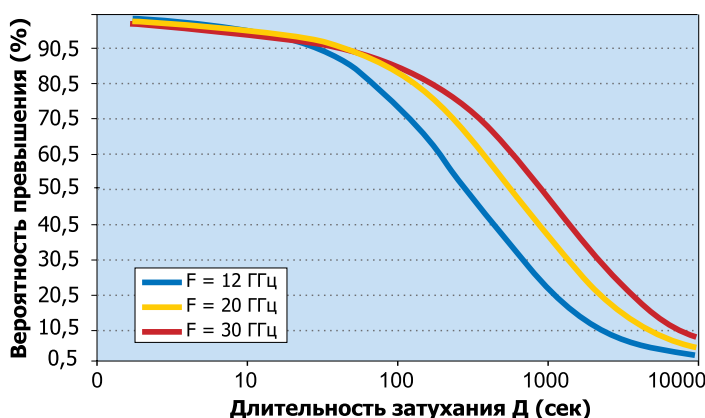
На рисунке 7 представлен Ка диапазонное входное и выходное фильтрующее оборудование с расширенными свойствами.

Сертифицированный Ка диапазонный микроволновой коммутатор-матрица. Это оборудование для любого входного порта на любой выходной порт без блокирования и многоадресной рассылки. На рисунке 8 (слева) показан модуль наземной антенны, установленной на верхнем этаже Ка антенн, управляемых на видимой полусфере. На рисунке 8 показана одна из таких антенн.

Неофициальный перевод на русский язык.



Рисунок 4
Статистика длительности затухания в зависимости от частоты в соответствии с ITU-RP.1623-1



Динамическая адаптация скорости (DRA):

- Оценка терминального символа настраивается для удовлетворения текущих требований терминала, определенных условиями канала.
- Адаптация дает терминалам максимально возможную скорости потока, которую связь может поддерживать, сохраняя при этом операционную маржу достаточно, чтобы компенсировать краткосрочные колебания.
- Терминалы могут использовать различные значения скорости потока, потому что они при снижении осадков, как правило, сильно локализованы в пространстве.

На практике:

- ACM и UPC противодействуют скорости передачи данных затухания и мощности передатчика:
 - UPC увеличивает мощность передатчика по смягчению ослабления затухания и довести сигнала до уровня шума (SNR), возможно сохранения MODCOD без изменений и, таким образом, скорости передачи данных;
 - При максимальной компенсации UPC диапазон будет достигнут, остаточные сокращения SNR из-за затухания противодействует ACM, которые изменяют MODCOD, уменьшая скорость передачи данных до уровня, которая соответствует условиям;

- ACM и UPC не меняют скорость передачи символа.
- AC и DRA противодействуют скорости передачи данных адаптации затухания и скорости передачи символов:
 - AC снижает скорость передачи данных TX, доводя SNR до уровня, что возможно сохранение MODCOD без изменений и, таким образом, скорости передачи данных;
 - AC не изменяет скорость передачи символов;
 - При максимальной компенсации AC диапазон будет достигнут, остаточные сокращения SNR является ответственным за DRA, которая уменьшает скорость передачи символов, соответственно, терминал «движения» к меньшему носителю.

Launchers

Приложение к журналу «Космические исследования и технологии»

космодромы
и носители



Как построить «супертяж»

Малые космические аппараты

Что будет с космодромом

Бюджетный «супертяж»



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



Игорь АФАНАСЬЕВ,
независимый эксперт в области ракетно-космической техники,
редактор журнала «Новости космонавтики»,
Россия

В последние два-три года в России оживленно обсуждается тема пилотируемой лунной экспедиции и связанных с ней технических средств. Интерес к Луне не случаен: на самом близком к Земле небесном теле человек уже побывал, доказав его достижимость.

Ученые рассматривают будущую колонизацию Луны как неизбежный этап экспансии в межпланетное пространство. На начальном этапе наша соседка может служить «платформой» для научных исследований (например, для создания астрономических обсерваторий, не подверженных влиянию земных полей), а затем стать источником ресурсов, в том числе и для полетов к другим планетам. Инженеры видят в Луне полигон для отработки технологий межпланетных полетов.

Есть и противники, считающие, что этот процесс отбирает ресурсы от более перспективной задачи колонизации Мар-

са. Как бы то ни было, очевидно, что ключевыми элементами любой экспедиции на небесные тела (в том числе и на Луну) являются средства доставки, в нашем случае — ракета-носитель, вокруг которой и идут основные дебаты.

С точки зрения баллистики возможно множество схем полета на Луну. Рассмотрим некоторые.

Прямая однопусковая схема предусматривает старт межпланетного комплекса с Земли на одной ракете, и посадку корабля на Луну с перелетной траекторией либо с промежуточным выходом на окололунную орбиту. Миссия наиболее проста и надежна, но требует большой энергетики: при условии доставки на Луну и возвращении назад экипажа из 3-4 человек нужен носитель 170-200-тонного класса.*

** Под классом здесь и в дальнейшем будем подразумевать массу полезного груза, выводимого на исходную низкую околоземную орбиту.*

В 1920-х годах советский инженер Юрий Кондратюк (Александр Шаргей) разработал (а в 1960-70-х годах американцы применили) схему со стыковкой на окололунной орбите. В соответствии с ней на орбиту спутника Луны доставляется межпланетный комплекс, от него отделяется сравнительно небольшой десантный модуль, на котором космонавты высаживаются на лунную поверхность, а потом возвращаются назад, к основному кораблю. В последнем весь экипаж летит к Земле. Для такой схемы полета потребуется один носитель класса «всего лишь» 120-150 т. Недостаток способа — усложненность комплекса (нужно фактически два корабля) и рискованные операции (в том числе стыковки и перестыковки), которые снижают надежность миссии по сравнению с прямой схемой.

Обе описанные выше схемы можно реализовать и при

использовании не одного, а нескольких носителей, со стыковкой блоков в космосе. Сейчас такие операции достаточно отработаны. Правда, при этом возрастают проблемы и затраты массы, связанные с членением комплекса на функциональные модули (разгонные блоки, орбитальный и посадочный корабли). При этом можно рассмотреть две схемы полета.

Первая — со сборкой межпланетного комплекса у Земли. В этом случае для полноценной экспедиции с экипажем из 3-4 человек требуется беспилотный носитель класса 100-130 т для выведения на орбиту разгонного блока, и пилотируемая ракета класса 20-25 т для запуска корабля. Поскольку разработка двух разных носителей — недостаток, возможны и варианты, например, сборка корабля из двух блоков аналогичной массы в 60-75 т. Из нее логически вытекает вторая схема — с промежуточной стыковкой на окололунной орбите. Она потребует двух носителей 70-тонного класса: на первом запускается разгонный** блок и пилотируемый корабль, на втором — разгонный блок и посадочный модуль. На лицо сокращение номенклатуры ракет и требований к их грузоподъемности и стоимости.

*** Или разгонно-тормозной*

Вариант данной схемы — развертывание [около]лунной орбитальной станции (ЛОС), своеобразного ресурсного модуля на орбите вокруг нашего естественного спутника. Схема позволяет доставлять на ЛОС расходные материалы (топливо, продукты питания, воздух, запчасти и т.п.) носителями сравнительно небольшой размерности класса 20-30 т, а также применить многоразовый — один на несколько экспедиций — посадочный комплекс («лэндер»). Здесь вновь не-





плохо смотрится носитель — 70-тонник. Между прочим, именно на такую грузоподъемность рассчитывался исходный вариант Н-1 в эскизном проекте 1962 года: в один пуск ракета могла обеспечить экспедиции в облет Луны, Марса или Венеры, в два-три пуска — посадку на Луну, а в 5-10 пусков — на Марс.

Разумеется, описанные схемы не исчерпывают всего многообразия возможных миссий в окололунное пространство. Можно, к примеру, лететь через точки Лагранжа, экономя энергетику, но затрачивая дополнительное время. Или рассмотреть трех- или четырехпусковые экспедиции, позволяющие использовать небольшие носители, но рисковать из-за большого числа стыковок...

Неопределенность в схемах ставит перед разработчиками сложную проблему выбора средств выведения. Чтобы решить задачу с наименьшими затратами, необходимо верно определиться с типом экспеди-

ции и назначить рациональную размерность и основные проектные параметры носителя.

В первой половине 1960-х годов американские и советские инженеры работали «с чистого листа», проектируя совершенно новый носитель. Для первых оптимальным оказалось использование перспективных достижений в области двигателестроения, электроники, материаловедения и технологий. Вторым со всем этим приходилось туго: они сделали ставку на умеренный прогресс и... как мы знаем, проиграли.

Сейчас на первый план выходит выбор общей стратегии, которая определяет всю техническую сторону вопроса.

Наилучшее решение для случая, если первоочередная задача — срочное развертывание обитаемой базы на лунной поверхности, это прямая однопусковая схема. Если рассматривать концепцию ЛОС, то, вероятно, более привлекательно выведение станции на полярную окололунную орбиту, что

позволит исследовать недавно открытые «вечно темные» районы, богатые водяным льдом, и осуществлять периодические высадки именно в них.

Однако на стоимость межпланетной пилотируемой программы прямо влияет размерность носителя, вытекающая из схемы экспедиции. Чем выше стартовая масса и грузоподъемность ракеты, тем больше затраты на разработку. Эти деньги необходимо отдать «разом», и они оказывают значительное давление на бюджет. При этом чем мощнее носитель, тем сложнее найти ему применение при решении «рутинных» задач, не связанных с основной целью, для которой он разрабатывался. Saturn-5 или Н-1 были «заточены» под энергетически затратные миссии к Луне и плохо приспособлены для всего остального. Как только лунная программа была выполнена (или закрыта), они оказались не у дел.

Меньший носитель дешевле в разработке, «легче» для

бюджета и гибче в решении разнообразных повседневных задач. Кроме того: проектирование крупной ракеты на базе самых передовых технологий длится дольше. За это время могут поменяться политическая конъюнктура и концепция космической деятельности, что подвергает программу дополнительному риску.

Отсюда вывод — размерность тяжелого (или сверхтяжелого) носителя должна выбираться особенно тщательно, с учетом необходимости решения «ординарных», в том числе коммерческих, задач. Только в этом случае программа может получить общественную и политическую поддержку и станет экономически целесообразной.

Внимательный читатель, вероятно, уже догадался, к чему мы клоним. Правильно: к предложению создать носитель нужной размерности с использованием уже имеющихся решений, технологий и элементной базы. Этот подход особенно актуален для России и других стран СНГ. Мало того, что полноценное освоение Луны не под силу отдельно взятому государству — мы к тому же ограничены финансовыми, технологическими, а сейчас уже и людскими ресурсами. Именно поэтому все проекты сверхтяжелых ракет с середины 2000-х годов закладывались с учетом максимального использования ранее созданного задела, в первую очередь по таким программам, как «Энергия-Буран» и «Зенит».

Российские разработчики рассматривают два подхода к формированию облика «супертяжа».

Первый — создание носителя 130-тонного класса путем максимального заимствования технических решений «Энергии». Это проекты ГКНПЦ имени М.В.Хруничева («Ени-



сей-5» грузоподъемностью 125 т), «ЦСКБ-Прогресс» («Русь-МСТ», более 100 т) и недавно представленная концепция сверхтяжелой ракеты от РКК «Энергия» (95-150 т). Они характерны использованием крупного центрального блока с 2-4 кислородно-водородными двигателями РД0120 и четырьмя-шестью блоками с кислородно-керосиновыми РД-171.

К сожалению, воспроизведение «Энергии» в том или ином виде в ближайшем будущем крайне проблематично. Во-первых, утрачены многие технологии, утилизирована оснастка. Даже в середине 1990-х годов восстановление производства только РД0120, по некоторым оценкам, обходилось примерно в 1 млрд \$. Во-вторых, разработка самой «Энергии» встала примерно в 5-7 млрд \$, заняла более 10 лет и выполнялась силами нескольких десятков мощных организаций всего Советского Союза. С учетом технологического состояния ракетно-

космической отрасли нынешней России затраты на решение аналогичной задачи могут в современных ценах достичь 15-20 млрд \$, что сейчас совершенно нереально.

Поэтому более предпочтительным выглядит второй путь, переход к которому намечился лет 5-7 назад. Он заключается в разработке ракеты 65-75-тонного класса с минимальным использованием водородных технологий.

Еще в самом начале 2000-х Центр Хруничева сформировал концепцию сверхтяжелого носителя класса 100-110 т на базе конструктивно-компоновочной схемы «Ангары-А5» с соответствующим увеличением габаритов: был выбран «протоновский» диаметр керосиновых ракетных блоков первой и второй ступени (4,1 м). Третья ступень — водородная, хотя и сравнительно небольшая, с одним РД0120. По аналогичной схеме компоновался и «Амур-5», проект которого был анонсирован ГКНПЦ в 2008 году.



В 2006 году ГРЦ «ОКБ имени В.П.Макеева» представил на суд публики проект сверхтяжелой ракеты «Виктория-К» 100-тонного класса, имеющей три керосиновые ступени, включающие семь блоков «протоновского» диаметра с двигателями РД-171, РД-180 и РД-190. Для разгона к Луне предлагалась четвертая ступень с двигателем РД0124. Та-

ким образом, впервые за многие годы российские проектанты предложили «супертяж» вообще без водорода. Цена — стартовая масса, превышающая 3000 т.

В 2009 году Роскосмос, официально инициировав проект «Русь-М», заставил разработчиков ориентироваться на элементную базу «ракеты-носителя среднего класса по-

вышенной грузоподъемности» (РН СКПП, она же «Русь-МП») — универсальные керосиновые ракетные блоки (УРБ) с запасом рабочего топлива 180 или 240 т, и сравнительно небольшую криогенную верхнюю ступень с четырьмя водородными РД0146. Совокупность решений позволяла скомпоновать носитель класса 55 т, которой хватало для запуска к Луне пилотируемого корабля нового поколения (ПТК НП) массой 16 т. Увы, последний в процессе проектирования «прибавил в весе», и его масса зашла за 20 т. Для отправки к Луне нужна была еще более мощная ракета. Сначала заговорили о 60-тоннике, затем и этот вариант признали недостаточным. В 2010-11 годах РКК «Энергия» предложила сверхтяжелый носитель на базе своего проекта «Энергия-К». Последний рассматривался для летных испытаний ПТК НП с космодрома Байконур. «Супертяж» стартовой массой около 1850 т и грузоподъемностью 74 т состоял из четырех керосиновых ракетных модулей, окружавших криогенный центральный блок с одним РД0120. Все вновь уперлось в водород и восстановление производства мощного воронежского двигателя.

Таким образом сошлись две тенденции — «урезание острого» с учетом реальных технических возможностей, и необходимость повышения энергетики носителей до уровня, достаточного для выполнения крупных проектов в космосе. Их пересечение и породило размерность «супертяжа» ближайшей перспективы — около 70 т на низкой орбите. Как показано выше, для решения многих задач этого достаточно. Осталось определить окончательный технический облик бюджетного варианта сверхтяжелой ракеты.

Итак, что мы имеем? Как ни странно, но для создания



подобного носителя за разумные деньги и в относительно короткие — 7-10 лет — сроки есть... практически все!

В серийном производстве находятся современные ракетные двигатели РД-171М (первая ступень «Зенита»), РД-180 (Atlas-5), РД-191 («Ангара»), РД0124 (верхние ступени «Союза-2» и «Ангары»). Заканчиваются огневые стен-



довые испытания криогенного РД0146/0146Д с высокими параметрами (увы, более мощный «водородник» может появиться нескоро). Доступен (производится в кооперации с Украиной) прекрасный РД-120 (вторая ступень «Зенита»). Освоено производство топливных баков и отсеков диаметром 4.1 м («Протон») и 3.9 м («Зенит-2»).

Днепропетровское КБ «Южное» одним из первых предложило сочетать указанные возможности. Украинский проект трехступенчатого носителя (условное обозначение «Зенит-5») включал модифицированный «Зенит-2», к которому крепятся четыре боковых блока на базе первой ступени исходной ракеты. Чтобы центральный блок работал и после сброс-

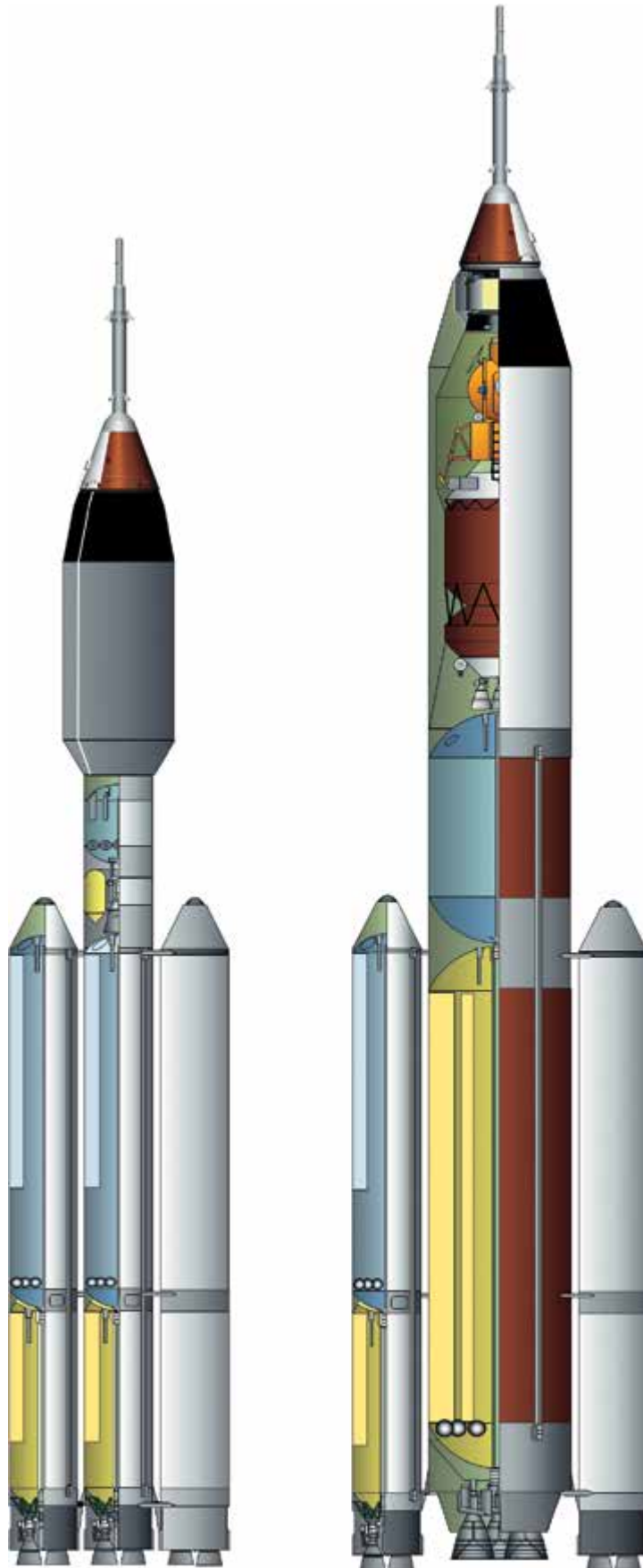


Рисунок
Д. Воронцова

са «боквушек», его двигатель со старта должен дросселироваться до уровня примерно 50% номинальной тяги. Разумеется, все блоки надо усилить. По прикидкам, такая ракета при стартовой массе примерно 1950 т может вывести на низкую орбиту около 67 т. Но предложенная схема неоптимальна: тяга РД-171М избыточна, а для падения центрального блока требуется еще одна зона отчуждения.

Более интересным представляется решение на базе опыта, полученного в «Южном» в 1976-1990 годах при проектировании двухступенчатой ракеты 11К37. Первую ступень образуют четыре боковых блока «зенитовского» диаметра с РД-171М и несколько большей топливной заправкой. Центральный блок (тех же размеров, что и боковые) оснащается высотной модификацией РД-191 (ее, правда, надо еще разработать). Полезный груз выводится на незамкнутую траекторию, что обеспечивает падение второй ступени в нейтральные воды Тихого океана. Довыведение на опорную орбиту осуществляется кислородно-водородным разгонным блоком с четырьмя РД0416Д. Такой вариант при стартовой массе как у «Зенита-5» выступает в классе 72 т.

Однако за кадром осталась проблема стартового комплекса. Между тем, абстрактное, оторванное от земли (или точнее, от «наземки») проектирование «супертяжа» бессмысленно. В настоящее время единственный имеющийся объект инфраструктуры, пригодный для пусков ракет размерностью в два-пять раз выше «протонской» — Универсальный комплекс «стенд-старт» (УКСС) на Байконуре. В этом смысле роль Казахстана в любом РЕАЛЬНОМ проекте сверхтяжелого носителя может оказаться ключевой. Строительство объекта аналогичных масштабов за пре-

делами Байконура на постсоветском пространстве — непозволительная роскошь. Если мы хотим осваивать Луну не только «на бумаге», но и в реальности, единственным способом сделать это будет объединение усилий всех заинтересованных стран СНГ, в первую очередь России, Украины и Казахстана.

Пример реалистичного подхода к созданию доступного «супертяжа» — проект «Содружество», анонсированный РКК «Энергия» в августе 2012 года. Его предлагается осуществить в кооперации России (общее проектирование, поставка двигателей), Украины (детальное проектирование и производство ракеты на «Южном машиностроительном заводе») и Казахстана (наземная инфраструктура космодрома Байконур). Внешне носитель очень похож на «Зенит-5», но несколько крупнее: при стартовой массе более 2000 т он должен доставлять на низкую орбиту от 64 до 75 т. «Напоминаю, что самый лучший в мире носитель сверхтяжелого класса «Энергия» был сделан еще в 1980-е годы. Два пуска этого носителя были успешными. Мы на сегодня имеем самые современные технологии по управлению, по точности выведения, я бы сказал — технологии по управлению качеством нашей продукции. Поэтому я считаю, что наша корпорация сумеет быстро и качественно реализовать данный проект. Ну а как будет принято решение — это зависит от Роскосмоса», — отметил президент и генеральный конструктор РКК «Энергия» В.А.Лопота.

Хотя этот проект, скажем прямо, не блещет выдающимися параметрами, но он не требует освоения каких-то новых технологий, и по концепции полностью отвечает требованиям к бюджетному «супертяжу» (максимальное использование готовых элементов). Все



системы ракетных блоков уже длительное время производятся серийно и неоднократно испытывались в полете. Разумеется, надо провести усиление конструкции и комплексные огневые испытания. Последние возможно выполнить на том же УКСС — ведь он не только «старт», но еще и «стенд»!

По мнению В.А.Лопоты, при наличии амбиций и политической воли работу можно сделать за несколько лет (к 2018 году) «и при этом не уступать нашим американским

коллегам». Технические специалисты КБ «Южное» с одобрением отнеслись к проекту «Содружество». Разумеется, его надо проработать еще глубже и получить поддержку со стороны Казахстана. Но уже видно, что он позволяет каждому из участников внести посильный вклад, не слишком обременительный для госбюджета. Примеры такого подхода имеются — это реализация таких проектов, как Ariane-5 и Vega в рамках широкой международной кооперации. ■

От малых спутников — к большим задачам

Игорь АФАНАСЬЕВ,

независимый эксперт в области ракетно-космической техники, редактор журнала «Новости космонавтики»,

Россия

Дмитрий ВОРОНЦОВ,

независимый эксперт в области ракетно-космической техники,

Россия

В настоящее время, в зависимости от массы, все космические аппараты делятся на большие и малые (МКА). Последние, в соответствии с современной классификацией, имеют массу не более 1000 кг. Аппараты массой менее 0.1 кг относятся к классу «фемто», от 0.1 до 1 кг — «пико», от 1 до 10 кг — «нано», от 10 до 100 кг — «микро», от 100 до 500 кг — «мини» и свыше 500 кг — собственно «малые» аппараты.

Эта классификация условна и небезгрешна. Например, при наличии устойчивой тенденции к снижению массы низкоорбитальных спутников провести четкую границу между «большими» и «малыми» аппаратами невозможно — они не будут иметь существенных отличий по конструкции и характеристикам. Также, к примеру, нельзя разграничить микро- и миниспутники. Во всяком случае, представляется удобным расширить границы зоны «микро», по крайней мере, до 200 кг.

Интересно, но первые искусственные спутники Земли относились к классу МКА,

и, в первую очередь, по причине ограниченности возможностей средств выведения. Ситуация менялась по мере того, как росла грузоподъемность ракет. Однако с середины 1970-х годов в ряде программ наметился курс к уменьшению массогабаритных характеристик аппаратов и переходу их в категорию «микро». Длительное время лидером по МКА был Советский Союз, запустивший большое число низкоорбитальных спутников связи «Стрела».

Вплоть до середины-конца 1980-х годов малые аппараты существенно уступали по характеристикам большим, поскольку использовали ту же самую элементную базу. Однако успехи микроминиатюризации, выразившиеся в появлении больших интегральных микросхем и миниатюрных электромеханических систем, позволили заложить серьезный функционал в аппараты малых масс и габаритов. Все это вызвало своеобразный «ренессанс» малых спутников, которые уже примерно четверть века развиваются достаточно успешно.

В настоящее время считается, что, кроме миниатюризации компонентов, интерес к МКА вызывают еще несколько тенденций, среди которых:

- сокращение сложности миссий и снижением затрат на управление;
- удешевление наземной инфраструктуры для получения, обработки и распространения данных;
- появление на рынке новых систем выведения.

В настоящее время МКА используются в таких приложениях, как подготовка студентов аэрокосмических специальностей, научные исследования и технологические эксперименты, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) и связь. Причем указанные тенденции в наибольшей степени реализовались в спутниках ДЗЗ, а в наименьшей — пожалуй, в аппаратах низкоорбитальной связи. Последнее объясняется тем, что наземные пользовательские терминалы должны становиться все легче и меньше, исходя из потребностей рынка, а обеспечить это можно в основном за счет наращивания мощности (а значит и массы) пере-



датчиков и антенн спутников связи.

Развитие «умной начинки» МКА подчиняется закону Мура, единому для всей современной электроники. Он гласит, что число транзисторов в интегральной микросхеме растет, экспоненциально увеличиваясь на порядок каждые шесть лет. Таким образом, эффективность бортового радиоэлектронного оборудования спутника способна возрастать (или оставаться на необходимом уровне) при сохранении и даже уменьшении исходных размеров аппарата. В соответствии с законом Мура, характеристики МКА в ряде случаев

становятся сопоставимы с возможностями «больших» собратьев. Именно поэтому наиболее впечатляющие успехи на «малогобаритном фронте» заметны среди спутников наблюдения Земли.

Тенденцию к снижению массы низкоорбитальных аппаратов ДЗЗ подтверждают работы фирмы Euroconsult в области анализа и синтеза динамики развития этого сегмента рынка. В соответствии с недавним прогнозом, в 2009-2018 годах будет запущено 206 МКА дистанционного зондирования, что почти вдвое больше по сравнению со 106 в предыдущее десятилетие. Сред-

няя масса спутника наблюдения Земли уменьшится с 1268 до 694 кг, а средняя стоимость сократится со 165 до 94 млн \$ и меньше.

Тем не менее, снижение массы аппаратов ДЗЗ имеет свои пределы. Оптика приличного сверхвысокого разрешения (0.5 – 2.0 м), наиболее востребованного в коммерческом секторе, не может иметь бесконечно малую апертуру, массу и габариты. Кроме того, для получения качественных космических снимков нужна высокая точность ориентации и геопривязки, что требует наличия на спутнике высокосовременных систем навигации и



ориентации. Анализ ситуации показывает, что пока спутники классов «фемто», «пико» и «нано» пригодны, преимущественно, для целей обучения, а также отработки различных технологий и технических решений для применения в более крупных МКА. Практически — и коммерчески — значимый результат удается получить в аппаратах массой от 10 до 200 кг.

В частности, специалисты Берлинского технического университета TUB (Technische Universität Berlin) считают, что в ближайшее время спутники класса «микро» обеспечат пространственное разрешение 2.5 м, а для специализированных спутников массой порядка 100 кг этот показатель достигнет 1 м или даже лучше. Это мнение подтверждает и всемирно известная компания-разработчик МКА — британская SSTL (Surrey Satellite Technology Ltd), на взгляд специалистов которой предел разрешения для спутников массой до 200 кг с обычной оптикой составит 0.5 м, что уже сопоставимо с пара-

метрами полноразмерных разведывательных аппаратов класса американского КН-11 или российской «Персоны». Пару лет назад израильтяне презентовали проект разведывательного спутника массой около 85 кг, оснащенного камерой с разрешением лучше одного метра*. Но и это не предел.

** Российская инновационная компания «СПУТНИКС» предлагает, ограничив разрешение величиной 2.5 — 5 м, создать коммерчески привлекательный МКА массой 50 кг*

Рост характеристик обзорных МКА естественным образом привлекает к ним внимание военных. Последним интересны такие специфические качества «малышей», как сравнительная дешевизна при разработке и запуске, что позволяет возможность развертывания и быстрого восполнения целевой орбитальной группировки, обладающей повышенной устойчивостью к боевым воздействиям противника. Люди в погонах часто воспринимают МКА как разновидность многочисленных ныне

беспилотных летательных аппаратов (БЛА) — «дронов».

Сейчас Минобороны США сосредоточено на МКА массой от 10 до примерно 180 кг, которые легки для запуска, просты в обслуживании и дешевы в замене. Представители Пентагона считают, что космические средства, необходимые для удовлетворения современных требований, должны быть разработаны менее чем за полгода-год. Для сравнения: процесс создания аппарата нормального размера «занимает от двух до десяти с лишним лет при расходах в сотни миллионов долларов».

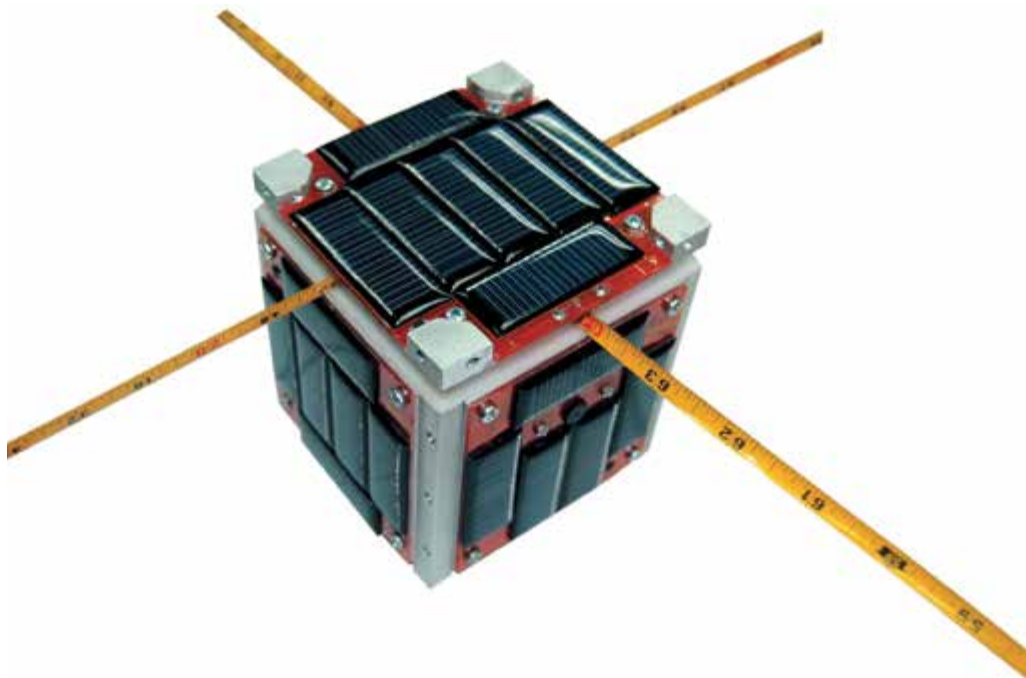
Спутники оптико-электронной видовой разведки представляют для армии основной интерес. Традиционные полноразмерные «шпионы» слишком дороги, а их данные передаются в подразделения недостаточно оперативно. Соответственно внимание военных привлечено к разведывательным МКА, способным предоставлять изображения «по требованию» на пользовательские терминалы типа планшетников или смартфонов. В Соединенных Штатах в настоящее время разрабатываются несколько подобных спутников.

Kestrel Eye должен стать эффективным инструментом наблюдения за полем боя. МКА, проектируемый фирмами IntelliTech Microsystems Inc и Maryland Aerospace, оснащенный телескопом с апертурой в четверть метра и камерой высокой четкости, должен по запросу предоставлять тактическим подразделениям изображения необходимых участков поверхности с пространственным разрешением около 1.5 м. При этом МКА массой всего 8 кг будет иметь стоимость в разы (если не на порядок) меньше, чем у обычного спутника — около 1 млн \$. Группировка в 30 МКА обеспечит круглосуточную опера-

тивную выдачу информации. Полученные изображения будут несекретными — союзники смогут получать их по радиоканалу без всяких проводов. Запуск Kestrel Eye может осуществляться nano-ракетой прямо с поля боя. Экспериментальный МКА планируется запустить в конце 2012 года.

Фирма Microcosm из Калифорнии с 2009 году проектирует для армии США разведывательный спутник NanoEye, предназначенный для обеспечения быстрого доступа к получению изображений заданного места. Для съемки объектов с разрешающей способностью до 0.5-0.7 м МКА будет обращаться по очень низкой орбите высотой 160-300 км. Разрабатываются различные версии NanoEye, включая систему инфракрасного наведения. Армейские подразделения смогут сами управлять спутниками и получать изображения с них на ноутбуки в течение десяти минут после запроса. NanoEye кажется очень полезным в плохих погодных условиях, когда невозможно запустить обычный авиационный БЛА. Масса NanoEye составляет всего 20 кг (без топлива). Конструктив спутника составят технологии и стандарты «кубсатов», разработанные в Калифорнийском технологическом институте десять лет назад. По расчетам, на разработку и постройку опытного МКА должно уйти примерно 18 месяцев и 1.73 млн \$, а серийный аппарат будет стоить менее 1 млн \$.

Еще один проект микро-спутника ДЗЗ — малый маневренный тактический аппарат SATS (Small Agile Tactical Spacecraft) — также разрабатывается в интересах Армии США. По характеристикам он примерно аналогичен Kestrel Eye и NanoEye: имеет пространственное разрешение оптико-электронной аппара-



туры 1.5-2.0 м при цене около 3 млн \$ за МКА. Спутник массой около 32 кг будет иметь срок активного существования три года.

По замыслу разработчиков, в рамках указанных проектов можно будет разработать очень дешевые и маневренные спутники-шпионы новых поколений. Они обеспечат быструю доставку информации военнослужащим на уровне бригад или батальонов. В конечном итоге ставится задача обеспечения доступа к тактической информации каждого солдата, что повысит ситуационную осведомленность, и следовательно — боевую эффективность, как отдельного бойца, так и подразделения в целом.

Важнейшая особенность МКА (прежде всего, военного назначения) — возможность формирования орбитальных группировок по типу «роя». В нем спутники могут разбиваться на специализированные группы: управления, энергоснабжения, целевого назначения, связи и т.д. Это дает ряд ценных преимуществ:

- способность реконфигурировать систему за счет оперативного перераспределения функций;
- высокую боевую устойчивость;
- возможность синтетизирования очень больших оптических и радиолокационных апертур, недоступных «нормальным» аппаратам.

Понятно, что со временем возможности МКА военного назначения станут доступны и коммерческим спутникам. По мнению некоторых специалистов, в этом классе наблюдаются две тенденции: спутники массой 100-200 кг постепенно «теряют в весе» при сохранении основных характеристик, тогда как аппараты массой от 10 кг наращивают возможности, постепенно тяжелея. В результате, через несколько лет это может привести к стабилизации массы МКА в районе 50 кг. Возможно, на эту цифру и следует ориентироваться. Во всяком случае, японские специалисты считают возможным появление коммерчески привлекательных аппаратов такой массы уже к 2015 году.



Разумеется, у МКА есть и недостатки.

Во-первых, проблема выведения: сейчас «малыши» запускаются в качестве попутных грузов средних и тяжелых ракет, либо кластерами на легких носителях. И то и другое не слишком удобно — лететь приходится не тогда, когда надо, а когда получится. Военных это не устраивает, поэтому они и взялись за разработку разнообразных «нано-носителей». У гражданских спутников сейчас появился шанс совершать регулярные полеты в качестве попутных грузов грузовых кораблей Dragon и Sygnus.

Во-вторых, по разным причинам подавляющее большинство аппаратов массой менее 10 кг не имеют собственных двигателей, и по окончании ресурса становятся космическим мусором, который нельзя свести с орбиты «просто так». Приходится искать экзотические решения в виде миниатюрных двигателей нетрадиционных схем или тормозных устройств типа разворачиваемых «парусов».

В-третьих, в подавляющем большинстве микроспутники используют любительские частоты радиосвязи для передачи данных, что неприемлемо для коммерческих аппаратов.

Однако эти недостатки перевешивает возможность использования МКА в независимой космической деятельности для стран с ограниченным бюджетом. Невысокая техническая стоимость и дешевизна аппаратов позволяют войти многим развивающимся странам в число космических держав. При этом надо учесть, что привлекательность малых спутников обеспечивают и те обстоятельства, что в большинстве случаев их можно создавать, избегая ограничений на распространение ракетно-космических технологий. В самом деле: МКА работают в основном на низких

орбитах с небольшим баллистическим сроком существования — от нескольких месяцев до трех-пяти лет. А коли так, то незачем применять на них дорогую электронику класса «space», вполне можно обойтись пользовательской элементной базой, буквально взятой с полки магазина радиотоваров. Это будет быстрее, проще и существенно дешевле, нежели сразу замахиваться на космический «хайтэк».

На наш взгляд, именно тема МКА позволит развить в Казахстане космическую промышленность. Возможностей здесь открывается существенно больше, нежели при разработке национального носителя. Понятно, что «своя» ракета обеспечивает независимый доступ в космос при любых обстоятельствах. Но надо иметь в виду, что многие страны, например, Германия, не имея собственных средств выведения, вполне успешно реализуют очень сложные и высокоэффективные космические программы. Создание собственного носителя требует освоения специфических технологий, которые не имеют практического «выхлопа» для обывденной жизни. Между тем, спутники начинают приносить пользу еще до запуска, не говоря уж о прямой коммерческой выгоде от работающего на орбите изделия. К тому же разработка собственной ракеты выльется, минимум, в сотни миллионов долларов, тогда как МКА можно создать за суммы на один-два порядка меньшие.

Какие же малые спутники более всего могут пригодиться стране, обладающей огромной неравномерно заселенной территорией и протяженными границами, в том числе и с «неспокойными» соседями? Очевидно, что в первую очередь потребуются аппараты ДЗЗ гражданского и воен-

ного применения. Можно рассмотреть и связные спутники. Однако, поскольку низкоорбитальные системы связи требуют формирования группировки из десятков МКА, о необходимости их разработки надо крепко подумать. В концовках, потребности Казахстана в системах связи могут быть удовлетворены выведением одного-двух геостационарных спутников, что может оказаться проще и дешевле. Задачи же ДЗЗ являются «непреходящими»: требуется постоянно мониторить границы, сельскохозяйственные угодья, пастбища, леса, водные ресурсы, отслеживать чрезвычайные ситуации.

Начать можно с закупки «кубатов» на коммерческом рынке, а также с их производства в вузах для подготовки национальных кадров. Следующим этапом может стать закупка одного-двух микроспутников в Европе, либо совместная разработка аналогичного аппарата с Россией или Украиной. Здесь в качестве примера можно рассмотреть российско-белорусскую систему ДЗЗ Союзного государства (спутники «Канопус-В» и БКА). Цель данного этапа — развертывание необходимой наземной инфраструктуры и наработка практического опыта разработки и эксплуатации подобных систем.

В последующем можно организовать производство МКА массой 50-100 кг на собственной базе. Такие спутники, оснащенные оптико-электронной аппаратурой с разрешением 2-10 м, способны решить большинство задач прикладного назначения. По мере наработки опыта можно выйти и на аппарат с лучшими характеристиками, в первую очередь, для задачи в интересах национальной обороны. В итоге страна сможет иметь компактную качествен-



ную группировку спутников ДЗЗ как с оптико-электронной, так и с радиолокационной аппаратурой, чтобы обеспечить оперативное получение спутниковых снимков собственной территории.

Очевидным результатом данной концепции станет национальная спутниковая платформа малого класса, способная решать самые разнообразные задачи — от создания технологических МКА-демонстраторов до постройки спутников ДЗЗ, связи и космической науки. На этой основе в перспективе возможно создание и значительно более сложных космических аппаратов. ■

Страсти по Байконуру



Нурлан АСЕЛКАН

шеф-редактор журнала «Космические исследования и технологии»

10 декабря 2012 г. на правительственном часе руководитель Казкосмоса Талгат МУСАБАЕВ рассказал депутатам казахстанского парламента о состоянии дел в космической сфере, в частности, о взаимодействии с Российской Федерацией по использованию космодрома Байконур и перспективах участия Казахстана в совместных проектах. Его выступление взорвало информационное пространство. СМИ на протяжении нескольких дней цитировали выступление, многочисленные эксперты комментировали возможные сценарии развития ситуации



Что собственно было сказано

Свое заявление Талгат Мусабаяев сделал, сославшись на поручение руководства страны — «сегодня глава государства поставил задачу нам и оговорил этот вопрос уже с Владимиром Путиным, когда договорились проработать вопрос о разработке нового всеобъемлющего договора по комплексу Байконур, который может подразумевать под собой отход от арендных отношений. То есть, мы не говорим, что мы сразу аренду прекращаем. Это невозможно одним махом сделать, а вот частично, поэтапно».

Талгат Мусабаяев пояснил, что договор аренды действует до 2050 года, тем не менее, он может быть пересмотрен, в него могут быть введены новые статьи, его действие может быть прекращено, при этом вступает в действие механизм оповещения партнера о намерении расторгнуть договор.

Глава Казкосмоса обозначил основное направление,

в котором может развиваться ситуация. На первом этапе, из-под российской аренды могут быть выведены пусковые площадки комплекса «Зенит» и сам город Байконур. Уже потом в Астане рассчитывают стать наравне с Россией полноценным пользователем всего ракетно-космического комплекса. «Это будет огромный шаг вперед для Казахстана», — подчеркнул Мусабаяев.

«И в интересах России, и в интересах Казахстана определить какие-то части комплекса, которые российской стороне не нужны, а казахстанской могут пригодиться. «Зенит» стал нам интересен в связи с тем, что проект создания космического ракетного комплекса «Байтерек» на базе ракетоносителя «Ангара» затянулся на... 47 месяцев, подорожав при этом в семь раз. Теперь мы хотим перейти на «Зенит» — это и быстрее, и дешевле».

Россия и Казахстан еще в декабре 2004 года подписа-



ли соглашение о создании на паритетной основе комплекса «Байтерек» для запуска перспективных ракет-носителей «Ангара», разрабатываемых в Центре им. Хруничева. Россия должна была предоставить средства выведения, а Казахстан — профинансировать строительство стартового комплекса на Байконуре. Серьезность намерений была подтверждена в апреле 2010 года: тогда Россия и Казахстан ратифицировали соглашение о развитии сотрудничества по эффективному использованию комплекса Байконур. Тогда Талгат Мусабаев отмечал, что подобный шаг позволит ускорить работы по созданию «Байтерека». Отметим, что ракета-носитель «Ангара» должна стать одним из средств выведения на строящемся сейчас в России космо-

дроме Восточный. Именно это во многом вызвало недовольство Казкосмоса: там считали, что с вводом в эксплуатацию собственного космодрома с ракетой данного типа Россия откажется от аренды Байконура. Впрочем, глава Роскосмоса Владимир Поповкин ранее неоднократно заявлял, что «два космодрома, Байконур и Восточный, должны взаимодействовать друг друга».

Еще одно громкое заявление сделано и в отношении используемых Россией ракет-носителей. «По «Протону» мы будем пытаться делать все, что от нас зависит, чтобы ежегодно сокращать количество пусков, — заявил Талгат Мусабаев. — Сейчас в год производится порядка 20 пусков. Только что мы направили заключение в правительство о пусках с космодрома Байконур

на 2013 год, где предусматривается сокращение пусков на две ракеты. И так же поэтапно планируем сокращать в последующие годы». По его словам, «Протоны» — это извечная проблема», поскольку в качестве компонентов топлива ракеты используются высокотоксичные компоненты гептил и амил.

Таким образом руководство казахстанской космической отрасли озвучило свое видение перспектив Байконура и роли отечественных структур в его развитии.

По выражению газеты «Коммерсантъ», «Москва резко отреагировала на заявление господина Мусабаева». Правда, сделала она это в анонимной форме. Некий «источник, близкий к российско-казахстанской межправительственной комиссии», сказал в интервью газе-



те: «Это личная интерпретация Мусабая о сути тех переговоров, которые ведутся на уровне руководства двух стран последние месяцы. Его слова не отражают содержание и тональность достаточно конструктивных консультаций». Правда, сам факт переговоров по вопросу будущего «Байконура» источник не отрицает.

Официально ситуацию прокомментировал глава думского комитета по делам СНГ и связям с соотечественниками Леонид Слуцкий. И вот его комментарий как раз не очень сильно отличался от сказанного Талгатом Мусабеевым. Слуцкий подчеркнул, что «речь идет именно о поэтапном переходе от аренды к со-

вместному пользованию»: «То есть сам формат еще абсолютно непонятен, непонятны сроки. Очевидно, что это, скорее всего, будет иметь место после окончания действия соглашения, то есть после 2050 года». Еще он выразил надежду, что договор «не будет расторгнут раньше времени».

Последствия

Спустя два дня после выступления Талгата Мусабая последовало заявление вице-премьера Кайрата Келимбетова, который возглавляет казахстанскую сторону в межправительственной комиссии, созданной по поручению президентов двух стран в октябре 2012 года: «Президенты Назар-

баев и Путин поручили межправительственной комиссии проработать вопросы совместного использования космодрома Байконур и в следующем году проработать соответствующие изменения в нормативно-правовой базе нашего сотрудничества... Все возможные вопросы будут обсуждаться в рамках межправительственной комиссии... как это свойственно стратегическим партнерам, соблюдая интересы Республики Казахстан и Российской Федерации. При этом считаю, что не существует моментов, которые нельзя решить путем конструктивных переговоров».

В недавнем интервью «Известиям» Поповкин сказал:



«отдельно вопрос стоит по комплексу «Байтерек». Талгатом Мусабеевым было высказано много претензий российской стороне, в том числе по смете строительства. Но ведь стоимость строительства стартового комплекса в \$1,6 млрд была взята нами не с потолка. И если у наших партнеров здесь есть вопросы, то мы готовы показать расходы на создание аналогичного стартового комплекса для «Ангары» на космодроме Плесецк. Если же мы восстановим в памяти некоторые этапы обсуждений перспектив «Байтерека», то увидим, что там далеко не все упиралось в сумму. Например, долго не могли согласовать место под стартовый комплекс.

Казкосмос настаивал на 40-й площадке, наши специалисты аргументировано возражали, что это нереально. Потом не было согласия по техническому комплексу. И так по целому ряду вопросов. Сегодня мы с коллегами из Казахстана обсуждаем возможность замены в проекте «Байтерек» ракеты-носителя «Ангара» на «Зенит».

Относительно перспектив «Ангары», Владимир Поповкин сказал следующее: «мы не торопимся с принятием решения о строительстве позиции для «Ангары» на Восточном. Наш проектный институт ведет определенные работы в данном направлении, но мы их не форсируем до начала летных испытаний ракеты».

По его словам летные испытания «Ангары» пройдут на космодроме Плесецк в 2013 году.

Но главным приоритетом для России становится строительство космодрома Восточный. «Очень важным результатом стало развертывание полномасштабных работ по созданию космодрома Восточный в Амурской области. По стартовому комплексу и по техническому сегменту выполнен нулевой цикл: подняты фундаменты, очень активно ведутся работы по созданию обеспечивающей инфраструктуры — энергосистем, автомобильных и железных дорог. Пока нет оснований говорить, что мы не успеем к 2015 году. Если сумеем сохранить



нынешнюю динамику — уложимся в отведенные сроки» сказал глава Роскосмоса.

19 декабря, спецпредставитель президента Казахстана на космодроме Байконур Сабит Кожаметов заявил: «вопрос, касающийся города Байконур, будет обсуждаться межправительственной комиссией РК и РФ в первом квартале 2013 года. Тогда же начнут выработать механизмы дальнейшего использования города и будут обсуждать вопрос о совместном управлении комплексом Байконур. По его мнению, окончательное решение по вопросу комплекса может быть принято минимум через два года, максимум — через три-четыре года». По пово-

ду изменений в базовый договор аренды было сказано следующее: «договор аренды комплекса Байконур был заключен в 1994 году, аренда себя изжила. Любой нормативный документ требует внесения изменений и усовершенствования. Когда аренду продлили до 2050 года, в статье 6 соглашения было написано, что правительства двух стран через какое-то время внесут изменения в договор аренды», — пояснил г-н Кожаметов. «Вместо аренды будет новое соглашение, предусматривающее совместное использование и управление комплексом, уточнил спецпредставитель президента Казахстана на «Байконуре».

«Для того, чтобы Казахстан начал здесь финансирование, должно быть заключено соответствующее соглашение. На арендованные кем-то территории мы не можем вносить деньги. На сегодняшний день в городе Байконур не работает ни одна казахстанская программа, за исключением социальных, а Казахстан должен работать в городе Байконур. Но при этом с Россией мы как были вместе, так и будем», — отметил Сабит Кожаметов.

По его словам, для модернизации стартовых площадок будут созданы специальные экономические зоны, куда можно будет завозить оборудование без уплаты пошлин. Пилотным проектом может стать правый фланг космодрома — стартовый и технический комплекс ракет-носителей «Зенит». Кроме того, Сабит Кожаметов отметил, что отсутствие соглашения о совместном использовании и управлении комплексом Байконур тормозит начало реализации совместного российско-казахстанского проекта «Байтерек».

«Что касается аренды города Байконур, то на сегодняшний день рассматривается возмож-



ность управлять им под юрисдикцией Республики Казахстан, даже если город будет выводиться из-под аренды, а такой вариант сегодня предполагается. Межправительственная комиссия сейчас рассматривает механизм, как действовать дальше в этом направлении», — сказал спецпредставитель.

«Главой Казахстана дано задание улучшить инфраструктуру города с использованием современных технологий. Но это тоже будет делаться совместно с Россией», — добавил Сабит Кожаметов.

Таким образом, мнения руководителей и специалистов двух стран по проблематике космодрома были озвучены. Позиции стали ясны.



Но почему это произошло именно сейчас?

Независимые эксперты считают, что вопрос не всплыл неожиданно. Он очень долго тлел, и просто удивительно, что этого не произошло раньше. Дело в том, что ключевая проблема космодрома – это его сохранение, модернизация и дальнейшее развитие. Основные фонды, построенные практически в советское время, имеют свои сроки эксплуатации. И примерно к 2018-2020 годам они будут полностью выработаны. Поэтому уже давно задумывались над тем, как бы найти способ и методы привлечь ресурсы стран, которые работают на космодроме, и прежде всего Казахстана, как владель-

ца космодрома, и РФ, как арендатора, с тем чтобы найти взаимовыгодную возможность вложиться, обновить фонды и дать космодрому возможность развиваться и в дальнейшем.

И второй момент. Дело в том, что на космодроме эксплуатируются ракеты, которые остались из советского наследия, точнее его военного сегмента, — ракеты, работающие на токсичном топливе. Из этого вытекает другая задача, которая уже давно назрела и даже перезрела, – это необходимость замены их на более экологичные изделия. В последнее время произошли события, поставившие очень серьезные вопросы и породившие некоторые сомнения в

возможности сохранения, модернизации космодрома и смены поколения носителей. К сожалению, в силу ряда причин Казахстан и Россия до сегодняшнего дня не смогли достичь взаимоприемлемых договоренностей по Байконуру. И Россия приняла политическое решение строить собственный космодром на той же широте (51,6 градуса) на Дальнем Востоке, в Амурской области. Теперь, объективно, интересы и приоритеты РФ будут направлены на создание с нуля нового космодрома, в который потребуется долго и много вкладывать. Но при этом он будет отвечать самым современным требованиям, и, соответственно, Байконуру расчи-



тывать на активное включение России в процесс обновления уже не приходится.

Оптимистично настроенные эксперты считают, что партнеры из РФ только выиграют от адаптации договора аренды к требованиям сегодняшнего дня. Не существует угрозы площадкам и объектам, которые Россия заинтересована эксплуатировать и в дальнейшем. Это стартовые и технические комплексы «Протон» и «Союз». И, вероятно, именно вне рамок аренды будет найден механизм охраны собственности и защиты инвестиций в цивилизованном русле. При этом РФ всегда была заинтересована в том, чтобы снять с себя затраты по охране и сохранению тех площадок, которые давно не используются. В свое время был передан целым комплексом весь бывший советский космодром, из которого используется максимум одна треть. И вопрос об этих неиспользуемых площадках (содержание которых обходится в кругленькую сумму) необходимо решать. Либо их забирает Казахстан, либо их необходимо утилизировать, либо разобрать, либо использовать какими-то дру-

гими способами. Одним словом, требуется не отягощать взаимоотношения арендатора и арендодателя неиспользуемыми площадками, отданными как бы в нагрузку. Особенно это касается города Байконур. В свое время он был передан РФ в связи с тем, что у Казахстана практически не было средств содержать его. К тому же населенный пункт фактически обслуживал только площадки, потому что он был закрытым городом и в нем жили ракетчики. Сейчас же около половины населения Байконура — граждане Казахстана. Внушает оптимизм, что все согласны с тем, что, с точки зрения защиты их прав и исключения конфликтов, связанных с социальной поддержкой, необходимо, чтобы собственно территориальный орган, собственно населенный пункт находился в юрисдикции Казахстана. Необходимо прописать очень четко и аккуратно весь комплекс политических, экономических и социальных прав для испытателей-ракетчиков — граждан РФ и других государств, которые будут проживать и работать на территории казахстанского города Байконур.

Желание Казахстана вывести сейчас из договора аренды и использовать их — это, возможность, надежда и просто абсолютное право Казахстана, не покушаясь на объекты, которые использует Россия, взяв на себя ответственность в плане содержания, использования и дальнейшего развития отдельных комплексов космодрома. Речь идет прежде всего о правом фланге космодрома — комплексе «Зенит». Это на данный момент неактивно используемый комплекс. С него осуществляются запуски, но крайне редко — один-два раза в год. При развитии ситуации по сценарию, который сейчас обсуждается сторонами, РФ всегда будет иметь возможность осуществлять свою программу запусков в том объеме, в каком она осуществляется сегодня. В то же время в кооперации Казахстана, России и Украины (притом, что львиную долю средств даст Казахстан), у каждого участника будет возможность внести свою лепту в развитие космодрома.

И Россия и Украина — это состоявшиеся члены «космического клуба». Теперь непростой экзамен на право вступления в него предстоит сдавать и Казахстану. ■



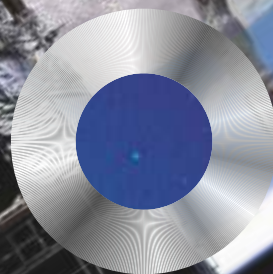
Editorial staff of «Space Research & Technologies» congratulates ESTEC experts with the fiftieth anniversary since the foundation



cosmos.kz

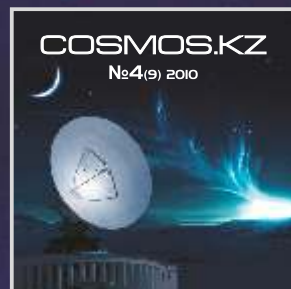
The first TV program
on space technologies
in Kazakhstan

COSMOS.KZ



№1(6)

© Space Energy 2011



www.cosmos.kz