



ВЕЕСТПНИК

НПО ИМЕНИ С.А.ЛАВОЧКИНА



МОЛДАБЕКОВ

Мейрбек Молдабекович
заместитель председателя
Национального космического
агентства Республики Казахстан,
академик Национальной академии
наук,
доктор технических наук
e-mail: moldabekov@kazcosmos.kz



ИНЧИН

Александр Сергеевич
начальник отдела космических
систем научного назначения
Института космической техники и
технологий,
кандидат технических наук, доцент
e-mail: inchinas@mail.ru



Шпади

Юрий Рейнгольдович
ведущий научный сотрудник
Института космической техники и
технологий, кандидат физико-
математических наук
e-mail: yu_shpadi@yandex.ru

УДК 629.78.001.5(574)

**Проект создания казахстанской
космической системы научного назначения**

М.М. Молдабеков, А.С. Инчин, Ю.Р. Шпади, А.Ю. Лозбин



ЛОЗБИН

Анатолий Юрьевич
старший научный сотрудник
Института космической техники и
технологий,
магистр физики
e-mail: lozbin@mail.ru

Приводится описание космической системы научного назначения, проектируемой в Казахстане, ее задачи, состав и технические характеристики научного оборудования космического аппарата, этапы реализации проекта. Дается обоснование необходимости использования системы для оценки сейсмической опасности.

Ключевые слова: проект; научный спутник; ионосфера; атмосфера; электромагнитное поле; космические лучи; землетрясения; международная кооперация.

KAZAKHSTAN SCIENTIFIC SPACE SYSTEM PROJECT. M.M. Moldabekov, A.S. Inchin, Y.R. Shpadi, A.Y. Lobzin

The description of Kazakhstan Scientific Space System, its mission, structure and technical parameters of the scientific equipment onboard spacecraft and stages of project developing is given. The basis of system use necessity for seismic danger estimation also given.

Key words: project, scientific satellite, ionosphere, atmosphere, electromagnetic field, cosmic rays, earthquakes, international cooperation.

Целью проекта является создание казахстанской космической системы научного назначения, которая включает в себя:

– космический аппарат (КА) - платформу с комплектом научной аппаратуры и системой сбора, накопления и передачи научной и служебной информации;

– наземный комплекс управления (НКУ) КА – средства обмена служебной и научной информацией НКУ с бортом КА и с наземным целевым комплексом (НЦК);

– наземный целевой комплекс, оснащенный вычислительными средствами, методиками и технологиями планирования и проведения спутниковых экспериментов, обработки, анализа и распространения спутниковой научной информации.

Задачи проекта. Основная задача космической системы научного назначения – это мониторинг околоземного космического пространства с помощью космического аппарата с целью:

– исследования физических процессов в ионосфере и атмосфере Земли и их взаимосвязи с земными процессами по данным спутниковых измерений электромагнитного поля, параметров ионосферной плазмы, нейтральных частиц, космического излучения, оптических атмосферных явлений;

– исследования, контроля и прогнозирования вариаций космической погоды и ее влияния на состояние различных геосфер, на работу космических и наземных телекоммуникационных систем;

– исследование солнечно-земных связей.

Выделен прикладной аспект КСНН – это исследование предвестников сейсмической опасности космическими средствами в комплексе с традиционными средствами наземных наблюдений.

Задачи для спутника были поставлены научными организациями Казахстана при участии зарубежных партнеров из России, Франции, Украины и Канады. Исходя из поставленных задач, были выработаны требования к выбору необходимой бортовой аппаратуры:

– обеспечение измерений всех параметров, необходимых для запланированных научных исследований;

– соответствие требованиям, предъявляемым к спутниковым приборам по массе, энергопотреблению, электромагнитной совместимости;

– наличие апробированных аналогов.

Таким требованиям отвечает следующий комплект бортового оборудования:

На основании моделирования различных орбит выработаны оптимальные параметры орбиты КАНН,

1. Измеритель параметров магнитного поля – разработчик СЕТР (Франция) или ЗАО «Геоскан» (Россия).
2. Измеритель параметров электрического поля – СЕТР (Франция) или ЗАО «Геоскан» (Россия).
3. Плазменный анализатор - СЕТР (Франция).
4. Оптический спектрометр - HR-4000 (США).
5. Спектрофотометрическая цифровая камера - CRESS (Канада).
6. Детектор параметров нейтральных частиц – ИТМ НКА (Украина).
7. Двухчастотный GPS/ГЛОНАСС – приемник - ИЗМИРАН (Россия).
8. Монитор космического излучения - НИИЯФ МГУ (Россия) или СЕТР (Франция).

В результате анализа всех поставленных задач были детализированы параметры бортовых измерений:

– по электромагнитному полю - это 3-х компонентные измерения параметров электрического и магнитного поля в различных диапазонах частот от единиц Герц до единиц Мегагерц;

– для ионосферной плазмы предполагается измерять до 10 параметров состояния плотности, температуры, скорости ионов и др.;

– при оптических измерениях на борту КА предполагается получение изображений на лимбе Земли в 2-х частотных диапазонах атомарного и молекулярного кислорода и спектрограмма вертикального профиля атмосферы в диапазоне частот от 200 до 1100 нанометров;

– для исследования инфразвуковых эффектов планируется измерять параметры нейтральных частиц ионосферы – температуру, концентрацию и давление;

– для исследования профиля электронной концентрации с помощью 2-х частотных GPS (ГЛОНАСС) приемников требуется измерять 8 параметров для каждого навигационного спутника, находящегося в радиозатменной зоне;

– по космическим лучам – это измерение гамма излучения, протонов, электронов, нейтронов и альфа частиц.

Общее количество измеряемых параметров на борту КА составит от 50 до 60 в зависимости от выбранного режима измерений.

При выборе орбиты КА были использованы следующие принципы:

– максимальное удовлетворение поставленным задачам в условиях компромисса, т.к. для различных задач требовались различные орбиты;

– обеспечение срока активного существования (не менее 5 лет).

них является использование для этих целей космических аппаратов. В начале 80-х годов

которые удовлетворяют поставленным задачам – это солнечно-синхронная орбита с высотой 500-600 км и наклоном 98 градусов.

Прикладной аспект проекта - исследование предвестников землетрясений с помощью КА.

Более 30% Земли подвержено сейсмической опасности. Только за последние 30 лет в мире погибло от землетрясений более миллиона человек, а ущерб от них составляет сотни миллиардов долларов. По данным сейсмологов в последнее время наблюдается увеличение количества ощутимых землетрясений на Земле, в том числе в Казахстане и сопредельных государствах (рисунок 1). Примером тому служат недавние катастрофические землетрясения в Индонезии (2004 г.), Китае (2008 г.), Гаити (2010 г.).

Обширные территории Южного и Восточного Казахстана также подвержены сейсмической опасности. Катастрофические землетрясения с магнитудой от 7,3 до 8,2 в районе нынешнего г. Алматы происходили в 1887, 1889, 1911 гг. Тогда город был практически полностью разрушен. По статистическим данным район г. Алматы вступил в фазу подготовки сильного землетрясения. По данным сейсмологических служб в случае землетрясения силой 9-10 баллов в южной столице Казахстана могут погибнуть более 20% населения (250-350 тыс. человек).

Прогнозирование землетрясений является старейшей и нерешенной мировой проблемой. Традиционные наземные средства измерений и оценки сейсмической опасности до сих пор не дают надежного прогноза. Требуется принципиально новые подходы. Одним из

прошлого века для исследования предвестников землетрясений использовались геофизические спутники, позже стали создаваться специализированные научные спутники – «Компас-2» (Россия), «DEMETER» (Франция), «QuakeSat» (США) и др.

Принципиальная возможность регистрации предвестников землетрясений, в том числе и в космосе в настоящее время установлена. Об этом свидетельствует множество теоретических работ и экспериментальных подтверждений, которые исчисляются сотнями научных статей, сообщений и монографий. Большинство из них посвящено исследованию различных аномальных проявлений в различных геофизических средах перед готовящимся землетрясением. В основном, такие предвестники определены постфактум. Это, тем не менее, не снижает их значимости, ибо классификация таких предвестников позволяет идентифицировать наблюдения в реальном времени с уже произошедшими событиями и по степени их адекватности давать оценку возможности повторения катастрофы. Решение прогностической задачи сводится к определению места, времени и силы события. Районы возможных землетрясений известны (по всему миру выделены сейсмоопасные зоны – это, как правило, места разломов земной коры). На параметры «время и сила» приходится наиболее ответственный этап. Время события, выдаваемое с неопределенностью в несколько лет, месяцев не имеет практического смысла. Нужен средне- и краткосрочный прогноз: недели - дни – часы.

Известно, что подготовка землетрясения - это сложный многофакторный физический процесс. Проявления

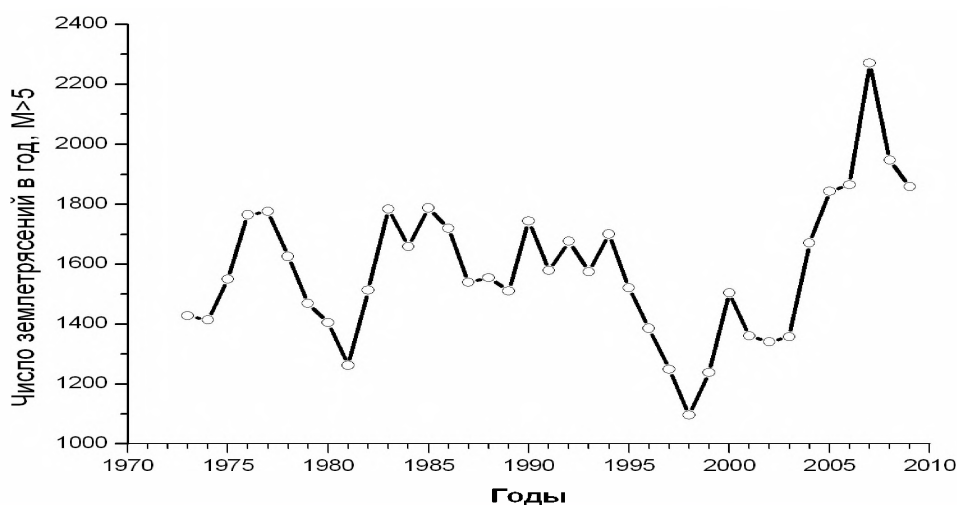


Рисунок 1. Количество сильных землетрясений на Земле (данные US Geological Survey)

готовящегося землетрясения многогранны - от незначительных деформаций в земной коре до появления аномалий в геомагнитных полях. Предвестники землетрясений существуют и естественно, их можно наблюдать и фиксировать. Главное, что перед землетрясениями возникает аномалия в геофизических полях, существенно отличающаяся от средних условий.

Более 30 лет назад по спутниковым данным (Интеркосмос-18, 19, Болгария-1300, Орел и др.) был обнаружен эффект резкого возрастания интенсивности низкочастотных электромагнитных излучений в верхней ионосфере при пролете спутника над зоной готовящегося или произошедшего землетрясения с магнитудой $M > 5$. Обнаруженное явление стимулировало наземные наблюдения за состоянием ионосферы над областями активных сейсмических процессов. В последние годы произошло также значительное продвижение теории в понимании природы и механизма сейсмоионосферных взаимодействий. Совокупность результатов этих исследований позволяет считать, что ионосфера, в целом, и протекающие в ней процессы являются индикатором определенных процессов в литосфере, хотя механизмы наблюдаемых эффектов и нельзя считать до конца изученными.

Исследования показали, что в качестве надежного предвестника для каждого землетрясения, ни один из применяемых геофизических методов выступать не может, поскольку перед произошедшими землетрясениями за время систематических наблюдений были случаи и ложных аномалий, и "пропуска цели". Эти обстоятельства определяют особенности подхода к проблеме исследования предвестников землетрясений. Она включает в себя мониторинг сейсмоопасного региона по комплексу

геофизических параметров (наземных и спутниковых), систему обработки и анализа данных и методы принятия прогнозных решений. Поэтому в последнее время разрабатывается идея комплексирования различных методов наблюдений. Если наземная сеть измерений существует уже много лет, то спутниковые измерения только начинают привлекаться к этой проблеме

Спутниковые геофизические измерения имеют ряд неоспоримых достоинств:

– Время активной работы спутника составляет 3-5 и более лет, а это значительный срок для сбора не только регионального, но и глобального статистического материала. Реализованный проект «DEMETER» (Франция) – убедительное тому подтверждение.

– Материальные затраты на создание и эксплуатацию научного спутника предположительно меньше, чем на соответствующую наземную сеть наблюдений. Это дает КА преимущества по сравнению с наземной сетью измерений, требующей дорогостоящей инфраструктуры (помещения, аппаратура и оборудование, средства оперативной связи, обслуживающий персонал и т.п.).

– Спутниковые измерения позволяют исследовать предвестники землетрясений на глобальном уровне, накапливать значительный статистический материал над всеми сейсмоактивными районами Земли, классифицировать зафиксированные землетрясения, создавать базу данных для последующей идентификации предвестниковых параметров. Это также позволит взаимодействовать с другими странами в части обмена спутниковой информацией, научными разработками, методиками анализа и пр.

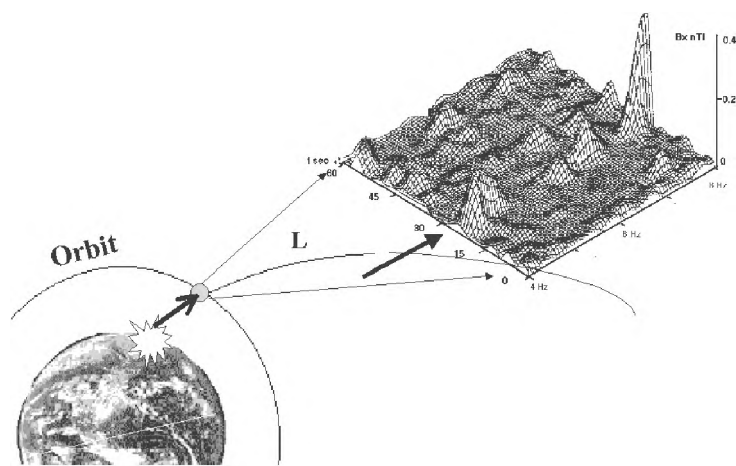


Рисунок 2. Пример аномалии в переменном магнитном поле, зафиксированной перед землетрясением на ИСЗ «Интеркосмос-Болгария-1300» за несколько часов до толчка

– Наблюдения, выполненные на различных спутниках, позволили зарегистрировать многочисленные аномалии в течение подготовительной фазы землетрясения (рисунок 2). Проведенные исследования позволили выявить ряд физических параметров, в которых наиболее существенно проявляются предвестники землетрясений.

– Таким образом, сегодня, когда стало известно, какие физические параметры следует измерять для исследования предвестников землетрясений, разумно поставленный космический эксперимент может значительно приблизить время научного предсказания землетрясения.

В Казахстане в настоящее время есть все необходимые предпосылки для создания космической системы научного назначения. Концепция ее создания, задачи, состав научного оборудования КА неоднократно обсуждалась на международных форумах ученых и конструкторов из ведущих космических компаний мира. Рабочие совещания, в которых принимали участие специалисты ведущих компаний мира: Alcatel Alenia Space (Франция), ИЗМИРАН, ИФЗ РАН, НПО им. С.А. Лавочкина, КБ «Полет», ГРЦ им. В.П. Макеева (Россия), ГКБ «Южное» (Украина), НПК «Прогноз» МЧС РК, МОН РК и др. состоялись в г. Алматы в июне и октябре 2006 г., в ноябре 2007 г. и октябре 2008 г. Информация о проекте доложена на международной конференции по результатам проекта «DEMETER» Тулуза (Франция), 2006 г., на 5-м международном аэрокосмическом конгрессе в г. Москве, 2006 г., опубликована более, чем в 40 научных статьях в отечественных и зарубежных изданиях [1-5]. В результате обсуждений и дискуссий был выработан оптимальный облик космической системы научного назначения Казахстана, а заключения зарубежных специалистов говорят о том, что Казахстан имеет основательные стартовые позиции для реализации предлагаемого проекта. К настоящему времени:

– разработана концепция создания и развития казахстанской космической системы научного назначения;

– сформирован пакет задач для спутника научного назначения, отвечающий современным требованиям казахстанских ученых с учетом заинтересованности научных организаций зарубежных стран;

– сформирован состав научной бортовой аппаратуры КА;

– разработано ТЭО проекта, технические задания и технические предложения на составные части КСНН;

– с учетом поставленных задач КА разработаны методики обработки спутниковой информации, которые апробированы на реальных данных французского спутника «DEMETER», к базе

Исходя из вышесказанного, следует, что задача создания космической системы научного назначения является актуальной для Республики Казахстан. Создав космическую систему научного назначения, Казахстан станет активным участником международного научного процесса по исследованию околоземного космического пространства и позволит приблизиться к решению важной для Республики проблемы - предсказанию землетрясений в регионе.

Основные характеристики КАНН:

– Рабочее название КА – «ОМИР» (©мир- «Жизнь» - казахский язык, **OMIR- Orbital Monitoring of Ionosphere Radiation**)

– Масса КА: платформа + полезная нагрузка, кг - до 150

– Масса полезной нагрузки из общей массы КА, кг- до 35

– Габариты (см) - 60x60x80

– Количество научных приборов (шт) - 8

– Штанги для электрических датчиков 4 шт - 4 м

– Штанги для магнитных датчиков 2 – 3 шт - 2 м

– Мощность солнечных батарей - 150 Вт

– Энергопотребление полезной нагрузки - 30 - 40 Вт

– Точность ориентации платформы - 0.1°

– Точность стабилизации платформы - 0.06°/с

– Орбита круговая, ССО, высота, км - 500-600

– Наклонение орбиты, градусов - 98

– Период обращения (мин) ~95

– Срок активного существования - не менее - 5 лет

– Двигатель для поддержания высоты орбиты - есть

– Рабочая частота для служебной информации –
(диапазон S)

– Рабочая частота для целевой информации –
(диапазон X)

– Емкость бортового ЗУ (Гб) - 5

– Скорость сброса информации (Мбит/сек) - 64

Служебная платформа. Для обеспечения работы полезной нагрузки КАНН с учетом ее массогабаритных параметров и энергопотребления может быть использована платформа «Карат» (НПО им. С.А. Лавочкина) или SSTL-150 (EADS Astrium, Франция).

Средства выведения. Исходя из массогабаритных параметров КА, предполагаемых параметров орбиты выбраны 2 варианта вывода КА на орбиту – попутный запуск ракетой носителем «Днепр» с космодрома Байконур или «Рокот» с Плесецка.

Этапы реализации проекта.

Проект создания казахстанской космической системы научного назначения предполагается реализовать в рамках Государственной программы «Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2008-2020 годы» в несколько этапов:

которого имеется оперативный доступ.

1. На первом этапе (2009-2011 гг.) создается научно-методическое обеспечение и технологии обработки космической системы научного назначения. Отработка методик и технологий будет проводиться на имитационных моделях приборов полезной нагрузки КА, которые на последующих этапах будут заменены реальными приборами. Создается база спутниковых данных для приема, обработки и накопления, анализа и распространения через глобальную сеть Интернет результатов будущих бортовых измерений.

2. На следующем этапе будет разработан эскизный проект и конструкторская документация КСНН. Будет приобретен комплект бортовой аппаратуры КА, достаточный для проведения запланированных научных исследований, подготовлена служебная платформа КА. Параллельно с этим будет разворачиваться наземная инфраструктура (НЦК, НКУ), сборочно-испытательный комплекс (СБИК) на СКТБ КТ для сборки и испытаний собственных малых КА, т.е. будет осуществляться становление собственного производства космических аппаратов. В процессе создания КСНН будет проводиться интенсивная подготовка кадров для космической отрасли Казахстана. Этап завершится запуском и опытной эксплуатацией КА.

3. На последующих этапах учеными РК будет осуществляться эксплуатация спутника в штатном режиме – мониторинг околоземного космического пространства, сбор статистического материала, проведение обработки и анализа получаемых данных для решения многих фундаментальных и прикладных научных задач.

Опыт показывает, что создание спутников научного назначения, а также методов обработки и анализа спутниковых данных необходимо разрабатывать в кооперации научных и производственных организаций различных

стран, что позволит не только минимизировать затраты, но и повысить общий уровень космических исследований стран – участников проекта. Поэтому на всех этапах планируется развитие международной кооперации для научных исследований с помощью группировки КА различных стран. Заинтересованность в объединении усилий в этом направлении проявили: Россия – проект «Ионозонд», Франция - проект «DEMETER», Украина – проект «Ионосат», Канада – проект «EPAC», Япония - «SeismoStar» и др.

Библиографический список

- 1 Inchin A., Ismailov M., Suimenbaev B. Project of creation and accompanying of Kazakhstan Scientific satellite for searching of earthquakes electromagnetic effects.// Symposium International Demeter, 14-15-16 June, 2006. Toulouse, France. 2 p.
- 2 Инчин А.С., Исмаилов М.Б., Суйменбаев Б.Т. Проект создания казахстанского спутника научного назначения.// Тезисы докладов 5 международного аэрокосмического конгресса “IAC-2006”, Москва, 2006 г. С. 2.
- 3 Inchin A.S., Ismailov M.B. Kazakhstan’s project of creation of space system of scientific purpose for earthquake precursors research.// Conference “VLF-2007”, Moscow, IZMIRAN, 2007. P.2.
- 4 Moldabekov M., Inchin A., Lozbin A. Kazakhstan’s Project of Scientific Space System. //Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly, Vienna, 2009. Vol. 11. 1p.
- 5 Concerning the creation of Kazakhstan scientific space system /
- 6 [M.Moldabekov et al. //60-th International Aeronautical Congress, Daejeon, Republic of Korea, 2009, Paper ID: 3129. 2p.