

State Space Agency of Ukraine
National Academy of Science of Ukraine
Space Research Institute NASU-SSAU
Institute of Electron Physics NASU



14th UKRAINIAN CONFERENCE ON SPACE RESEARCH

**UKRAINIAN
CONFERENCE
ON SPACE RESEARCH**

ABSTRACTS

2014

Uzhhorod, Ukraine
September, 8 – 12



2014

ISSN 2309-2130

KYIV 2014

ДЕРЖАВНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ,
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ,
ІНСТИТУТ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАНУ-ДКАУ,
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОННОЇ ФІЗИКИ НАНУ

STATE SPACE AGENCY OF UKRAINE,
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE OF UKRAINE,
SPACE RESEARCH INSTITUTE NASU-SSAU,
INSTITUTE OF ELECTRON PHYSICS NASU

СПОНСОРСЬКА ПІДТРИМКА
ПАТ «ЕЛМІЗ»
УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР
SPONSORS
PJSC «ELMIZ»
SCIENCE & TECHNOLOGY CENTER IN UKRAINE

**14-а УКРАЇНСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ
З КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
14TH UKRAINIAN CONFERENCE
ON SPACE RESEARCH**

**УЖГОРОД
8 - 12 вересня 2014 р.
UZHGOROD
September, 8 - 12, 2014**

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ
ABSTRACTS**

Київ * 2014 * Kyiv

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ * PLENARY



РАДИАЦИОННЫЕ ПОЯСА ЗЕМЛИ: ОТ СТАЦИОНАРНОЙ ДВУХЗОННОЙ МОДЕЛИ ДО ОБУСЛОВЛЕННОЙ ЗЕМНЫМ ВРАЩЕНИЕМ «ЗЕБРА» – СТРУКТУРЫ ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОННОГО ПОЯСА

А.В. Дудник

(Радіоастрономічний інститут НАН України)

dudnik@rian.kharkov.ua

Обнаружение заряженной радиации высокой энергии в околоземном космическом пространстве с наступлением космической эры в конце 50-х годов 20-го столетия положило начало интенсивному исследованию радиационных поясов Земли. За прошедшие полвека произошла значительная трансформация представлений о пространственно-временных распределениях потоков электронов высоких энергий в земной магнитосфере. Представлен исторический экскурс в экспериментальные исследования источников пополнения, каналов и причин ухода электронов из естественных магнитных ловушек.

Значительное внимание уделяется обнаружению и временной динамике нестабильных дополнительных спорадических зон повышенной интенсивности электронов, удаленных от известных поясов Ван-Аллена. Физические причины радиальной и питч-угловой диффузии, двухзонной структуры внешнего радиационного пояса, а также заполнения зазора между поясами во время геомагнитных бурь разной интенсивности существенно отличаются от причин появления спорадических слоев под внутренней кромкой внутреннего пояса на $L < 1,8$. Анализируется недавно обнаруженная с помощью аппаратуры RBSPICE, установленной на космических зондах Van Allen Probes A и Van Allen Probes B, «зебра»-структура в распределении электронов низких энергий внутреннего радиационного пояса.

Обсуждаются место и роль научного эксперимента по изучению потоков заряженных частиц высоких энергий под радиационными поясами на борту спутника «КОРОНАС-Фотон» с помощью украинского спутникового телескопа электронов и протонов СТЭП-Ф в период глубокого минимума солнечной активности. Подчеркивается значимость полученных результатов для дальнейшего развития модельных представлений магнитосферы Земли в области высоких энергий.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СПУТНИКЕ ЧИБИС - РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОДОЛЖЕНИЯ

С.Климов, В.Корепанов, В.Пилипенко, Д.Дудкин
(Львовский центр Института космических исследований НАНУ-ГКАУ)
vakor@isr.lviv.ua

Микроспутник (МС) «Чибис-М» был запущен 25 января 2012 года и, при запланированном ресурсе 1 год, успешно работает уже третий год. В состав научной аппаратуры МС «Чибис-М» (КНА «Гроза») входит магнитно-волновой комплекс (МВК), состоящий из двух комбинированных волновых зондов, одного индукционного магнитометра, созданных в ЛЦ ИКИ, Львов, и прибора спектрального анализа (Университет Этвоша, VLElectronics, Венгрия). МВК предназначен для изучения поведения электромагнитных параметров в диапазоне частот 0,1 Гц – 40 кГц с целью исследования вариаций плазменно-волновых процессов в ионосфере, происходящих под влиянием грозовой активности. Реализованная на борту МС конфигурация датчиков позволяет провести векторные измерения магнитной и одной электрической компонент КНЧ-ОНЧ эмиссий вплоть до частот 20 кГц. При этом получен большой объем данных по разнообразным вистлерным сигналам, характеризующим глобальную грозовую активность.

К сожалению, из-за высокого уровня помех изучение процессов в самой низкочастотной области – в районе ниже 100 Гц – было затруднено. Благодаря применению специальных методов спектральной фильтрации-очистки, собран большой архив данных, некоторые из которых получены впервые и требуют пояснения. Особый интерес вызывают наблюдаемые в ионосфере сигналы с частотой 50 (60) Гц, которые подтверждают загрязненность электромагнитной обстановки в геосмосе промышленной деятельностью. Приведены примеры, показывающие, что анализ этих сигналов позволяет определять положение и загрузку линий электропередачи на земной поверхности.

Также представляет интерес наблюдения низкочастотных излучений в диапазоне Шумановских (ШР) и ионосферных Альвеновских резонансов (ИАР). ШР впервые наблюдались на спутнике C/NOFS; сигналы, полученные на борту МС «Чибис-М», подтверждают эти результаты, в том числе и по их интенсивности. Большинство ИАР обнаружены в дневное время, что никогда не наблюдается при наземных экспериментах. Кроме сигналов на основных частотах ИАР в районе долей-единиц Гц, они наблюдались также с четырех-десятикратным сдвигом спектра в сторону верхних частот. Если это действительно ИАР, то теоретическая модель нуждается в серьезной доработке. Также ИАР наблюдались после резких всплесков, имеющих тонкую спектральную структуру: подчеркнутыми оказываются спектральные линии на гармониках от ~2.5 Гц до 8 Гц, в другом случае подчеркнуты частоты 1.0, 0.55, и 0.35 Гц. Эти события выглядят как триггерное возбуждение ИАР. После начального триггера (молниевый разряд?) излучение на выделенных частотах длится до нескольких десятков сек, и потом подпитывается новыми разрядами. Все нестандартные события получены в районе экватора. Наблюдались также сигналы, природа которых на сегодня непонятна. Так, на частотах 10-11 Гц зарегистрировано длительное квазипериодическое излучение. Ранее похожие сигналы – довольно длительные (несколько десятков мин) излучения на частотах от 3 до 10 Гц – обнаружены на спутнике ДЕМЕТЕР.

В докладе сделана попытка пояснения некоторых из наблюдаемых эффектов.

В заключение приведены основные параметры спутника РЭЛЕК, запущенного 8 июля 2014 г. на солнечно-синхронную орбиту в виде эллипса 600x800 км с наклоном 97.5° (плоскость орбиты 15 – 00 час.). Учитывая, что состав полезной нагрузки РЭЛЕК в части магнитно-волнового комплекса (НЧА-РЧА) аналогичен МС «Чибис-М», но при этом датчики находятся на штангах, можно ожидать, что будут получены новые интересные экспериментальные результаты и такие исследования будут продолжены. Пробные включения НЧА-РЧА показали его работоспособность.

В ближайшее время планируется синхронная работа МВК и НЧА-РЧА.

**СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ:
ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОЕКТЕ
«ИНТЕРГЕЛИОЗОНД»**

В. Кузнецов

(Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
имени Н.В. Пушкова РАН)

kvd@izmiran.ru

Дается обзор основных явлений и физических процессов, происходящих в системе «Солнце-Земля», и связанных с ними практических приложений - воздействием солнечной активности на околоземное космическое пространство, на космические и наземные технические системы. Приводится описание солнечных источников космической погоды и перспектив их исследования в проекте «Интергелиозонд». Сообщается о программе SCOSTEP VarSITI в области солнечно-земной физики и о деятельности Комитета по мирному использованию космического пространства ООН в области изучения космической погоды и обеспечения устойчивости космической деятельности.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛУНЫ: НИЗКОЧАСТОТНАЯ РАДИОАСТРОНОМИЯ

М.М. Могилевский, А.А. Скальский, Л.М. Зеленый
(Институт космических исследований РАН)
mogilevsky2012@gmail.com

Ионосфера Земли препятствует проникновению электромагнитного излучения на частотах ниже ~ 10 МГц, что приводит к недоступности космических излучений для наземного наблюдателя. Этот частотный диапазон является последним неизученным в спектре электромагнитных излучений, и его исследования могут принести неожиданные научные результаты, а также обеспечить решение практических задач. Исследования низкочастотного радиодиапазона имеет много дисциплинарный характер: измерения могут быть использованы для решения геофизических, гелиосферных и астрофизических задач, а также прикладных задач и поиска условий для внеземной жизни. Размещение низкочастотного приемника на поверхности Луны, во многом, снимает частотные ограничения.

Нами рассмотрен круг задач, которые могут быть решены при помощи лунного низкочастотного радиотелескопа, а также обсуждаются варианты его развертывания.

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕЖОРБИТАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

С.И. Москалев, Д.А. Галабурда, В.Н. Маслей
(Государственное предприятие «КБ «Южное»)
info@dpukrconfiaa.org

Представлены результаты анализа межорбитальных транспортных операций (МТО) для решения задач орбитального сервисного обслуживания (ОСО) – нового перспективного направления использования космической техники. Исходя из анализа возможных потребностей в ОСО, определены:

- перечень услуг, которые должна предоставлять космическая система МТО;
- операции, которые должен выполнять межорбитальный транспортный аппарат (МТА) при оказании этих услуг;
- энергетические затраты на выполнение той или иной операции;
- функции и состав космической системы и МТА;
- предварительные требования к МТА;
- требуемое количество МТА в орбитальной группировке для удовлетворения всех возможных потребностей в услугах МТО.

УНИВЕРСИТЕТСКИЙ НАНОСПУТНИК POLYITAN-1

Б.М. Рассамкин, Н.Ф. Байсков, С.А. Остапчук, С.М. Хайрнасов,
О.В. Буденний, А.Б. Рассамкин, А.С. Менжега, Н.А. Першин,
Р.В. Антипенко, Е.Ю. Коваленко, Д.С. Смаковский, С.Е. Мартенюк,
В.И. Хоминич
(Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут»)
bmrass@gmail.com

Представлены результаты разработки, испытаний и пуска университетского наноспутника PolyITAN-1 НТИ «Київський Політехнічний Інститут», выполненного в рамках международного формата Cubesat (массой около 1 кг и размерами 10×10×10 см). Разработка PolyITAN-1 формата Cubesat 1U базируется на использовании собственных и украинских результатов научно-технических достижений. В частности, сопотельные углепластиковые конструкции, с которыми ученые факультета электроники интегрировали свои монокремниевые фотопреобразователи с коэффициентом полезного действия до 20%, которые обеспечивают питание всех электронных систем наноспутника. Каналы радиосвязи 145 МГц и 437 МГц, разработанные специалистами радиотехнического факультета, имеют оригинальные решения конструкций антенн и цифровой программируемой схемотехники. Установленные на наноспутнике сенсоры координат Солнца, их алгоритмическое и программное обеспечение, а также электронная плата с центральным процессором, с помощью которой осуществляется управление всеми подсистемами космического аппарата, созданы молодыми учеными теплоэнергетического факультета и факультета электроники.

На Земле факторы космического пространства имитировались в специальной термовакуумной лабораторной установке в КПИ и на радиационном стенде Института электронной физики НАН Украины, г.Ужгород.

Научно-технологическая цель запуска спутника: исследование солнечных датчиков для малых космических аппаратов, проверка энергетика солнечных источников питания, разработанных в университете, адаптация к условиям космоса и усовершенствование цифровых радиоканалов передачи информации и команд управления, исследование влияния факторов космического пространства на работу электронных подсистем, исследование функционирования подсистемы навигации с приемником GPS/GLONASS с оригинальным алгоритмическим и программным обеспечением. Наноспутник PolyITAN-1 запущен на околоземную орбиту 19 июня 2014 г. в составе международного проекта по программе Днепр - запуска 33 космических аппарата, из которых 21 — наноспутники, созданные в разных странах мира. Запуск осуществлен ракетой-носителем «Днепр» украинского происхождения, базисом которой является СС-18, созданная на Днепропетровском заводе «Южмаш». Сразу после запуска радиомаяк спутника PolyITAN-1 EM0UKR1 был услышан не только в университетском центре, но и его зафиксировали радилюбители других городов Украины, России, Франции и др. стран. Сегодня наноспутник успешно работает на околоземной солнечно-синхронной орбите на расстоянии около 700 км от Земли, имея период вращения 97,8 минуты.

Разработчики проекта университетского наноспутника PolyITAN-1 выражают благодарность за всестороннюю поддержку первого президента Украины Л. Кравчука и за финансовую - по оплате услуг запуска - частному фонду имени Владимира Михалевича.

**ДОСЛІДЖЕННЯ БЛИЖНЬОГО КОСМОСУ
(В ТОМУ ЧИСЛІ СОНЦЯ, СОНЯЧНО-ЗЕМНИХ ЗВ'ЯЗКІВ,
МАГНІТОСФЕРИ, ІОНОСФЕРИ ТА ІН.)**

Near space exploration (the Sun, solar-terrestrial links, magnetosphere, ionosphere, etc.)



AN OPERATIONAL SERVICE FOR GEOMAGNETIC PREDICTION

Oleh Semeniv, Anna Polonska, Aleksei Parnowski
(Space Research Institute NAS - SSA of Ukraine)
parnowski@ikd.kiev.ua

We developed a near real-time geomagnetic forecast service, capable of forecasting the geomagnetic index Dst 1 to 4 hours in advance and the geomagnetic index Kp 3 hours in advance. Near real time here means that the forecast is made within 5 minutes after the data become available. The forecast is publicly available as a part of the STAFF viewer (<http://www.staff.oma.be/>), and as a part of the AFFECTS Mobile App (<http://affectsmob.oma.be/files/affects.apk>). It is used by duty forecasters at SIDC (<http://sidc.be/>) and as an input for the DLR's perturbed TEC forecast model (<http://swaciwebdevelop.dlr.de/gnss-based-tec/tec-europe/>).

The research leading to these results has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under the grant agreement No. 263506 (AFFECTS).

THE COUPLING PHENOMENA IN LAIM/MIAL SYSTEM AND ACTIVE INFLUENCE OF THE SOUND GENERATOR ON THE ATMOSPHERE AND IONOSPHERE

Yu.G. Rapoport (Kyiv National Taras Shevchenko University, Ukraine)

O.K. Cheremnykh, Yu.A. Selivanov (Space Research Institute NASU-NSAU, Ukraine)

V.N.Ivchenko, G.P. Milinevsky, E.N. Tkachenko
(Kyiv National Taras Shevchenko University, Ukraine)

V.V. Grimalsky (Autonomous University of Morelos, Cuernavaca, Morelos, Mexico)

M.O. Melnik, V.P. Mezentsev, L.M. Karataeva, R.T. Nogach
(Lviv Center of Space Research Institute NASU-NSAU, Ukraine)

yuriy.rapoport@gmail.com

We consider the MHD wave coupling in the Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere-Magnetosphere (LAIM/MIAL) system. Preliminary modeling leads to a hypothesis that the new type of the nonlinear vortex structures can exist in strongly dissipative inhomogeneous ionosphere in the presence of mechanical and magnetic Coriolis forces, because effective “potential hole” is formed for such a type of oscillations. We discuss also an idea of application of electric-AGW model with inclusion of some aerosol mechanisms to the modeling seismoionospheric phenomena, tsunami and cyclones.

The following preliminary theoretical evaluations are obtained concerning the penetration to the “Atmosphere-Ionosphere” of the signals from two sounds generators with frequencies around 600 and 625 Hz with low frequency (LF) modulation $\sim (0.03-0.5)$ s⁻¹. (1) It is supposed that initial amplitudes of velocities are of order of (100-300) m/s are obtained. The initial width of ELF beam is ~ 10 m in horizontal plane. It is shown that the signals of the largest frequencies reach the altitudes of order of Z1 ~ 0.5 km, where the signal with different frequency ~ 25 Hz is detected. (2) Signal with different frequency ~ 25 Hz reaches an altitude Z2 $\sim (10-20)$ km. (3) Only LF signal with frequency modulation penetrates above an altitude Z2 up to Z3 $\sim (200-300)$ km with an amplitude of order of few m/s. The final width of ULF AGW is of about (1 – 20) km in the horizontal plane, and the wave diffraction is very important for ULF AGW. The dependencies of the temperature and the molar content of the ionosphere are very important for the propagation of AGW. Possible effects in the ionosphere are (i) Transformation of ULF into plasma waves (may be in E layer and resonant); (ii) Resonant influence on the propagation of radio waves/near cutoff and induced radiotransparency; (iii) Heating of the ionosphere. A possibility of complex experiment including sound generator, satellite, radiotelescope, ionosonde, optics and aerosol measurements is discussed.

The perspectives of the practical application of developed model are: using MHD waves, including vortex structures, along with AGW, in the systems of monitoring of Space Weather and natural hazards, as a sensitive indicator of wave coupling processes and influences on the ionosphere “from above” (magnetosphere, solar wind) and “below” (lower atmosphere sources, such as cyclones, earthquakes etc.)

MARS: OBSERVATIONS OF ELECTROMAGNETIC EMISSIONS AT LANDING PLATFORM (EXOMARS PROJECT)

A. Skalsky, S. Klimov (IKI RAS)

V. Korepanov (Lviv Center of Space Research Institute)

E. Sokolova, I. Popova, O. Pokhotelov (IPhE RAS)

Y. Egorov (Institute of Oceanology RAS)

skalsky@iki.rssi.ru

The interaction of incoming solar wind with crustal anomalies at Mars and its ionosphere seems to result in variety of magnetic disturbances propagating to its surface. The dust devils occurring at Mars are also a source of waves generated in the Martian near- surface environment.

The paper presents estimates of magnetic fluctuations originated from Mars magnetosphere/ionosphere - solar wind interaction and planetary sources, the magnetic tool of its survey at landing platform.

ГАРМОНІЧНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В ІОНОСФЕРІ

М.В. Ваврух (Львівський національний університет ім. Івана Франка, Україна)

В.Є. Корепанов (Львівський центр Інституту космічних досліджень, Україна)
mvavruk@gmail.com

Досить давно вже відомо, що численні розподілені по поверхні Землі потужні джерела енергії викликають флуктуацію електромагнітних і плазмових параметрів у іоносфері. Оскільки наслідки поступового збільшення терагенного впливу на іоносферу не відомі, важливо організувати статистично достовірне вивчення зв'язку рівня іоносферних варіацій із наземними потужними джерелами енергії. Можна вважати, що подальший розвиток досліджень та супутниковий моніторинг іоносферної активності створить принципову можливість контролювати виділення і, відповідно, споживання енергії як у планетарному, так і в місцевому масштабах та становитиме інструмент міжнародного моніторингу забруднення середовища проживання людини, щоб не допустити його критичного рівня.

На сьогодні накопичений великий обсяг експериментальних даних супутникових досліджень, які переконливо свідчать про існування в іоносфері як випромінювань з частотою мережі 50 (60) Гц, так і кластерів (мультиплетів) спектральних ліній гармонік цих частот (аж до 10-15 ліній), центрованих біля середньої частоти, яка може змінюватися в досить широкому діапазоні - від 1 до 15 кГц. Це явище отримало назву гармонічного випромінювання електромереж - (power line harmonic radiation, PLHR).

Незважаючи на те, що дослідження електромагнітного середовища Землі мають довгу історію, питання, пов'язані з електромагнітним забрудненням, досі недостатньо висвітлювалися і потребують детального дослідження. Більше того, навіть ділянка, в якій формуються PLHR, на сьогодні не з'ясована – експериментальні факти показують, що вони спостерігаються як в іоносфері, так і на поверхні Землі.

У доповіді обговорюється один із можливих механізмів формування мультиплетів PLHR, заснований на утворенні резонансних рівнів внаслідок розщеплення рівнів Ландау, які відповідають квантовим станам пучків електронів у локально однорідному магнітному полі Землі. Згідно з цією гіпотезою, PLHR є аналогом комбінаційного розсіяння світла і пояснюється гібридизацією двох електромагнітних хвиль різної частоти (циклотронної, порядку Гц, та технічної 50 (60) Гц), яка здійснюється через їхню взаємодію з електронами. Встановлені критерії виникнення PLHR, пояснені їхні частотні особливості, залежність від фази Сонячної активності, географічної широти та часу доби, а також можливість утворення мультиплетів на різних висотах над поверхнею Землі. Запропоновані нові експерименти з метою додаткових підтверджень розглянутого механізму.

Ця робота частково підтримана контрактом з ІКД НАНУ-ДКАУ № 6-02/14-1.

УНЧ ИЗЛУЧЕНИЕ ШУМАНОВСКОГО РЕЗОНАНСА И ЛИНИЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПЕРЕДАЧ, ОБНАРУЖЕННЫЕ МИКРОСПУТНИКОМ «ЧИБИС-М» В ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЕ

Д.Ф. Дудкин (Львовский центр Института космических исследований НАНУ-ГКАУ)

В.А. Пилипенко (Институт космических исследований Российской академии наук)

Ф.Л. Дудкин, В.А. Проненко (Львовский центр Института космических исследований
НАНУ-ГКАУ)
dd@isr.lviv.ua

Шумановский резонанс (ШР) связан с существованием квазистатических электромагнитных волн в полости Земля-ионосфера, обусловленных глобальной грозовой активностью. Первые пять гармоник ШР – 7.8, 14.3, 20.8, 27.3 и 33.8 Гц, хорошо наблюдаются с помощью датчиков электромагнитного (ЭМ) поля на поверхности Земли. Согласно традиционным представлениям, ШР ограничен высотами ~50-70 км. Также полагалось, что КНЧ излучение (50 и 60 Гц) от линий электропередач (PLHR - Power Line Harmonic Radiation) не выходит за проводящие слои верхней атмосферы. Из этого должно было бы следовать, что ШР и PLHR не могут наблюдаться на низкоорбитальных спутниках Земли, т.е. выше F-слоя ионосферы.

Тем не менее, в 2008 году, ШР были обнаружены на высотах 400-850 км, в ночное время, с помощью датчика электрического поля с базой в 20 метров, установленного на борту спутника C/NOFS [1]. Спектральная плотность первой гармоники ШР составляла ~0.3 (мкВ/м)/Гц^{1/2}, что почти на 3 порядка меньше величины, наблюдаемой на Земле. По поводу обнаружения первой гармоники PLHR в ионосфере публикации отсутствуют.

В докладе представлены результаты наблюдений гармоник ШР и основной гармоники PLHR с привязкой к наземным источникам, полученные с борта микроспутника «Чибис-М» (частично рассмотрены в работе [2]). Эффекты были зарегистрированы в ночное время на высотах 350-470 км датчиком напряженности электрического поля, база которого почти в 50 раз меньше базы датчика спутника C/NOFS. Спектральная плотность обнаруженных гармоник находится в пределах 0.2-0.5 (мкВ/м)/Гц^{1/2}, что близко к значениям, полученным со спутника C/NOFS.

Факт регистрации низкоорбитальными спутниками ШР и первой гармоники PLHR дает основания утверждать, что волновод Земля-ионосфера должен быть описан в рамках резонатора с потерями, который допускает утечку УНЧ волн в ионосферу. Возможно, обнаружение ШР и PLHR на спутнике в локальное ночное время связано с уменьшением поглощения КНЧ излучений в нижних слоях ионосферы. Таким образом, электромагнитная связь атмосферных и техногенных процессов с околоземной средой оказывается более эффективной, чем это предполагалось ранее.

1. Simoes, F. A., R. F. Pfaff, H. T. Freudenreich, Satellite observations of Schumann resonances in the Earth's ionosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L22101, doi:10.1029/2011GL049668, 2011.
2. Dudkin D., Pilipenko V., Korepanov V., Klimov S., Holzworth R., Electric field signatures of the IAR and Schumann resonance in the upper ionosphere detected by Chibis-M microsatellite, *J. Atm. Solar-Terr. Phys.* 117, 81-87, 2014.

ДИАГНОСТИКА ИОНОСФЕРЫ ПОСЛЕ НАЗЕМНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ РАДИОВОЛН И ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Л.Я. Емельянов, Т.Г. Живолуп (Институт ионосферы НАН и МОН Украины)
С.А. Сорока, О.К. Черемных (Институт космических исследований НАНУ и НКАУ)
Л.Ф. Черногор (Институт ионосферы НАН и МОН Украины)
leonid.ya.emelyanov@gmail.com

Представлены результаты совместной работы в 2006 г Львовского центра Института космических исследований (ЛЦ ИКИ) и Института ионосферы (г. Харьков) по исследованию реакции ионосферы на акустическое воздействие. В качестве источника акустического сигнала (АС) использовалось оборудование ЛЦ ИКИ, установленное на территории ионосферной обсерватории Института ионосферы. Диагностика изменений в ионосфере во время совместных экспериментов осуществлялась радаром некогерентного рассеяния (НР) с зенитной антенной и ионозондом «Базис» Института ионосферы, а также контрольной аппаратурой ЛЦ ИКИ.

По данным вертикального зондирования 6 мая 2006 г. после включения АС (в 11:12, здесь и далее указано киевское время) увеличилась степень развития слоя F1, которая через 8 мин после начала акустического воздействия достигла максимума, т.е. наблюдался разрыв между в висотно-частотной характеристике (ВЧХ) между слоями F1 и F2, что свидетельствует о наличии образовавшейся межслоевой впадины F1-F2. Через 13 мин после начала воздействия АС разрыв в ВЧХ и межслоевая впадина F1-F2 исчезли. Степень развития слоя F1 с течением времени уменьшилась. Включение АС в 14:31 привело к противоположному эффекту: после посылки АС степень развития слоя F1 незначительно уменьшилась и появилось расслоение слоя F1 в районе его максимума. Через 19 мин после начала воздействия АС степень развития слоя F1 достигла минимума, слой F1 почти исчез, и ВЧХ приняла «зимний» вид, характеризующийся отсутствием слоя F1. Через 24 мин после начала воздействия АС ВЧХ приняла первоначальный («летний») вид с явным наличием слоя F1.

По данным радара НР в дневное время после включения АС наблюдались изменения (уменьшение с последующим увеличением или без него) высоты максимума ионизации слоя F2, толщины слоя и величины сечения рассеяния на высотах вблизи максимума ионизации. Так, после включения АС 17 октября 2006 г. в 10:57 сечение рассеяния в максимуме начало уменьшаться, а высота максимума к 11:10 снизилась приблизительно на 15 км, после чего начала возрастать. Через 20 мин после начала воздействия АС рост высоты максимума слоя замедлился и к 11:30 она достигла своего первоначального значения 210 км, а с 11:50 до 12:00 постепенно выросла до 218 км. Максимум сечения рассеяния увеличивался. Перегиб на профиле сечения рассеяния на высоте около 170 км после начала воздействия АС исчез, а потом снова появился. Таким образом, данные наблюдений методом НР согласуются с результатами наблюдения методом вертикального зондирования.

Обнаруженные методами некогерентного рассеяния и вертикального зондирования эффекты свидетельствуют о том, что акустическое воздействие, скорее всего, изменяет вертикальную структуру нейтральной атмосферы.

ДО ПИТАННЯ ГЕОЕФЕКТИВНОСТІ АКТИВНИХ ПРОЦЕСІВ НА СОНЦІ

В.В. Кошовий, О.Л. Івантишин, А.Б. Лозинський, Б.С. Харченко, Р.А.

Лозинський, О.В. Альохіна (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України)

В.П. Мезенцев, Л.М. Каратаєва (Львівський центр Інституту космічних досліджень НАН та ДКА України)
oliv@ipm.lviv.ua

Доповідь присвячена проблемі сонячно-земних зв'язків, зокрема, більш широкому тлумаченню терміну “геоефективність” активних процесів на Сонці. Більшість дослідників розглядають цей термін у вузькому сенсі, тобто як процеси в межах ланцюжка послідовних подій, які супроводжують сонячні спалахи (СС), починаючи від хромосфери Сонця і закінчуючи магнітосферою Землі – магнітні бурі (МБ). Встановлено: для довільних СС і МБ, рознесених на час поширення сонячного вітру від Сонця до Землі, зв'язок «клас спалаху-величина бурі» статистично знаходиться на рівні «шуму» (низька геоефективність СС); для СС, асоційованих з корональним викидом мас (КВМ), що рухається в бік Землі, спостерігається статистично слабка позитивна кореляція «клас спалаху - величина бурі» (геоефективність КВМ більш висока); про величину прогнозованої МБ можна судити за класом СС тільки після того, як був зареєстрований асоційований з ним КВМ, що рухається у бік Землі.

Авторами пропонується ширше трактування терміну “геоефективність СС”, зокрема, і для задач прогнозування, і розгляд її в межах ланцюжка можливих послідовних подій: СС – КВМ – радіосплески (зокрема, і декаметрового (ДКМ) діапазону) – сонячний вітер – збурення геофізичних полів (геомагнітне, атмосферний інфразвук (АІ), атмосферне електричне поле (АЕП)) – екологічна стабільність. Обґрунтування: геліопроекти спричинюють на Землі не лише МБ, а і збурення інших фізичних полів, які також необхідно розглядати як прояви геоефективності. Мета – врахування ширшого кола причин екологічної небезпеки впливу сонячної активності (СА) на функціонування компонентів біогеосистеми Землі. У відповіді представлені результати досліджень авторів на природно-заповідних територіях Західного Полісся синхронізованих спостережень впродовж 2011÷2014 рр. ДКМ радіосплесків в діапазоні 16÷32 МГц (радіотелескоп УРАН-3), природного АІ (0,01÷1,0 Гц та 1,0÷10,0 Гц), АЕП (0,1÷10,0 Гц), екологічного стану компонентів біогеосистеми заповідної території, а також на основі аналізу Інтернет-даних про СА в інших фізичних полях. За цими результатами сформована реляційна база даних на основі якої оцінювалася геоефективність СА.

Показано: збурення АЕП і АІ відбуваються безпосередньо після СС в результаті приходу в атмосферу Землі сонячних космічних променів (СКП); основна енергія збурень АІ зосереджена в діапазоні 0,01–0,3 Гц; для аналізу експериментальних даних запропоновано К-індекс – середнє геометричне потужності АІ у ковзному добовому вікні вибраної частини спектру; можливі моделі геліообумовленої генерації природного АІ; значне імпульсне зростання огинаючої АЕП, викликане збільшенням іонізації атмосфери під дією релятивістських частинок СКП; для окремих СС спостерігаються збурення усіх досліджуваних геофізичних полів, а для більшості СС – лише АІ та АЕП, що підтверджує різну ступінь геоефективності СС.

Робота виконана в рамках проекту “Комплексні дослідження геоефективних проявів сонячної активності та її впливу на екологічну стабільність біогеосистем природно-заповідних територій” Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012÷2016 рр.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ АТМОСФЕРЫ В СЕТИ АКТИВНЫХ РЕФЕРЕНТНЫХ СТАНЦИЙ UA - EUPOS/ZAKPOS

Н. Каблак

(Ужгородський національний університет)

kablak@mail.ru

С развитием технических возможностей ГНСС-измерений и повышения точности координатного обеспечения появились работы относительно применения ГНСС-наблюдений в других отраслях наук: метеорология, физики атмосферы, авиации и так далее.

Тропосферную задержку можно получить по результатам ГНСС-измерений в сети активных референчных станций. В этом случае значения тропосферной задержки учитывают любые изменения, которые проходят в атмосфере в данный момент времени. Поэтому актуальной проблемой на сегодняшний день является исследование состояния нейтральной атмосферы в реальном времени наблюдений, которое даст возможность предусмотреть возникновение и перемещение тропосферных возмущений.

Основная цель работы – исследование и анализ пространственно-временной нестабильности атмосферы над территорией покрытия активными референчными станциями.

Разработана технология определения атмосферных задержек в любом пункте на территории покрытия сетью активных референчных станций UA-EUPOS/ZAKPOS. Она базируется на использовании мгновенных значений атмосферных задержек с референчных ГНСС-станций и предложенного автором метода экспоненциальной пространственной аппроксимации. Результаты выполненных исследований по этой технологии показали, что среднеквадратичная погрешность пространственной аппроксимации составляет около 2 см со среднеквадратичным отклонением 0,2 см в пределах территории покрытия сети.

Автором разработана технология построения изоповерхностей атмосферных задержек. Идея данной технологии заключается в выявлении высот над референчными станциями, имеющих одинаковые значения атмосферных задержек. Динамическая карта таких изоповерхностей над территорией покрытия референчными станциями позволяет предвидеть возникновение и перемещение атмосферных возмущений.

Разработана система дистанционного мониторинга атмосферы в реальном времени, а также основные принципы и математические модели применения ГНСС-технологий и наземной метеорологической информации для формирования системы дистанционного мониторинга атмосферы в реальном времени с целью защиты окружающей среды.

ИОНОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ НАД УКРАИНОЙ, ВЫЗВАННЫЕ ЕСТЕСТВЕННЫМИ И ИСКУССТВЕННЫМИ ВЫСОКОЭНЕРГИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

И.Ф. Домнин, Л.Я. Емельянов, С.В. Кацко, Д.В. Котов, М.В. Ляшенко,
С.В. Панасенко, Л.Ф. Черногор
(Институт ионосферы НАН і МОН України)
sophiaharytonova@gmail.com

В Институте ионосферы НАН и МОН Украины проводятся систематические наблюдения за параметрами регулярных и нерегулярных ионосферных процессов над Украиной с использованием единственного в Центральной Европе радара некогерентного рассеяния. Цель доклада – обзор результатов исследований процессов в ионосфере над Украиной, вызванных естественными и искусственными высокоэнергичными источниками.

Сезонно-суточные вариации параметров ионосферы. Результаты исследований суточных и сезонных вариаций параметров среды используются при разработке новых и уточнении существующих моделей ионосферы. Нами проанализированы сезонно-суточные вариации концентрации электронов, температур электронов и ионов в периоды зимнего и летнего солнцестояний, весеннего и осеннего равноденствий в диапазоне высот 200–700 км. Получены высотно-временные вариации относительной концентрации ионов водорода для четырёх сезонов (равноденствий и солнцестояний) в период минимума и максимума 23-го цикла солнечной активности. Выявлены общие черты и характерные для отдельных сезонов особенности вариаций. Проведено сравнение экспериментально полученных вариаций с данными обновлённой версии модели International Reference Ionosphere– IRI-2012.

Эффекты ионосферных бурь. Анализ эффектов ряда ионосферных бурь дал возможность сформулировать основные закономерности и особенности в развитии ионосферных бурь в средних широтах Центральной Европы и позволил классифицировать рассмотренные бури в соответствии с их особенностями и сценарием развития. Подтверждено, что ионосферные бури приводят к значительным возмущениям параметров ионосферного канала распространения радиоволн.

Ионосферные процессы в течение солнечных затмений. Солнечное затмение (СЗ) сопровождается уменьшением концентрации электронов и увеличением высоты максимума слоя F2. СЗ вызывает практически безынерционное уменьшение температуры электронов. Уменьшение температуры ионов обычно запаздывает по отношению к моменту наступления главной фазы затмения на десятки минут. СЗ приводит к существенному изменению динамического и теплового режимов в ионосфере, условий взаимодействия подсистем ионосферы – плазмосферы.

Ионосферные возмущения, вызванные излучением мощных радиоволн. Для воздействия на ионосферную плазму использовался нагревный стенд «Сура» (Н. Новгород, Россия). Особенностью наших исследований было то, что квазипериодические возмущения в F-области ионосферы наблюдались далеко за пределами диаграммы направленности антенны стенда. Обнаружено усиление волновых процессов в широком диапазоне периодов (5–120 мин) в ионосфере над Харьковом, а также изменение характера относительных вариаций концентрации электронов. Обнаружены аперiodические всплески концентрации электронов на высотах 100–140 км, коррелировавшие с началами циклов нагрева ионосферной плазмы.

МОНИТОРИНГ СЕЙСМОАКТИВНОСТІ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

С.П. Климук, Т.В. Небосенко, С.А. Матвиенко
(Государственное предприятие «КБ «Южное»)
info@dpukrconfiaa.org

Напряженно-деформированное состояние геологической среды является одним из ключевых факторов в природе возникновения разномасштабных динамических явлений (землетрясений, внезапных выбросов газа в шахтах и т.д.).

Землетрясения представляют собой проявление определенных фаз современных тектонических активизаций Земли. В течение последних лет проводились исследования нарушения равновесного состояния вращающейся Земли и связанных с ними полей напряжений в тектоносфере, которые базируются на явлении геоизостазии. На территории Украины расположены три мантийных разлома северо-восточного простирания, именно в узлах пересечения ими аномалий геоизостатических напряжений и происходят основные сейсмические события.

Большинство выбросов газа в шахтах, которые группируются в линейные зоны северо-восточного простирания, и большая часть зон скопления метана в углепородном массиве приурочены к аномалии интенсивных касательных напряжений и прогнозируются комплексом независимых методов. На сегодняшний день разработаны алгоритмы расчета полей напряжений, обусловленных нарушением равновесного состояния, на основе анализа аномалий геоида с использованием материалов гравиметрической съемки (аномалий силы тяжести в редукции Фая) и цифровой модели рельефа.

Для диагностики сейсмического состояния на основании данных о геофизических параметрах необходимо глубокое изучение гравитационного поля Земли (ГПЗ) и контроль изменения его параметров во времени. Задачи измерения ГПЗ решаются в проектах CHAMP, GRACE и GOCE по данным точного позиционирования КА с помощью GPS и его лазерной локации. Параметры ГПЗ определяются по эволюции орбит КА, для этого наземные станции ведут тщательное наблюдение примерно за 30 аппаратами. В Украине существует 5 коммерческих сетей референчных станций ГНСС-наблюдений во Львовской, Киевской, Закарпатской, Харьковской и Запорожской областях, которые проводят высокоточные GPS-наблюдения в режиме реального времени и послесезонное определение пространственных координат объектов.

ГП «КБ «Южное» обладает технологиями для высокоточного мониторинга гравитационного и магнитного полей Земли (патенты Украины на изобретения № 83239, 84704, 90960, 90961, 98358), а также разрабатывает гравитационно-ориентируемый геофизический микроспутник (заявка на патент Украины на изобретение № а 2013 09575).

Разработка и внедрение технологий прогнозирования сейсмоактивности позволит предотвратить значительный ущерб от землетрясений. Успешное решение задачи прогнозирования в углепородном массиве скоплений подвижного метана в свободном состоянии, с одной стороны, открывает новые перспективы в освоении нетрадиционных источников углеводородов, которые ранее были недоступны, а с другой – позволит повысить безопасность ведения горных работ при добыче угля.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРБИТ МЕТЕОРНЫХ ТЕЛ С БОЛЬШИМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОВ В ГАЛАКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

С.В. Коломієць, Ю.І. Волощук, Ю.В. Черкас
(Харківський національний університет радіоелектроніки)
s.kolomyets@gmail.com

С открытием космической эры в 1957 году приоритетным стало исследование метеорного вещества в атмосфере Земли и вблизи орбиты Земли. Это важно для оценки метеороидной опасности полетов космических аппаратов, для изучения ионосферы, для обеспечения экологической безопасности Земли от катастрофических кометно-астероидно-метеороидных вторжений и поиска ответа на вопрос о зарождении жизни. Космические исследования стимулировали метеорные исследования, и в 1985 году была создана инженерная модель пространственного распределения метеорного вещества, оформленная в виде ГОСТА, ориентированная на запросы планирования космических полетов. На сегодня существуют аналогичные модели космических агентств ЕКА И НАСА. Наземный радиолокационный метод зондирования атмосферы для наблюдения метеоров в ионосфере зарекомендовал себя надежным методом с высокой статистикой метеорных данных. Кроме того, до сих пор этот метод остается основным для разработки механизмов сопоставления результатов регистраций метеороидов «in situ» и наземных наблюдений метеоров. Особое значение в астрономических метеорных исследованиях имеют наблюдения метеоров, позволяющие определять орбиты метеорных тел. Знание орбиты помогает лучше понять происхождение и эволюцию метеорных тел, а также их связь с родительскими телами или местами их происхождения, например, из межзвездного пространства. Среди архива данных харьковских радиолокационных наблюдений метеоров 1957-1991 годов, проводимых в Украине, в основном, в рамках больших международных программ мирового масштаба, имеются долговременные ряды метеорных орбитальных данных, среди которых в электронном виде – около 150 тысяч метеорных орбит спорадических метеоров и 5160 орбит метеорных потоков и ассоциаций. Указанная электронная база данных является одним из современных инструментариев научных исследований, который позволяет тестировать, конструировать и совершенствовать различные модели распределения метеорного вещества. В работе на основе имеющейся базы данных при создании модели и каталога орбит метеорных тел с большими значениями эксцентриситетов применена галактическая система координат. Это позволило исследовать вклад тел в околоземное метеорное окружение с учетом их происхождения для определения возможных источников вне Солнечной системы.

ПРОНИКНОВЕНИЕ ВНУТРЕННИХ АТМОСФЕРНЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН В ИОНОСФЕРУ СНИЗУ

Г.В. Лізунов, А.Ю. Леонтьєв

(Інститут космічних досліджень НАН та ДКА України)

antonio.leontiev@gmail.com

Представлены результаты теоретического анализа распространения внутренних атмосферных гравитационных волн (ГВ) в неизотермической, вязкой и теплопроводящей атмосфере Земли при наличии ветровых сдвигов. В линейном приближении решена задача с начальным условием, выясняющая возможность существования ГВ при заданных атмосферных условиях, и задача с граничным условием, описывающая проникновение в термосферу ГВ от расположенного на заданном высотном уровне источника колебаний. В результате решения начальной задачи построены параметрические диаграммы, устанавливающие области разрешённых частот и горизонтальных фазовых скоростей ГВ (или, что то же самое, горизонтальных волновых чисел ГВ) в различных областях атмосферы. Показано, что ГВ соединяют воедино интервал высот от Земной поверхности до основания F2-области. При этом волны от приземных источников затухают ниже примерно 300 км, а ГВ, регистрируемые на высотах порядка 300 км и выше, не достигают поверхности Земли из-за полного внутреннего отражения от основания термосферы. Решение задачи с граничным условием показало, что при распространении снизу-вверх основное поглощение энергии ГВ происходит в узком высотном слое с толщиной порядка локального значения высоты однородной атмосферы. Высота расположения слоя поглощения зависит от конкретных атмосферных параметров и от спектральных параметров ГВ, но не от интенсивности волны. Тем самым даже слабые приземные источники ГВ создают накачку энергии на ионосферные высоты, причём каждой монохроматической составляющей ГВ соответствует своя определённая высота диссипации. Рассчитаны кривые, характеризующие высоту проникновения ГВ в термосферу при различных условиях. Также установлено, что на ветровых сдвигах высота диссипации ГВ определённым образом изменяется: на встречном ветре увеличивается, на попутном уменьшается. Проведено сравнение полученных теоретических результатов с данными натурных и численных экспериментов.

КОМПЛЕКСНИЙ МОНІТОРИНГ ГЕОФІЗИЧНИХ ПОЛІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ В СИСТЕМІ ЛІТОСФЕРА-АТМОСФЕРА-ІОНОСФЕРА- МАГНІТОСФЕРА

О.І. Лящук, С.В. Карягін
(Головний центр спеціального контролю)
alex_liashchuk@mail.ru

В Головному центрі спеціального контролю ДКА України за допомогою наземного вимірювального комплексу проводиться комплексний моніторинг геофізичних полів. Роботи тривалий час ведуться в рамках створюваної Національної системи сейсмічних спостережень України, Державної цільової програми досліджень в Антарктиці на 2011-2020 рр.

Моніторинг направлений у тому числі на вивчення проблеми переносу енергії в каналі літосфера-атмосфера-іоносфера, де у якості генератору літосферних збурень виступають землетруси та потужні вибухи. Не менш важливим є дослідження взаємодії приземної атмосфери, іоносфери і магнітосфери, де роль такого генератора беруть на себе потужні циклони.

Акустичні коливання інфразвукового діапазону, що генеруються вказаними чинниками, досягаючи висот нижньої іоносфери, призводять до появи періодичних змін електронної концентрації в полі хвилі, і як наслідок - періодично змінюється провідність плазми. Періодичні коливання провідності призводять до модуляції іоносферних струмів на частотах акустичного впливу. Виниклі в іоносферній плазмі змінні струми далі є причиною періодичних коливань індукції магнітного поля Землі.

В результаті синхронних спостережень, що проводяться в Україні й Антарктиці, виявлені ряд аномалій, які можуть бути результатом перенесення енергії на висоти іоносфери під час підготовки потужних землетрусів. Крім того, спостерігалися ефекти в геофізичних полях під час великих метеорологічних явищ (циклони, урагани), потік енергії від яких проникав як в літосферу, так і іоносферу. Спостерігалось також неодноразове збудження електромагнітного та акустичного поля при вході в атмосферу метеоритів, що може бути використане як елемент сигнатурного моніторингу у ближньому космосі.

У подальшому використання геофізичної наземної системи в комплексі з супутниковою системою може дозволити виділяти та ідентифікувати літосферно-атмосферні впливи на іоносферу «знизу» на тлі сонячного впливу «зверху».

ВПЛИВ АКУСТИЧНИХ ЗБУРЕНЬ В АТМОСФЕРІ НА ПРОХОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ ДНЧ ДІАПАЗОНУ

В.П. Мезенцев, М.О. Мельник, Л.М. Каратаева, Р.Т. Ногач
(Львівський центр ІКД НАН України та ДКА України)

Ю.Г. Рапопорт, В.М. Івченко, Г.П. Милиневский, Е.Н. Ткаченко
(Київський Національний університет ім. Т. Шевченка, Україна)

О.К. Черемних, Ю.А. Селиванов (Інститут космічних досліджень НАН та ДКА України)

В.В. Гримальский (Autonomous University of Morelos, Cuernavaca, Morelos, Mexico)
mez@isr.lviv.ua

Нижня межа іоносфери є екраном для проходження електромагнітних хвиль (ЕМХ) в діапазоні дуже низьких частот (ДНЧ) від 3 до 30 кГц. Характерними природними представниками ЕМХ ДНЧ є вістлери. Вони утворюються внаслідок потрапляння електромагнітних імпульсів (ЕМІ) від блискавок в силові магнітні трубки магнітосфери Землі (каналізація). ЕМІ, проходячи вздовж силової магнітної трубки, зазнає дисперсійних перетворень – розкладання імпульса на складові. Залежно від потужності ЕМІ вістлери здатні багатократно пройти вздовж силової магнітної трубки, відбиваючись від екрану нижньої границі іоносфери. Якщо для апаратури, встановленої на космічних апаратах (КА) вістлери є звичним явищем, то їх реєстрація наземними приладами свідчить про зміни екрануючих властивостей іоносфери.

В ЛЦ ІКД було проведено серію експериментів з вивчення впливу акустичних збурень в атмосфері на проходження ЕМХ ДНЧ через іоносферу згори. Аналізувалися сигнали, зареєстровані наземним приймачем ЕМХ ДНЧ, шляхом порівняння розподілу густини вістлерів протягом години до акустичного збурення і години після. Із багаточисельних експериментів слідує, що часовий проміжок з приблизно 5 до 50 хв після акустичного збурення характеризується зростанням густини, що свідчить про зростання прозорості іоносфери для ЕМХ ДНЧ.

Таким чином, акустичне збурення впливає на зміну прозорості іоносфери, що дає змогу ЕМХ ДНЧ інтенсивніше проникати з космосу. Так само ЕМХ ДНЧ повинні інтенсивніше проникати в зворотньому напрямку. Щоб перевірити цю гіпотезу було проведено серію наземно-космічних експериментів з акустичного впливу на іоносферу з використанням супутника «DEMETER». В якості реперних сигналів ДНЧ використовувались ЕМХ навігаційних станцій РСДН-20 («Альфа») з частотами 11, 13 і 15 кГц. Експерименти проводилися як з використанням акустичного збурення, так і без нього. Інтенсивність ЕМХ ДНЧ, зареєстрованих на борту супутника після використання акустичного збурення на декілька порядків вища, ніж за відсутності акустичного збурення. Це свідчить про зростання прозорості іоносфери для ЕМХ ДНЧ при їх проходженні з хвилеводу Земля-іоносфера в космос.

СОЛНЕЧНЫЕ ВСПЫШКИ И ДРЕВНИЕ ПРОТОННЫЕ СОБЫТИЯ В ПРИРОДНЫХ АРХИВАХ: НОВЫЕ ДАННЫЕ И ГИПОТЕЗЫ

Л. Мирошниченко

(Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
имени Н.В. Пушкова РАН)

leonty@izmiran.ru

Радиационные условия на орбите Земли, возмущения в ионосфере, состояние озонового слоя, ионизация верхней атмосферы и другие геофизические явления в значительной мере определяются вариациями потоков энергичных частиц (1), ускоренных на Солнце или вблизи него (солнечных космических лучей – СКЛ). На орбите Земли эти частицы регистрируются в виде солнечных протонных событий (СПС). Масштабы и значимость указанных процессов (их геоэффективность) меняются в зависимости от уровня солнечной активности (СА). Предполагается рассмотреть эту проблему для различных стадий 11-летнего цикла солнечной активности (СА), при различных уровнях СА (2) и различной частоте экстремальных солнечных вспышек (3, 4), в различные эпохи эволюции Солнца (в частности, в эпоху «молодого» Солнца).

1. Л.И. Мирошниченко. Физика Солнца и солнечно-земных связей. - Москва, НИИЯФ МГУ: Университетская книга, 2011, 174 с., lib.qserty.ru/static/tutorials/133_Miroshnichenko_2011.pdf
2. В.Н. Обридко, Л.И. Мирошниченко, М.В. Рагульская, О.В. Хабарова, Е.Г. Храмова, М.М. Кацова, М.А. Лившиц. Космические факторы эволюции биосферы: Новые направления исследований. - Проблемы эволюции биосферы. - Серия «Гео-биологические системы в прошлом». Москва, Палеонтологический Институт РАН, 2013, с.66–94, <http://www.paleo.ru/institute/files/biosphere.pdf>.
3. L.I. Miroshnichenko. Cosmic Rays and Evolution of the Biosphere: Search for New Approaches. – Proc. Int. Conference “Space Weather Effects on Humans in Space and on Earth”. 2013, v.1, p.110-136. <http://www.iki.rssi.ru/print.htm>
4. L.I. Miroshnichenko, R.A. Nymmik. Extreme fluxes in solar energetic particle events: Methodological and physical limitations. - Radiation Measurements, 2014, v.61, p.6-15.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОСВЯЗИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И СЕЙСМИЧНОСТИ КАРПАТСКОГО РЕГИОНА УКРАИНЫ В РАЗНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ МАСШТАБАХ

Л.С. Назаревич (Институт геофізики ім. С.І. Суботіна НАН України)

А.В. Назаревич (Карпатське Відділення Інституту геофізики НАН України)
nazarevych.l@gmail.com

Активное воздействие Солнца на различные земные процессы (в первую очередь, на атмосферные и океанические циркуляции) известно давно. В последнее время чешскими учеными (Календа и др., 2014) выдвинута и обоснована гипотеза о том, что именно влияние Солнца, в частности, за счет механизма проникновения глубоко в тектоносферу сезонных и длиннопериодных (до десятков и сотен тысяч лет) термоупругих волн (с периодами так называемых циклов Миланковича), связанных с циклическим изменением орбитальных параметров Земли и соответствующим изменением влияния Солнца. Такое влияние, которое возможно как через энергию электромагнитного излучения в различных участках спектра, так и через закачку энергии за счет приливных и других эффектов (в том числе приливного трения), является, по мнению указанных ученых, причиной современной геотермической и геодинамической активности тектоносферы Земли, движения литосферных плит. В русле изучения фактических данных о солнечно-земных связях нами уже ранее был проведен ретроспективный корреляционный анализ вариаций сейсмической активности в Карпатском регионе Украины и солнечной активности (СА) и прослежена связь местной сейсмичности с 11-летними циклами СА. Проведенный в рамках этих исследований ретроспективный анализ эффективности прогнозирования сильных землетрясений по 4-м фазам 11-летнего цикла СА по методике А.Гусева показал статистическую значимость такого прогноза для региона, где величина эффективности для фаз максимума составила 1,93, а для фаз минимума – 1,12. Этот эффект может быть дополнительным вероятностным критерием для прогнозирования сильных местных землетрясений. Также нами был проведен спектральный анализ рядов чисел Вольфа и местной сейсмичности региона за период 1964-2000 гг. и установлено, что кроме сильных 11- и несколько более слабых 22-летних составляющих присутствуют достаточно выраженные 7-, 5- и квази 2-летние вариации, которые коррелируют со спектром вариаций уровня местной сейсмичности.

В русле этих исследований нами сейчас проанализирована сейсмичность юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы в пределах Львовской области в период минимума Маундера СА (1645-1715 гг), пользуясь тем, что за это время историческими летописями здесь зафиксирован ряд ощутимых землетрясений. Такой анализ показал, что в минимуме Маундера произошло 5 достаточно сильных землетрясений с интенсивностью I-4-6 баллов, 4 из которых произошли в глубоком минимуме цикла, землетрясение 1638 г. (начало минимума Маундера) произошло при значительном количестве солнечных пятен ($W \approx 115$). Подобно, как и в отношении исследованной ранее связи землетрясений с 11-летними циклами СА в целом Карпатском регионе за период 1850-2010 гг, здесь во время максимумов СА уже вне временного интервала минимума Маундера также произошли ощутимые землетрясения с I до 6 баллов (1619 г. и 1754 г.).

Таким образом, подтвердился сделанный ранее вывод о том, что статистически наиболее значимо связь сейсмичности с вариациями солнечной активности проявляется в фазах минимума и максимума СА. Это имеет место как для территории целого Карпатского региона, так и для зоны контакта Восточноевропейской и Западноевропейской платформ, и это касается как 11-летних циклов (в период 1850-2010 гг, когда было уже значительно больше сейсмических данных), так и более длительных циклов в предыдущие века (в частности, минимума Маундера в 1645-1715 гг, когда исторических данных о местных землетрясениях очень мало).

ОТРАБОТКА МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭМС ПРИ ПРОВЕДЕНИИ В ИОНОСФЕРЕ ПЛАЗМЕННО-ВОЛНОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Д. Новиков

(Институт космических исследований РАН)

dnovikov@iki.rssi.ru

Одним из важных диагностических методов изучения околоземного космического пространства (ОКП) являются плазменно-волновые исследования на космических аппаратах (КА). Однако, из-за ограниченного количества КА, исследования проводятся эпизодически и часто только в определенных областях ОКП. Особенно плохо был изучен ОНЧ/УНЧ/КНЧ диапазон. Основной методической и технической проблемой здесь является то, что электромагнитная обстановка (ЭМО) на существующих в настоящее время КА затрудняет проведение измерений электромагнитных полей, обусловленных вышеперечисленными и имеющими низкую локальную плотность энергии. Это связано с тем, что имеющаяся на КА радиоэлектронная и электротехническая аппаратура, работая в номинальных режимах, является источником электромагнитных излучений, в том числе в определенном выше диапазоне частот. Естественно, чем больше аппаратуры размещается на КА, точнее, чем выше ее энергоемкость, тем хуже ЭМО. Таким образом, возникает необходимость проведения электромагнитного мониторинга на КА с энергопотреблением не более 25-50 Вт. Отработка методов обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) приёмников ОНЧ/УНЧ/КНЧ диапазонов с комплексами научной и служебной аппаратуры рассматривается на примере данных, полученных с микроспутника «Чибис-М», выведенного на орбиту 25 января 2012 г.

ПРО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ ІОНОСФЕРИ

В.К. Паучок (Тернопільський державний економічний університет)

Л.М. Янків-Вітковська (Національний університет «Львівська політехніка»
pauchokvolodymyr@gmail.com)

Обставини розв'язування геодезичних задач координатного забезпечення залежать від іонізації атмосфери, на яку впливають добові зміни сонячної радіації, потоки частинок сонячного вітру, іонізаційні процеси в магнітному полі Землі та електричні й механічні коливання плазми іоносфери. Комплексний вплив таких чинників врешті призводить до специфічної зміни іонізації атмосфери протягом доби, під час короткотривалих проміжків часу, а також – під час магнітних бур та спалахів сонячної активності. У зв'язку з цим актуальним є дослідження характерних кількісних параметрів, що описують динаміку іонізації атмосфери, математичного моделювання цих параметрів з можливим обчисленням прогнозних їхніх значень.

Під час роботи сучасних супутникових навігаційних систем (GNSS) відбувається накопичення даних моніторингу навколоземного простору, зокрема, значення VTEC (вертикальної величини загальної концентрації електронів) над окремими референцними станціями. За цими даними нами відновлено поле VTEC на території станцій ZAKPOS в довільний момент часу, встановлено фізичні параметри іоносфери (часову тривалість та просторову розмірність характерних її неоднорідностей). Однак для вдосконалення умов розв'язування задач координатного забезпечення важливо мати просторовий розподіл іонізації над територією, де розміщені GNSS-станції. Для цього нами було взято миттєві значення показника STEC (виміряну уздовж шляху проходження сигналу величину загальної концентрації електронів) у напрямках між станціями вибраної мережі та супутниками системи глобального позиціонування, які перебувають над горизонтом. Уздовж цих напрямів відкладено рівномірно розміщені вузли, в яких обчислено значення параметрів іоносфери за відповідним відомим показником STEC, за якими відновлено просторове значення параметрів іоносфери в момент вимірювання за допомогою регуліризованої апроксимації поліномом від трьох аргументів (просторових координат).

Прогнозний розв'язок цієї системи рівнянь дає значення іонізації, які необхідні для визначення геодезичних координат з відповідною точністю.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПАРАМЕТРІВ ІОНОСФЕРИ

С.Г. Савчук, Л.М. Янків-Вітковська, І.В. Савчук
(Національний університет «Львівська політехніка»)
ssavchuk@polynet.lviv.ua

Практична важливість контролю стану плазмової оболонки Землі стимулювала інтенсивне вивчення іоносфери, насамперед як середовища поширення радіохвиль. Отримання інформації про просторовий розподіл електронної концентрації вздовж траси поширення радіохвиль представляє собою непросту задачу, оскільки висотні профілі розподілу електронної концентрації іоносфери істотно змінюються як з плином доби, так і з довготою і широтою, залежать від сезону, від сонячної та магнітної активності. Для отримання повної інформації про іоносферу було б потрібно дуже велику кількість засобів вимірювань, рівномірно розподілених по поверхні планети. Одним із таких засобів є приймачі супутникових сигналів глобальних навігаційних систем (GNSS).

Мета даного дослідження полягала у встановленні кореляційних зв'язків параметрів іоносфери, визначеними за даними кодових і фазових GNSS вимірювань, із даними вертикального іонозонда та даними сонячної і магнітної активності.

В роботі для дослідження та аналізу кореляційних зв'язків були використані такі дані: сонячної активності (з травня по серпень 2013 року), магнітної активності (з травня по серпень 2013 року), «Індекса 95» (червень, жовтень 2013 року), загального вмісту електронів TEC (з травня по вересень 2013 року) та вертикального іонозонда (вересень 2013 року). Слід зазначити, що дані сонячної та магнітної активності взяті в планетарному масштабі, а значення «Індекса 95» та загального вмісту електронів TEC мають локальний характер.

Встановлення кореляційних зв'язків проводилось у двох напрямках:

1. Отримані результати практичної реалізації алгоритму визначення електронного розподілу іоносфери за даними кодових і фазових GNSS вимірювань аналізувалися з даними вертикального іонозонда. При виконанні даного дослідження були опрацьовані результати загального вмісту електронів ст. SULP (TEC) та дані вертикального іонозонда ст. Pruhonice (Чехія) - (ZOND_PRUH) і ст. Rome (Італія) - (ZOND_ROME).

2. Отримані результати практичної реалізації алгоритму визначення електронного розподілу іоносфери за даними кодових і фазових GNSS вимірювань аналізувалися з даними сонячної та магнітної активності. При виконанні даного дослідження були опрацьовані дані загального вмісту електронів ст. SULP (TEC), «Індекса 95», сонячної (KP_SOLAR) та магнітної (KP_MAG) активності.

З виконаних досліджень та отриманих результатів зроблено відповідні висновки.

ПЛАНЕТАРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ПОЛЯ АГВ В ВЕРХНЕЙ ТЕРМОСФЕРЕ

Т.В. Скороход, Г.В. Лизунов

Институт космических исследований НАНУ – ДКАУ

tayna_83@ukr.net

Работа продолжает цикл исследований волновой активности верхней атмосферы Земли, ведущихся по данным прямых спутниковых наблюдений в Институте космических исследований НАНУ – ДКАУ в течение последних 10 лет. Для обработки взят массив данных [1], полученных в 1970-х годах в результате работы серии спутников «Atmosphere Explorer» и работы спутника «Dynamics Explorer 2» в 1981–1983 гг. Специфика и даже уникальность данных [1] связана с тем, что установленные на «Эксплорерах» приборные комплексы регистрировали одновременный набор атмосферных параметров: газокинетическое давление, температуру, концентрации индивидуальных газовых составляющих, две компоненты потоковой скорости воздуха и т.д.

Одновременная регистрация волнового процесса в возмущениях различных физических величин открывает возможность оценивания спектральных характеристик волны. Например, по осцилляциям вертикальной скорости воздушных частиц V (измеряемой на «Эксплорерах» непосредственно) и вертикального смещения частиц h (оцениваемой теоретически по вариациям газовых концентраций) можно оценить частоту волны $w=V/h$. Аналогично, с использованием соотношений теории АГВ, можно определить волновой вектор, фазовую и групповую скорости АГВ. Соответствующая методика была впервые обоснована в работе [2]. Наша работа является критическим продолжением и развитием этого подхода.

В докладе впервые представлен анализ погрешностей измерений на аппаратах «Эксплорер», а также погрешности, возникающей при оценивании спектральных параметров АГВ. Проведена сплошная обработка около 4-х месяцев измерений на спутнике «Dynamics Explorer 2», составлен и размещён в открытом доступе каталог более полутора тысяч волновых форм АГВ [3]. На большой статистике проведено изучение морфологической структуры поля АГВ на высотах измерений (около 300 км). Построены планетарные карты распределения интенсивности и скорости распространения АГВ, позволяющие исследовать связь волнового поля с ветровой структурой термосферы, авральной активностью и др. геокосмическими факторами.

1. Веб-ресурс «National Space Science Data Center». Режим доступа: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/atmoweb>
2. Innis J.L., Conde M. Characterization of acoustic-gravity waves in the upper thermosphere using dynamics explorer 2 wind and temperature spectrometer (WATS) and neutral atmosphere composition spectrometer (NACS) data // J. Geophys. Res. – 2002. – V. 107, A12. – P. 1418. doi:10.1029/2002JA009370
3. Веб-ресурс POPDAT. Режим доступа: <http://www.popdat.org>

ОСОБЛИВОСТІ СОНЯЧНОЇ ТА ГЕОМАГНІТНОЇ АКТИВНОСТІ У 19 – 24 СОНЯЧНИХ ЦИКЛАХ

Т.П. Сумарук, Ю.П. Сумарук

(Інститут геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України)

sumaruk_Taras@ukr.net

Розглянуто зміни сонячної та геомагнітної активності у 19 – 24 циклах сонячної активності. Показано, що на фазі росту 24 циклу спостерігається найбільш низька геомагнітна активність за останні 5 циклів. Проаналізовано причини спаду геомагнітної активності і можливі наслідки.

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ГЕОКОСМОСЕ, ВЫЗВАННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ МОЩНОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Л.Ф. Черногор

(Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна)

Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

Цель доклада – обзор результатов наблюдений и моделирования физических процессов в ионосфере и геомагнитном поле, сопровождавших воздействие на ионосферу мощным радиоизлучением.

Воздействие на плазму осуществлялось периодическим радиоизлучением нагревного стенда «Сура» (вблизи г. Н. Новгород, Россия). Диагностика возмущений в ионосфере и геомагнитном поле производилась в Радиофизической обсерватории ХНУ имени В. Н. Каразина (вблизи г. Харьков, Украина). Для диагностики использовались радары частичных отражений и доплеровского вертикального зондирования, цифровой ионозонд, радиоприемники навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, а также магнитометр-флюксметр.

Обнаружены и изучены возмущения двух типов.

Первые из них – аperiodические – имели время запаздывания около 10–15 мин и продолжительность 10–20 мин. Проявлялись эти возмущения в нижней ионосфере как увеличения амплитуд частично отраженных сигналов, а также всплески минимальной наблюдаемой на ионограммах частоты и уровня геомагнитного поля в диапазоне периодов 10–17 мин. Эти возмущения, скорее всего, вызваны ударным воздействием на систему ионосфера – магнитосфера с последующим высыпанием высокоэнергетичных (порядка 10–100 кэВ) электронов и увеличением концентрации заряженных частиц в нижней ионосфере. Последнее приводило к наблюдаемым радиофизическим и геомагнитным эффектам.

Возмущения второго типа – квазипериодические – имели время запаздывания 30–40 мин и период 10–30 мин. Такие возмущения связаны с генерацией и распространением в E- и F-областях акустико-гравитационных волн и перемещающихся ионосферных возмущений.

Результаты компьютерного моделирования основных физических процессов соответствуют результатам наблюдений.

*ПОСТЕРИ до секції 1***ГЕОМАГНИТНАЯ БУРЯ 13–14 НОЯБРЯ 2012 Г.:
РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ**

И.Ф. Домнин, Л.Я. Емельянов, С.В. Кацко, Л.Ф. Черногор
(Институт ионосферы НАН і МОН України)
sophiaharytonova@gmail.com

Исследование влияния геокосмических бурь (ГБ) на околоземную среду является одной из важнейших задач современной геофизики и физики солнечно-земных связей. Особый интерес при исследовании эффектов ГБ вызывает формирование глобальной системы переноса плазмы. Одной из проблем теории и моделирования состояния околоземной космической плазмы является создание моделей, достоверно отображающих поведение среды не только в спокойных, но и в возмущенных гелиофизических условиях.

Известно, что нейтральная атмосфера существенно влияет на поведение ионосферной плазмы. К числу параметров, определяющих состояние верхней атмосферы, относятся концентрация нейтралов и их температура. Важны также величина энергии, подводимая к электронам, потоки тепла, переносимые электронами из плазмы в ионосферу, потоки заряженных частиц, скорость нейтрального ветра и т. д. Эти параметры можно рассчитать, привлекая экспериментальные данные некогерентного рассеяния (концентрацию электронов, температуру электронов и ионов, скорость движения плазмы), используя известные теоретические соотношения и параметры нейтральной среды, рассчитанные с помощью современных моделей атмосферы.

Анализ каждой бури дает ценную информацию для дальнейшего исследования и моделирования физических процессов в системе Солнце – межпланетная среда – геокосмос – атмосфера – Земля, а также для прогнозирования реакции ионосферы конкретного региона на возмущения на Солнце.

Цель доклада – изложение результатов наблюдения и физико-математического моделирования ионосферных эффектов, возникших во время ГБ 13–14 ноября 2012 г. Наблюдения проведены с помощью радара некогерентного рассеяния в Харькове.

Умеренная ГБ 13–14 ноября 2012 г. (значения индексов геомагнитной активности: $A_{E\max} = 1009$ нТл, $K_{p\max} = 6+$, $Dst\ min = -109$ нТл) сопровождалась ионосферной бурей со знакопеременными фазами, особенностью которой являлось наличие двух положительных фаз возмущения.

Далеко не все вопросы, касающиеся морфологии и физики положительной фазы, решены к настоящему времени. В отличие от отрицательной фазы, положительная фаза вызывает много споров. Физические механизмы, которые поддерживают длительное существование положительной фазы, и особенности ее проявления изучены до настоящего времени еще недостаточно.

Результаты настоящей работы показали, что как при сильных, так и при умеренных ГБ, эффекты взаимодействия подсистем в системе Земля – атмосфера – ионосфера – магнитосфера становятся определяющими.

ДИАГНОСТИКА АТМОСФЕРЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗЛУЧЕНИЙ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ

В.И. Луценко, И.В. Луценко, Д.О. Попов
(Институт радиопизики и електроники им. А.Я. Усикова НАН Украины)
irene-lutsenko@ukr.net

Эффективность работы систем навигации, радиолокации, связи в значительной мере зависит от условий распространения радиоволн, определяемых состоянием атмосферной рефракции. Она, в свою очередь, обусловлена пространственно-временным распределением коэффициента преломления N . Значительный интерес для прогнозирования дальности действия радиотехнических систем различного назначения, а также оценки точности изменения координат ГНСС представляет изучение сезонного, суточного и высотного распределения N , создание его статистической модели. Для диагностики атмосферных процессов и подстилающих поверхностей могут использоваться существующие излучения глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Для этих целей может использоваться информация об углах захода спутников, высотные и пространственные характеристики, а также данные о зенитных тропосферных задержках.

Экспериментальные исследования проводились в Харькове, Полтаве, Сумах, где были созданы пункты с систематическими круглосуточными измерениями.

Предложены методы оценивания тропосферной рефракции по углу радиозахода спутника ГНСС и данным об изменениях высоты измерительного пункта. Установлена связь между погрешностями определения высоты, измеренной псевдодальностью и состоянием тропосферы. Рассмотрена возможность обнаружения опасных метеоявлений по флуктуациям псевдодальности. С использованием величины флуктуаций сигнала ГНСС предложена методика оценивания степени шероховатости подстилающей поверхности (суши или моря).

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках Целевой комплексной программы НАН Украины по научным космическим исследованиям на 2012-2016гг.

ПРОБЛЕМА ИНФРАЗВУКА В АКУСТИКЕ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Г.І. Сокол

(Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара)

gsokol@ukr.net

К настоящему времени в довольно большом объеме проведены научные исследования по специфическому влиянию низкочастотных и инфразвуковых колебаний на живые организмы. Следует отметить работы по применению инфразвука (ИЗ) для интенсификации технологических процессов. Анализ указанных выше воздействий невозможен без специальных исследований, что требует наличия специальных установок в виде излучателей инфразвуковых волн (ИЗВ). В области средних и высоких звуковых частот существуют надежные методы генерирования и исследования акустических полей. В области низких частот эти методы развиты слабо и только для отдельно взятых задач. Проблема создания генераторов сложна тем, что соотношение между радиусом излучателя и длиной волны инфразвука очень мало, отсюда мала активная составляющая акустической мощности. Решение проблемы возможно созданием излучателей ИЗ новых типов. Затухание ИЗ в атмосфере мало, что объясняется пропорциональностью коэффициента затухания квадрату частоты. Иногда ИЗ называют «акустическим нейтрино». В рамках развития космической отрасли интересно применение искусственных спутников Земли для анализа космической погоды, прогнозирования природных и техногенных катастроф, исследования малоизученных явлений в верхней и в нижней атмосферах через регистрацию ИЗ.

Список литературы

1. Сокол Г.И. Особенности инфразвуковых процессов в инфразвуковом диапазоне частот. – Днепропетровск: Промінь, 2000. – 136 с.
2. Малышев Э.Н. Исследование инфразвука как вредного фактора и пути снижения его интенсивности на предприятиях железнодорожного транспорта: Дисс..... - Л.: 1972. - 176 с.
3. Pimonov L. Les infra - sons. - Paris: CNRS, 1976. – 277p.

ЭВОЛЮЦИЯ РЕТРОГРАДНЫХ ОРБИТ СПУТНИКОВ ДВОЙНЫХ И КРАТНЫХ АСТЕРОИДОВ ИЗ ГРУППЫ АСЗ

В.В. Троянский, А.А. Базей

(НИИ «Астрономическая обсерватория» Одесского национального университета имени
И.И.Мечникова, Одесса, Украина)
v.troianskyi@onu.edu.ua

В течение последних лет стали открывать кратные астероиды, в том числе известно 46 двойных и 2 кратных астероидов, сближающихся с Землей [2].

Мы выполнили исследование систем астероидов, у которых естественные спутники движутся по ретроградной орбите.

Исследуемые системы: двойная (66391) 1999 KW4 и тройная (153591) 2001 SN263. Методом компьютерного моделирования мы получили изменения в Кеплеровых элементах орбит спутников этих астероидов на протяжении промежутка времени, длительностью 1000000 лет.

В динамической модели движения астероидов, учитываются гравитационные возмущения от восьми больших планет, Луны; сжатие Солнца, больших планет, Луны. При численном интегрировании начальные вектора состояния больших планет и Луны заимствованы из численной теории DE431 [3], созданной в Лаборатории Реактивного Движения (США). Движение астероидных систем интегрировалось методом Эверхарта 15 порядка [1].

В результате интегрирования движения с участием астероидной системы (66391) 1999 KW4 существенных изменений в элементах орбит не было получено.

Что же касается тройной астероидной системы (153591) 2001 SN263, элементы орбиты изменяются периодически по гармоническому закону и только наклонение внутреннего спутника изменяется с наложением разных гармоник.

Движение спутников в исследованных системах не выявило вековых возмущений в элементах орбит на протяжении 1000000 лет.

Список литературы

1. Everhart E. A New Method for Integrating Orbits // Bulletin of the American Astronomical Society. 1973.
2. “<http://www.johnstonsarchive.net/astro/asteroidmoons.html>”.
3. “http://ipnpr.jpl.nasa.gov/progress_report/42-196/196C.pdf”

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ПРОЛЕТА ЧЕЛЯБИНСКОГО КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛА

Ю.Б. Милованов, Л.Ф. Черногор

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина,

Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

Цель доклада – изложение результатов численного моделирования эффектов в атмосфере на высотах 100–20 км, вызванных падением Челябинского метеороида.

В качестве исходных использовались уравнения торможения для ускорения a , потери массы тела m , изменения угла падения β , высоты z , скорости v и ее вертикальной составляющей, интенсивности свечения I и линейной концентрации электронов α . При этом входные параметры принимали следующие значения: коэффициент динамического сопротивления – 0,8, 0,9, 1,0, 1,1 и 1,2; коэффициент подъемной силы – 0, 0,05 и 0,10; коэффициент теплообмена – 0,001, 0,003, 0,005, 0,010 и 0,020; коэффициент k , определяющий поперечную к направлению траектории скорость фрагментов космического тела, – 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 и 3,0; удельная теплота сублимации Q – 1, 2, 4, 6, 8 и 10 МДж/кг; коэффициент светимости – 0,2 и коэффициент ионизации – $1,54 \cdot 10^{-2}$. Предполагалось, что начальная масса тела – 11 кг, начальная скорость – 18,5 км/с, форма тела – шароподобная, начальный диаметр – 18 м.

Показано, что изменение коэффициента динамического сопротивления больше всего влияет на вариации ускорения (от -26 до -17 км/с²), изменение коэффициента подъемной силы – на вариации угла падения (от 21° до 17°), изменение коэффициентов теплообмена, k и Q – существенно влияют на все параметры космического тела.

Результаты численного моделирования позволили уточнить траекторию и высоту взрыва космического тела, его скорость, ускорение, массу на высоте взрыва, а также ряд других физических параметров.

Результаты моделирования в целом соответствуют результатам наблюдений.

ПРО МЕТОДИ ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ІОНОСФЕРИ В ЗАДАЧАХ КООРДИНАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Л. Янків-Вітковська
(Національний університет «Львівська Політехніка»)
luba_y@ukr.net

Визначення впливу іоносфери має вирішальне значення для сучасних GNSS застосувань. Вимірювання параметрів супутникових сигналів у поєднанні з методами математичної обробки та моделювання знайшли широке застосування в зв'язку з впровадженням в практику досліджень сучасних обчислювальних засобів і методів експериментальних досліджень.

Запропоновані автором методи досліджень іоносфери дозволяють проводити експериментальні дослідження безпосередньо при експлуатації існуючих мереж активних референціальних станцій, призначених для вирішення інших завдань.

Цей підхід є новою ерою в іоносферних дослідженнях, оскільки основна властивість таких мереж - можливість проводити вимірювання безперервно в часі в будь-якій точці, що дозволяє забезпечити дослідження глобальних і регіональних явищ в іоносфері практично у режимі реального часу.

Безперервний моніторинг для дослідження та прогнозування регіонального стану іоносфери Землі на основі використання мережі активних референціальних станцій і програмно-алгоритмічної реалізації методу макромодельовання

- створює можливість автоматизованої технології обробки GNSS спостережень для практичної реалізації моніторингу просторового розподілу концентрації електронів;

- забезпечує визначення впливу додаткової апріорної інформації та похибок кодових і фазових вимірювань на визначення концентрації електронів в напрямі супутник-приймач;

- дає можливість апробації алгоритму практичної реалізації визначення загального вмісту електронів (TEC) за даними кодових і фазових GNSS вимірювань та визначення азимутально-часових варіацій стану іоносфери, реконструкції просторово-часової структури іоносфери методом комп'ютерної томографії у реальному масштабі часу та отримати оцінки її практичної реалізації.

Автором теоретично обґрунтовані і реалізовані на практиці елементи технології безперервного моніторингу іоносфери Землі, засновані на використанні отриманих за допомогою GNSS даних та застосуванні методу макромодельовання. Розвинена технологія визначення загального вмісту електронів - TEC не вимагає застосування спеціально створених і обладнаних станцій, а може бути реалізована на існуючій інфраструктурі активних референціальних станцій, що вельми важливо для отримання інформації про іоносферу в квазіреальному масштабі часу і регіональному масштабі.

2 СЕКЦІЯ

SECTION 2

**КОСМІЧНА БІОЛОГІЯ, МЕДИЦИНА
І НАУКИ ПРО МІКРОГРАВІТАЦІЮ**
Space biology, medicine and microgravity sciences



A COMPARATIVE STUDY OF NEUROTOXIC POTENTIAL OF NATIVE LUNAR/MARTIAN DUST SIMULANTS AND SYNTHETIC NANOPARTICLES OF MAGNETITE

T. Borisova, A. Nazarova, R. Sivko, A. Borysov, N. Krisanova
(Department of Neurochemistry, Palladin Institute of Biochemistry, NAS of Ukraine)
tborisov@biochem.kiev.ua

The research was focused on the comparative analysis of the effects of synthetic nanoparticles of magnetite and native inorganic particles of lunar/ martian dust simulants (JSC-1a/JSC, derived from volcanic ash) on the key characteristics of glutamatergic neurotransmission. Glutamate is the main excitatory neurotransmitter involved in most aspects of normal brain function, whereas disturbances in glutamate homeostasis contribute to the pathogenesis of major neurological disorders.

Administration of synthetic nanoparticles of magnetite and lunar/martian dust simulants resulted in an increase in the size of isolated brain nerve terminals (synaptosomes) that indicate their binding to synaptosomes. No significant influence of these particles on the potential of the plasma membrane and acidification of synaptic vesicles in the nerve terminals was registered by spectrofluorimetry with potential-sensitive and pH-sensitive fluorescent dyes. Using radiolabeled L-[14C] glutamate, it was shown that nanoparticles of magnetite and lunar/martian dust simulants did not influence active transport of L-[14C] glutamate and the extracellular level of the neurotransmitter in the nerve terminals. In contrast, it was demonstrated an increase in L-[14C]glutamate binding to the nerve terminals in low [Na⁺] media and at low temperature in the presence of lunar dust. This fact can have deleterious effects on extracellular glutamate homeostasis in the CNS and cause alterations in the ambient level of glutamate, which is extremely important for proper synaptic transmission. Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.

ULTRASTRUCTURE AND DIFFERENTIATION OF PERIVASCULAR CELLS IN THE BONE TISSUE REMODELING ZONES UNDER MICROGRAVITY

N.V. Rodionova, O.V. Katkova

(Schmalhausen Institute of Zoology of National Academy of Sciences of Ukraine)

elena.katkova@mail.ru

Adaptive remodeling in the skeleton bones interconnects with blood capillaries followed by perivascular cells. Radioautographic studies with ³H- thymidine (Kimmel D.B., Fee W.S., 1980; Rodionova N.V., 1989, 2006) has shown that in osteogenesis zones sequential differentiation process of the perivascular cells to osteogenic ones is going on.

Using electron microscopy and cytochemistry were studied perivascular cells in metaphysis of the rats femoral bones under conditions of modeling microgravity (28 days duration) and in femoral bones metaphyses of rats travelled on board of the space laboratory (Spacelab – 2)

It was revealed that population of the perivascular cells is not homogeneous in adaptive zones of the remodeling in both control and test groups (lowering support loading). This population comprises adjacent to endothelium low-differentiated forms and isolated cells with differentiation features (specific volume of rough endoplasmic reticulum increases in cytoplasm). Majority of the perivascular cells in the control group reveals reaction to alkaline phosphatase (marker of the osteogenic differentiation). In low-differentiated cells this reaction is registered in nucleolus, nucleus and cytoplasm. In differentiating cells activity of the alkaline phosphatase is also detected on the outer surface of the cellular membrane. Unlike the control group in the bones of animals under microgravity reaction to the alkaline phosphatase registers not for all cells of perivascular population. Part of the differentiating perivascular cells does not contain a product of the reaction. There is also obvious trend to decrease in number alkaline phosphatase containing perivascular cells (i.e. osteogenic cells-precursors). Under microgravity some low-differentiated perivascular cells reveal destruction signs.

There also was found a trend to the alkaline phosphatase containing cells number decline (i.e. osteogenic cells) in perivascular cells population. It is one of mechanisms of the osteogenic process intensity decrease in bones at base load remove. This is confirmed by the fact that in the zones of adaptive remodeling we found fibroblasts and fibrosis zones – areas filled with non mineralized collagen fibrils on the bones surfaces. Hence it should be considered that at base load remove slows down (or blocks) osteogenic differentiation of the part of perivascular cells and stimulates differentiation of the fibroblast cells.

Obtained data explain one of the cellular mechanisms of the adaptive reactions in spongy bone under microgravity conditions which could lead to the bone mass loss. Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.

PRE-FLIGHT TESTS FOR BIOMEX: SURVIVAL AND BIOFILM FORMATION BY SYMBIOTIC MICROBIAL COMMUNITY KOMBUCHA UNDER SIMULATED SPACE FLIGHT AND MARTIAN CONDITIONS

N. Kozyrovska, O. Kukharenko, I. Zaets, A. Haidak, S. Shpylova, O. Podolich
(Institute of Molecular Biology & Genetics of NASU)

I. Rohutsky, L. Khirunenko, M. Sosnin (Institute of Physics of NASU)

E. Rabbow

(German Aerospace Center (DLR, Cologne), Institute of Aerospace Medicine, Cologne, FRG)

J.-P. de Vera (German Aerospace Center (DLR, Berlin), Institute of Planetary Research, Berlin, FRG)
kozyrna@ukr.net

Biofilm-forming microbial communities known as the most robust assemblages that survive in harsh environments. These structures display greatly increased resistance to physical and chemical adverse conditions and expected to represent first forms on Earth or anywhere else, and might leave signatures of their activity. The multipurpose international project “Biological and Mars Experiment (BIOMEX)” aims to invest in hypothesis of Lithopanspermia and to study a survival capacity of microorganisms in the low Earth orbit and stability of putative biosignatures like cell wall components, pigments, polysaccharides etc, which may be left on a rock material by microbial assemblages. We offer a new experimental model, kombucha polymicrobial culture, with which to study a biofilm-formation and microbial communities interactions in space environment. The bacterial nanocellulose in biofilms may represent the biosignature to be detected by sensitive instrumental methods. The aim of this study was to prepare for the outboard exposure experiment at ISS the kombucha culture within biofilm embedded in a mineral carrier - anorthosite. In the pre-flight test program of BIOMEX, that has been performed in the DLR Planetary and Space Facilities (Cologne, Germany) we have got preliminary results on the microbial survival capacity, biofilm formation, and nanocellulose structure within the kombucha culture. Under a complex of stressful space flight and Martian-like conditions bacterial cellulose preserves polymer integrity, however, it is undergone deformation seen in the IR-spectrum. In these conditions, cellulose-forming bacteria (along with yeasts) survive within cellulose-based film exposed in the middle and low EXPOSE-2 carriers and restore a capacity to produce a new cellulose-based film. Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.

PLANTS FROM CHERNOBYL ZONE AS A MODEL TO STUDY IMPACT OF CHRONIC RADIATION ON GENOME STABILITY

G.V. Shevchenko, A.S. Talalaiev (Institute of Botany, Kiev, Ukraine)

J.H. Doonan

(Institute of Biological, Environmental and Rural Sciences, Aberystwyth University, UK)

galina-shevchenko@ya.ru

Despite of the impact of radiation, active vegetation in Chernobyl area during the recent years proves that plants can adapt to chronic radiation. One of the immediate targets of radiation is the genetic material, DNA, which can be irreparably damaged. Few investigations have been conducted on plants from the Chernobyl zone in respect of DNA maintenance and stabilization. Our investigations show that *Arabidopsis thaliana* can tolerate chemical (radiomimetic, heavy metals) and physical (UV irradiation) DNA damaging agents much better than control plants from non-polluted areas. Some DNA damage repair genes (*CycB1;1* and *BRCA1*) are up-regulated, suggesting that mechanisms of DNA repair and cell cycle control promote the genome stability under these conditions. It is known that plants have evolved several DNA repair pathways. We investigate expression of marker genes from different DNA repair pathways (homologous recombination (HR), non-homologous end-joining (NHEJ), photoreactivation, base excision repair, etc, known to exist in plants in order to get deeper insight on the mechanism of plant tolerance. To our mind, *A.thaliana* from Chernobyl could serve also as a suitable model for the research on radiation impact on genome stability onboard.

ДИНАМІКА ЗМІН УЛЬТРАСТРУКТУРИ МІТОХОНДРІЙ ПРОТЯГОМ ДИФЕРЕНЦІЮВАННЯ КЛІТИН КОРЕНЯ В УМОВАХ МОДЕЛЬОВАНОЇ МІКРОГРАВІТАЦІЇ

В. Бриков

(Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України)

v_brykov@botany.kiev.ua

За літературними відомостями щодо впливу умов космічного польоту на ультраструктуру мітохондрій рослин до сьогодення часу не можна дійти узагальнюючого висновку, яким чином структурна компонента енергетичного апарату клітин поводить себе в умовах мікрогравітації. Відмінності в даних про ультраструктуру мітохондрій можна пояснити тим фактом, що мітохондрієм являє собою надзвичайно динамічну систему як у відношенні структури так і у відношенні функції, що змінюється у просторі та часі. Подібна динаміка, що полягає а переміщенні органел, їх діленні та злитті, локалізації, зміні конформації, обумовлена взаємодією внутрішніх чинників, тобто онтогенетичним імперативом, та впливом зовнішніх фактору середовища. Зважаючи на важливість мітохондрій у підтримці енергетичного гомеостазу клітин ми мали на меті з'ясувати ступінь перебудов ультраструктури мітохондрій протягом диференціювання клітин кореня. Для цього було запропоновано дослідити тонку ультраструктуру клітин кори у меристемі, дистальній та центральній зоні розтягу та зоні диференціювання коренів проростків гороху, що зазнавали короткотривалого впливу модельованої мкрогравітації протягом 1 – 5 діб. Для моделювання мікрогравітації використовували повільний горизонтальний клінонат. Проростки вирощували в темряві при підтримці оптимальних для росту. Було встановлено, що під час диференціювання клітин кори кореня при збільшенні розміру клітин відбувається збільшення розміру мітохондрій, яке супроводжувалося пропорційним нарощуванням як компонентів матриксу, так і мембрани крист. При цьому контраст мембранних оболонок мітохондрій зростає. Ці дані докупи свідчать про ріст мітохондрій протягом диференціюванням клітин кори кореня, що за літературними даними супроводжується активацією окислювального фосфорилування для задоволення зростаючої потреби клітин у енергії. Тенденція до збільшення розміру мітохондрій краще прослідковується у проростків старшого віку. Вікові відмінності в ультраструктурі мітохондрій в різних ростових зонах кореня не такі суттєві. Хоча варто відмітити, що у проростків 1-одобового віку в меристемі спостерігаються органели, що за своєю ультраструктурою подібні до ювенільних. За умов модельованої мікрогравітації відбувається порушення у процесі росту органел протягом диференціювання клітин кореня. Перехід клітин від ділення до повільно росту розтягом супроводжується навпаки зменшенням розміру органел. В той же час при переході клітин до швидкого росту спостерігається відновлення близької до контролю ультраструктури органел. Ці дані викривають роль мітохондрій у зміні енергетичного статусу саме клітин дистальної зони розтягу.

Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.

ДИФЕРЕНЦІЮВАННЯ КЛІТИН КОРЕНІВ *ARABIDOPSIS THALIANA* В КУЛЬТУРІ *IN VITRO* В УМОВАХ МОДЕЛЬОВАНОЇ МІКРОГРАВІТАЦІЇ

І. Булавін

(Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України)

iliyabulavin@rambler.ru

Численними дослідженнями рослин в умовах реальної та модельованої мікрогравітації було показано зміни структури та метаболізму клітин, в той час як анатомія органів залишалась типовою. Слід зазначити, що більшість подібних експериментів виконувалась на рослинах та їх органах, що утворювались з зародкових структур насіння. Нами вперше була досліджена модель ризогенезу в культурі *in vitro* з черешків листових експлантів *Arabidopsis thaliana* дикого типу, *scg* мутанта та трансгенних ліній: GFP-FABD2 (актиновий цитоскелет), GFP-MAP4 (тубуліновий цитоскелет) з метою встановлення впливу модельованої мікрогравітації (кліностагування) на процеси морфогенезу та клітинної диференціації. Превагою подібних експериментів є те, що вплив кліностагування починається від перших поділів клітин і триває до повного формування органу. Було показано, що корені в культурі *in vitro* утворювались з клітини камбію провідного пучка черешка. Дослідження їх анатомічної будови при кліностагуванні не виявили структурних відхилень від контролю, а також статистично достовірної різниці між довжиною кореневих чохлаків, ростових зон власне кореня та кількістю клітин в них у дикого типу та мутанта. На рівні ультраструктури продемонстровано повну клітинну диференціацію за умов кліностагування, але слід відмітити зменшення розмірів ядра в епідермальних клітинах меристематичної зони коренів дикого типу. Відомо, що процеси клітинного поділу, формування клітинної стінки, розтягу, внутрішнього транспорту пов'язані з функціонуванням цитоскелета. При візуалізації актинового цитоскелета на конфокальному мікроскопі суттєві зміни в орієнтації мікрофіламентів в клітинах меристеми, дистальній та центральній зонах розтягу при кліностагуванні не були виявлені, проте кортикальні мікротрубочки (елементи тубулінового цитоскелету) дистальної зони розтягу зазнавали певного впливу – спостерігалась їх рандомізація та вкорочення, на відміну від контролю, де вони розташовувались перпендикулярно до продольної осі кореня.

Отже, було вперше продемонстровано, що зміни ультраструктури клітин при дії модельованої мікрогравітації суттєво не впливають на процеси морфогенезу коренів в культурі *in vitro*.

Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.

ОСОБЕННОСТИ АФК СИГНАЛИНГА И АНТИОКСИДАНТНОГО ОТВЕТА РАСТЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГИПЕРГРАВИТАЦИИ И ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА

С. Жадько

(Институт ботаники імені М.Г. Холодного НАН України)
ukrkiev55@mail.ru

Активные формы кислорода (АФК) в качестве вторичных мессенджеров участвуют в запуске ответной стресс реакции растений при различных воздействиях определенной дозы. Нами высказано предположение, что эти АФК могут или прямо индуцировать стресс ответ или опосредованно через изменения в структуре и функции хроматина. При этом важное значение принадлежит процессу ацетилирования и деацетилирования гистонов с соответствующей регуляцией экспрессии генов антиоксидантной активности.

Исследовали корни 3-5-суточных проростков гороха и 12-14 дневную каллусную культуру *Agabidopsis thaliana*. Гипергравитационный стресс для корней создавали посредством центрифугирования при 10 и 15 g в течение 15, 30 и 90 мин, затем измеряли интенсивность спонтанной хемилюминесценции/содержание АФК. У культуры ткани оксидативный стресс вызывали действием 50 мМ H_2O_2 . Через 3 час определяли активность аскорбат пероксидазы (АП), каталазы (Кат), пероксиредоксина (ПР) и тиоредоксина (ТР). Активность гистондеацетилазы (ГДА), перед стрессом, ингибировали трихостатином А (ТСА), в дальнейшем как ТСА+ H_2O_2 . Содержание белка определяли по методу Бредфорда. Повторность экспериментов 3-5 кратная. Полученные данные обрабатывали статистически.

При действии гипергравитации в корнях гороха происходило раннее стрессорное увеличение содержания АФК к 30 мин, с последующим некоторым снижением к 90 мин, что соответствуют эффекту стрессорной оксидативной вспышки. При действии только оксидативного стресса у культуры ткани происходило увеличение активности АП, Кат, ПР и ТР к 3 час. При действии ТСА+ H_2O_2 у культуры ткани также происходило увеличение активности АП и Кат приблизительно на таком же уровне, как и при действии только оксидативного стресса. Однако активность ПР и ТР значительно возросла, достоверно превышая действие только H_2O_2 почти в 1.5-2 раза.

Таким образом, посредством ингибиторного анализа выявлены особенности АФК сигналинга, который может иметь как минимум два пути реализации: с участием так называемого генетического пути (регуляция на уровне ДНК-РНК-белок, функция) и эпигенетического, с изменениями в структуре и функции хроматина посредством изменений в ацетилировании и деацетилировании ядерных гистонов.

Работа выполнена в рамках Целевой комплексной программы НАН Украины по научным космическим исследованиям на 2012-2016 гг.

ПРИСКОРЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЮВАННЯ ТА СТАРІННЯ РОСЛИННИХ КЛІТИН В УМОВАХ МІКРОГРАВІТАЦІЇ

Є. Кордюм

(Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України)

cellbiol@ukr.net

Відомо, що старіння є частиною інтегральних, генетично детермінованих процесів росту та розвитку у часі та просторі, основу яких складають зміни клітинної компетенції. Розглядаються дві тенденції процесу старіння: 1) незворотні зміни у проникності мембран і втрата компартменталізації, тобто справжнє старіння (наприклад, старіння та падіння листків) та 2) подальший розвиток фізіологічної компетенції шляхом стимулювання синтезу білків, включаючи нову генетичну інформацію, набання нових фізіологічних і біохімічних функцій, тобто адаптивне старіння. У серії космічних та модельних експериментів з рослинами було одержано дані щодо змін структурно-функціональної організації мітохондрій, пластид, диктіосом, ендоплазматичного ретикулуму та вакуолярного апарату, а також активності ферментів, інтенсивності перекисного окислення ліпідів, синтезу білків теплового шоку, генної експресії, ліпідного та вуглеводного метаболізму тощо, що демонструють прискорення диференціювання та старіння клітин вегетативних і генеративних органів вищих рослин і репродукції одноклітинних водоростей і, таким чином, можуть розглядатися як ознаки адаптивного старіння. Підкреслюється, що посилення катаболічних процесів в клітинах в межах фізіологічної норми реакції під впливом несприятливих чинників є загальним явищем, що забезпечує резистентність та адаптацію організмів. Відомо, що катаболічні процеси в рослинних клітинах пов'язані з поліфункціональним компартментом рослинних клітин – вакуолярним апаратом. Інтенсифікацію вакуолізації клітин порівняно з контролем, особливо в тривалих космічних і модельних експериментах, описано у всіх досліджених рослин. Аволітичні процеси, локальні (зворотні) та загальні (незворотні), залежно від типу клітин відбуваються в цитоплазмі протягом диференціювання та на структурному рівні виявляються в інтенсивній вакуолізації, що здійснюється різними шляхами – збільшенням обсягу цистерн ендоплазматичного ретикулуму, похідних диктіосом, утворенням цитосегресом. Перебудови вакуолярного апарату є нормальним процесом протягом росту, диференціювання та старіння клітин і узгоджуються із змінами у рівні та спрямованості клітинного метаболізму.

Адаптивне старіння клітин має фундаментальні особливості у багатоклітинних рослин внаслідок модулярної форми росту, тобто ріст рослин продовжується, доки меристеми утворюють нові вегетативні та генеративні органи. Тому, стимулювання адаптивного старіння на ранніх стадіях онтогенезу призводить до нових рівнів регуляції подальшого розвитку рослин, включаючи гормональні та епігенетичні системи. Рослини вважаються необхідним компонентом біорегенеративних систем життєзабезпечення космонавтів у тривалих космічних польотах, як джерела кисню та їжі. Встановлено, що рослини в умовах мікрогравітації виконують “репродуктивний імператив”, тобто цвітуть і плодоносять, але разом з тим наявні дані щодо уповільнення та порушень процесів формування насіння. У зв'язку з цим підкреслюється актуальність майбутніх фундаментальних досліджень адаптивного старіння клітин під впливом мікрогравітації та його ролі в онтогенезі рослин для розробки ефективних технологій космічного рослинництва та одержання високоякісної зеленої та насінневої продукції.

Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.

ВПЛИВ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ НА ЕКОЛОГІЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ КОМПОНЕНТІВ БІОГЕОСИСТЕМ ТЕРИТОРІЙ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ

В.В. Кошовий, О.В. Альохіна, І.М. Горбань
(Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України)
koshovy@ipm.lviv.ua

Доповідь присвячена одному із розділів проблеми сонячно-земних зв'язків, а саме, пошуку зв'язків між параметрами сонячної активності (СА) і змінами стану компонентів біогеосистем територій природно-заповідного фонду (ПЗФ) (на прикладі ПЗФ Західного Полісся). Наведені результати досліджень причинно-наслідкових трансформаційних процесів у послідовному ланцюжку: сонячна активність – еоклімат – стан рослинності – чисельність біоіндикаторів. Досліджувані процеси та їх параметри: - сонячна активність: числа Вольфа (W); сумарна сонячна радіація TSI (ккал/см²); потік радіовипромінювання F10,7 і ультрафіолетового UV (eB); - еоклімат: індекс геомагнітної активності DST (нТл); температура повітря T (C0); кількість опадів V (мм); - стан рослинності (біомаса): нормалізований різницевий вегетаційний індекс NDVI за даними ДЗЗ; - чисельність біоіндикаторів: популяції орнітофауни (тетерук, дятел білоспинний, підорлик малий, змієїд, кульон великий, веретенник великий, лебідь шипун, журавель сірий, сова болотяна); популяції ентомофауни (мурашники (жилі мурашники (Ah), нежилі та «затухаючі» мурашники (Auh); популяції сарани (L).

Для оцінювання біомаси використаний продукт MOD13Q1 гіперспектрального радіометра супутника MODIS. На основі операцій з космознімками шляхом створення маски території Шацького НПП (без врахування водних об'єктів) отримані карти зміни індексу вегетації за вегетаційні періоди (квітень – жовтень) 2000÷2012 рр., а для оцінки зв'язків між параметрами процесів у ланцюжку використаний коефіцієнт лінійної кореляції Пірсона (r). Встановлено: 1) обернений зв'язок між СА, вегетаційним індексом та продуктивністю деяких біоіндикаторів стану природних екосистем, які чітко відреагували ростом своєї чисельності на зменшення індексу розвитку зеленої біомаси та СА у період 2002÷2009 рр. (ці індикаторні види об'єднані спільними трофічними ланцюгами, які пов'язані з екосистемами торфових боліт, і належать до мігруючих птахів, а низький розвиток зеленої біомаси посилює кормодобувну успішність цих видів та сприяє підвищенню їх біологічної продуктивності); 2) середні значення індексу вегетації NDVIavg мають тісний зв'язок з середньою температурою повітря Tavg ($r=0.84$) та ультрафіолетовим випромінюванням UV ($r = 0.82$), тобто найбільший вплив на розвиток зеленої біомаси мають ті параметри, які безпосередньо приймають участь у процесах життєдіяльності рослин та проходженні фотосинтетичних процесів; 3) встановлено ряд індикаторних видів орнітофауни, для яких значний розвиток зеленої біомаси сприяє зменшенню кількості їх пар і які складають особливо важливі трофічні ланцюги і утворюють систему біологічного захисту основних екосистем ПЗФ. Отримані результати дозволяють оцінювати вплив СА на екологічну стабільність природних екосистем, прогнозувати деякі екологічні процеси та сприяти підвищенню ефективності управління заповідними екосистемами.

Робота виконана в рамках проекту “Комплексні дослідження геоєфективних проявів сонячної активності та її впливу на екологічну стабільність біогеосистем природно-заповідних територій” Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012–2016 рр.

ГРАВІЧУТЛИВІСТЬ В ОНТОГЕНЕЗІ МОХІВ

О. Лобачевська

(Інститут екології Карпат НАН України)

morphogenesis@mail.lviv.ua

Мохи – це група вищих рослин, яка в процесі ізольованої еволюції виробила свою специфічну реакцію на гравітацію (Sack, 1991; Sack et al., 2001). Незважаючи на важливість гравітропних реакцій, особливості гравісприйняття на різних стадіях індивідуального розвитку мохів проаналізовані недостатньо.

Визначено лише 8 гравічутливих верхоплодних видів мохів. Гравітропні ростові реакції у проаналізованих видів змінювалися залежно від стадії розвитку гаметофіту. Для усіх досліджених видів під час проростання спор не виявлено чіткої гравізалісної диференціації на первинний ризоїд і первинну хлоронему. Менша дисперсія кутів росту первинної хлоронемі, порівняно із первинним ризоїдом, свідчить, що автономна гравічутливість ризоїда є меншою, ніж хлоронемі, для якої негативно гравітропний ріст є адаптивною реакцією для виходу на світло. На основі порівняльного аналізу швидкостей росту негативно гравітропних протонемних столонів встановлено, що гравічутливість корелює зі зростанням кутів згинів. Листкостеблові пагони у *Leptobryum rugifolium* є менш гравічутливими, ніж протонема, тоді як у *Bryum caespiticium* і *Pottia truncata* чутливішими виявилися пагони. Показано, що здатність сприймати гравістимул у спорові протонемі є вищою, порівняно з вторинною. Проте у регенеративної протонемі, отриманої із гаметофорів, гравітація сприяла швидшій диференціації клітин та утворенню бруньок. Негативний гравітропний ріст властивий також для спорогонів усіх видів мохів. Проте, як було встановлено, активація апікального ростового центру спорофіту мохів з поступовою редукцією базального може ініціювати просторову переорієнтацію росту з позитивного геотропного на негативний. У видів *Bryacea* ці зміни відбувалися унаслідок відповідного згину ніжки спорогону. У *Funaria hygrometrica* згинається не тільки ніжка спорогону, а й сама коробочка, яка у процесі формування стає асиметрично-дорзовентральною (Лобачевська, Демків, 1999). Горизонтальне кліно-статування культури *F. hygrometrica* по-різному впливало не лише на просторову орієнтацію спорогону, а й на форму коробочки, сповільнювало диференціацію гетерогенних тканин коробочки, однак неістотно впливало на швидкість росту ніжки спорогону і коробочки. На прикладі двох форм *Bryum pseudotriquetrum* показано, що гравічутливість на різних стадіях онтогенезу може змінюватися залежно від екологічних умов. Встановлено різну гравіреакцію двох форм моху: гаметофори арктичної форми бріума – чутливіші до впливу гравітаційної сили, ніж львівської форми, тоді як протонемна стадія арктичної форми, навпаки, менше чутлива. Мабуть, адаптація до умов короткого вегетаційного періоду Арктики сприяла підвищенню гравічутливості гаметофорів, порівняно з нетривалою стадією протонемі, та активації за участю гравітації вегетативного розмноження (утворення виводкових бульбочок на пагонах, а не на протонемі). Зазвичай значна кількість видів мохів розмножуються спорами, однак безстатеве репродукція є ключовим фактором їх життєвої стратегії та ефективним механізмом швидкого заселення і закріплення рослин на даній території (Velde et al., 2001; Frey, Kürschner, 2010). Уперше для гравічутливого виду *L. rugifolium* встановлено, що розвиток виводкових тілець, як органів вегетативного розмноження і запасання поживних речовин, – явище гравізалісне. Показано, що у темряві виводкові тільця *L. rugifolium* утворюються значно швидше, і їх удвічі більше, ніж на світлі. Після 5-денного кліно-статування дернин *L. rugifolium* виводкових тілець утворювалося менше у темряві, порівняно з гравістимульованою дерниною, і більше, ніж на світлі. Таким чином, вегетативне розмноження мохів є гравізалісним процесом і гравітаційна сила має стимулюючий вплив на формування виводкових тілець. Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012–2016 рр.

ВПЛИВ МОДЕЛЬОВАНОЇ МІКРОГРАВІТАЦІЇ НА ВІРУСИ, ЩО УРАЖУЮТЬ РОСЛИНИ PANAX GINSENG С.А. MEYER

А.А. Дуніч, Л.Т. Міщенко

(Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

lmishchenko@ukr.net

Використання женьшеню, що містить значну кількість біологічно активних речовин, для життєзабезпечення космонавтів у довготривалих місіях, безперечно, є актуальним. Розмноження *Panax ginseng* С.А. Мейер на промислових плантаціях в Україні здійснюється виключно насінням, водночас воно часто може бути джерелом патогенів різної природи, що призводить до погіршення якості розсади та зменшення маси коренів, порівняно зі здоровими рослинами (Горлачова, 2006; Хотин, 1974). Нашими дослідженнями було показано наявність у насінні та плодах женьшеню вірусів (Коренева, 2009; Коренева, Міщенко, 2007; Мищенко і др., 2007), а тому важливим було розробити заходи захисту культури від ураження вірусами, зокрема, інфікування насіння.

Вирощування лікарських культур потребує застосування безпечних заходів захисту рослин від фітопатогенів. Як відомо, застосування хімічних сполук для захисту лікарських рослин від хвороб і їх переносників не завжди є ефективним та безпечним, оскільки спричиняє поступове отруєння не лише об'єкту, проти якого вони були спрямовані, а й інших живих компонентів екосистем, в тому числі і людини. Саме тому для подолання цієї проблеми необхідно є розробка діагностикумів та ефективної безпечної системи захисту від патогенів. Сучасні дослідження впливу модельованої мікрогравітації на перебіг вірусної інфекції у рослинах свідчать про зниження концентрації вірусів за таких умов (Патент на корисну модель № 19360; Mishchenko, 2003; Mishchenko et al., 2004).

В наших дослідженнях по вивченню дії модельованої мікрогравітації на вірусну інфекцію контейнери з насінням хворих рослин женьшеню розміщали у кліностат власної розробки (Патент на корисну модель № 19360). Кліностат реалізує кілька схем переорієнтації рослин відносно вектора земного тяжіння. В якості контролю було нерухоме насіння хворих і здорових рослин женьшеню.

Насіння женьшеню після горизонтального та вертикального кліностатування висівали на ділянках. Аналіз проведених нами досліджень показав, що модельована мікрогравітація призводить до елімінації вірусів із насіння женьшеню, не впливаючи при цьому на здатність до проростання, що дає змогу отримати здорові сходи рослин.

Таким чином, метод передпосівної обробки насіння за умов модельованої мікрогравітації є нетрудоємким та дієвим, а, головне, безпечним методом звільнення рослин *P. ginseng* від вірусної інфекції, який може бути впроваджений у технологію отримання оздоровленого посадкового матеріалу цієї унікальної лікарської культури.

ПІСЛЯДІЯ ФАКТОРІВ КОСМІЧНОГО ПОЛЬОТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН ТОМАТІВ І ЇХ СТІЙКІСТЬ ДО ВІРУСНИХ ІНФЕКЦІЙ

А.В. Дащенко (Національний університет біоресурсів і природокористування України)

Г.С. Нечитайло (Інститут хімічної фізики ім. Н.М. Еммануїла РАН)

М.І. Федорчук (Херсонський державний аграрний університет)

Л.Т. Міщенко (Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

lmishchenko@ukr.net

Томати – продукт раціону космонавтів, який також є важливою ланкою життєзабезпечення, а саме: регенерації газового середовища (фотосинтез), фактором психологічної релаксації людей та потужним антиоксидантом. Мікрогравітація, як один з фізичних факторів космічного польоту, є стресом для рослин і викликає у них адаптаційний синдром для захисту та збереження гомеостазу (Кордюм, 2010; 2012.; Hasenstein, 1999). Метою роботи було дослідити післядію факторів космічного польоту на продуктивність рослин томатів, їх якість та стійкість до вірусної інфекції за різних агроекологічних умов. Насіння рослин томатів (*Lycopersicon esculentum* Mill., сорт Підмосковний ранній) шість років (1992-1998 рр.) перебували в умовах довготривалого космічного польоту на космічній станції «Мир». Після цього насіння проростили весною 2011 року, отримали врожай, а потім отримане насіння щорічно вирощували в земних польових умовах на природному інфекційному фоні за умов Київської і Полтавської областей. Оскільки рослини вирощували у польових умовах на природному інфекційному фоні, існувала висока вірогідність їхнього ураження патогенами різної природи, в тому числі й вірусами. Доведено зниження концентрації каротину і лікопіну в томатах при ураженні їх вірусами (Raitthak, 2012). На контрольних рослинах спостерігалися симптоми, характерні до таких, що викликає вірусна інфекція, а саме: у 2011 році – скручування листків типу «човник вгору», у 2012 р. – окрім скручування листків ще й мозаїка (Міщенко та ін., 2013). Результати досліджень підтвердилися і в 2013 р., а саме: на рослинах з «космічного» насіння відсутність симптомів ураження, а на контрольних – виявлення Y-вірусу картоплі (метод РТ-ПЛР) та симптоми скручування листків і мозаїчність. Результати аналізів показали, що найбільше поліфенольних сполук містилося у плодах томатів, які вирощені з «космічного» насіння (122 мг/ 100г), а в контролі – 84 мг/ 100г ($p < 0,01$).

Численними дослідженнями доведено, що більша кількість фенольних сполук токсична для різноманітних збудників хвороб, в тому числі й вірусів. Встановлено, що у відповідь на інфекцію вміст поліфенолів зростає, причому тим сильніше, чим вищою є стійкість рослин до патогенів (Гладун та ін., 2011). Тобто, фактори космічного польоту підвищують стійкість до інфікування вірусами, про що свідчать дані зовнішньої симптоматики, ІФА, ЕМ, РТ-ПЛР, які показали, що на відміну від контролів, рослини з «космічного» насіння 1, 2 і 3-ї репродукції менше уражуються або взагалі не інфікуються вірусами, що можна пояснити підвищенням вмістом у них поліфенольних сполук. Варто зауважити, що в 2014 р. нами вперше помічено відмінності щодо ураження рослин томатів з «космічного» насіння на природному інфекційному фоні Полтавської обл. порівняно з рослинами, вирощеними у Київській обл. На Київщині ми не спостерігали ураження помідорів M-, Y- вірусами картоплі, що можна пояснити зменшенням кількості векторів вірусів за значної кількості опадів.

Таким чином, нами встановлено, що фактори космічного польоту суттєво впливають на рослини томатів. Вони підвищують продуктивність рослин, концентрацію каротиноїдів у плодах (β -каротину та лікопіну), що має велике значення для застосування цих рослин як продукту харчування космонавтів у довготривалих космічних місіях. По-друге, рослини, вирощені з насіння, яке перебувало у космосі, більш стійкі до інфікування вірусами та характеризуються підвищенням вмістом поліфенолів, не зважаючи на довготривале зберігання у стані спокою.

ДИНАМІКА ДИФЕРЕНЦІЮВАННЯ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗМІНИ ОСТЕОГЕННИХ КЛІТИН В УМОВАХ МІКРОГРАВІТАЦІЇ

Н.В. Родіонова, О.В. Скрипченко (Інститут зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України)
О.Є. Кабицька (ДНЦ РФ Інститут медико-біологічних проблем РАН)
rodionova@izan.kiev.ua

Дослідження, проведені на космічних біосупутниках та станціях в Росії, США, країнах ЄС показали, що за цих умов зменшується маса скелету, міцність та мінеральна насиченість кісток, розвиваються остеопенія, іноді остеопороз, що створює проблеми для тривалих космічних польотів. Мета наших досліджень: отримання нових даних щодо клітинних механізмів гравітаційно-залежних процесів у кістковому скелеті в умовах мікрогравітації.

В наземних експериментах на тваринах (білі щури) з моделюванням мікрогравітації (зняття опорного навантаження на задні кінцівки протягом 28 діб), в міжнародному космічному експерименті на мишах („Біон-М1”), проведеному російськими спеціалістами (ДНЦ РФ ІМБП РАН), нами досліджені динаміка диференціювання та деякі функціональні зміни остеогенних клітин і перебудови у кістках в умовах мікрогравітації.

Встановлено, що в метафізах стегнових і гомілкових кісток щурів при знятті опорного навантаження, а також при мікрогравітації у гомілкових кістках мишей („Біон-М1”) має місце стоншення та зменшення кількості кісткових трабекул, в кістковій тканині реєструються ділянки розшарування та порожнини, що свідчать про зниження кісткової маси в досліджуваних кістках. Зменшується кількість остеоцитів, що функціонують, збільшується площа остеоцитарних лакун, що відображає посилення в кістковій тканині процесів остеоцитарного остеолізу, збільшується кількість порожніх остеоцитарних лакун внаслідок апоптозу остеоцитів. Ці процеси є одним з механізмів розвитку у кістках деструктивних змін, появи зон „прозорості”. Методом авторадіографії з ³H-тимідином в експериментах на щурах показано, що основна фракція ДНК-синтезуючих клітин у зонах адаптивного ремоделювання кісткової тканини представлена малодиференційованими периваскулярними клітинами, що включають остеогенні клітини-попередники. Динаміка мічених клітин в різні терміни після введення ³H-тимідину демонструє уповільнення диференціювання клітин-попередників в остеобласти і процесів їх трансформації в остеоцити. Із застосуванням ³H-гліцину і електронної мікроскопії встановлено, що в зонах перебудов кісткових структур в умовах зниження опорного навантаження на кінцівки знижується кількість функціонально активних остеобластів, має місце гальмування (порушення) процесів трансформації остеобластів в остеоцити, переважання в популяції остеоцитів колаген-продукуючих клітин. Внаслідок цього у зонах остеогенезу не формуються остеоцитарні лакуни, з'являються зони фіброзу, які не мінералізуються. Отримані дані свідчать, що тривале опорне розвантаження призводить до зниження інтенсивності остеогенетичних процесів в довгих кістках, міцності кісткових структур, сприяє розвитку остеопороза. Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.

ГРАВІЗАЛЕЖНИЙ МОРФОГЕНЕЗ МОХІВ

Я.Д. Хоркавців, Н.Я. Кияк, Н.А. Кіт

(Інститут екології Карпат НАН України)

morphogenesis@mail.lviv.ua

Поляризууючу дію гравітації рослини використовують для корекції свого положення у просторі і сприйняття імпульсів світла. Взаємодія світла і гравітації виявляється у ростових рухах, формі галузження, гравіморфозах рослин. Об'єктом дослідження гравіреакцій часто є протонема мохів, яка на відміну від квіткових рослин, здатна сприймати і реагувати на гравістимул однією апікальною клітиною. Проаналізовано вплив світла і гравітації на форму протонемної дернини *Tortula modica* Zander: галузження і кут нахилу бокових галузок відносно ортотропної осі росту материнської клітини. Протонема мохів у темряві не галузиться тому для активації галузження потрібне світло. Мінімально низька інтенсивність червоного світла індукувала галузження *T. modica* без видимого фототропного росту, що дало можливість експериментально розділити граві- і фототропізм. Встановлено, що перпендикулярно орієнтовані вектори обох чинників послаблюють формування галузок на одній із сторін клітин і, навпаки, одна-правлена векторна дія світла і гравітації стимулює галузження протонеми з обох сторін. Показано, що кут нахилу бокових галузок на гравітропній протонемі у темряві не залежить від напрямку дії світла та гравітації і здійснюється у два етапи. Індукція світлом робить клітини метаболічно активними, але нечутливими до гравітації, і стінка дочірньої клітини майже 4 год. росте перпендикулярно до осі материнської клітини, що відповідає ½ клітинного поділу, й лише після цього напрям росту у темряві стає гравіза-лежний. На світлі протонема також галузиться під кутом 45-50 град. до осі головного столону, внаслідок чого фенотип протонемної дернини багатьох видів мохів подібний (Demkiv et al., 1999; Hangarter, 1999; Kern et al., 2002). Ріст бокових гілок і кут їх нахилу зрівноважується дією сили тяжіння та світла і контролюється ендогенно – автотропним ростом. Ці три чинники взаємодіють на різних етапах онтогенезу мохів і визначають їх габітус у природних умовах. Автотропізм відіграла ключову роль в орієнтації органів та сприяє відновленню початкового напрямку росту завдяки збереженню «пам'яті» про дію абіотичного фактора (Digby, Firt, 2002). Крім галузження, під впливом поляризууючої дії гравітації перебуває процес формування бруньок на апікальних клітинах протонеми. Дослідження організації ендоплазматичних та кортикальних мікротрубочок і актинових філаментів (МФ) цитоскелету свідчить про їх переорієнтацію у місцях галузження і закладання бруньок ще до візуального росту. У цих місцях спостерігали локальні яскраві скупчення коротких тяжів ендоплазматичних МТ та МФ, тоді як в апікальних гравічутливих клітинах протонеми домінувала поздовжня орієнтація тубулінових філаментів. Формуванню бруньок передувала зміна форми клітин, в апексі яких проглядалися радіальні короткі МТ, функціонально активні під час клітинних поділів. Визначено, що імунофлуоресценція тубуліну підвищувалася під впливом низьких інтенсивностей ефективного для розвитку мохів червоного світла, тому слід вважати, що червоне світло контролює локалізацію активного тубуліну. Ймовірно, білки цитоскелету не є первинними сенсорами гравістимулу, а скоріше виконують сигнальну функцію, яку ініціює гравітація, включаючись у гравіреакції через орієнтацію поділів і впорядкування мікрофібрил целюлози. Відкритим є питання про метаболічні шляхи, через які гравітація впливає на динаміку та перебудову елементів цитоскелету під час росту і галузження клітин протонеми. Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.

*ПОСТЕРИ до секції 2***THE DIRECTIONS OF DIFFERENTIATION
THE BONE MARROW STROMAL CELLS
UNDER MODELING MICROGRAVITY**

O.N. Nesterenko, N.V. Dziubenko, N.V. Rodionova
(Shmalgauzen's institute of zoology NAS Ukraine, Kiev)
olga_nesterenko_2014@mail.ru

Within experiments on rats simulating microgravity by base load remove from back limbs (duration of the experiment 1,5 months) on marrow stromal cells cultures (ex vivo, in vitro) comprising osteogenic cells-predecessors, extracted from femurs, the peculiarities of the colony formation ability, the cell structure, some cytological and ultra-structural characteristics and differentiation direction of this cells have been studied.

It was found that under microgravity conditions there is a decline of the stromal cells colony formation intensity, decrease of the colonies size and cells mitotic activity. It indicates decrease of their growth potential. Both in control and in experiment the colonies were presented by population of low-differentiated cells, differentiated cells and mature cells.

The comparative cytological and morphometric analysis have shown smaller sizes that the studied stromal cells in colonies, more elongated shape, and higher nucleocytoplasmic ratio.

Cells composition in the experiment colonies is reliably different by the ratio of the low-differentiating to being differentiated cells; a ratio of low-differentiated to already differentiated cells; ratio of differentiated cells to total number of all cells. In comparison with control group, amount of the cells passed trough a differentiation stage and mature cells in colonies is decreased by 3 to 4 times. Among the differentiated stromal cells in colonies increasing amount of adipocytes was revealed.

The analysis of electron microscope microphotographs showed that in osteogenic cells differentiated under microgravity conditions, there is a reduction of the specific volume of a granular endoplasmic reticulum, Golgi's complex and quantity of nuclei reduction that indicates depression of the specific biosyntheses process intensity in cells. The increase of lysosomes and myelinic structures quantity is linked to organelles partial reduction. Consolidation of mitochondrias is an evidence of the cells' energy metabolism disorder. Disorganization and a cytoskeleton destruction were observed in differentiated cells.

Results showed that under microgravity conditions proliferative and differentiation (including osteogenic) potentialities of low-differentiated marrow stromal cells decreased, induction of their adipocytic differentiation was observes as well.

Obtained results make a new contribution into gravitation sensitivity mechanisms understanding for stromal cells of the bone marrow which contain osteogenic cells-precursors, features of the osteoporosis development.

DISTURBANCE OF PROTEIN KINASE C – DEPENDENT REGULATION OF GLUTAMATE UPTAKE BY BRAIN NERVE TERMINALS UNDER CONDITIONS OF HYPERGRAVITY

O. Voronova, R. Sivko, A. Borisov, A. Nazarova, T. Borisova
(Department of Neurochemistry, Palladin Institute of Biochemistry, NAS of Ukraine)
olgavoronova-93@yandex.ru

Glutamate is not only the main excitatory neurotransmitter in the mammalian CNS, but also a potent neurotoxin. Excessive concentration of ambient glutamate over activates glutamate receptors and causes neurotoxicity. Uptake of glutamate from the extracellular space into nerve cells was mediated by sodium-dependent glutamate transporters located in the plasma membrane. It was shown that the activity of glutamate transporters in rat brain nerve terminals was decreased after hypergravity (centrifugation of rats in special containers at 10 G for 1 hour). This decrease may result from the reduction in the number of glutamate transporters expressed in the plasma membrane of nerve terminals after hypergravity that was regulated by protein kinase C. The possibility of the involvement of protein kinase C in the regulation of the activity of glutamate transporters was assessed under conditions of hypergravity. The effect of protein kinase C inhibitor GF 109 203X on synaptosomal L-[14C]glutamate uptake was analysed. It was shown that the inhibitor decreased L-[14C]glutamate uptake by ~ 15 % in control but did not influence it after hypergravity. In control, the initial velocity of L-[14C]glutamate uptake in the presence of the inhibitor decreased from 2.5 ± 0.2 nmol x min⁻¹ x mg⁻¹ of proteins to 2.17 ± 0.1 nmol x min⁻¹ x mg⁻¹ of proteins, whereas after hypergravity this value lowered from 2.05 ± 0.1 nmol x min⁻¹ x mg⁻¹ of proteins to 2.04 ± 0.1 nmol x min⁻¹ x mg⁻¹ of proteins. Thus, protein kinase C –dependent alteration in the cell surface expression of glutamate transporters may be one of the causes of a decrease in the activity of glutamate transporters after hypergravity.

ВПЛИВ ІНГІБИТОРІВ HSP90 НА РІСТ ПРОРОСТКІВ *ARABIDOPSIS THALIANA* ПІСЛЯ ГАММА-ОПРОМІНЕННЯ НАСІННЯ

Л. Козеко, О. Талаласв (Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України)

В. Неймаш, В. Поварчук (Інститут фізики НАН України)

liudmyla.kozeko@gmail.com

Захист від гено- і цитотоксичних ефектів космічної радіації є ключовою проблемою космічної і астробіології. Важливу роль в такому захисті практично у всіх організмів грає система молекулярних шаперонів, яка контролює нативність білків у клітині. Особливістю родини шаперонів Hsp90 є те, що вони беруть участь у дозріванні та конформаційній регуляції ряду білків передачі сигналу в клітині, контролю клітинного циклу, стресової реакції, контролюючи таким чином шляхи розвитку і резистентність організму. На основі цього зроблено припущення про те, що інгібування функціонування Hsp90 може призвести до фенотипічного прояву „мовчазних” генетичних змін у білків, функціонування яких залежить від шаперона, і дестабілізації росту і розвитку рослинного організму. Для перевірки такого припущення проведено дослідження стабілізуючої та захисної функції Hsp90 у насіння *Arabidopsis thaliana*, що зазнало генотоксичного впливу радіації, з використанням двох структурно незалежних інгібіторів АТФазного циклу Hsp90 – гелданаміцину (ГДА) і радіциколу (РАД). Сухе насіння опромінювалось гамма-променями від радіоактивного джерела ^{60}Co у діапазоні доз від 100 до 1000 Гр. Ступінь радіаційного пошкодження ДНК оцінювалась методом гель-мікроелектрофорезу клітин. Опромінене насіння оброблялось 5 мкмоль/л ГДА або 10 мкмоль/л РАД перед висаджуванням на середовище. Для визначення реакції насіння на дію іонізуючої радіації тестували їх виживаність, ростову активність проростків і порушення формоутворення. Застосування обох інгібіторів призвело до більш повного виявлення генерованої радіацією гетерогенності насіння, що проявлялося в посиленні варіабельності темпів росту проростків і у збільшенні кількості та різноманітності морфологічних відхилень. Обидва антибіотики стимулювали накопичення біомаси проростків, при цьому ефект ГДА був більш вираженим. Результати дослідження підтверджують припущення про роль шаперонів Hsp90 у підвищенні стійкості клітин при дії радіації, в стабілізації росту і морфогенезу рослин.

Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.

ВПЛИВ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КЛІНОСТАТУВАННЯ НА ВМІСТ ЛІПІДІВ ПЛАЗМАЛЕМИ ГОРОХУ

О.М. Недуха (Інститут ботаніки ім М.Г. Холодного НАНУ)

В.П. Грахов (Національний ботанічний сад ім М.М. Гришка НАНУ)

Т.В. Воробйова, І.В. Жупанов, О.М. Клименко

(Інститут ботаніки ім М.Г. Холодного НАНУ)

o.nedukha@hotmail.com

Згідно гіпотези гравітаційної декомпенсації, висунутої Є.Л. Кордюм (1997), мікрогравітація впливає на фізико-хімічні властивості плазмалеми, викликає зміни в її проникненості, що обумовлює зміни в клітинах без участі спеціалізованих рецепторів гравітації. Враховуючи, що плазмалема контролює транспорт води, поживних речовин та іонів у клітину та назовні за допомогою пасивного та активного транспорту, регулює ріст клітини й рівень метаболічної активності, а також бере участь в передачі сигналів при дії стресів, дослідження її фізико-хімічного стану має першочергове значення при вивченні біологічних ефектів мікрогравітації на клітини. Метою роботи було порівняльне дослідження ліпідного складу плазмалеми, виділеної із коренів та епікотилів проростків гороху (*Pisum sativum* L.), за умов модельованої мікрогравітації, зокрема горизонтального кліностакування (2 об/хв), та вертикального контролю. Фракцію плазмалеми отримували методом двофазної водно-полімерної системи на системі Angilent 1100. У фракції плазмалеми виявлені гліко-, фосфоліпіди, триагліцериди та стерини, вміст яких різнився і залежав від органу та умов росту. Найбільший відсоток становили фосфоліпіди та гліколіпіди. Плазмалема коренів контрольних проростків містила більше лізофосфатидилхоліну (ЛФХ), лізофосфатидилсерину (ЛФС), лізофосфатидиетаноламіну (ЛФЕ), фосфатидилхоліну (ФХ), фосфатидилінозитола (ФІ), та фосфатидилсерину (ФС) у 1,39; 1,4; 1,63; 1,5; 1,2; та в 1,73 раза порівняно із вмістом цих ліпідів в епікотилі, відповідно. Тоді як вмісту ЛФХ LPS, фосфатидилової кислоти (ФК), фосфатидилметилетаноламіну (ФДМЕ), фосфатидилгліцеролу (ФГ) та фосфатидилмонометилетаноламіну (ФММЕ) був меншим в 1,66; 1,4; 2,85; 1,34 та 2,02 раза, відповідно, порівняно із фосфоліпідами в плазмалемі епікотилів. Виявлено, що імітована мікрогравітація суттєво впливала на вміст ліпідів в мембрані ізольованої із епікотилів та коренів. В плазмалемі епікотилів вміст ЛФК збільшився в 1,4 раза та ФІ – в 1,22 раза порівняно із контролем, у плазмалемі коренів також збільшився вміст ЛФЕ, ЛФХФ, ФС та ФГ в 1,26; 1,75; 1,36 та 1,36 раза, відповідно, порівняно із контрольними зразками мембран; вміст ФК, ФДМЕ, ФЕ, ФІ та ФС в плазмалемі кліностакованих коренів мав тенденцію до зниження. Крім цього виявлено достовірне збільшення фітостеринів у фракції плазмалеми як коренів, так і епікотилів кліностакованих проростків порівняно із контролем. Враховуючи визначальну роль ліпідів та білків в зниженні текучості плазмалеми, а також у формуванні рафтів у плазмалемі за умов різних стресів, ми припускаємо, імітована мікрогравітація впливає на фізико-хімічні властивості плазмалеми досліджуваних органів проростків гороху.

Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.

ЕКСПРЕСІЯ ГЕНА β -ГЛЮКОЗИДАЗИ В ПРОРОСТКАХ *ARABIDOPSIS THALIANA* ЗА УМОВ КЛІНОСТАТУВАННЯ ТА ПІСЛЯ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ОПРОМІНЕННЯ

С.М. Романчук

(Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України)

svet-romanchuk@yandex.ru

Відомо, що значне місце в дослідженнях впливу факторів космічного польоту на живі організми посідають рослини, оскільки є незамінним джерелом кисню, води та їжі. Тому одним із завдань біологів є пошук об'єктів, які будуть найбільш пристосованими до росту в умовах кабіни космічного корабля (Kordyum, 2007). З літератури відомо, що види родини *Brassicaceae* мають стійкість до різноманітних біологічних, хімічних та фізичних стресових впливів, в тому числі до радіаційного випромінення. Представники родини *Brassicaceae* характеризуються наявністю в клітинах рослин ЕР-тілець, які є білковими структурами, що походять від гранулярного ендоплазматичного ретикулулу. Вперше ЕР-тілець за допомогою методу електронної мікроскопії були описані в клітинах редьки (Bonnett, Newcomb, 1965). За допомогою методу імуноцитохімії було показано, що основним компонентом ЕР-тілець в *A. thaliana* є фермент β -глюкозидаза (КФ 3.1.21) із сигналом утримання в компартментах ендоплазматичного ретикулулу (Matsushima et. al., 2003).

Нещодавно ми повідомляли, що формування ЕР-тілець в коренях проростків *A. thaliana* має чутливість до кліностатування та рентгенівського опромінення, так як їх кількість і розмір збільшувалися під впливом цих факторів в порівнянні з контролем (Romanchuk, 2013). Ми не знайшли літературних даних, які повністю описують молекулярні механізми, що лежать в основі формування ЕР-тілець. Тому метою нашого дослідження було оцінити ефекти впливу кліностатування та рентгенівського опромінення на експресію гену β -глюкозидази в проростках *A. thaliana* з використанням методу ПЛР. При постановці досліду на кліностації, проростки *A. thaliana* росли на повільному горизонтальному кліностації (2 об/хв) та в умовах стаціонарного контролю протягом трьох та семи діб. При постановці досліду з опромінення, частина тридобових проростків, які росли за стаціонарних умов, були опромінені рентгенівськими променями в дозі 0,5 Гр, 1,0 Гр, 2,0 Гр, 4,0 Гр, 6,0 Гр, 8,0 Гр, 10 Гр та 12 Гр на установці РУМ-17 (Росія) (потужність дози 0,43 сГр/сек). Інша частина рослин залишалась в умовах стаціонарного контролю.

Нами показано, що експресія гену β -глюкозидази зростає із тривалістю терміну кліностатування, та із збільшенням дози опромінення в порівнянні з контролем. Отримані дані обговорюються в зв'язку з роллю ЕР-тілець та β -глюкозидази в новому та унікальному виді ендомембранної системи, яка бере участь у реакції рослинних клітин на стрес.

Робота виконана в рамках Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень на 2012-2016 рр.

АСТРОФІЗИЧНІ ТА КОСМОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
Astrophysical and cosmological studies



1 METER TELESCOPE IN KOLONICA SADDLE – TECHNICAL PARAMETERS AND OBSERVING PROGRAMS

I. Kudzej, P. Dubovský

(Vihorlat Astronomical observatory Humenné)

vihorlatobs1@stonline.sk

The actual technical status of 1 meter Vihorlat National Telescope (VNT) at Astronomical Observatory at Kolonica Saddle is presented. Cassegrain and Nasmyth focus, autoguiding system, computer controlled focusing and fine movements and other improvements achieved recently. For two channel photoelectric photometer the system of channels calibration based on artificial light source is described. For

CCD camera FLI PL1001E actually installed in Cassegrain focus we presents transformation coefficients from our instrumental to international photometric BVRI system.

In the second part of the paper we presents results of variable stars observations with 1 meter telescope in recent years. The first experimental electronic measurements were done in 2006. Both with CCD cameras and with two channel photoelectric photometer. Starting in 2007 the regular observing program

is in operation. There are only few stars suitable for two channel photoelectric photometer observation. Generally the photometer is better when fast brightness changes (time scale of seconds) must be recorded.

Thus the majority of observations is done with CCD detector. We presents an brief overview of most important observing programs: long term monitoring of selected intermediate polars, Project Dwarf. Occasional observing campaigns were performed on several interesting objects: OT J071126.0+440405, V603 Aql, Z And in outburst.

СОЗДАНИЕ КАТАЛОГА XPM2. ВЫВЕДЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ И АБСОЛЮТНЫХ СОБСТВЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ МИЛЛИАРДА ЗВЕЗД

В.С. Ахметов, П.М. Федоров, А.Б. Величко (НДІ астрономії ХНУ імені В.Н. Каразіна)
В.М. Шульга (Радіоастрономічний інститут НАН України)
akhmetov@astron.kharkov.ua

Мы представляем предварительные результаты большой работы по выведению новой версии каталога XPM2 - положений и абсолютных собственных движений примерно одного миллиарда звезд. Исходным материалом для создания каталога послужили измерения оцифрованных Шмидтовских обзоров POSS и SERC - SuperCOSMOS. Редукция координат выполнялась в системе внегалактических объектов, которую задавали около 50 млн. положений галактик, выбранных из каталога GSC 2.3 и приведенных в систему положений каталога 2MASS.

Для выполнения редукции, на первом шаге из данных SuperCOSMOS были удалены ложные объекты, которые представляли собой треки, фрагментарные звезды, дифракционные кресты, кольца и прочие артефакты. В различных участках неба количество таких ложных объектов составляет 10 - 30% от их общего числа. Второй шаг – подбор модели редукции, которая лучшим образом описывает искажения для каждой индивидуальной фотографической пластинки телескопа Шмидта. К сожалению, искажения которые содержатся на данных фотографических пластинках невозможно описать даже полиномами 9 степени, так как на некоторых пластинках присутствуют разрывы в положениях и более высокочастотные искажения. По этой причине мы проводили редукцию в два этапа. Сначала исключали основные искажения при помощи полинома 3 степени (полный куб – 20 постоянных пластинок), а затем - остаточные искажения с помощью двухмерного медианного фильтра. Было обнаружено, что опорные галактики не имеют заметного, по сравнению со звездами, уравнения блеска (искажение положения объекта в зависимости от его звездной величины). Это связано, скорее всего, с особенностями распределения интенсивности света на фотопластинке.

В результате выполненной работы были получены положения и абсолютные собственные движения звезд в системе неподвижных галактик. Случайная точность положения объектов в каталоге составляет от 70 до 150 mas, а собственных движений от 3 до 10 mas/year. Полученные данные каталога позволят провести детальное исследование кинематики Галактики.

ВІДКРИТИЙ НАУКОВО-ОСВІТНІЙ ПРОЕКТ «ЗЛИВИ ЗНАНЬ»

І. Гайсак (Ужгородський національний університет)

О. Гуськов, О. Жемчугов, Г. Шелков (Об'єднаний інститут ядерних досліджень)

А. Гайсак, В. Мартишичкін, І. Нітраї (Ужгородський національний університет)
haysak@meta.ua

Проект «Зливи знань» по вивченню широких атмосферних злив вторинних частинок задуманий та реалізований співробітниками Лабораторії ядерних проблем ім. В.П.Джелепова Об'єднаного інституту ядерних досліджень (м. Дубна). Робочі станції установки проекту розосереджені в будівлях Лабораторії на ділянці радіусом біля 300 метрів. Установка працює неперервно і події з кожної робочої станції зберігаються на сервері проекту. Інформація кожної події містить абсолютну часову мітку системи GPS, що дозволяє досліджувати часові кореляції подій між різними робочими станціями. Накопичені експериментальні дані доступні для інтерактивної обробки через веб-інтерфейс на сайті проекту (<http://livni.jinr.ru>).

В роботі розглядається будова експериментальної установки, система моніторингу та результати дослідження частоти злив в залежності від їх розміру.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НЕЙТРИНО У ПОДВІЙНОМУ БЕТА-РОЗПАДІ АТОМНИХ ЯДЕР

Ф. Даневич

(Інститут ядерних досліджень НАН України)

danevich@kinr.kiev.ua

Дослідження подвійного бета-розпаду атомних ядер здатні визначити природу, масу і схему масових станів нейтрино, перевірити закон збереження лептонного заряду та ряд інших ефектів за межами стандартної моделі елементарних частинок, які мають фундаментальне значення не лише для теорії частинок, але і для астрофізики та космології. Необхідність підвищити чутливість експериментів вимагає нових підходів, одним з найбільш перспективних є низькотемпературні сцинтиляційні болометри, здатні вимірювати енергію частинок з високою роздільною здатністю і забезпечити надзвичайно низький рівень радіоактивного фону. В доповіді буде зроблено огляд сучасного стану досліджень подвійного бета-розпаду та представлено розробку проектів великих кріогенних детекторів AMoRE, LUMINEU і CREDO, здатних досягнути чутливості до ефективної майоранівської маси нейтрино на рівні інвертованої схеми масових станів нейтрино ~ 0.05 eV і менше.

СПЕКТР МАСС ЗВЕЗД ПРИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОМ СЖАТИИ ГОРЯЧЕГО РЕЛИКТОВОГО ГАЗА

В.А. Захожай (Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина)
В.М. Шульга (Радиоастрономический институт НАН Украины)
zkhvladimir@mail.ru

Анализируется механизм изотермического сжатия горячего реликтового газа, образовавшегося в эпоху рекомбинации атомов водорода. Выведены формулы для джинсовых масс неоднородностей, образующихся вследствие последовательных циклов фрагментации. Оптическая глубина в джинсовых объектах превышающая единицу, рассматривается в качестве критерия завершения фрагментации. Барионная составляющая таких фрагментов соответствует массе $92 M_{\odot}$. Из одинаковости конечных масс, образующихся в процессе изотермического сжатия, делается вывод, что аналитическому виду начального спектра масс должна соответствовать дельта-функция $\delta(M/M_{\odot} - 92)$.

МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ОРБІТ АСТЕРОЇДІВ НА ОСНОВІ ВИХРОВОЇ ТЕОРІЇ

Л.В. Ключинська

(Севастопольський інститут банківської справи Університету банківської справи
Національного банку України)

В.І. Перехрест (Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара)
klyuch.luda.1983@mail.ru

Теорія планетарного вихору [1] як початкового стану утворення зіркових планетних систем застосовується до вивчення умов утворення астероїдів та розрахунку параметрів їх орбіт. Згідно з попередніми роботами авторів [2, 3, 4] зародки планет і самі планети утворюються у вихрових кільцях вихору, де відбувається спірально-коловий рух частинок; при цьому було отримано хорошу відповідність теоретичних розрахунків з глобальними характеристиками Сонячної та деяких інших екзопланетних систем [3].

У даній праці висунуто і проаналізовано гіпотезу про те, що астероїди утворюються у проміжках між вихровими кільцями, де суттєвими є меридіональні швидкості, які відхиляють частинки від площини екліптики і переводять їх згідно з законами небесної механіки на еліптичні орбіти. Для теоретичного аналізу застосовано закон збереження кінетичного моменту у полі сили тяжіння та формули небесної механіки для визначення параметрів еліптичних орбіт [5]. Початковими умовами руху вагомих частинок у полі сили тяжіння Сонця взято їх швидкості у вихорі без гравітації.

Отримано аналітичні формули для визначення ексцентриситетів та кутів нахилу орбіт астероїдів, зібрано і оброблено значний обсяг експериментальних даних астероїдних груп в околах перших 6 планет. Теоретично встановлено, що ексцентриситети та кути нахилу зв'язані певною залежністю, що виразно підтверджує кореляція експериментальних розподілів цих параметрів, зокрема у Головному поясі. У застосуванні до Головного астероїдного поясу Сонячної системи отримано добрий збіг теоретичних розрахунків з експериментальними даними.

1. Перехрест В.І. Планетарний вихор та гіпотези Лапласа і Вайцекера.// Вісник Дніпропетр. ун-ту, Механіка – 2009, вип. 13, т.2, – С. 113-124.
2. Перехрест В.І. Про структури планетарних вихорів і закономірності їх обертання / В.І. Перехрест, М.М. Осипчук // Вісник Дніпропетр. ун-ту, Механіка – 2010, вип. 14, т.1, С. 110-118.
3. Перехрест В.І. Закон планетних відстаней у вихровій теорії планетарних систем./ В.І. Перехрест // Вісник Дніпропетр. ун-ту, – 2011, Механіка, вип.15, т.1, – С. 21-33.
4. Перехрест В.І. Інваріантні властивості вихрових кілець планетарного вихору та їх вплив на еволюцію вихору. /В.І. Перехрест, Л.В. Ключинська // Вісник Дніпропетр. ун-ту, – 2013 – Моделювання, вип. 5, т.21, – С. 107– 117.
5. Охочимский Д.Е. Динамика космических полетов. – М., МГУ, 1968.

НАЗЕМНЕ СУПРОВОДЖЕННЯ КОСМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ «ПЛАНЕТНИЙ МОНІТОРИНГ»

Ю.Г. Кузнєцова, В.М. Крушевська, М.В. Андрєєв,

А.П. Відьмаченко, Я.О. Романюк

Головна астрономічна обсерваторія НАН України

sagittari07@gmail.com

Головна астрономічна обсерваторія НАН України приймає участь у підготовці космічного експерименту «Планетний моніторинг». Одним з п'яти приладів є коронограф для дослідження екзопланет. Ми плануємо участь в наземному супроводженні даного космічного експерименту. З цією метою нами створено мережу малих телескопів, до якої входять: Celestron 14" та АЗТ-70 (ГАО НАНУ); Celestron 14" (Лісники); Zeiss-2000, Zeiss-600 та Celestron 11" (обсерваторія піку Терскол). Також планується залучити іноземних колег з Астрономічного інституту Словацької Академії наук. За допомогою приладів, встановлених на цих телескопах, буде отримано фотометричну та спектральну інформацію, необхідну для розрахунків характеристик екзопланет біля найближчих до Сонця зір. Також це дасть змогу проводити уточнення основних орбітальних параметрів екзопланетних систем (орбітальні періоди екзопланет, ексцентриситети їх орбіт e , кути нахилу площини системи i , довгота періастр ω , радіуси планет), для чого написана відповідна програма.

ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНИХ ТИПІВ МАГНІТНОГО РОЗЩЕПЛЕННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ЛІНІЙ [L, S] ТА [J, J] ДЛЯ ROAP-ЗІР HD16647, HD137949

Н.Г. Михайлицька
(Головна астрономічна обсерваторія НАН України)
ninel--@ukr.net

Для магнітних, швидко-осцилюючих, хімічно пекулярних зір (roAp) HD 166473, HD 137949 досліджувалось магнітне поле.

Виконано розрахунки синтетичних спектрів з урахуванням впливу магнітного поля на формування профілю спектральних ліній поглинання.

Для ліній, що мають складний профіль, розглянуто зеєманівське розщеплення термів у випадку [L, S] та [j, j]-зв'язків.

Розрахунки виконано за спектрами високої роздільної здатності.

В роботі визначено модуль магнітного поля та його компоненти (B_l та B_m). За чутливими лініями визначено параметр обертання та пульсацій $v \sin i$. Приведені результати дослідження.

ПРИРОДА ТЕМНОЇ ЕНЕРГІЇ В СВІТЛІ СПОСТЕРЕЖУВАНИХ ДАНИХ КОСМІЧНОЇ ОБСЕРВАТОРІЇ “ПЛАНК”

Б.С. Новосядлий, О.М. Сергієнко

(Астрономічна обсерваторія Львівського національного університету імені Івана Франка)

В.О. Пелих

(Інститут прикладних проблем механіки і математики імені Я.С. Підстригача НАН України)

bnovos@gmail.com

Обговорюється можливість встановлення природи темної енергії шляхом обмеження значень її параметрів порівнянням розрахованих характеристик Всесвіту із спостережуваними, отриманими за допомогою космічних та наземних телескопів. Чутливими до типу темної енергії характеристиками Всесвіту, що вимірюються із задовільною точністю, є такі: анізотропія температури реліктового випромінювання, виміряна космічною обсерваторією “Планк”, баріонні акустичні осциляції, отримані на основі цифрових оглядів галактичного неба та співвідношення відстань за світністю – червоне зміщення для понад півтисячі наднових типу Ia. Ми визначали найбільш оптимальні значення параметрів темної енергії та їх 2σ довірчі інтервали разом з іншими космологічними параметрами, використовуючи метод Марковських ланцюжків Монте-Карло та сукупність необхідних спостережуваних даних, що є у вільному доступі. Отримані результати показують, що дані по анізотропії реліктового випромінювання, отримані космічною обсерваторією “Планк”, разом з іншими згаданими даними вказують на фантомний тип темної енергії. Стандартна модель з космологічною сталою та холодною темною матерією (Λ CDM) за цими даними є поза межами 2σ контурів найбільш оптимальної моделі – фантомного скалярного поля. Обговорюються також проблеми із реконструюванням лагранжіану такого поля, оскільки параметр ефективної швидкості звуку такого поля практично не визначається сучасними спостережуваними даними.

НОВИЙ ПІДХІД ДО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ РІВНЯНЬ МАКСВЕЛЛА У РІМАНОВОМУ ПРОСТОРИ

В.О. Пелих, Ю.В. Тайстра

(Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України)

pelykh@iapmm.lviv.ua

Істотною проблемою при описі поширення електромагнітних хвиль у гравітаційному полі в рамках загальної теорії відносності у порівнянні з теорією Ньютона стає неможливість розщепити систему рівнянь Максвелла на окремі рівняння. Для подолання цієї проблеми ми розглядаємо систему рівнянь Максвелла першого порядку у рімановому просторі в спірному зображенні у випадку ізотропного поля. Це дозволило побудувати розв'язки у гравітаційних полях чорних дір Шварцшильда, Райсснера-Нордстрема та Керра.

ДЕЯКІ КОСМОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВИХРОВОЇ ТЕОРІЇ ПЛАНЕТАРНИХ СИСТЕМ

В.І. Перехрест

(Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара)

prokhrest@i.ua

Вихрова теорія утворення космічних обертальних систем (планетні системи зірок, галактики), розвинена у попередніх роботах автора [1,2], у деяких наслідках дає нові підходи до з'ясування фізичної суті таких парадоксальних і неоднозначних явищ, як «темна енергія» та ефект розширення Всесвіту. Зокрема, показано, що інтеграл енергії для негвинтових вихрових течій містить додатковий член зі змістом потенціальної енергії, який знімає так званий «віріальний парадокс» у точній відповідності з теоремою про віріал [3]: $W = 2T$. Цей результат є близьким до основних положень хаотичної теорії інфляції [4], де вводиться гіпотетичне скалярне поле потенціальної енергії, пов'язаної з потенціалом руху. Але наш енергетичний член не є гіпотетичним, а необхідно впливає з гідродинамічних рівнянь, побудованих на законах Ньютона. З іншого боку, він же й може виконувати роль «темної енергії» у вихрових космічних утвореннях, оскільки на великих відстанях від гравітаційних мас він асимптотично зростає до граничного значення 2.

Далі, на основі порівняння розподілів первинних швидкостей обертання частинок у планетарному вихорі з кеплеровим законом обертання доведено, що трансформація первинного вихору в полі тяжіння центра відбувається так, що усі маси у його зовнішній частині рухаються з прискоренням у відповідності з відомим законом Хаббла [3]. Проведено оцінки сталої Хаббла на основі вихрової теорії, які дають реальні асимптотичні значення цієї константи [4], яка для середніх відстаней є функцією радіуса.

1. Перехрест В.І. Планетарний вихор та гіпотези Лапласа і Вайцзекера.// Вісник Дніпропетр. ун-ту, Механіка – 2009, вип. 13, т.2, – С. 113-124.
2. Перехрест В.І. Про структури планетарних вихорів і закономірності їх обертання / В.І. Перехрест, М.М. Осипчук // Вісник Дніпропетр. ун-ту, Механіка – 2010, вип. 14, т.1, С. 110-118.
3. Климишин И.А. Астрономия наших дней. – М., «Наука» 1986, – 560 с.
4. Парновский С.Л., Парновский А.С. Введение в современную космологию. К. «Наукова думка», 2013, 150 с.

ОБМЕЖЕННЯ НА ВКЛАД ТЕНЗОРНОЇ МОДИ ЗБУРЕНЬ В КОСМОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЯХ З ДИНАМІЧНОЮ ТЕМНОЮ ЕНЕРГІЄЮ

О. Сергієнко, Б. Новосядлий

(Астрономічна обсерваторія Львівського національного університету імені Івана Франка)

Детектування реліктових гравітаційних хвиль (тензорної моди збурень) в експерименті ВІСЕР2 у випадку незалежного підтвердження має шанси стати науковою подією 2014 року та одним з головних проривів у космології другого десятиліття 21 століття. Однак на сьогоднішній день ці результати (отримані для моделі з космологічною сталою) розходяться з результатами, отриманими на основі даних Космічної Обсерваторії Planck щодо флуктуацій температури реліктового випромінювання та лінзування. Ми визначаємо обмеження на вклад тензорної моди збурень в моделях з різними типами динамічної темної енергії на основі сучасних спостережуваних даних та обговорюємо розходження між результатами, отриманими на основі даних Planck та ВІСЕР2 в рамках таких моделей.

**ПРИЛАДИ, МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ДЛЯ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**
Instrumentation, materials and technologies for space exploration



FUNCTIONAL MODEL OF THE NEW MULTIBAND INFRARED RADIOMETER FOR “SICH” EARTH OBSERVATION SATELLITE SYSTEM

Mikhail A. Popov, Sergey A. Stankevich, Sergey V. Shklyar, Victor N. Podorvan,
Nicolay S. Lubsy

(Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth)

Vladymyr M. Tiagur, Kateryna V. Dobrovolska

(“Arsenal” Special Device Production State Enterprise)

st@casre.kiev.ua

Modern high-sensitivity thermal infrared microbolometric sensor arrays provide value-added functions of Earth observation satellite system [Попов та ін., 2011]. Now the State Enterprise “Arsenal” and Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth are developing a physical model of the new infrared radiometer with 3 to 6 spectral bands [Попов та ін., 2012].

This instrument will measure the spectral radiance in few thermal infrared bands. Simultaneous processing of such data will improve the accuracy of the land surface temperature estimation and ensure the material composition analysis by the spectral emissivity.

State-of-the-art of the world satellite systems for infrared imaging has been analyzed. The operating spectral bands of infrared radiometer were selected taking into account the energy restrictions. Mathematical model of imaging was developed, and the imaging performance in the selected bands has been matched to the sensor array’s parameters. Accuracy of land surface temperature and spectral emissivity measurements using pre-engineered device has been evaluated.

The main limitation of modern infrared satellite imaging systems is insufficient spatial resolution. To overcome this limitation in a new spectroradiometer the subpixel image registration is applied, that is sequential acquisition of frames shifted relative to each other at a fraction of the geometric size of pixel. Developed physical model demonstrates the actual spatial resolution enhancement nearly up to formal one.

Informativity of new multiband infrared instrument which combines the properties of imager and radiometer was simulated for remote sensing applications.

Acknowledgement. The research is supported by the National Academy of Sciences of Ukraine (The NAS Presidium decree No.142, grant No.13).

Попов М.О., Ліхоліт М.І., Станкевич С.А., Полежаєв В.В., Тягур В.М., Титаренко О.В. Перспективи використання інфрачервоного аерознімання для вирішення природоресурсних і спеціальних задач // Матеріали науково-практичної конференції “Наукові аспекти геодезії, землеустрою та інформаційних технологій”. – Київ: ЗІТ НАУ, 2011. – С.33-39.

Попов М.О., Ліхоліт М.І., Станкевич С.А., Тягур В.М., Титаренко О.В. Мікроболометрична матрична камера дальнього інфрачервоного діапазону для космічної зйомки // Тези доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції “Приладобудування: стан і перспективи”. – Київ: НТУУ “КПІ”, 2012. – С.68-69.

Stankevich S.A., Shklyar S.V., Tyagur V.M. Satellite imagery resolution enhancement using subpixel frames acquisition // Journal of Information, Control and Management Systems, 2013. – Vol.11. – No.2. – P.135-144.

КОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕТВОРЮВАНОВОГО ОБ'ЄМУ КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Л.М. Лобанов, В.С. Волков

(Інститут електроварювання ім. Е.О. Патона НАН України, м. Київ)

ValentinVolkov@ukr.net

Конструкції оболонкового типу є основним елементом апаратів космічної техніки, однак діапазон їх застосування істотно обмежений протиріччям між необхідними габаритами виводжуваного на орбіту об'єкта і можливостями ракети-носія. Одним з найбільш вдалих шляхів вирішення даної проблеми може бути використання перетворюваних оболонкових конструкцій, здатних багаторазово змінювати один зі своїх габаритних розмірів; вони отримали назву конструкцій перетворюваного об'єму (КПО).

Існування завдання створення ефективних КПО з металевою оболонкою викликано відсутністю еластичних матеріалів, що поєднують необхідну жорсткість зі здатністю тривалий час протистояти впливу факторів космічного простору - в першу чергу, термоциклічності та десорбції елементів оболонкової конструкції під дією вакууму космічного простору. Проведені в ІЕЗ ім. Є.О. Патона роботи над створенням оболонкових конструкцій з реальних листових матеріалів на основі складчастих поверхонь були спочатку орієнтовані на аерокосмічну сферу застосування. Базовий принцип трансформації конструкцій - розкриття за допомогою тиску, рівномірно прикладеного до всієї рухомої поверхні, - дозволив здійснювати перетворення металевих оболонок без локальної втрати стійкості, забезпечивши відтворюваність проектних параметрів.

Найбільш перспективними з точки зору надійності, ефективності використання робочого простору і простоти виготовлення є конструкції на основі поверхонь, які можуть бути ізометрично розгорнуті в площину - циліндра і конуса. У 2015 р. планується проведення космічного експерименту на РС МКС, в ході якого буде вивчена можливість розкриття та роботи довгомірної многоконусної КПО з урахуванням впливу на неї факторів космічного простору в процесі тривалого орбітального польоту.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ КАМЕРИ КОСМІЧНОГО БАЗУВАННЯ ІЗ СУБПІКСЕЛЬНОЮ РЕЄСТРАЦІЄЮ ЗОБРАЖЕНЬ

К.В. Добровольська (КП СПБ «Арсенал»)

В.Г. Колобродов (НТУУ «КПІ»)

М.І. Лихоліт, В. М. Тягур (КП СПБ «Арсенал»)

katiuh@ukr.net

Просторова роздільна здатність тепловізійної камери пов'язана з енергетичною (температурною) роздільною здатністю. Підвищити просторову роздільну здатність камери дозволяє субпіксельна реєстрація зображень - багаторазове послідовне одержання кількох зображень того ж самого об'єкту, зміщених відносно один одного на певну частку геометричного розміру пікселя з наступною програмною обробкою для обчислення окремих значень сигналу від субпікселів. Задача підвищення просторової роздільної здатності зображень полягає в переході від піксельної сітки окремих зображень низької роздільної здатності до єдиної субпіксельної сітки зображення високої роздільної здатності в межах спільного поля огляду, тобто відбувається перехід з більш грубої сітки на дрібнішу. Енергетичну роздільну здатність тепловізійної камери дозволяє оцінити така узагальнена характеристика, як мінімальна роздільна різниця температур (MRPT, з англ. Minimum Resolvable Temperature Difference - MRTD). Класичне визначення MRPT передбачає наявність спостерігача і дисплея. Тому з'являється необхідність розробки нового методу розрахунку MRPT тепловізійних камер космічного базування, який не враховував би властивості дисплея і спостерігача. Крім того застосування методу підвищення просторової роздільної здатності камери за рахунок субпіксельних зміщень матричного приймача випромінювання (МПВ) вимагає побудови нової математичної моделі, яка б дозволила оцінити MRPT тепловізійної камери з субпіксельною реєстрацією зображень.

Отримано аналітичний вираз для розрахунку модуляційної передавальної функції (МПФ) тепловізійної камери з МПВ, який враховує параметри об'єктива, просторову і часову МПФ приймача. На основі отриманого виразу розроблено новий метод розрахунку MRPT тепловізійної камери космічного базування з МПВ в робочих спектральних діапазонах. Показано, що просторова роздільна здатність тепловізійної камери, обмежена, в першу чергу, просторовою МПФ приймача.

Досліджено зв'язок субпіксельної реєстрації зображень і МПФ приймача та отримано вираз для визначення MRPT тепловізійної камери з субпіксельною реєстрацією зображень. Аналіз отриманої формули показав, що застосування субпіксельної реєстрації зображень суттєво впливає на значення MRPT на високих просторових частотах і несуттєво впливає на низьких частотах. При збільшенні частоти піксельної сітки в 2 рази в середньому прогнозується підвищення просторової роздільної здатності в 1,4 рази. Моделювання показало, що збільшення частоти піксельної сітки в 3 рази і більше за рахунок субпіксельної реєстрації зображень не є ефективним через недостатню роздільну здатність об'єктива тепловізійної камери.

Результати експериментальних досліджень збігаються з розрахунковими значеннями. Тож отримані вирази дозволяють прогнозувати просторову і температурну роздільну здатність сучасної тепловізійної камери з МПВ із врахуванням її робочих спектральних діапазонів, а також оцінювати підвищення просторової роздільної здатності камери при субпіксельній реєстрації зображень.

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КА

А.Н. Завилопуло, А.Н. Мылымко, М.И. Микита
(Институт электронной физики НАН Украины, Ужгород)
gzavil@gmail.com

Композиционные органические материалы, из которых изготовляют многие конструктивные элементы, широко применяются в ракетно-космической технике. Известно, что различные конструктивно-компоновочные схемы современных КА на орбите попадают под воздействие электронов, ионов космического пространства, а также плазменных струй двигателей ориентации, приводящее к распылению материалов их поверхностей. В частности, многие конструктивные элементы автоматических космических аппаратов, включая элементы крупногабаритных трансформируемых систем, изготавливаются с использованием углепластиков. Осаждение органических загрязнений на чувствительных к ним поверхностях узлов космических аппаратов в совокупности с наличием таких факторов космического пространства, как ультрафиолетовое излучение и поток атомарного кислорода, может приводить к деградации оптических свойств материалов. Источником таких загрязнений могут являться неметаллические материалы, поэтому их применение в конструкции КА возможно при условии минимальных газовыделений. Согласно требованиям стандартов этот уровень газовыделений каждого неметаллического материала при выдержке в вакууме в течение 24 ч при температуре 125°C должен составлять по общей потере массы – не более 1 %, по конденсируемой фазе – не более 0,1 %. Поэтому возникает необходимость определения как оценок эрозионного воздействия внешних факторов на КА посредством учета «тонких» эффектов, так и определение состава распыляемых веществ с целью учета их влияния на технологические элементы конструкции при различных вакуумных условиях и температурах.

На экспериментальной масс-спектрометрической установке Института электронной физики проведен цикл исследований химического состава продуктов газовыделения образцов материалов, используемых в составе перспективных КА от температуры. Объектами испытаний были образцы адгезива 3М468MP и углепластика, связующим веществом которого является эпоксидная смола ЭДТ-10. Образцы и последовательность их испытаний предоставлены ГП «КБ Южное». Разработанная методика масс-спектрометрических измерений позволяет проводить прецизионные исследования химического состава продуктов газовыделения от температуры. Получено более 100 масс-спектров представленных образцов углепластика с ЭДТ-10 и адгезива 3М468MP в диапазоне массовых чисел 0-150 а.е.м. и температур 20-1200С. Оказалось, что состав и количество выделяемых газов резко изменяется с нагревом и временем откочки.

Дополнительно к масс-спектрометрическим измерениям проведены на модернизированном дериватограф типа Q-1500D термодинамические исследования этих образцов. Получены дериватограммы углепластика и адгезива 3М468MP.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКОВ АКТИВНЫХ ЧАСТИЦ ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ

А.Н. Завилопуло (Институт электронной физики НАН Украины, Ужгород)

Л.С. Новиков (НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ, Москва, Россия)

Ю.А. Романовский (Институт прикладной геофизики, Москва, Россия)

gzavil@gmail.com

Масс-спектрометрические и манометрические исследования верхней атмосферы при помощи ракет и спутников, позволили получить новые данные о физических и химических свойствах атмосферы на больших высотах. Особо ценные данные были получены при помощи масс-спектрометров о нейтральном и ионном составе атмосферы на различных высотах и в различное время суток. Анализ данных о составе верхней атмосферы и интенсивности ионизирующих агентов приводит к новым представлениям о характере физико-химических процессов, протекающих на разных высотах [1]. Выясняется особая роль ионно-молекулярных реакций между атомными ионами и нейтральными молекулами, регулирующих равновесные значения концентраций молекулярных и атомных ионов в верхней атмосфере, обнаруживается, что доминирующую роль в процессах нейтрализации в ионосфере играют реакции диссоциативной рекомбинации молекулярных ионов. Для адекватности показаний масс-спектрометрических и манометрических приборов, которые используются на КА, необходимо проведение лабораторных калибровок приборов. Наилучшими характеристиками для проведения калибровочных экспериментов в условиях, максимально приближенных к натурным, обладают установки, генерирующие пучки нейтральных и ионных компонент с регулируемыми скоростями. Целью данной работы являлось исследование на экспериментальной установке с газодинамическим молекулярным пучком особенностей взаимодействия пучка с полетными масс-спектрометрами и манометрами в различных режимах и при разных углах атаки. Результаты лабораторных экспериментов сопоставляются с данными натурных измерений.

Основным элементом установки, на которой проводились проверка и калибровка полетных манометрических и масс-спектрометрических приборов, является газодинамический источник молекул, который формирует и направляет молекулярный пучок в камеру, где размещен испытываемый прибор. В рабочей камере находятся также: система контроля плотности молекулярного пучка, набор диафрагм и заслонок, модулятор молекулярного пучка для времяпролетных измерений скорости. Указанная диагностическая аппаратура предназначена для определения величины стагнации и зависимости величины полезного сигнала от скорости влетающих в полость молекул. Методика измерения полезного сигнала основана на сравнении инструментальной чувствительности и истинных значений калибровки. Для этого на пути пучка помещаются специальные пластинки и флажки. Флажок перекрывает вход пучку, оставляя в камере фон от пучка, а пластинки имеют калиброванные отверстия для определения эффекта газовой выделенности внутри полости испытываемого прибора. Исходя из результатов исследований особенностей взаимодействия потоков с поверхностью, можно заключить, что взаимодействие с поверхностью КА носит зеркально-диффузный характер, причем степень диффузности уменьшается с ростом скорости частиц. Сравнение результатов работы приборов в динамическом и статическом режимах показало, что в динамическом режиме ширина (площадь) масс-пика значительно меньше, а с ростом скорости его положение смещается.

1. Модель космоса. Научно-информационное издание в 2-томах / Под редакцией М.И. Панасюка и Л.С. Новикова. Москва. КДУ. 2007.

НОВЫЕ НАНОКОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

Ю.А. Клименко

(Институт космических исследований НАН Украины и ГКА Украины, Киев, Украина)

Е.П. Мамуня, В.В. Шевченко

(Институт химии высокомолекулярных соединений НАН Украины, Киев, Украина)

В.А. Яценко

(Институт космических исследований НАН Украины и ГКА Украины, Киев, Украина)

yurklym@gmail.com

Ужесточение требований к космическим экспериментам и стремительное расширение круга задач, решаемых в космическом пространстве, стимулировало интерес к использованию уникальных электромеханических свойств нанокompозитов в космическом приборостроении и материаловедении. Например, известно, что электропроводность нанокompозитного материала с наполнителем в виде углеродных нанотрубок или волокон может изменяться на 5-7 порядков при изменении концентрации наполнителя. Резкий рост или падение проводимости наблюдается, как правило, в узкой области изменения концентрации, которую можно изменять, сжимая или увеличивая объем нанокompозитного сенсорного материала.

Подобные явления, о которых говорят как о точках перколяции или точках перехода диэлектрик-металл, открывают широкие возможности для создания сверхчувствительных электромеханических космических датчиков. В частности, акселерометров или датчиков давления, где изменение объема углеродосодержащего нанокompозитного материала будет возникать за счет инерционной массы и ускорения космического аппарата, а степень деформации материала будет регистрироваться прямым измерением электрического тока, проходящего через сенсорный материал.

Несмотря на то, что идея создания сенсоров деформации на основе перколяционных переходов не является новой, подобные устройства до сих пор не созданы. Это произошло по причине того, что подобные материалы не имеют стабильный и надежный электрический отклик в широком диапазоне деформационных нагрузок из-за постепенно разрушающейся структуры электропроводящих каналов вблизи точки перколяции. А поскольку сам перколяционный переход сложным (и даже непредсказуемым) образом зависит от полимерной матрицы, формы, размеров и концентрации частиц наполнителя, от связей между ними и их взаимодействия с полимерной матрицей, то синтез высокочувствительного и неразрушающегося сенсорного материала является нерешенной и достаточно трудной технологической задачей.

В докладе представлены результаты по изучению электромеханических свойств композитов с включениями, которые, на наш взгляд, являются перспективными для их использования в качестве активных элементов деформационно-чувствительных сенсоров космического назначения. Найдена оптимальная зависимость электрического отклика в композитах и найдены подходы к устранению нестабильности, за счет которой уровень электрического сигнала монотонно убывает с увеличением количества циклов нагрузки/разгрузки сенсорного материала. Установлено, что введение дополнительных наполнителей дает более высокую стабильность в реагировании на внешние механические усилия. Найдены оптимальные условия формирования композиций, обеспечивающих максимальный уровень электрического отклика.

ПЛОСКИЕ ТЕПЛОВЫЕ ТРУБЫ ДЛЯ СИСТЕМ, ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ И АВИАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

А.Г. Косторнов, А.А.Шаповал, А.Л.Мороз, И.В.Шаповал
(Институт проблем материаловедения НАН Украины)
ash48@rambler.ru

Институт проблем материаловедения НАН Украины осуществляет научно-исследовательские работы по созданию эффективных и высокотехнологичных капиллярно-пористых материалов, предназначенных для тепловых труб (ТТ) авиационного и космического назначения (1,2). ТТ со вставными капиллярными структурами (КС) являются эффективными двухфазными теплопередающими устройствами, заполняя известный в теплотехнике диапазон перехода от систем воздушного охлаждения к жидкостным системам. Для последних характерны повышенная сложность эксплуатации в условиях микрогравитации, меньшие значения надёжности и определённые технико-конструкторские проблемы.

В последнее время в исследованиях ИПМ существенное внимание уделяется разработкам и исследованиям тепловых труб плоской формы (с прямоугольным сечением). Такие трубы, вследствие особенностей тепловых контактов и ряда конструкторско-эксплуатационных требований (например, при отводе избыточного тепла от труднодоступных мест), представляют интерес для разработчиков космической и авиационной техники. Металлические волокновые КС, в отличие от сетчатых и порошковых КС, а также новые КС на основе композиционных и градиентных волоконных материалов позволяют создавать ТТ плоской формы с высокими теплофизическими характеристиками и эксплуатационными параметрами.

Работы по плоским ТТ выполняются в ИПМ при совместной поддержке ДКАУ и НАН Украины (Договор № 378 от 05.03.2014 г.).

Литература

1. Проницаемые металлические волокновые материалы / А.Г.Косторнов // Киев: Техніка, 1983. – 128 с.
2. Материаловедение дисперсных и пористых металлов и сплавов / А.Г.Косторнов // Киев: Наукова думка, 550 с. – Т.2. – В 2х т.

ПРОЦЕСОРНИЙ МІКРОМОДУЛЬ З УНІФІКОВАНИМ ВИХІДНИМ ТА АДАПТИВНИМ ВХІДНИМ ІНТЕРФЕЙСАМИ

А.А. Лукенюк, Б.М. Бойчук, С.Г. Шендерук, А.П. Шимків
(Львівський центр ІКД НАН України та ДКА України)
luk@isr.lviv.ua

Розроблено процесорний мікромодуль з використанням якого можна забезпечити створення базової апаратури зі знімання і оброблення даних з наукових приладів, яка за своїми характеристиками зможе забезпечити широкий клас задач з космічних досліджень.

Наявність такої уніфікованої апаратури значно здешевить та скоротить терміни підготовки космічних експериментів.

Мікромодуль побудовано з використанням процесора фірми Atmel ATSAM3V4E.

Спряження процесорного мікромодуля з апаратурою наукових приладів забезпечується шляхом прошивки ПЛІС типу Spartan 6 XC6SLN45. В уніфікований вихідний інтерфейс закладено таке:

- високошвидкісний багатоточковий стандарт передачі сигналів, що дає можливість об'єднувати процесорні мікромодулі з різним ступенем резервування та шинної топології;

- комбінацію в одному інтерфейсі відносно низькошвидкісного асинхронного каналу для вирішення задач управління і телеметрії та окремого високошвидкісного синхронного каналу для передачі великих об'ємів даних;

- масштабованість (в мінімальній конфігурації використовується лише асинхронний канал, в розширених варіантах збільшується розрядність синхронного каналу, при цьому асинхронний канал управління залишається однаковим для всіх конфігурацій і режимів роботи);

- забезпечення стійкості до відмов на фізичному і протокольному рівнях;

- підтримка побудови системи з багаторазовим резервуванням.

В уніфікованому інтерфейсі використовується стандарт M-LVDS – багатоточкова передача диференціальних сигналів з малими напругами. В асинхронному каналі на нижньому фізичному рівні використовується протокол CAN, в якому застосовується орієнтований на повідомлення принцип передачі даних.

Для передачі великих об'ємів даних на високих швидкостях до базового асинхронного каналу додається однопітовий синхронний напівдуплексний канал від джерела інформації. При цьому використовується метод DS-кодування. Швидкість передачі даних по синхронному каналу не фіксована і визначається елементною базою – 250 Мб/с без гальванічної розв'язки та 150 Мб/с з гальванічною розв'язкою. Інформація, що передається процесорним мікромодулем, формується в телеметричні кадри згідно стандарту CCSDS.

Таким чином, можливість стикування процесорного мікромодуля з приладами, які мають різні фізичні інтерфейси та протоколи обміну з одного боку та наявність вихідного уніфікованого інтерфейсу з широкими можливостями, дозволить використовувати базову апаратуру управління, знімання даних та їх оброблення для забезпечення широкого класу експериментів.

Малі масогабаритні характеристики та широкі можливості процесорного мікромодуля дозволяють на його базі створювати апаратуру знімання і оброблення інформації для нано-супутників.

МЕТОДОЛОГІЯ РАДІАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ МАТЕРІАЛІВ ТА ПРИЛАДІВ КОСМІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ: СТЕНД М-30 ІЕФ НАН УКРАЇНИ

В.Т. Маслюк, М.І. Романюк, Й.Й. Гайніш, О.О. Парлаг, І.І. Мегела,

М.О. Турховський, Г.Ф. Пітченко

(Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород, Україна)

О.В. Доценко (КБ «Південне», Дніпропетровськ, Україна)

volodymyr.maslyuk@gmail.com

Відомо про важливість забезпечення натурних радіаційних випробувань матеріалів та приладів космічного призначення на базі інфраструктури ядерно-фізичних установок (ЯФУ) України. Особливість цієї задачі полягає в необхідності відтворення в наземних умовах змішаних радіаційних полів, характерних для орбітальних умов роботи космічних апаратів (КА), режимів прискорених радіаційних випробувань, забезпечення адекватності радіаційних пошкоджень, викликаних неперервними космічними та імпульсними радіаційними полями ЯФУ. Розробка методики дозиметричного супроводу для такого роду задач, оцінка та обґрунтування її достовірності також є важливим для розвитку космічних технологій.

В даній доповіді представлено результати розробки методології радіаційних випробувань, дозиметричного супроводу та реалізації радіаційного стенду на базі мікротрона М-30 для діапазону енергій прискорених електронів 1-18 МеВ. Аналізується необхідність врахування та контролю просторових, енергетичних та стохастичних характеристик радіаційних полів М-30 для забезпечення норми радіаційних випробувань. Предметом обговорення є:

- вимоги до програмного та апаратного забезпечення радіаційних випробувань в умовах стохастичних флуктуацій радіаційних полів М-30;
- забезпечення радіаційної стійкості роботизованих пристроїв контролю умов опромінювання матеріалів та приладів космічного призначення;
- розробка концепції метрологічної атестації радіаційних полів ЯФУ для натурних радіаційних випробувань;

Обговорюються можливості радіаційного стенду на базі М-30 для забезпечення стійкості апаратури КА в умовах дії потоків електронів із щільністю в діапазоні 108 – 10¹² ел./(см сек), методи формування однорідних радіаційних полів (до 30%) розмірами до 120 x 80 см² для натурних випробувань бортової апаратури КА, імітацію температурних умов відкритого космосу, тощо.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ФТОРИДУ ЛІТІЮ ТА ЛЕЙКОСАПФІРУ, ОПРОМІНЕНИХ НА РАДІАЦІЙНОМУ СТЕНДІ МІКРОТРОНА М-30

І.Г. Мегела, Т.О. Вієру-Васіліца, В.Т. Маслюк
(Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород, Україна)
volodymyr.maslyuk@gmail.com

Дослідження поведінки конструктивних елементів космічних приладів в умовах підвищеного радіаційного випромінювання має великий практичний інтерес. Особливо цікавим є дослідження радіаційної стійкості пасивних елементів оптичних приладів (захисних вікон, лінз та ін.). Відомо, що для їх виготовлення широко використовуються матеріали на основі монокристалічних зразків Al_2O_3 та LiF, які мають високі оптичні властивості у видимій області спектру, а також хорошу хімічну стійкість. Крім того, кристали Al_2O_3 використовуються як підкладки для виготовлення мікросхем, що використовуються також в космічних умовах. Все це зумовлює інтерес до дослідження зміни фізичних властивостей цих матеріалів в результаті опромінення.

В даній роботі проведено результати дослідження впливу електронних та змішаних гамма-електронних радіаційних полів, створених на радіаційному стенді мікротрона М-30 (6-12 MeV) на оптичні та люмінесцентні властивості нелегованих та легованих ніобієм та залізом кристалів Al_2O_3 , а також кристалів LiF, легованих магнієм і титаном. Обговорюються дозові залежності зміни їх оптичних характеристик для різних режимів опромінювання, особливості дефектоутворення в змішаних радіаційних полях, роль різних схем легування. Встановлено особливості фосфоресценції опромінених зразків Al_2O_3 та LiF, які можуть бути використані для *in situ* дозиметрії змішаних радіаційних полів, характерних для орбітальних умов.

АЛГОРИТМІЧНЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУПУТНИКОВОГО АДАПТИВНОГО НАДПРОВІДНОГО ГРАВІМЕТРА

М.В. Наливайчук

(Национальный Технический Университет Украины “Киевский Политехнический Институт”)

С.М. ІВАНОВ (Інститут Космічних Досліджень НАНУ-ДКАУ)

О.В. ШОЛОХОВ (КПСП «Арсенал»)

В.О. ЯЦЕНКО (Інститут Космічних Досліджень НАНУ-ДКАУ)

gyro@volicable.com

У галузі гравіметрії однією з актуальних задач є підвищення точності супутникового гравіметра. Серед найкращих стаціонарних наземних гравіметрів точність складає 10^{-8} g, для гравіметрів морського базування – 10^{-7} g, а для авіаційного – 10^{-6} g. При сучасних темпах розвитку багатьох галузей прикладних наук (космічні дослідження, геологія, навігація, наука про форму Землі тощо) зазначена точність є недостатньою. Тому для розв’язання даної задачі, пропонуються різні макети надпровідних гравіметрів, що відрізняються способом неконтактного підвищування чутливої маси гравіметра (системи оптичної ресстрації, Джоузефсонівські ефекти як основа вимірювань тощо), а також комп’ютерними методами оброблення сигналів [1-4, 6]. Стрибок у вдосконаленні гравіметрів став можливим завдяки фінансуванню розробок надпровідних гравіметрів. В роботі [6] описується в деталях надпровідний гравіметр, базова конструкція якого залишається незмінною протягом більше 30-ти років з моменту першої публікації в [4]. Вільний стан (левітація) чутливої маси цього гравіметра досягається на основі ефекту Браунбека-Мейснера [3, 4].

Однак дослідження підвищення точності супутникового надпровідного гравіметра з керованим магнітним підвісом на основі наноплівко, явища магнітної левітації та процесорного мікромодуля, придатного для отримання оперативної інформації щодо гравітаційного поля Землі, раніше не проводились. Тому, оскільки алгоритмічне і математичне забезпечення такого гравіметра є невід’ємною частиною, яка впливає на його точність, воно потребує подальшої уваги.

Відповідно з експериментальними дослідженнями визначення властивостей робочого макету гравіметра, динамічних характеристик магнітного підвісу вільної пробної маси (спільно з групою Інституту фізики НАНУ), а також доопрацювання чутливого елемента в частині магнітного підвісу, математичне забезпечення представляється у вигляді білінійної системи з оберненим зв’язком, двома станами та двома вхідними сигналами. Умови асимптотичної стійкості білінійної системи знаходяться шляхом її лінеаризації. Алгоритмічне забезпечення представлено у [5, 7].

Пропонуються принципово новий керований магнітний підвіс (чутливий елемент) на основі наноплівко, обґрунтовуються пропозиції щодо створення перспективного супутникового гравіметра підвищеної точності на основі явища керованої магнітної левітації та процесорного мікромодуля.

1. V. Yatsenko, N. Nalivaichuk. Opto-cryogenic sensitive element with ultrasensitive laser interferometer and microprocessor controller // Abstracts. IEEE International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers, CAOL.–2013. –Kharkov, UIRE.– 2013.–P. 39.
2. Moon F. C. Superconducting Levitation: Application to bearings and magnetic transportation, John Wiley & Sons, NY, 1994, 295p
3. J. M. Goodkind. The superconducting gravimeter. Rev. Sci. Instrum.-Vol. 70, № 11. – P. 4131-4152, 1999.
4. J. M. Goodkind and R. J. Warburton, IEEE Trans. Magn. MAG – 11, № 2, 1975.
5. Шолохов А.В. Разработка робастного алгоритма гарантированного оценивания состояний линейной управляемой системы // Комп’ютинг. 2011. Т.10, Випуск 3. С. 235-248.
6. W.A. Prothero and J. M. Goodkind. A superconducting gravimeter. – Rev. Sci. Instr., № 2, Vol. 39, № 9. 1968.– P. 1257 – 1261.
7. Ivanov S.M. Signal processing in cryogenic-optical gravimeter //“GEO-UA 2014“, May 26-30, 2014. Kyiv, Ukraine. – p. 41-42.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОПОМНОЖУВАЧА R1893 ФІРМИ «НАМАМАТСУ» ДЛЯ КОСМІЧНОГО УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ПОЛЯРИМЕТРА

П.В. Неводовський, А.П. Видьмаченко, О.В. Мороженко, О.С. Делец
(Головна астрономічна обсерваторія НАН України, Київ, Україна)

О.В. Івахів (Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна)

М.Д. Гераїмчук (Національний технічний університет України «КПІ», Київ, Україна)
nevod@mao.kiev.ua

Ультрафіолетовий поляриметр (УФП) - це оптико-електронний прилад, який розробляється для проведення космічного експерименту з пасивних дистанційних досліджень стратосферного аерозолі методом поляриметрії з борта мікросупутника Землі. Постановка такого космічного експерименту дасть змогу прояснити причини варіацій оптичної товщини аерозолі у верхніх шарах земної атмосфери.

Центральним блоком всіх оптико-електронних приладів, як правило, є приймач світла, який і забезпечує технічні можливості всього приладу, тому вибору цього приладу надається особлива увага.

Спектральна залежність інтенсивності досліджуваного зворотного сонячного випромінення має динамічний діапазон понад 104. Тому при проведенні такого космічного експерименту у якості високочутливого фотоприймача світла доцільно використовувати фотоелектронний помножувач. Методика проведення космічного експерименту вимагає використання ультрафіолетового спектрального діапазону 240 - 290 нм, отже, фотоелектронний помножувач повинен бути «сонячно-сліпий», хоча б стосовно до матеріалу фотокатода. Крім того, враховуючи обмеження щодо масогабаритних параметрів, які властиві космічній апаратурі загалом, нами було обрано фотоелектронний помножувач типу R1893 японської фірми «НАМАМАТСУ» як фотоприймач до системи реєстрації корисного сигналу УФП.

Для підвищення чутливості системи прийому корисної інформації фотоприймач R1893 було включено у режимі підрахунку фотонів. Дослідження щодо можливості застосування цих фотоприймачів у такому «не паспортному» режимі, та вибір робочих параметрів приладу були проведені на створеній в ГАО НАН України апаратурі.

Було визнано, що фотоелектронний помножувач типу R1893 японської фірми «НАМАМАТСУ», який працює в режимі підрахунку фотонів, повністю відповідає вимогам які висуваються до фотоприймача системи реєстрації корисного сигналу УФП.

Більш детально щодо дослідження фотоелектронного помножувача типу R1893 японської фірми «НАМАМАТСУ» з метою застосування його у приладі УФП при постановці космічного експерименту з дослідження стратосферного аерозолі методом поляриметрії з борта мікросупутника Землі буде викладено у доповіді.

ПРИЛАД НОВОГО ПОКОЛІННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВИСОКООЧИЩЕНОЇ ВОДИ КОСМІЧНОГО ТА НАЗЕМНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Л.І. Анагичук (Інститут термоелектрики НАН та МОН України)

П.А. Барабаш

(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»)

А.В. Прибила (Інститут термоелектрики НАН та МОН України)

В.Г. Ріферт

(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»)

mars1985@ukr.net

Приведені результати досліджень і розробки приладу нового покоління для забезпечення водою космонавтів під час тривалих польотів. Прилад складається з двох основних частин: відцентрового вакуумного дистилятора і термоелектричного теплового насоса. Його основні параметри: продуктивність до 5 л/год, питома витрата енергії менше 100 Вт•год/л, ступінь отримання води з вихідної рідини 92-95%. Прилад розроблено і виготовлено зусиллями ТОВ «Термодистиляція» і ТОВ «Алтек-М». Наукові дослідження проводилися Національним технічним університетом України «Київський політехнічний інститут» та Інститутом термоелектрики. Випробування апарата на стендах Honeywell International і NASA показали, що застосування термоелектричного теплового насоса в 1.6 рази знижує витрату енергії у порівнянні з найближчим конкуруючим обладнанням, парокompресійним дистилятором.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА БАЗЕ СЕРВЕРНОГО КОМПЛЕКСА PROMIS ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ УКРАИНСКИХ ИОНОСФЕРНЫХ СПУТНИКОВЫХ ПРОЕКТОВ

Е.В. Пьянкова (Институт космических исследований НАН Украины и ГКА Украины)

В.Н. Решетник (Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко)

Е.Г. Сорока (Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарьова НАН Украины)

С.А. Якимов (Институт космических исследований НАН Украины и ГКА Украины)

el.piankova@gmail.com

В Институте космических исследований НАН Украины и ГКА Украины ведется создание программно-технических средств на базе серверного комплекса PROMIS (от PROCessed Measurements of Ionospheric Satellites) для поддержки украинских ионосферных спутниковых проектов, в частности, для поддержки космического эксперимента «Ионосат-Микро» на борту космического аппарата «Микросат». Программно-серверный комплекс PROMIS состоит из служб, которые выполняют разные задачи поддержки спутниковых проектов от планирования включения научной аппаратуры до распространения обработанных научных данных, включая интерактивные инструменты работы с данными.

Для гибкости, расширяемости и дополняемости внутренняя структура центра построена на основе PROMIS API (PROMIS Application Programming Interface). Внешняя структура UI (user interfaces) разделена на службы администрирования, службы контроля ходом эксперимента, службы заполнения спутниковыми данными и веб-сервис доступа к данным и инструментарию. В данный момент на базе PROMIS API реализованы служба заполнения спутниковыми данными и модуль поиска и выборки данных. Эти службы тестируются на спутниковых данных второго уровня обработки проекта «Вариант» и данных первого уровня проекта «Потенциал».

Для составления заявок на включение научной аппаратуры реализован программный модуль, который необходим для прогнозирования орбиты спутников. Он будет использоваться группой оперативного управления для получения времени пролета космического аппарата над интересующими районами земного шара, что позволяет ускорить процесс планирования космического эксперимента.

*ПОСТЕРИ до секції 4***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ
ГАЗОВИДІЛЕННЯ ЗАПОВНЮВАЧІВ МОДЕЛЕЙ ВІДСІКІВ
МАЛОГАБАРИТНИХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ
НА ПАРАМЕТРИ ВЛАСНОЇ АТМОСФЕРИ**

А.М. Аксютенко, Р.А. Канцерова

(Інститут технічної механіки НАН України та ДКА України)

amiko56@gmail.com

Заповнювачами відсіків малогабаритних космічних апаратів (МКА), насамперед, піко- та наносупутників (у тому числі, мініатюрних супутників стандарту CubeSat), здебільшого є плати радіоелектронної апаратури (РЕА) [1]. Концентрація заповнювачів в одиниці об'єму відсіків МКА досить значна. У корпусі з об'ємом в 1 дм³ може бути розміщено до десяти плат РЕА. Їх газовиділення в умовах космічного вакууму є головним чинником у формуванні власної атмосфери (за певних умов її компоненти можуть бути джерелом негативного впливу на системи МКА) у негерметичних відсіках (НГВ) МКА. Це відбивається на значеннях газодинамічних параметрів як внутрішньої власної атмосфери (ВВА), що формується у порожнині НГВ, так і власної зовнішньої атмосфери (ВЗА), що формується навколо негерметичного корпусу апарата.

З огляду на усе більш широке використання плат РЕА з радіоелектронними компонентами комерційного призначення (плати РЕА з електронними COTS-компонентами), стає актуальною задача реалізації лабораторних експериментів для порівняльної оцінки впливу газовиділення з плат РЕА комерційного та спеціалізованого призначення на параметри ВВА. Для експериментів використані зразки плат загального призначення (стандартні модулі для комп'ютерних систем) та зразки штатних плат для космічних апаратів, що відповідають вимогам щодо обмеженого газовиділення електронних компонентів.

Експериментальні дослідження реалізовано за допомогою спеціального лабораторного стенду на базі вакуумної аеродинамічної установки ВАУ-2М [2]. Реєстрацію параметрів власної атмосфери, що формується в моделях НГВ здійснено за допомогою лабораторного модулю [3].

За результатами експериментів отримані часові залежності спаду тиску в моделях НГВ із нормованим ступенем негерметичності та заповнених зразками плат РЕА різного призначення. Отриманий масив експериментальних даних використано для порівняльного аналізу щодо оцінки впливу газовиділення з різних зразків плат РЕА на газодинамічні параметри ВВА в моделях НГВ.

1. Аксютенко А. Н. Особливості конструкцій малогабаритних космічних апаратів негерметичного виконання / А. Н. Аксютенко, Р. А. Канцерова // 11-th Ukrainian Conference on Space Research, August 29 – September 2, 2011, Yevpatoria, Crimea, Ukraine. – Kyiv, 2011. – С. 123.
2. Аксютенко А. Н. Лабораторный стенд для исследования газодинамических процессов в моделях негерметичных отсеков космических аппаратов / А. Н. Аксютенко, Р. А. Канцерова // 10-th Ukrainian Conference on Space Research, August 30 – September 3, 2010, Yevpatoria, Crimea, Ukraine. – Kyiv, 2010. – С. 74.
3. Аксютенко А. Н. Лабораторный модуль для исследования процессов формирования собственной атмосферы в моделях отсеков малогабаритных космических аппаратов / А. Н. Аксютенко, Р. А. Канцерова // Современные проблемы динамики разреженных газов : Всероссийская конференция : Материалы. – Новосибирск, 2013. – С. 15 – 17.

О ПОСТРОЕНИИ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

І.О. Бичков, В.Ю. Добровольський, Л.Я. Годунок
(ПрАТ «НВК «Курс»)
npk-kurs-26@ukrnet.net

За прошедшие годы космической эры, начало которой положил запуск первого в мире искусственного спутника Земли, неуклонно расширяется перечень и возможности космических услуг различным потребителям. Формируется направление в космической технике, получившее название «обслуживание на орбите», что отражает необходимость проведения различного рода работ с возрастающим количеством космических аппаратов (КА) на орбитах Земли. Важным элементом программ, где совместно задействуются два и более КА, могут являться сближение (расхождение), а также последующие групповой полёт КА или стыковка (захват).

Проведён обзор датчиков различных типов для измерения параметров относительного движения КА и возможностей их применения в составе бортовой аппаратуры КА. Приводятся примеры применения датчиков на действующих КА и КА для перспективных космических миссий.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ІСНУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ШНТ

Я.Т. Благодир, А.І. Білінський, Є.Б. Вовчик, К.П. Мартинюк-Лотоцький,
Н.В. Вірун

(Астрономічна обсерваторія ЛНУ ім.Івана Франка, м. Львів, Україна)

evavovchyk@ukr.net

У теперішній час для кожної астрономічної обсерваторії гостро стоїть питання придбання нових інструментів. Тому, як правило, проводиться модернізація існуючих телескопів з врахуванням поставлених задач.

У Львівській Астрономічній обсерваторії більше як 50 років ведуться спостереження штучних небесних тіл. Щоб і надалі спостереження проводились на належному рівні необхідно модернізувати деяку частину апаратурного забезпечення або з існуючих елементів зібрати нові телескопи.

Так, одним з перших було модернізовано прилад ЛД-2, який у первинному вигляді був лазерним дальноміром на 4-ох вісному монтуванні. Щоб використати ЛД-2 для позиційних спостережень монтування зафіксували в двовісному альт-азимутальному варіанті та паралельно до гіда встановили фотографічний об'єктив "Юпітер-9" ($D = 56$ мм, $F = 85$ мм) з високочутливою півдйомовою ТВ-ПЗЗ камерою. Одержувана точність результатів спостережень – по прямому сходженню $1''$, по схиленню $10''$.

З метою використання цього ж приладу в 4-вісному варіанті розпочато деякі механічні та програмні роботи. На даний час встановлено два крокові двигуни ШД 5 на осі Бета і Гамма. Планується ще встановити два двигуни на осі висоти і азимуту. Після розробки відповідного програмного забезпечення прилад зможе працювати в автоматичному режимі.

Для спостереження високоапогейних і геостаціонарних об'єктів було створено з наявних блоків невеликий напівавтоматичний телескоп ГЛД-250. На паралактичному монтуванні встановили головну оптичну систему ($D=250$ мм, $F=1250$ мм) з ПЗЗ камерою CCD StarLight SXV-M9. Поле зору – $18' \times 24''$, гранична зоряна величина – 14m. Співвісно до основного об'єктива було встановлено оптичну систему широкого поля ($D=50$ мм, $F=135$ мм) з півдйомовою ТВ ПЗЗ, як приймальною. Це дало поле зору 3×4 град. Телескоп приводиться в рух за годинниковою віссю кроковим двигуном ДШИ-200 з блоком керування. Гранична швидкість спостережуваних об'єктів $5''/\text{сек}$ по схиленню і до $60''/\text{сек}$ по годинниковому куті. На оптичній осі головного об'єктива встановлено колесо фільтрів на 3 положення (B, V, інтеграл) та систему перефокусування. За допомогою телескопа ГЛД-250 можна спостерігати геостаціонарні об'єкти на висотах 30000 – 40000 км, високоапогейні об'єкти на висотах 20000 – 300000 км при їх проходженні поблизу апогея, а також астероїди.

ОПТИМІЗОВАНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАНОСУПУТНИКА «POLYITAN-1»

Є.Ю. Коваленко, О.В. Буденний, Б.М. Рассамакин

(Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна)

bmrass@gmail.com

Над створенням університетського наносупутника «PolyITAN-1» НТУУ «КПІ» у форматі CUBESAT працюють студенти та провідні фахівці з ряду факультетів університету. Електронна платформа «PolyITAN-1» вимагає систему електрозабезпечення, яка при невеликих розмірах, та мінімальній масі, буде достатньо потужною та надійною. Крім того, вона повинна мати мінімальний рівень власного споживання.

Розроблена система електрозабезпечення наносупутника «PolyITAN -1» здатна відслідковувати точку максимальної ефективності сонячних батарей, безпечно заряджати акумуляторні батареї (АБ), а також створювати необхідні для інших підсистем напруги: три канали по 3,3В, 5 вольт і 3,3В для годинників реального часу. Максимальний вихідний струм силових каналів складає 4А, ефективність перетворення – більше 90%. Всі вихідні канали мають апаратний захист, блокування на заданий час та перезапуск у випадку короткого замикання. Підсистема дозволяє використання як LiFePO4 так і Li Po батарей без модифікації апаратної частини. Ємність LiFePO4 акумуляторів, що використовуються на даний момент, становить близько 6 А*год. У підсистемі будуть використані кремнієві сонячні батареї виробництва НТУУ «КПІ» з ефективністю не нижчі 16.5%.

Програмне забезпечення дозволяє проводити вимірювання основних напруг, струмів та температур, їх обробку, зберігання і передачу даних на центральний процесор супутника. Також розроблено програмне забезпечення для комп'ютера контрольно-звіряльної апаратури, яке дозволяє переглядати дані у діалоговій та сприйняття формі, а також забезпечує їх постійний запис в базу даних MySQL.

При розробці підсистеми основна увага зверталася на надійність, як результат, при відмові мікроконтролера будуть повністю втрачені лише функції вимірювання та запису даних. Але пошук точки максимуму енерговіддачі сонячних батарей, заряд акумуляторів та захист від короткого замикання на кожному з каналів будуть продовжувати працювати.

УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ В СИСТЕМЕ «КА – ПЛАЗМА» ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОД «МАГНИТНЫМ ПАРУСОМ» В ИОНОСФЕРЕ И В МЕЖПЛАНЕТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Н.И. Письменный, Н.А. Токмак, А.А. Пурцеладзе
(Институт технічної механіки НАН України та ДКА України)
pism@vash.dp.ua

Проведен анализ параметров взаимодействия в системе «КА – плазма» в ионосфере и в межпланетном пространстве. Показано, что условия на плазмодинамическом стенде ИТМ соответствуют требованиям полного физического моделирования динамического взаимодействия КА с гиперзвуковым потоком ионосферной плазмы и плазмы солнечного ветра [1, 2]. Получены расчетно-экспериментальные зависимости, характеризующие изменение «магнитных» составляющих коэффициентов силы сопротивления и подъемной силы «намагниченного» тела (сферы с собственным магнитным полем) в гиперзвуковом потоке разреженной плазмы от угла между вектором скорости потока и вектором индукции собственного магнитного поля, а также от отношения магнитного давления к скоростному напору (газодинамическое давление) потока разреженной плазмы.

Установлено, что изменение взаимной ориентации векторов магнитного поля тела и скорости набегающего потока является эффективным средством управления динамическим взаимодействием в системе «КА – плазма»: позволяет реализовывать режим взаимодействия с ненулевым аэродинамическим качеством и, как следствие, режимы торможения и ускорения «намагниченного» КА в гиперзвуковом потоке разреженной плазмы в ионосфере и в плазме солнечного ветра.

Работа выполнена в рамках проекта „Исследования особенностей и механизмов управления орбитальным движением космических аппаратов в проводящей среде” Целевой комплексной программы НАН Украины по научным космическим исследованиям на 2012 - 2016 гг. по распоряжению Президиума НАН Украины от 04.03.2014 № 140.

1. Zubrin P.M., Andrews D.G. Magnetic sail and interplanetary travel // J. Spacecraft and Rockets. – 1991. – V. 28, № 2. – P. 197 – 206.
2. Nishida H, Nakayama Y. Two-dimensional magnetohydrodynamic simulation of a magnetic sail // J. Spacecraft and Rockets. – 2006. – V. 43, № 3. – P. 667 – 674.
3. Shuvalov V. A., Priimak A. I., Bandel' K. A., Kochubei G. S. and Tokmak N. A. Heat exchange and deceleration of a magnetized body in a rarefied plasma flow // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. – 2011. – V. 52, № 1. – P. 1 – 8.
4. Shuvalov V. A., Kulagin S. N., Kochubei G. S., Tokmak N. A. Physical simulation of the interaction effects of magnetized bodies and the Earth's atmosphere in a hypersonic rarefied plasma flow // High Temperature. – 2012. – V. 50, № 3. – P. 315– 322.
5. Shuvalov V. A., Tokmak N. A., Kulagin S. N., Kochubei G. S. Dynamic interaction of a “magnetized” cone with a hypersonic flow of rarefied plasma // High Temperature. – 2013. – V. 51, № 6. – P. 725–732.

СИСТЕМИ ОРІЄНТАЦІЇ, НАВІГАЦІЇ ТА СТАБІЛІЗАЦІЇ НАНОСУПУТНИКА POLYITAN-1

С.В. Остапчук, Б.М. Рассамакін

(Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна)

А.Г. Лауш (ООО «Навис-Украина»)

Ю.Д. Щербашин, Н.Ф. Байсков, А.І. Пінчук

(Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна)

bmrass@gmail.com

Системи орієнтації, навігації та стабілізації відіграють дуже важливу роль для орбітального функціонування супутників Землі [1]. Їх призначення - покращення умов прийому та передачі направлених антен, збільшення ефективності роботи сонячних батарей, можливості терморегулювання. Важливим також є завдання погасити кутні швидкості супутника, які виникають в момент від'єднання від ракетоносія [2].

В доповіді аналізуються завдання, які вирішувалися в процесі запуску та експлуатації наносупутника PolyITAN-1. В першу чергу це стосується технології відпрацювання систем навігації наносупутника в лабораторних умовах із імітацією орбітального польоту. Вона базується на створеній імітаційній моделі (сценарію) руху наносупутника по орбітальній траєкторії в рамках імітатора сигналів ГНСС. Зокрема, сценарій створює на виході імітацію сигналів космічних апаратів ГЛОНАСС і GPS, а приймач ГНСС по цих сигналах проводить рішення навігаційного завдання. Обговорюються режими сценарію та можливості встановлення степеня кореляційних залежностей параметрів порівняння результатів роботи навігаційної системи наносупутника з результатами, які отримує наносупутник від приймача ГНСС.

В доповіді розглядаються також вимоги, навігаційні завдання та розроблені елементи систем орієнтації та стабілізації наносупутника PolyITAN-1, що мають забезпечити в момент роботи корисного навантаження точність орієнтації 2° а в режимі звичайного польоту 5° - 10° . Аналізуються використані системи орієнтації та стабілізації PolyITAN-1: які умовно можна поділити на три групи: активні, пасивні та комбіновані. Обговорюються їх можливості, особливості застосувань для кожного із етапів виводу наносупутника на орбіту та штатного функціонування.

Література

1. Попов В.И. Системы ориентации и стабилизации космических аппаратов. -2е. изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 184 с., ил.
2. Гуцин В.Н. Основы устройства космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 2003. – 272 с., ил.

ПРОЕКТ «АЭРОЗОЛЬ UA».
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО
БЛОКА ПОЛЯРИМЕТРА СКАНПОЛ

І.І. Синявський, Ю.С. Іванов, М.Г. Сосонкін
(Головна астрономічна обсерваторія НАН України)
syn@mao.kiev.ua

Представлены результаты проведенной работы по разработке прецизионного орбитального СКАНирующего ПОЛЯриметра (СКАНПОЛ), предназначенного для высокоточных измерений параметров Стокса I, Q, U в нескольких спектральных каналах в широком диапазоне фазовых углов.

Оптико-механический блок СКАНПОЛ состоит из входной сканирующей двухзеркальной системы, передающей излучение, рассеянное исследуемыми участками системы атмосфера–поверхность, на четыре оптических блока VIS-1, VIS-2, IR-1, IR-2.

Приведены результаты разработки и исследования поляризационных характеристик входной сканирующей системы.

Приведены результаты компьютерного моделирования оптико-механического блока в целом.

РОЗРОБКА БЛОКУ ПОЛЯРИЗАТОРА ЗОБРАЖУЮЧОГО ПОЛЯРИМЕТРА НА ОСНОВІ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ПЛІВОК

А.П. Відьмаченко, Ю.С. Іванов, І.І. Синявський
(Головна астрономічна обсерваторія НАН України)
syn@mao.kiev.ua

У рамках космічного експерименту «Планетний моніторинг» розробляється Стокс-поляриметр, що дозволяє проводити вимірювання трьох компонент вектора Стокса одночасно, в широкому полі і без обмежень по відносному отвору системи. Для аналізу лінійної поляризації необхідно виконати чотири виміри інтенсивностей випромінювання, що пройшло через лінійні аналізатори поляризації.

У загальному випадку можливі різні варіанти реалізації вказаних елементів. Перший з них застосування пари двозаломлюючих поляризаційних призм (оптичні вісі яких повернуті під кутом 45 градусів), встановлених у вихідній зіниці телескопа. До такого варіанту можна віднести відому призму Wedged double Wollaston, що має ефективність близьку до 100%. Однак її власна дисперсія вимагає введення додаткових компенсаційних клинів і все-таки не може компенсувати хроматизм і дати якісне зображення в великому полі зору і широкому спектральному діапазоні. Слід зазначити, що дисперсія призми різна для двох ортогональних напрямків поширення світла, що призводить до неідентичності зображень.

В іншому варіанті використовуються тонкі поляризаційні плівки. У порівнянні з призмами плівки програють у ефективності, але при широкому полі зору, при врахуванні він'єтування косих польових променів на межі стикання призм, плівки, у зв'язку з меншою товщиною, загалом вииграють в порівнянні з двозаломлюючими призмами.

Приведені результати розробки вказаних аналізаторів поляризації.

РАДІАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Л.І. Хируненко, М.Г. Соснін, А.В. Дуванський
(Інститут фізики НАН України, Київ, Україна)
lukh@iop.kiev.ua

Як відомо, основним джерелом енергопостачання космічних апаратів є сонячні фотоелектричні перетворювачі (ФЕП). В космічному просторі ФЕП піддаються значному впливу іонізуючого випромінювання внаслідок чого відбувається деградація їх параметрів. В світовій космічній фотоенергетиці основними матеріалами для виготовлення ФЕП є кремній і сполуки III-V. ФЕП, виготовлені на основі III-V, майже в два рази більш радіаційно стійкі ніж на основі кремнію, але мають значно більш високу вартість. Тому сонячні ФЕП на основі кремнію на даний час все ще складають конкуренцію.

Довгострокове функціонування ФЕП на основі кремнію ставить задачу знаходження методів пригнічення швидкості деградації їх параметрів. Одним з таких методів може бути пошук домішок, які б гальмували процеси деградації. Раніше нами було встановлено, що германій практично не впливає на вихідні параметри кремнію, але будучи джерелом пружних напружень в ґратці кремнію він може значною мірою впливати на реакції між дефектами при опроміненні. В роботі на основі кремнію легованого германієм було виготовлено фотодіоди. Досліджувались деградація вольт-амперних і вольт-фарадних характеристик, а також фотоструму, який виникає в фотодіодах при освітленні білим світлом. Радіаційна деградація досліджувалась при опроміненні фотодіодів електронами з енергією 1 МеВ. Показано, що діоди виготовлені на основі кремнію легованого германієм в залежності від його вмісту є в 2-3 рази більш радіаційно стійкими ніж фотодіоди виготовлені на основі кремнію.

КОНТРОЛЬ ОРБІТАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ГЕОСТАЦІОНАРНИХ СУПУТНИКІВ ПО СПОСТЕРЕЖЕННЯМ НАЗЕМНОЇ МЕРЕЖІ СТАНЦІЙ СУПУТНИКОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ

Ф.І. Бушуєв, М.П. Калюжний, О.В. Шульга

(Науково-дослідний інститут «Миколаївська астрономічна обсерваторія» (НИИ НАО))
avshulga@mail.ru

Контроль орбітальної позиції телекомунікаційних супутників стає все більше актуальною задачею в зв'язку з зростаючою кількістю геостационарних супутників, що забезпечують телекомунікаційні послуги.

В НДІ МАО розроблено та випробувано радіотехнічний апаратно-програмний комплекс (РТ АПК), призначений для оцифровування сигналу DVB-S (Digital Video Broadcasting – Satellite), що випромінюється телекомунікаційним геостационарним супутником (ТК ГСС). Прийом сигналу DVB-S здійснюється за допомогою телевізійного тюнера SkyStar-1, підключеного до виходу стандартного антенно-фідерного тракту супутникової антени діаметром 0.9 м – 1.9 м. Телевізійний тюнер допрацьовано в частині виводу синфазного та квадратурного сигналів (IQ) квадратурного детектора. Запис сигналів на жорсткий диск персонального комп'ютера здійснюється за допомогою цифрового USB-осцилографа з смугою пропускання 200 МГц і 9-ти бітним аналого-цифровим перетворювачем. Для синхронізації запису використовується сигнал PPS (Pulse-Per-Second) одночастотного GPS приймача Thunderbolt.

На базі чотирьох станцій прийому супутникового телебачення, укомплектованих ідентичними РТ АПК, створена наземна радіоінтерферометрична мережа визначення поточних координат ТК ГСС з розташуванням станцій в Миколаївській, Закарпатській, Одеській та Київській областях України. Параметрами, що вимірюються мережею, являються різниці затримок телевізійного сигналу DVB-S, який синхронно приймається просторово рознесеними станціями. Вихідною інформацією для визначення різниці затримок слугують реалізації у часі сигналів IQ, що поступають по мережі Internet з усіх станцій в пункт обробки. В пункті обробки попередньо комплексні вибірки IQ перетворюються в дійсні з урахуванням структури сигналу DVB-S. По дійсним вибіркам трьох обраних пар станцій обчислюються кореляційні функції. Визначаються зміщення максимумів кореляційних функцій, які відповідають відносним затримкам сигналу DVB-S і пропорційні різниці нахилених дальностей від станцій до ТК ГСС. Три пари станцій вибираються таким чином, щоб вимірювані в результаті кореляційної обробки різниці нахилених дальностей були лінійно незалежними. Поточні координати контрольованого супутника визначаються різницево-дальностним методом в результаті чисельного рішення системи із трьох нелінійних рівнянь. Визначається внутрішня точність оцінки координат ТК ГСС.

Підсекція 4.1.

Методи та моделі в космічних дослідженнях

Subsection 4.1.

Methods and models for space research

**ВІДПРАЦЮВАННЯ СИСТЕМ НАВІГАЦІЇ КОСМІЧНИХ
АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІМІТАТОРА
НАВІГАЦІЙНОГО ПОЛЯ ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ
СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ GPS/ГЛОНАСС/GALILEO**

А. Лауш

(ООО «Навіс-Україна»)

laush@navis-ukraine.com.ua

Розглядається реалізована технологія перевірки системи навігації нано-супутника POLYTAN-1, а також можливі варіанти взаємного позиціонування космічних об'єктів при маневруванні та стиковці.

В лабораторних умовах реалізована технологія імітації положення об'єкта на навколосемній орбіті. Отримані похибки при позиціонуванні дають змогу розробляти технологію зближення об'єктів між собою до десятків метрів. Результати отримані при використанні серійного апаратного обладнання. При застосуванні фазових вимірів та спеціально для цього розробленого обладнання можливе досягнення похибок в десятки сантиметрів. Робота присвячена визначенню основних критеріїв для створення потрібного обладнання та технології випробування системи навігації.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АКУСТООПТИЧНИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОЇ ТА ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНОЇ СЕЛЕКЦІЇ ОПТИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

М.О. Мельник, Д.М. Винник, Р.М. Мельник, Б.І. Каліта, О.С. Сорока
(Львівський центр ІКД НАН України та ДКА України)
melnykmo@isr.lviv.ua

В оптичних мультиспектральних і гіперспектральних системах, які використовуються для дистанційного зондування земної поверхні з космосу та атмосферних досліджень, спектральна фільтрація світлових пучків може здійснюватися призмою (клиновидний фільтр), дифракційною ґраткою, інтерферометром, світлофільтрами, рідкокристалічним фільтром, тощо. Вибір того чи іншого способу спектральної селекції оптичного випромінювання визначається призначенням даної мульти- чи гіперспектральної системи, її конструктивними особливостями та умовами експлуатації на борту носія. Використання вищеперахованих елементів для спектральної фільтрації світла характеризується конструктивною складністю, високою вартістю, великими масогабаритами, а також значним енергоспоживанням.

Акустооптичний фільтр є новим селективним елементом спектрального приладу з електрично керованою спектральною характеристикою. Робота акустооптичних фільтрів базується на використанні дифракції світла на фазових ґратках, індукованих акустичними хвилями в двозаломлюючих кристалах. При цьому використовується особлива геометрія акустооптичної анізотропної взаємодії, коли площина цієї взаємодії проходить через оптичну вісь, а хвильовий вектор акустичної хвилі складає з перпендикуляром до оптичної осі деякий кут $\alpha \neq 0$.

Спектральні приладі створені на основі акустооптичних фільтрів мають ряд суттєвих переваг перед своїми аналогами, зокрема:

- довільний доступ до будь-якої ділянки спектру за час, який складає десятки мікросекунд, дає змогу по-новому будувати алгоритми вимірювань та аналіз спектрів, вибираючи їх найбільш оптимальними;
- можливість керування апаратною функцією за рахунок зміни характеристик високочастотного сигналу керування фільтром, що дозволяє створити адаптивні системи моніторингу та аналізу;
- можливість передачі зображення по двох каналах з ортогональними поляризаціями дозволяє вести паралельну обробку зображень за станом поляризації з високим розділенням та необхідною швидкістю;
- стійкість до ударів та вібрацій, малі масогабарити та енергоспоживання дають можливість інтегруватися в існуючі бортові системи, в тому числі і на борт над малих супутників.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НЕБЕСНЫХ ОБЪЕКТОВ НА СЕРИИ ПЗС-КАДРОВ

В.Є. Саваневич, С.В. Хламов, Н.С. Соковикова
(Харківський національний університет радіоелектроніки)

М.М. Безкровний (Запорізький інститут економіки та інформаційних технологій)
vadym@savanevych.com

В работе были разработаны методы оценки положения объектов компактной группы со статистически зависимыми CCD-изображениями и объектов на цифровых изображениях, смазанных собственным движением. Такого рода объекты появляются в результате наблюдения АСЗ. В качестве PSF-моделей формы изображения таких объектов используются субпиксельная и надпиксельная гауссовы модели.

Для объектов со статистически зависимыми изображениями, надпиксельная гауссова модель описывает распределение степени яркости пикселей, принадлежащих исследуемой области внутрикадровой обработки (ОВКО). При этом считается, что форма изображения каждого гипотетического объекта в ОВКО имеет форму гауссоиды. Субпиксельная гауссова модель описывает распределение координат падения фотонов в области кадра, соответствующей изображению компактной группы.

При оценке параметров изображений объектов, смазанных собственным движением, субпиксельная гауссова модель, описывает распределение координат падения фотонов в области кадра, соответствующей изображению объектов, смазанных собственным движением. В рамках надпиксельной гауссовой модели изображения используется аппроксимация изображения объекта, смазанного собственным движением, упорядоченной смесью двумерных гауссоид.

В качестве критерия оценки положения близких объектов на их статистически зависимых изображениях используются критерий минимум квадратов невязок между экспериментальным и модельным изображениями и критерий максимального правдоподобия. В первом случае в качестве вычислительной схемы используется метод Левенберга-Марквардта, во втором – метод последовательных приближений.

Результаты внедрения предложенных моделей в программу CoLiTec показывают, что точность оценок субпиксельной модели изображения объектов примерно на 30% выше, чем у соответствующей надпиксельной. Это объясняется тем, что субпиксельная гауссова модель учитывает априорную форму изображения небесного объекта, в результате чего гибче описывает любую форму реального изображения.

Указанные модели, внедрены и используются в рамках программы автоматического поиска астероидов на серии ПЗС-кадров CoLiTec. На данный момент, CoLiTec используется в Андрушевской Астрономической Обсерватории, в Российской удаленной обсерватории ISON-NM (Mayhill, New Mexico, USA), а также в обсерваториях ISON-Kislovodsk и ISON-Ussuriysk.

Использование предлагаемых моделей при масштабе пикселя 2''(H15) и 2,06''(D00) позволяет избежать появления критических невязок. По среднему модулю невязок, обсерватория ISON-NM является одной из лучших в мире в своем классе телескопов. В 2011 и 2012 году модуль средних невязок был равен 0,067'' и 0,061''.

Учитывая масштаб пикселя в 2''(H15), 2,06''(D00), 3,6''(C15) и размер апертуры телескопа 0,45m (H15), 0,4m (D00), 0,65m (C15) обсерватории партнеры CoLiTec имеют достаточно высокие показатели точности по СКО измерений (в угловых секундах) среди телескопов со схожими характеристиками.

АДАПТАЦИЯ РАСЧЕТНЫХ СЕТОК К ГЕОМЕТРИИ ОБТЕКАЕМЫХ ПРЕГРАД

Т.Г. Смелая
(ИТМ НАНУ и ГКАУ)
smelaya@nas.gov.ua

Построение расчетных сеток для различных физических областей ставит задачу адаптации этих сеток к геометрии границ, в том числе к внутренним границам при обтекании преград. Пути адаптации зависят от геометрии расчетной области и способов её задания.

Физические области простой геометрической формы допускают аналитическое описание. Более сложные области зачастую аналитически можно задать только фрагментарно. В некоторых случаях целесообразно задавать области с помощью набора точек (узлов).

Для адаптации расчетных сеток к геометрии обтекаемых преград чаще всего применяют привязку границ сетки к этим поверхностям. При этом ключевым условием является достаточно высокая точность аппроксимации формы этой преграды. Для областей простой конфигурации уместно применение регулярных сеток. При нетривиальной форме границ применение регулярных сеток нередко также возможно. Для этого необходимо задать однозначное отображение моделирующей (физической) области сложной формы на логическую (вычислительную), которая, как правило, является топологическим прямоугольником (параллелепипедом). Численный эксперимент проводят на регулярной сетке в логической области. В физической области расчетная сетка будет криволинейной [1]. Переменные параметры отображения позволяют учитывать физические особенности течений, регулируя шаг и угол наклона сетки в моделирующей области. Недостатком такого подхода является: сложность поиска соответствующего отображения, особенно для 3-хмерного случая; риск значительного увеличения временных затрат и снижения точности расчетов.

Более универсальными при аппроксимации границ по сравнению с регулярными являются неструктурированные сетки. Они позволяют аппроксимировать кривые (поверхности) любой степени сложности с наперед заданной точностью.

В случае если задача требует максимального сохранения регулярной структуры сетки и простоты расчетов, возможен принципиально другой подход. Внутренняя преграда при этом включается в физическую область, а непроницаемость её поверхности обеспечивается введением специальных условий для движущихся молекул [2 – 3].

1. Андерсон Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен : в 2-х т. / Д. Андерсон, Дж. Таннехил, Р. Плетчер. – М. : Мир, 1990. – 728 с.
2. Смелая Т. Г. Выбор расчетной сетки при моделировании течений разреженного газа методом пробных частиц / Т. Г. Смелая // Техническая механика. – 2013. – № 1. – С. 45-60.
3. Печерица Л. Л. Построение оптимальных алгоритмов реализации метода пробных частиц в динамике разреженных газов / Л. Л. Печерица, Т. Г. Смелая, Н. В. Петрушенко // Современные проблемы динамики разреженных газов : IV-ая Всероссийская конференция с участием иностранных ученых : сборник докладов (26-29 июля 2013 г. Новосибирск, Российская федерация). – Новосибирск – С. 164 – 166.

МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОСТУПНОСТИ СПУТНИКОВ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ НА ВЫСОТАХ ДО 36 000 КМ

В.В. Конин, А.С. Погурельский, Ф.А. Шишков
(Национальный авиационный университет)
pogurelskiy@gmail.com

Определение координат космических аппаратов в околоземном пространстве требуется при выполнении ряда задач, актуальных как в настоящее время (стыковка, выведение на заданную орбиту), так и перспективных, которые будут выполняться в ближайшем будущем (снятие с орбиты крупных фрагментов космического мусора). На земной поверхности на сегодняшний день наиболее эффективны спутниковые навигационные системы. Согласно интерфейсным контрольным документам GPS и ГЛОНАСС эти системы обеспечивают навигацию до высот 3000 и 2000 км соответственно. Естественнно ожидать, что вводимые в строй новые системы Galileo и Compass будут функционировать в этом же диапазоне.

В основу предлагаемой модели оценки доступности навигационных систем в околоземном пространстве заложены следующие принципы.

Доступность навигационных спутников определяется при помощи данных альманаха систем GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Compass, а также данных о местоположении объекта (широта, долгота, высота) и параметров диаграммы направленности излучающей антенны спутников.

Альманахи GPS и ГЛОНАСС получены экспериментально. Альманахи Galileo и Compass сформированы по данным интерфейсных контрольных документов этих систем для состава орбитальной группировки из 27 и 30 спутников соответственно.

Для спутников над плоскостью горизонта ширина диаграммы направленности задаётся в пределах $\pm 13,8^\circ$, для спутников ниже плоскости горизонта (с обратной стороны Земли) диаграмма направленности в пределах от $\pm 13,8^\circ$ до $\pm 23^\circ$.

Модель доступности запрограммирована в среде MatLab и функционирует следующим образом. После загрузки альманаха навигационных спутников, координат объекта, даты, интервала времени, режимов наблюдения (над горизонтом, ниже горизонта или над и ниже горизонта) вычисляются видимые с объекта спутники и интервалы времени, в течение которых имеется необходимое для навигации количество спутников. Результаты моделирования иллюстрируются графиками.

Модель функционирует для оценки доступности и интервалов наблюдения спутников каждой из навигационных систем отдельно, а также для случая их совместного применения либо любых комбинаций между собой.

SOFTWARE FOR ASTEROIDS SURVEY PROCESSING. CURRENT STATUS AND PROSPECTS

С.В. Хламов, В.Є. Саваневич, Я.С. Мовсесян
(Харківський національний університет радіоелектроніки)
В.М. Ткачов (Космічна радіофізика РІ НАН України)

Є.М. Діков

(Науково-дослідний проектно-конструкторський і технологічний інститут мікрографії у Харкові)

О.Б. Брюховецький

(Харківське представництво генерального замовника –
Державного космічного агентства України)

А.М. Дашкова (Запорізький інститут економіки та інформаційних технологій)
sergii.khlamov@gmail.com

Modern astronomical systems of asteroids detection allow taking a lot of frames of considerable sky area in one night. So with help of blinking method human can't carefully analyze all of them. The particularly serious difficulty for this is the frames analyzing from the high-aperture wide-field telescopes. Because up to several tens of asteroids with slight shine can be present simultaneously in telescopes field of vision. One of the approaches dealing with this problem is implementation of automatic asteroids detection.

It is advisable that astronomical systems of automatic asteroids detection can solve a lot of tasks at the same time. Some of tasks are following:

- searching and discovering of comets and asteroids, including Near Earth Asteroids (potentially dangerous);
- detecting the optical afterglow of the gamma-ray bursts in the optical range;
- ability to find supernovae;
- automatically E-mail sending with the processing results to the registration centers, such as Minor Planet Center;

CoLiTec software contains features previously described. The input data for the processing module is represented by series of CCD-images showing a part of celestial sphere and stellar catalog. CoLiTec has abilities for detecting very slow and very fast objects. The comet ISON, which is very popular today, was discovered with help of this module for very slow objects detection.

CoLiTec software includes frames viewer with a user-friendly GUI. So all obtained results after CoLiTec software processing you can analyze with help of this viewer. It runs independently of the main program, so analyzing and reviewing of CoLiTec operation results can be performed when the main program processes the new input data.

Nowadays, CoLiTec software is used for automatic asteroid detection in Andrushivka Astronomical Observatory, in Russian remote observatory ISON-NM (Mayhill, New Mexico, USA), in ISON-Kislovodsk observatory, and in the ISON-Ussuriysk Observatory (from the end of 2013).

With help of the CoLiTec software 4 of the 7 comets were opened and one of the two centaurs were discovered in the former USSR countries over the last 20 years. December 10, 2010 the comets C/2010 X1 (Elenin), P/2011 NO1 (Elenin), C/2012 S1, P/2013 V3 (Nevski) were discovered by using the CoLiTec software.

More than half a million measurements were sent to the Minor Planet Center (MPC) with help of the CoLiTec software, pre-discovered more than 1,500 objects including 4 comets and 21 Trojan asteroids of Jupiter. Separated MPC electronic circulars were dedicated for three of the asteroids.

CoLiTec software features allow performing effective integration in many observatories around the world.

ПОСТЕРИ до підсекції 4.1**МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ІМОВІРНОСТІ ПРАВИЛЬНОЇ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ КОМПАКТНИХ ОБ'ЄКТІВ НА БАГАТО-ТА ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ**

С.А. Станкевич (ЦАКДЗ ІГН НАН України, Київ)

М.І. Герда (військова частина А1906, Київ)*gerda_maks@mail.ru*

На сучасному етапі розвитку космічної галузі майже вся супутникова знімальна апаратура є багато- та гіперспектральною, тобто такою, що формує тривимірні куби даних. Наявність третього спектрального виміру даних суттєво ускладнює візуальну інтерпретацію космічних знімків внаслідок непристосованості для цього зорового апарату людини, не дозволяє використати всю наявну корисну інформацію. Але до теперішнього часу в багатьох випадках неможливе відмовитися від візуального способу інтерпретації, оскільки сучасні методи інтелектуальної обробки даних не спроможні замінити людське сприйняття та аналіз іконічної інформації. Тому дуже актуально є задача поєднати можливості візуальної інтерпретації з перевагами автоматичного аналізу багатовимірних даних.

Перш за все для цього потрібна модель інтерпретації багато- та гіперспектральних зображень, яка б дозволяла адекватно оцінити потенційно досяжні статистичні характеристики розпізнавання об'єктів інтересу на них. Сильною стороною візуальної інтерпретації супутникових зображень є ефективне визначення компактних об'єктів за ознакою форми і деталей. Отже саме на це спрямовано модель, що пропонується.

Неспроможність зорового апарату людини безпосередньо аналізувати куби даних спонукає зосередитися на підвищенні доступних для цього розпізнавальних властивостей зображень – просторової розрізненості, радіометричного контрасті та відношенні “сигнал-шум”. І якщо дві перші вивчено досить добре [1], то незадовільне врахування останньої призводить до заниження оцінок потенційно можливої імовірності виявлення і розпізнавання компактних об'єктів.

Авторами запропоновано удосконалену математичну модель оцінювання імовірності правильної візуальної інтерпретації компактних об'єктів саме для багато- та гіперспектральних зображень [2], яка, на відміну від існуючих, враховує не тільки просторову розрізненість бортової знімальної апаратури та радіометричний контраст, але і еквівалентне відношення “сигнал-шум”, що розраховується для всього кубу даних [3].

Головною перевагою запропонованої моделі є більш адекватне оцінювання інтерпретаційних властивостей багато- та гіперспектральних космічних знімків у порівнянні з традиційною математичною моделлю. В деяких випадках виявлено збільшення достовірності правильної інтерпретації компактних об'єктів на 5-10 %, причому цей вираш зростає із збільшенням числа спектральних каналів.

1. Станкевич С.А. Уточнення відомої емпіричної формули оцінки імовірності правильного дешифрування об'єктів на аерокосмічному зображенні // Праці Наукового центру ВПС України.– Вип.7.– Київ: НЦ ВПС, 2004.– С.242-246.
2. Станкевич С.А., Герда М.І., Білецький І.Г., Пономаренко С.О., Целіщев І.Ю. Оцінювання інтерпретаційних властивостей багатоспектральних зображень при плануванні аерокосмічного знімання // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації.– Вип.8(15).– Київ: ДНДА, 2012.– С.110-118.
3. Станкевич С.А. Імовірнісно-частотна оцінка еквівалентної просторової розрізненості багатоспектральних аерокосмічних знімків // Космічна наука і технологія, 2006.– Т.12.– № 2/3.– С.79-82.

СИСТЕМОАНАЛОГОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКОНОВ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МНОГОРЕЖИМНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ СМЕЩЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

А. Гусинін

(Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут»)
gusynin@gmail.com

Для моделирования задач оптимального управления движением летательных аппаратов в реальном масштабе времени часто применяют математический аппарат дифференциальных преобразований [1]. Это позволяет решить задачу оптимизации управления движением в области изображений с отсутствующим временным аргументом, не требует численного интегрирования дифференциальных уравнений движения летательных аппаратов и допускает аналитическое решение проблемы. При этом, проблема синтеза оптимального управления сводится к решению системы конечных уравнений.

В работе для синтеза законов оптимального управления движением многорежимных летательных аппаратов предлагается использовать концепцию системаналогового моделирования [2-3]. Сущность концепции заключается в построении системной модели (системаналога), состоящей из множества моделей, каждая из которых характеризуется не полным набором признаков сходства с моделируемым объектом. Однако, объединение этого множества моделей в системаналог дает совпадение по полному набору признаков сходства с объектом моделирования. Данную концепцию системаналогового моделирования удобно реализовать на основе смещенных дифференциальных преобразований [4]. Использование смещенных дифференциальных преобразований позволяет, по сравнению с основными дифференциальными преобразованиями, повысить точность вычисления оптимального управления и параметров траектории движения моделируемого динамического объекта.

В работе построена системаналоговая модель процесса управления движением многорежимных летательных аппаратов. Предложены численно-аналитический метод синтеза законов терминального управления и метод многокритериального синтеза алгоритмов управления.

Возможность и эффективность применения предложенных методов продемонстрированы при синтезе алгоритмов управления и моделировании динамики взлета и посадки современного аэростатического летательного аппарата с отклоняемым вектором тяги с выходом в заданную точку пространства, а также при синтезе алгоритмов управления и моделировании движения авиационно-космической системы в процессе вывода полезной нагрузки на орбиту.

Литература

1. Пухов Г.Е. Дифференциальные преобразования функций и уравнений / Г.Е. Пухов. – К.: Наукова думка, 1980. – 419 с.
2. Баранов В.Л. Системаналоговое и квазианалоговое моделирование [Текст] / В.Л. Баранов, Г.Л. Баранов // Электрон. моделирование. – 1994. – Т. 16. № 4. - С. 9-16.
3. Фролова Е.Г. Системаналоговое моделирование законов оптимального управления на основе смещенных дифференциальных преобразований [Текст] /Е.Г. Фролова // Вестник СевГТУ. – 2003. – В.49: Автоматизация и управление. – С. 171-179
4. Гусинін А.В. Диференціальні Т-перетворення в задачах автоматичного керування рухом літальних апаратів : навч. посіб. / О.В. Збруцький, В.П. Гусинін, А.В. Гусинін. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 176 с.

ОСОБЕННОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА СТАТИСТИЧЕСКИ НЕЗАВИСИМЫХ ИСПЫТАНИЙ МЕТОДА ПРОБНЫХ ЧАСТИЦ

Л. Печерица

(Институт технічної механіки НАН України і ДКА України)

pecherica1959@mail.ru

Метод пробных частиц (МПЧ) является разновидностью статистического метода Монте-Карло в газовой динамике. Одним из перспективных путей развития МПЧ является адаптация к вычислениям на многоядерных компьютерах. Организация последовательного алгоритма МПЧ позволила осуществить его распараллеливание по крупным независимым подзадачам (ПНП). Результаты расчетов ПНП для внутреннего течения описаны в [1, 2]. Последующее тестирование на задаче внешнего обтекания выявило существенные недостатки алгоритма ПНП. Установлено, что ПНП учитывает не все особенности МПЧ, в результате чего количество задействованных в расчетах ядер (процессоров) влияет на качество получаемых результатов.

Возникла необходимость разработки принципиально нового параллельного алгоритма, позволяющего учитывать вклад в формирование распределения полевых скоростей всех испытаний, проводимых параллельно на задействованных ядрах. Такой алгоритм с многократным обменом (синхронизацией) расчетными данными между ядрами на всем протяжении счета был построен и назван алгоритмом параллелизации по статистически независимым испытаниям (ПСНИ). Алгоритм ПСНИ дает возможность сводить в единое поле все поля скоростей после их корректировки на каждом из ядер при столкновениях и отражениях молекул.

С помощью ПСНИ были проведены тестовые расчеты аэрогазодинамических характеристик КА сложной формы при входе в плотные слои атмосферы Земли. Сделано сравнение результатов, полученных на многоядерном процессоре, с данными расчетов последовательного алгоритма и с существующими численными и экспериментальными данными. Каждый обмен данными, проходящий при синхронизации составляющих скоростей пробных молекул, блокирует работу задействованных в нем ядер. Поэтому, хотя количество операций на каждом из ядер уменьшается, большое количество обменов данными существенно замедляет процесс счета. Проведен анализ результатов расчета большого количества возможных вариантов оптимизации алгоритма синхронизации ПСНИ. Вопреки ожиданиям, расчетное время последовательного алгоритма меньше или соизмеримо с затратами на параллельные вычисления ПСНИ. Установлено, что переход к расчетам на нескольких ядрах не позволяет достичь сокращения временных затрат при сохранении качества получаемых результатов.

1. Печерица Л. Л. Параллельный алгоритм метода пробных частиц для решения задач молекулярной газовой динамики // Техническая механика. – 2013. – № 1. – С. 32–44.
2. Печерица Л. Л. Построение оптимальных алгоритмов реализации метода пробных частиц в динамике разреженных газов / Л. Л. Печерица, Т.Г. Смелая, Н.В. Петрушенко // Современные проблемы динамики разреженных газов : IV-ая Всероссийская конференция : материалы (26-29 июля 2013 г.) – Новосибирск – С. 164 – 166.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ХОЛЛОВСКОГО ТИПА ДЛЯ СИСТЕМЫ КОРРЕКЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ КА

Н.И. Письменный, С.Н. Кулагин, С.В. Носиков
(ИТМ НАНУ и ГКАУ)
pism@yash.dp.ua

Электрореактивные двигатели давно и успешно используются в системах коррекции и управления космических аппаратов различного назначения.

Цель и назначение космических аппаратов определяют требования к интегральным характеристикам электрореактивных двигателей. В Институте технической механики НАНУ и ГКАУ разработан электрореактивный двигатель холловского типа малой мощности – ионный тяговый модуль со средним диаметром разрядной камеры 31 мм (ИТМ-31). Для уменьшения потерь ускоренных ионов на стенках разрядная камера выполнена расширяющейся к выходному срезу. Роль магнитного экрана выполняет анод, изготовленный из ферромагнитного сплава. Номинальные характеристики двигателя: разрядное напряжение – 200 В; ток разряда – 0,5 А; тяга – 5 мН \pm 3 %.

Проведены экспериментальные исследования, основной целью которых является определение степени влияния разрядного напряжения на тягово-энергетические характеристики двигателя. Показано, что:

– оптимизация параметров магнитной системы позволила получить КПД 30% при номинальной потребляемой мощности 100 Вт;

– увеличение тока разряда с ростом разрядного напряжения связано с увеличением потока ионов на стенки разрядной камеры и их последующей повторной ионизацией [1].

– режимы с максимальным КПД. реализуется при мощностях 150 – 250 Вт;

Полученные регулировочные характеристики двигателя охватывают диапазон мощности от 18 до 304 Вт.

Электрореактивный двигатель использовался в качестве ускорителя разреженной плазмы при проведении экспериментальных исследований в рамках проекта „Исследования особенностей и механизмов управления орбитальным движением космических аппаратов в проводящей среде” Целевой комплексной программы НАН Украины по научным космическим исследованиям на 2012 - 2016 гг. по распоряжению Президиума НАН Украины от 04.03.2014 № 140.

1. А. В. Лоян. Исследование параметров плазмы в канале МСПД при повышенных напряжениях разряда / А. В. Лоян, Т. А. Максименко, Н. Н. Кошелев // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. - № 4 (81). – С. 55.

**КОСМІЧНІ АПАРАТИ ТА СИСТЕМИ
ДЛЯ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**
Space Vehicles and systems for space research



Підсекція 5.1.
Космічні системи та апарати
Subsection 5.1.
Space Vehicles

**OBSERVATION OF SPACE DEBRIS AND GEO SATELLITES
IN DERENIVKA, UKRAINE**

V. Yepishev, V. Kudak, V. Perig, I. Motrunych, I. Nojbauer
(Laboratory of the space researches of Uzhgorod National University Ukraine)

I. Molotov, V. Koupryanov, V. Voropaev (IAM RAS)
lkd.uzhgorod@gmail.com

Laboratory of space researches observe artificial satellites from its creation time. Geostationary satellites are main line of interest. Also we observe low orbit satellites, get photometric curves of LEO objects.

Photometry of satellites in emergency situations is another main line of interest in laboratory research. We obtain such photometry curves for satellites like “Phobos-Gunt”, “Egypt-Sat”, “Sich-2”. Analyzing such photometric curves we obtain information about satellite position in space, it’s shape and orientation, and if there is enough information we can tell what happened with satellite.

From year 2010 Laboratory start collaboration with ISON project. In Derenivka point (that is situated in 15 km from Uzhgorod city) was mounted 25 cm telescope Takahashi BRC-250M with CCD camera Apogee Alta U9 (2049 x 3079). Telescope was mounted on WS-180 equatorial mount. Installation works was finished in November 2010 and we start to observe GSO with a modern equipment.

From that time we usually observe 30 – 35 thousand of measurements in year. In this year we plan to install another telescope 40 cm diameter for observation of faint objects of space debris.

НАБЛЮДЕНИЯ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ В U, B, V, R, I - ЦВЕТОВЫХ ПОЛОСАХ

И.В. Барна, В.П. Епишев, В.И. Кудак
(Лаборатория космических исследований ГВУЗ «УжНУ»)

М.В. Габдеев (САО РАН)
lkd.uzhgorod@gmail.com

Подключение больших телескопов и мощных ПЗС-камер к фотометрическим наблюдениям геосинхронных спутников (ГСС) позволяют не только изучать поведение все меньших и меньших по размерам тел, но и эффективно расширять область исследований, в первую очередь связанную с оптическими характеристиками поверхности аппаратов и их изменениями со временем.

В работе приведены первые результаты квазисинхронных колориметрических наблюдений нескольких ГСС в 5-ти спектральных полосах – U, B, V, R, I. Наблюдения проводились осенью 2012-го года на метровом телескопе ZEISS-1000 при поддержке российских коллег с САО РАН. Высокогорное расположение обсерватории и характеристики ПЗС-камеры позволили провести наблюдения ГСС в ультрафиолетовой области спектра, которая ранее практически была не доступна для наблюдений с низинных украинских обсерваторий. Полученные результаты показали перспективность наблюдений в U полосе. Именно в ультрафиолете были зафиксированы мощные зеркальные блики от фрагментов поверхности ГСС, которых не было в других цветовых полосах. Их наличие на кривых блеска позволило нам по результатам всего одного сеанса наблюдений четко определиться с расположением панелей солнечных батарей на спутнике, их ориентацией и перемещением за Солнцем. Большого внимания также заслуживает полученное значение колор-индекса в других цветовых полосах.

НАНОСУПУТНИК ДЛЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

С.М. Беляєв, Ф.Л. Дудкін

(Львівський центр ІКД НАН України та ДКА України)

belyayev@isr.lviv.ua

В наш час мікро- та наносупутники набувають усе більшої популярності у космічних дослідженнях. Це відбувається, перш за все, завдяки здешевленню їх запуску, а також порівняно невеликій вартості проектування та виготовлення. Особливо це стосується класу наносупутників CubeSat. Стандартизація процедур та інтерфейсу запуску, можливість придбання готових приладів, платформ, службових систем та комплектних апаратів відкриває дорогу в космос широкому колу наукових та навчальних установ, державним та приватним підприємствам. На сьогодні у космосі побувала велика кількість наносупутників CubeSat, але типовим призначенням таких запусків було підтвердження технологічних можливостей або виконання завдань навчального процесу. Наступним етапом є використання космічних апаратів (КА) CubeSat у наукових дослідженнях, для чого необхідні створення нових приладів та модифікація організації експериментів з урахуванням особливості й обмеження платформ CubeSat, їх відмінності від традиційних супутників великих розмірів.

У випадку використання наносупутників для проведення електромагнітних досліджень у іоносфері Землі з'являються нові можливості створення дійсно електромагнітно- "чистих" апаратів, зокрема у діапазонах КНЧ-ДНЧ. Але, враховуючи масогабаритні характеристики наносупутників, потрібна не тільки розробка нових, мініатюрних приладів. Важливо використати всі можливості для створення чистих КА, дослідити джерела завад, методи їх усунення або зменшення. Малі розміри супутників, мініатюризація апаратури та її велика щільність висувають нові вимоги до боротьби з завадами від КА та його службових систем, до зменшення взаємних впливів наукових приладів. При проведенні наукових досліджень у космосі, питання електромагнітної сумісності враховувались і при побудові КА попередніх поколінь, але при суттєвому зменшенні відстаней між приладами та підвищенні вимог до якості наукових даних ці питання набувають більшого значення. Особливістю створення космічної платформи для електромагнітних досліджень за проектом SEAM (Small Explorer for Advanced Missions) в рамках європейської програми FP7 є також завдання зменшити власний магнітний момент супутника. Це дасть можливість мінімізувати час активної роботи системи орієнтації з одночасним збільшенням її точності та стабільності.

Для виконання вказаних робіт запропоновані практичні методи оцінювання характеристик елементів та складових частин приладів. Проведені експерименти дозволили сформулювати рекомендації до вибору оптимальних конструктивних рішень, проведення випробувань на електромагнітну сумісність, які відрізняються від існуючих (стандартних) методів та випробувань.

Робота виконана в межах проекту ЄС FP7 № 607197.

ПОДСИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ КООРДИНАЦИОННОГО ПЛАНА РАБОТЫ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «МИКРОСАТ»

Г. Борщева, Н.Е. Малахова, Е.Д. Ярмольчук
(Государственное предприятие «КБ «Южное»)
info@dpukrconfiaa.org

В настоящее время ГП «КБ «Южное» создает подсистему формирования координационного плана (ПФКП) работы полезной нагрузки космического аппарата «Мікросат», предназначенного для проведения ряда научных и технологических экспериментов научных институтов и организаций Украины.

Подсистема предназначена для приема заявок от всех разработчиков экспериментов, формирования и передачи координационных планов работы полезной нагрузки в Центр управления полетом с целью формирования командно-программной информации для выполнения Программы научных исследований и Программы технологических экспериментов.

В состав подсистемы входит специальное программное обеспечение формирования координационного плана (СПО ФКП), разрабатываемое ГП «КБ «Южное».

Разрабатываемая подсистема обеспечит планирование проведения экспериментов как в период летных испытаний, так и при штатной эксплуатации космического аппарата «Мікросат». Подсистема будет работать в составе штатных средств управления КА. Операторами подсистемы будет персонал ГП «КБ «Южное».

Доклад посвящен описанию подсистемы и программного обеспечения.

ПРОЕКТ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АКТИВНОГО УДАЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Д.А. Галабурда, С.С. Зайцев, С.И. Москалев
(Государственное предприятие «КБ «Южное»)*info@dpukrconfiaa.org*

Проведен анализ задач, требующих решения при создании системы для удаления космического мусора (КМ). Исходя из анализа эффективности различных технологий удаления КМ определены:

– принципы построения и функционирования космической системы эффективного удаления низкоорбитального среднегабаритного КМ;

– функции, состав и режимы функционирования космического аппарата активного удаления КМ (КА – перехватчика), оснащаемого комплектом улавливающих модулей для захвата и увода объектов КМ.

Представлены результаты разработки конструктивно-компоновочной схемы КА – перехватчика и конструкции улавливающего модуля.

НАБЛЮДЕНИЕ ИСЗ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ – РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В.П. Епишев, И.В. Барна, В.И. Кудак, В.М. Периг, И.И. Мотрунич,
Я.М. Мотрунич, И.Ф. Найбауер, Э.Й. Новак
(Лабораторія космічних досліджень ДНВЗ «УжНУ»)
lkd.uzhgorod@gmail.com

Контроль движения космических аппаратов во всех странах ведется радиотехническими средствами. Они позволяют осуществлять такой контроль при любой погоде, в любое время суток. В этом их огромное преимущество. Но они не в силах взять под контроль так называемую геостационарную орбиту, где на высоте 36000 км размещены уже тысячи задействованных и не рабочих спутников связи и навигации, телекоммуникации, военного и научного предназначения. Кроме этого локаторы используют относительно длинную радиоволну и часто не удовлетворяют повышенным требованиям к точности определения положения космического объекта, распознавание его поверхностной структуры, отождествлений ИСЗ при его маневре на орбите, оценки нештатной ситуации с спутником. Вот эту информационную нишу и заполняют оптические наблюдения.

Все возрастающее число запускаемых ИСЗ усложняет контроль за их движением и увеличивает вероятность возникновения аварийных ситуаций на орбитах. Еще более актуальной стала проблема распознавания КО. Решают эти проблемы, в наше время, с помощью фотометрических методов.

Разработанные в коллективе ЛКИ УжНУ методики и соответствующие программы определения ориентации, периода собственного вращения, элементов орбиты неуправляемого ИСЗ позволили установить для более 50-ти космических объектов динамические поверхностные характеристики. Более 40 объектов полностью идентифицированы. Среди них ИСЗ американской системы “Тирос-Н”, “Ферет” двух поколений, “Лакрос”, французской системы “Спот”, ряд геостационарных объектов, расстрелянный американцами «Пагеос», и многие другие. Успешно проведена оценка аварийной ситуации в случае с космической станцией «Салют», «ЕгиптСат», «Фобос-Грунт».

Уже за годы независимости Украины в Лаборатории был разработан метод оценки величины возмущений, что действуют на конкретной высоте на ИСЗ, по результатам анализа изменений в собственном вращении и ориентации неуправляемых КО. Использование данного метода позволило провести оценку относительных изменений солнечной постоянной на 21-ом цикле солнечной активности по точности одного порядка с дорогостоящими измерениями солнечного излучения с борта космических аппаратов. Эффективность метода подтвердили также результаты наблюдений на 27-ми летнем интервале японского ИСЗ «Аддисай» и 35-ти летнем интервале американских ИСЗ серии «Мидас». На их основе в ЛКИ открыто до конца еще не объяснимое тонкое взаимодействие между собственным вращением этих ИСЗ и влиянием на верхние слои земной атмосферы солнечного излучения.

ПОВЕДЕНИЕ ИСЗ НА ОРБИТЕ И ЕГО СВЯЗЬ С ФИЗИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ

В.П. Епишев, О.Ю. Бут, В.И. Кудак, В.М. Периг, Э.Й. Новак
(Лабораторія космічних досліджень ДНВЗ «УжНУ»)
lkd.uzhgorod@gmail.com

Наблюдения дестабилизированных ИСЗ показали, что их поведение на орбите может быть хорошим индикатором физических процессов, протекающих в земной атмосфере.

В УжНУ длительное время ведется контроль за собственным вращением и ориентацией целого ряда дестабилизированных ИСЗ, в том числе серии „Мидас”, которые пребывают на высоте 3500-3600 км.

Вращение одного из них, а именно „Мидас-7”, имеет с одной стороны довольно странный сезонный характер с одним максимумом, с другой – не все в его поведении можно объяснить только сезонными изменениями. В 70-80-х годах прошлого столетия (21-й цикл солнечной активности) ИСЗ вращался максимально быстро осенью ($P_0=105$ сек) и более медленно весной ($P_0=127$ сек), с сохранением 22-х секундной амплитуды. С 2008 года и по данное время, изменения в периоде его собственного вращения на годичном интервале происходило от 125 сек. (весной) до 147 сек. (осенью). То есть, вращение ИСЗ стало более медленным уже не весной, а осенью, сохраняя при этом один максимум и значение амплитуды сезонного изменения периода вращения постоянным порядка 22-х секунд. Пока что четких объяснений такому поведению ИСЗ „Мидас-7” нет, хотя оно явно связано с физическими процессами в верхней атмосфере Земли под влиянием солнечного излучения. Возможно это проявления годовой вариации магнитной возмущенности или явления, связанные с низкоэнергетичным курпускулярным излучением Солнца, имеющих годичную вариацию. Возможно сдвиг максимума во вращении ИСЗ связан с магнитной переполусовкой на Солнце. Как бы там не было анализ поведения высокоорбитальных дестабилизированных ИСЗ дает ценную информацию о протекании физических процессов в околоземном космическом пространстве.

ПЛАТФОРМА МАЛОГО СПУТНИКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В. Кавун, В.Н. Маслей, Ю.А. Шовкопляс, С.И. Москалев, Д.А. Галабурда,
М.В. Вайсеро
(Державне підприємство «Конструкторське бюро “Південне” ім. М.К. Янгеля»)
info@dpukrconfiaa.org

Для малых космических аппаратов (МКА) массой до 200 кг в ГП «КБ «Южное» создана платформа МС-2 в бескорпусном исполнении с возможностью размещения на ней полезной нагрузки (ПН) до 80 кг. На основе платформы МС-2 созданы спутник EgyptSat-1, МКА «Січ-2» (МС-2-8) и создаются МКА «Мікросат» и «Ионосат». В этих МКА функцию корпуса выполняют корпус самих приборов, выполненных в виде рамочных модулей (РМ), которые составлены в пакет с двумя плитами на противоположных торцах пакета и скреплены шестью стяжками.

Для МКА массой больше 200 кг построение МКА с использованием технологии аппаратурных РМ становится неоптимальным с точки зрения жесткости конструкции и, как следствие, точности взаимного углового положения приборов.

В настоящее время наше предприятие разрабатывает платформу нового поколения для МКА с массой ПН до 250 кг, в которую заложены следующие требования:

- обеспечение высокой терморазмеростабильности конструкции;
- модульность конструкции и приборов;
- использование пассивных средств терморегулирования;
- исключение складываемых и зачекываемых на время транспортирования и выведения на орбиту компонентов МКА (солнечные батареи, штанги и др.);
- минимизация массы и габаритов платформы и МКА;
- минимизация длин кабелей и удобство их прокладки;
- удобство сборки и обслуживания во время наземных испытаний и подготовки МКА к запуску без применения сложного и дорогостоящего оборудования (стенды,

кантователи и др.).

Конструктивно платформа включает:

- блок аппаратурный;
- блок двигательной установки;
- солнечные батареи (2шт.);
- блоки антенные верхний и нижний.

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ С ПЛАТФОРМОЙ УКРАИНСКИХ МИКРОСПУТНИКОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

А.Г. Меланченко, Ю.И. Самсонова, А.В. Клименко
(Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное»)
info@dpukrconfiaa.org

Разработка учеными новых методик в космических исследованиях приводит к росту количества приборов для регистрации изучаемых явлений и сбора необходимой информации. Разнообразию таких приборов, объединенных общим названием – приборы полезной нагрузки, требует трудоемкой работы по их сопряжению с другими приборами спутника – платформой, поскольку они имеют различные, подчас присущие только им интерфейсы, процедуры обмена данными, программы работы, информационную производительность. До настоящего времени эта задача решалась существенной доработкой, а в ряде случаев и новой разработкой приборов платформы под каждый конкретный набор приборов полезной нагрузки, устанавливаемых на данный спутник. Это приводило к не малым финансовым и временным затратам и, кроме того, при изменении полезной нагрузки на последующем спутнике не позволяло в большой степени заимствовать технические решения, отработанные на предыдущих образцах приборов.

Минимизация сроков и материальных затрат интеграции полезной нагрузки в состав спутника требует создания устройства, связующего полезную нагрузку с платформой спутника, которое являлось бы базовым для всех спутников данного класса и легко адаптировалось под задачи конкретного из них. Это устройство (интерфейсный модуль) будет иметь возможность использования основных электрических интерфейсов, распространенных в мировой практике приборостроения, а также специфических интерфейсов, присущих конкретному прибору полезной нагрузки. Кроме того, данный интерфейсный модуль будет иметь встроенную память объемом в десятки гигабайт для хранения информации полезной нагрузки и устройство управления работой полезной нагрузки, поскольку программа проведения научных измерений играет важную роль в успехе проведения исследования. Обновление программного обеспечения интерфейсного модуля делает доступной реализацию индивидуальных программ различных постановщиков космических исследований на борту спутника.

Предлагаемый подход позволит разработчикам научных приборов сосредоточиться на научной стороне исследования, оставив разработчикам интерфейсного модуля и спутника вопросы электрического и информационного сопряжения научных приборов на борту спутника.

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА АНАЛІЗУ КОСМІЧНІ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ЗС УКРАЇНИ

О.Є. Краснощеков, С.М. Корнієвський, П.Я. Лядик, С.А. Мамрай,
О.А. Маслов
(ДКАУ, Західний центр радіотехнічного спостереження, м. Мукачево)
ckako@i.ua

Найбільш повне виконання умов і вимог інформаційно-розвідувального забезпечення сучасних бойових дій можливо при використанні новітніх інформаційних технологій, і в першу чергу - космічних.

Таке прогнозоване бачення ситуації дуже важливо для створення сучасних боездатних Збройних сил, які будуть здатні вести збройну боротьбу на зовсім новому якісному рівні.

При цьому одним із головних шляхів вирішення цієї задачі є бойове забезпечення дій Збройних сил України з застосуванням космічних засобів.

В Україні Система контролю та аналізу космічної обстановки створена у 1997 та визначена Указом президента України № 202/97.

У зв'язку з цим використання Системи контролю та аналізу космічної обстановки (СКАКО) в інтересах Збройних Сил на сучасному етапі набуває особливого значення та актуальності.

Так як після окупації АР Крим, значна частина вимірювальних засобів та програмно-технічного забезпечення СКАКО була втрачена, на даний час проходить процедура її відновлення.

СКАКО призначена для збору, обробки та аналізу даних про стан космічної обстановки від національних засобів контролю космічного простору та інших джерел, включаючи іноземні та для підготовки, видачі споживачам даних про космічні об'єкти, стан і тенденції розвитку космічної обстановки.

Аналіз застосування космічних систем в періоди підготовки та проведення військових операцій проти Іраку в зоні Перської затоки, операції в Югославії, Грузії і в даний час у східних областях України такими країнами як США, РФ, Франція, Ізраїль, Німеччина, визначив основні завдання використання СКАКО в інтересах Збройних сил України.

Для забезпечення повсякденної та бойової діяльності всіх видів Збройних Сил України, в умовах збройного протистояння на сході України і військової агресії РФ, необхідно використовувати дані про стан космічної обстановки, космічні об'єкти, стан і тенденції розвитку космічної обстановки, космічної діяльності держав, які може надавати СКАКО.

МАЛООБ'ЄМНІ АЕРОСТАТИ ДЛЯ СТРАТОСФЕРНИХ ТА КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ: КОНЦЕПЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ

М.І. Миронов

(Конструкторське бюро інформаційних систем)

А.С. Білик (КНУБА)

shipliwe@gmail.com

Тематики безпосереднього регулярного дослідження стратосфери (особливо шару вище 20 км.) є актуальними, але для України, в наслідок фактичної відсутності відповідних літальних апаратів на сьогодні складними.

Відносно мала кількість космічних запусків і зміни технологічних ланок космічної галузі зводять до мінімуму можливості дослідної експлуатації учбових (студентських), наукових та інших не комерційних космічних апаратів.

Але, наявні технологічні можливості України як в контексті наземних комплексів (мережа аерологічних обсерваторій), так і людських ресурсів дозволяють організувати регулярні запуски малооб'ємних аеростатів для реалізації різноманітних наукових програм. Висотність польотів (теоретична межа 50 км) дозволяє використовувати умови наближені до космічних.

Пропонується застосовувати технологічну платформу наявних на ринку латексних радіозондових оболонок. Дані засоби мають межу вантажопідйомності 3 кг., що дозволяє виконувати підйоми космічних апаратів формату, наприклад, CubeSat. Відносно малий термін перебування на висотах зі складними умовами та динамічний розвиток електроніки дозволяють застосовувати побутові мобільні комп'ютери в якості бортових електронно-обчислювальних систем, органічно висока безпека льотної експлуатації дає можливість застосовувати ці системи практично на всій території держави.

За використання даних засобів можлива реалізація наукових та учбових тематик:

1. атмосферні дослідження;
2. вивчення космічного опромінення;
3. вивчення озонового шару;
4. забір проб повітря з різних висот;
5. випробування студентських та радіолюбительських атмосферно-космічних апаратів вагою то 2 кг.

Крім того, збільшення інтенсивності експлуатації аерологічних обсерваторій відкриє шляхи для їх модернізації (а отже і передумови державних замовлень), створить робочі місця кваліфікованим, посилить кооперацію в Українській науці та виробничій сфері.

СУЧАСНИЙ СТАН, ВІДНОВЛЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА АНАЛІЗУ КОСМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ В НОВИХ УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ ТА ЇЇ РОЛЬ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ОБОРОНОЗДАТНОСТІ УКРАЇНИ

С.С. Москаленко, Є.І. Онищенко, О.Л. Павловський, С.В. Золотов
(ДКАУ, Західний центр радіотехнічного спостереження, м. Мукачево)
ckako@i.ua

Відповідно до рішення Президії Науково-технічної ради Державного космічного агентства України (ДКАУ) № 15\2005 від 21 грудня 2005 року і Акту державних випробувань Системи контролю космічної обстановки (СКАКО) від 9 грудня 2005 року, система введена в дослідну експлуатацію 1 лютого 2006 року.

СКАКО призначена для збору, обробки та аналізу даних про стан космічної обстановки від національних засобів контролю космічного простору та інших джерел, включаючи іноземні та для підготовки, видачі споживачам даних про космічні об'єкти, стан і тенденції розвитку космічної обстановки.

Відновлення СКАКО на сучасному етапі передбачає розробку нової концепції побудови всієї системи. Це пов'язано з тим, що, до теперішнього часу, роботи зі створення СКАКО велися без урахування військових можливостей даної системи і обставин, пов'язаних з військовою агресією РФ, в ході якої був загублений унікальний наземний вимірювальний комплекс України, що знаходиться на території АР Крим.

Відновлення функціонування СКАКО після втрати наземного вимірювального комплексу в АР Крим (м. Євпаторія) та поновлення організаційно-штатної структури Центру контролю космічного простору, згідно технічного завдання на базі Західного центру радіотехнічного спостереження (ЗЦРС) (м. Мукачево), з урахуванням ситуації, яка склалася в Україні, вкрай необхідне. А питання контролю космічного простору в цілях підтримки обороноздатності України актуальне, як ніколи.

Розробці перспективних напрямків відновлення та подальшого розвитку СКАКО повинна передувати робота з оцінки ситуації, що склалася, та аналізу техніко-економічних показників, наявних у розпорядженні нашої держави засобів СКАКО. Має бути вироблена концептуально нова модель відновлювальної системи.

Для подальшого функціонування та розвитку СКАКО важливими моментами є модернізація радіотехнічної станції 5Н86 «Дніпро», розробка нової сучасної радіотехнічної станції на новій елементній базі та збільшення кількості оптичних інструментів, які надають вимірювальну інформацію по космічним об'єктам (КО), а саме за рахунок астрономічних обсерваторій України, які проводять спостереження КО в рамках своїх НДР.

Складовою частиною цієї роботи має стати вироблення стратегії системного використання інформації СКАКО, яка дозволить в інтересах обороноздатності держави реалізувати в повній мірі можливості створюваної системи. Крім того, це дозволить Україні знову вийти на міжнародний рівень з різноманітним пакетом комерційних пропозицій.

Не дивлячись на труднощі, організаційно-штатні зміни та проблеми, що виникли після передислокації фахівців колишнього Центру контролю космічного простору з АР Крим в ЗЦРС, завдання СКАКО з перших днів передислокації виконуються згідно Положення про дослідну експлуатацію.

ЗАХОПЛЕННЯ ЧАСТОК ПИЛУ В СТРАТОСФЕРІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОВІТРЯНОГО ЗОНДА

О. Поташко

(НУЦ ПІ НАНУ Науково-учбовий центр Прикладної Інформатики НАН України)
tumburland@gmail.com

Відпрацьовування методів досліджень стратосфери за допомогою повітряних куль. Захоплення часток зі стратосфери, захоплення часток з мікроорганізмами. Дослідження можливих шляхів потрапляння мікроорганізмів у стратосферу за допомогою генних методів. Популяризація даних методів дослідження шляхом залучення студентів.

Для виконання задач проекту необхідно вирішити наступні питання:

1. Навігація – відстеження переміщення кулі, вимір висоти, а головне - відстеження капсули, що повертається. Засоби: GPS, програмування, комп'ютер - смартфон.

2. Стерильність – забезпечення стерильності камери для захоплення проб на всіх етапах – запуск, операції відкриття/закриття при експонуванні камери, спуск, приземлення.

3. Вживаність апаратури – забезпечення роботи виконавчих механічних приводів та електроніки при стратосферних умовах: температура – мінус 80°C, підвищене ультрафіолетове випромінювання; збереження критичних вузлів при падінні на землю.

Ми вважаємо що в такій постановці – захоплення кометних часток за допомогою повітряних зондів – проект є унікальним. Здійснити його допоможуть результати місії StarDust, яка доставила кометні частки на Землю в 2006 р.

На першому етапі робиться акцент на забезпеченні запуску кулі, керуванні захопленням пилу, приземленні та знаходженні капсули, що повертається.

На другому етапі – акцент на аналізі пилу: SEM-аналіз, флуоресцентний аналіз, після знаходження мікроорганізмів – екстракція ДНК, визначення генному.

За нашими підрахунками дослідження за допомогою повітряних куль є рекордсменами з низької вартості. Так, наприклад, власне повітряна куля для підйому на висоту 35 км коштує \$200 - 500.

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНО-ЧИСТОГО НАНОСУПУТНИКА ДЛЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В.О. Проненко (Львівський центр Інституту космічних досліджень, Україна)

М.В. Івченко (Королівський технологічний інститут, Стокгольм, Швеція)

та команда SEAM (SEAM)

pron@isr.lviv.ua

Тенденція до зменшення фінансування космічних досліджень спостерігається в цілому світі. Це підвищує зацікавленість у створенні менших і дешевших супутників - наносупутників (вагою від 1 до 10 кг), особливо кубсатів (КС), які дають змогу ефективно продовжувати наукові дослідження в нових умовах. Крім того, такі малі апарати можуть бути запущені меншим коштом як супутнє корисне навантаження великих супутників, тобто КС є ідеальними платформами для нових демонстраційних або технологічних місій високого ризику.

До сьогодні більшість КС була запущена саме з демонстраційною або навчальною метою. Щоби повністю реалізувати потенціал дешевих наносупутників для наукових місій, необхідно розв'язати проблеми, пов'язані з обмеженнями існуючих платформ КС і необхідністю створення невеликих, але достатньо чутливих давачів. Новий проект SEAM (Small Explorer for Advanced Missions) в рамках європейської програми FP7 спрямований на розробку комплексу вдосконалених критичних підсистем і побудову прототипу наносупутника типу КС. Новизна цього проекту полягає в тому, що його учасники вперше розроблять і продемонструють в польоті концепцію електромагнітно чистого наносупутника з точно визначеною орієнтацією, гнучкою автономною системою збору даних, широкосмуговою телеметрією та інтегрованим рішенням для наземного управління й обробки даних. Це дозволить створити та запропонувати європейському й світовому ринкам сучасну адаптивну платформу для наукових місій високого рівня. В рамках першої демонстрації КС доправить у іоносферу набір нових магнітних і електричних давачів, встановлених на штангах для реалізації їх низького порогу чутливості. Іншою особливістю цього проекту є те, що розробка всіх підсистем проводиться згідно з ретельно сформульованими вимогами до забезпечення електромагнітної чистоти (ЕМЧ) структури КС.

Доповідь висвітлює наукову мету місії SEAM та основні рішення підсистем КС з урахуванням вимог до ЕМЧ та інших обмежень і умов проекту.

Робота підтримана проектом ЄС FP7 № 607197.

Підсекція 5.2.**Підсистеми і прилади космічних апаратів****Subsection 5.2.****Subsystems and Devices of Space Vehicles****АНАЛИЗ МНОГОСВЯЗНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ИЗМЕНЯЕМОЙ
КОНФИГУРАЦИИ**

Н. Ашепкива

(Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара)

ashhepkova_natalja@rambler.ru

Практика експлуатації малогабаритних супутників показала, що якщо маса корпусу космічного апарату (КА) соизмерима з масою подвижних елементів конструкції, то переміщення несомих тел обуславлює не тільки зміну положення центра мас системи, але і соизмеримость недиагональних і діагональних елементів тензора інерції. Зміна конфігурації КА приводить до взаємозалежності каналів управління. Слідовательно, при здійсненні, наприклад, програмного руху по тангажу можуть виникнути кулові рухи по рысканію і крену. Ці рухи системою управління (СУ) сприймаються як возмущення, вимагають додаткових включень виконавчих органів (ІО) і викликають додаткові енергозатрати.

Традиційний підхід синтезу багатов'язної системи автоматичного управління (МСАУ) передбачає наявність діагонального регулятора, який нивелює взаємозв'язок каналів управління. При цьому кулові маневри КА виконуються як послідовність поворотів навколо осей тангажу, рысканія і крена.

На прикладі КА з манипулятором доведено, що сучасні БЦВМ мають вичислювальні засоби і математичний апарат, що дозволяють в режимі реального часу формувати комплексне керуюче впливання на ІО. При цьому спостерігається синергетичний ефект, час перехідних процесів і енергозатрати суттєво скорочуються.

Результати дослідження показали, що використання зворотних зв'язів по проміжочним змінним окремих каналів дозволяє забезпечити МСАУ стійкість до відмов елементів, підвищення надійності і живучості.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКРАНИРУЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СПУТНИКА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОСМИЧЕСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

О.В. Доценко (Государственное предприятие «КБ «Южное»)
В.Т. Маслюк (Институт электронной физики НАН Украины, Ужгород)
info@dpukrconfiaa.org

Высокая стоимость и проблемы с доступностью элементной базы, аттестованной для использования в условиях космического пространства, заставляет разработчиков спутников всё чаще использовать комплектующие элементы индустриального и даже коммерческого уровня качества. Риски, которые несут в себе подобные решения, устраняются, главным образом, путём тщательного радиационного проектирования спутников, в рамках которого одно из ключевых мест отводится применению специальных материалов, обеспечивающих повышенный уровень защиты от воздействия космических излучений.

Использование таких материалов сопряжено с решением задачи, которую, обычно формулируют следующим образом: «Где и в каком виде защитный материал должен быть размещён в составе конструкции или бортовой аппаратуры спутника, чтобы заданные требования по стойкости к воздействию космических излучений были выполнены при минимальных затратах массы и объёма?»

Стандартные расчётные и экспериментальные методики, используемые в настоящее время для обеспечения стойкости спутников к воздействию космических излучений, непригодны для решения задачи в такой постановке из-за функциональных ограничений или непомерно высокой трудоёмкости.

Авторами доклада была разработана расчётно-экспериментальная методика, позволяющая определять основные характеристики воздействия космических излучений на элементы конструкции и бортовой аппаратуры в произвольной точке внутри спутника в условиях применения специальных защитных материалов. Результаты проведенного комплекса экспериментальных и расчётных работ удовлетворительно согласуются с результатами расчётов по стандартным моделям.

СУПЕРКОНДЕНСАТОРИ ЯК ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ МІКРОСУПУТНИКІВ

Ю.А. Малетін, Н.Г. Стрижакова, С.О. Зелінський, О.В. Гоженко
(Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України)

Ю.О. Клименко, В.О. Яценко
(Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України)
sergnast@gmail.com

На теперішній час розробка, створення й експлуатація космічних апаратів неможлива без впровадження сучасних нанотехнологій. При розробці космічних апаратів потрібні нові матеріали, які повинні витримувати навантаження космічних польотів, низькі температури, глибокий вакуум, радіаційний вплив, маючи при цьому низьку масу та здатність забезпечувати надійність та довговічність роботи космічних приладів. З цього випливає актуальність створення нових накопичувачів енергії для космічних апаратів, зокрема комбінованих джерел енергії на основі акумуляторів та суперконденсаторів (СК).

Як чисто «фізичні» пристрої, процеси в яких не пов'язані з будь-якими хімічними чи електрохімічними перетвореннями, переносом заряду чи маси через межу розподілу електрод/електроліт, СК швидко заряджаються і розряджаються і мають більший ресурс роботи в порівнянні з будь-якими «хімічними» акумуляторами, проте значно поступаючись в накопиченій енергії. Переваги кожного з цих джерел енергії реалізуються в комбінованих пристроях (СК + акумулятор), в яких використання СК дозволяє значно збільшити час життя акумулятора, а також використовувати акумулятори меншої ємності і маси.

Експлуатаційні характеристики СК обумовлюються властивостями нанопористих вугільних електродних матеріалів та електролітів, що в них використовуються. Тому в даній доповіді будуть наведені результати їх електрохімічних досліджень, а також впливу радіації (гама- та електронного опромінення) на параметри макетів СК та показані переваги використання комбінованого джерела енергії.

Також будуть наведені результати з електронного опромінення гібридного джерела живлення. Його електроди містять компоненти як суперконденсатора, так і літій-іонних батарей. Показано, що такі джерела є більш чутливими до електронного опромінення, ніж звичайні СК, але сумарна доза, яка здатна суттєво погіршити технічні характеристики гібридного елементу (ємність та опір) може бути накопичена на навколореземних орбітах за час, який значно перевищує час життя супутника.

Розглянуто нову математичну модель системи «накопичувач енергії на основі суперконденсаторів-система керування-сонячна батарея-інтерфейсний модуль-система збору та обробки наукової інформації». Оптимізація характеристик системи дозволить збільшити час роботи накопичувача енергії на орбіті, істотно покращити їх функціональність та показники системи енергозбереження на борту КА і підвищити його безпеку.

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗГОННОГО БЛОКА РАКЕТ НОСИТЕЛЕЙ НА БАЗЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА

С. Климук, С.А. Матвиенко
(Государственное предприятие «КБ «Южное»)
info@dpukrconfiaa.org

Перспективными задачами космической отрасли являются: снижение стоимости пусковых услуг и повышение массы транспортируемого полезного груза (ПГ). Один из возможных путей решения этих задач – разработка принципиально новых, эффективных систем энергообеспечения разгонных блоков ракет носителей (РБ РН).

Проблемой существующих средств доставки ПГ на базе жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) является сравнительно высокая стоимость транспортировки ПГ на рабочую орбиту. Это обусловлено большим расходом рабочего тела и сравнительно низким коэффициентом полезного действия (КПД). Отсюда удельная стоимость транспортировки ПГ на геостационарную орбиту составляет порядка 30 – 40 тыс. \$/кг.

Решить указанную проблему может использование многоразовых буксиров (МБ) с электроракетными двигательными установками (ЭРДУ), потенциальные преимущества которых перед традиционными средствами выведения показаны в большом количестве работ. Для электроснабжения ЭРДУ предлагается разработка и использование системы электропитания на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) и термоэлектрических генераторов (ТЭГ).

ТОТЭ – это устройство, которое напрямую преобразовывает химическую энергию топлива в электрическую и тепловую. Основными компонентами ТОТЭ являются анод, катод и электролит. На анод подается топливо в виде горючего газа, где катализатор способствует его диссоциации на катионы. На катод подается газ – окислитель. В результате реакции высвобождаются электроны и тепловая энергия.

ТЭГ – это устройство, работа которого основана на эффекте возникновения электрических напряжений под действием разности температур. ТЭГ обладают простой конструкцией, не имеют движущихся элементов, легко выдерживают механические перегрузки (удары, вибрации), могут иметь чрезвычайно высокий ресурс работы и стабильность напряжения, которое они генерируют.

Сочетание топливных элементов и термоэлектрического генератора осуществляет электроснабжение и отопление, обеспечивая степень взаимного резервирования, позволяя системе достичь высокого уровня надежности и топливной экономичности.

Низкие массогабаритные параметры ТОТЭ и ТЭГ наряду с высокой энергетической эффективностью позволяют снизить собственную массу РБ, повысить массу транспортируемого ПГ и соответственно уменьшить удельную стоимость доставки ПГ на ГСО в несколько раз, по сравнению с РБ с ЖРД.

РАСЧЕТНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В.І. Тимошенко, Ю.В. Книщенко

(Институт технічної механіки НАН України та ДКА України)

knyshenko@ukr.net

Ориентация и стабилизация космического аппарата (КА) в пространстве для повышения эффективности работы бортовых приборов и наблюдения Земли из космоса, коррекция его траектории, сближение и стыковка с другим космическим объектом, торможение, спуск и посадка, обычно обеспечиваются активными системами управления летательным аппаратом, исполнительными органами которых являются реактивные двигатели малой тяги. Такие же двигатели применяются в системах управления движением последних ступеней ракет-носителей с многократными запусками маршевых двигателей для вывода одного или нескольких КА на заданные орбиты. Количество двигателей и характер их размещения на КА выбирается из условия обеспечения по каждой из осей управления требуемых моментов сил тяги, равных по величине и противоположных по направлению. На практике для этих целей, используется от 8 до 20 двигателей. В качестве рабочих тел используются жидкие, твердые и газообразные топлива, а также газы, находящиеся в баллонах высокого давления. Большой класс систем управляющих двигателей относится к двухкомпонентным жидкостным реактивным системам (ЖРС).

Сочетание непрерывных и импульсных режимов работы, сложный пространственный характер топливных магистралей, изменяющийся в процессе работы, и многообразие модификаций КА, предопределяют необходимость наличия расчетно-методического обеспечения, способного легко адаптироваться к любой конструктивной схеме ЖРС и соответствующему стендовому оборудованию, обеспечивающему верификацию расчетных результатов для последующего использования их в процессе летной эксплуатации.

На всех этапах разработки, создании и, что особенно важно, при проведении маневров КА в обеспечение штатной работы бортовой измерительной аппаратуры эффективным оказывается использование математического моделирования течений в магистралах подачи компонентов топлива, в регулирующих элементах, в камерах сгорания и сопловых устройствах. Это дает возможность путем имитационного моделирования сформулировать командные сигналы для работы управляющих двигателей на КА в обеспечение выбора рациональных параметров траектории маневра при минимизированных расходах рабочего тела и, в конечном счете, продлить время активного существования КА.

В докладе представлены основные положения разработки и примеры практического применения математических моделей, включающие формализованное описание конфигурации топливных магистралей, учет волновых процессов и гидравлических потерь при течении компонентов топлива по питающим магистралам, электродинамику и гидравлику топливных клапанов, газодинамические процессы в камерах сгорания управляющих двигателей. В силу сложности рассматриваемой задачи при создании математических моделей и программного обеспечения широко использован метод расщепления по физическим процессам и геометрическим элементам. Это позволило создать унифицированную расчетную программу, которая может использоваться при проектировании и обеспечении рационального функционирования на борту КА широкого класса систем управляющих двигателей малой тяги.

РЕКОНФИГУРАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

О. Меланченко

(Державне підприємство «Конструкторське бюро “Південне” ім. М.К. Янгеля»)

a.g.melanchenko@gmail.com

Рассматривается задача обеспечения отказоустойчивости системы управления (СУ) космического аппарата (КА) при возникновении отказов командных приборов и исполнительных органов. Исследования и разработки в области создания отказоустойчивых СУ ведутся по двум основным направлениям: обнаружение и локализация отказов, и отказоустойчивое управление. Несмотря на существенный прогресс в каждом из указанных направлений, они развиваются практически независимо друг от друга. В большинстве работ внимание авторов сосредоточено на одном из направлений, а другое либо не рассматривается, либо принимается, что соответствующая «смежная» подсистема работает идеально. В результате большинство известных алгоритмов обнаружения и локализации отказов не учитывают динамику замкнутой СУ, а большинство алгоритмов отказоустойчивого управления базируются на гипотезе о том, что обнаружение и локализация отказов осуществляется мгновенно и безошибочно. Вместе с тем из практики известно, что при возникновении отказа в СУ в начальный момент времени информация, достаточная для обнаружения и, тем более, для уверенной локализации этого отказа еще не доступна. Соответственно, информация об отказе, предоставляемая для реконфигурации СУ вначале является более неопределенной. По мере накопления данных о состоянии системы степень неопределенности информации об отказе уменьшается.

Предлагается метод согласования алгоритмов обнаружения и локализации отказов и алгоритмов отказоустойчивого управления, обеспечивающий для СУ в целом приемлемое качество управления (по крайней мере, устойчивость) КА в течение времени, требуемого для обнаружения и локализации отказов с необходимой достоверностью. Предполагается, что обнаружение и локализация отказов осуществляется в масштабе времени, близком к реальному. Предполагается, что реальные отказы находятся внутри некоторых интервалов, охватывающих сообщения о них. Основные теоретические положения и выводы исследований подтверждены результатами математического моделирования с использованием телеметрической информации реального КА «Сич-2».

ТЕСТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОСТУПНОСТИ СПУТНИКОВ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ВЫСОТАХ ДО 36 000 КМ

В.В. Конин, А.С. Погурельский, Ф.А. Шишков
(Национальный авиационный университет)
pogurelskiy@gmail.com

Особенность функционирования спутниковых навигационных систем накладывает строгое ограничение на минимальное количество спутников, одновременно находящихся в зоне видимости пользователя для возможности определения его координат. При расположении пользователя на околоземной орбите ограничивающими видимость спутников факторами являются конечная ширина диаграммы направленности излучающей антенны, а также уход спутников за профиль земной поверхности при отрицательных углах места, относительно плоскости горизонта подспутниковой точки. Результаты тестирования созданной модели подтвердили возможность постоянного наблюдения не менее 4х навигационных спутников каждой из систем (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Compass) для пользователей на низких земных орбитах (до 2000 км). С последующим увеличением высоты расположения объекта на орбите (диапазон 2000 – 8000 км) постепенно уменьшается количество видимых спутников прямой видимости (расположенных над горизонтом для подспутниковой точки), что приводит к разрывам в навигационном поле. При этом объединение данных от двух-трёх систем позволяет обеспечивать постоянную видимость суммарно не менее четырёх навигационных спутников, сохраняя непрерывность навигационного поля. Расположение объекта на орбитах диапазона (8000 – 20 000 км) характеризуется необходимостью приёма сигналов от загоризонтных спутников, поскольку только в этом случае возможны кратковременные сеансы навигационных определений. При этом даже объединение в единую группировку спутников трёх систем не обеспечивает непрерывную доступность навигации. Более высокие орбиты (от 20 000 до 36 000 км) для возможностей навигации требуют обязательного объединения данных от всех доступных систем, поскольку спутники каждой отдельной появляются в зоне видимости лишь на короткие интервалы времени.

Результаты выполненного тестирования модели подтвердили заявленные в интерфейсных контрольных документах GPS и ГЛОНАСС границы устойчивого навигационного поля, а также позволили сделать вывод о необходимости объединения данных от разных систем для возможности обеспечения навигации на высотах до 36 000 км.

УТОЧНЕНИЕ ГЕОМАГНИТНОГО БАЗИСА ДЛЯ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

А.Г. Меланченко, И.А. Пятак, В.С. Хорошилов
(Государственное предприятие «КБ «Южное»)
info@dpukrconfiaa.org

Служебные магнитометры устанавливались практически на всех КА, разработанных ГП «КБ «Южное». Магнитометрические измерения представляют ценность для многих приложений (навигация, управление), а сам прибор обладает хорошими эксплуатационными характеристиками. Особенностью данных служебных магнитометров является влияние на них магнитных помех от аппаратуры и конструкции КА. Дополнительные погрешности связаны с временным интервалом между эпохой используемой модели магнитного поля Земли (МПЗ) и временами текущих измерений. Этот фактор стал особенно актуален в последние два десятилетия, когда наблюдалась ускоренная эволюция параметров МПЗ. Предлагается подход к организации обработки магнитометрических измерений, основанный на предварительном уточнении моделей магнитометра и МПЗ. По выборке измерений, выполненных на некотором интервале (порядка доли или целых суток) создается базисная модель поля, адаптированная к данному КА и текущему состоянию МПЗ. Далее каждое отдельное измерение из этого же интервала обрабатывается относительно созданного таким образом базиса.

Эффективность разработанной процедуры может быть достоверно доказана на основании реальных измерений. При проведении настоящей работы использованы массивы данных, полученных с КА «Січ-2» (а ранее – с Egyptsat-1). Было рассмотрено влияние вариантов построения алгоритма и выбора интервала измерений. Показано, что возможна оптимизация параметров и схемы обработки, способствующие повышению точности решения.

В результате достигнуто снижение погрешности интерпретации магнитометрических данных КА «Січ-2» в 2...3 раза. Выработаны рекомендации, позволяющие улучшить процесс решения и повысить точность решения.

В настоящее время в ГП «КБ «Южное» проводятся работы в направлении повышения точности управления ориентацией КА на базе предложенной методики.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНО-КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ ОРБИТАЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО САМОЛЕТА

Е. Родин, С.И. Москалев, Д.А. Галабурда
(Государственное предприятие «КБ «Южное»)
info@dpukrconfiaa.org

Представлены результаты концептуальной разработки орбитального космического самолета (ОКС), предназначенного для обеспечения многоразовой доставки на низкие околоземные орбиты и возврата с орбит различных грузов (до 2 тонн) или космонавтов (до 4 человек).

В базовый состав ОКС входят:

- объединенная двигательная установка;
- система управления;
- система измерений;
- система навигации;
- система связи;
- система электроснабжения;
- система терморегулирования;
- шасси;
- конструкция.

Для решения задачи доставки грузов и космонавтов на орбитальные станции ОКС дополнительно оснащается:

- системой сближения;
- системой стыковки.

Для решения задач, связанных с полетом космонавтов, ОКС дополнительно оснащается:

- системой аварийного спасения;
- системой жизнеобеспечения;
- подсистемой голосовой связи.

Исходя из массово-габаритных характеристик и требований по размещению приборов, узлов и агрегатов указанных систем разработана конструктивно-компоновочная схема ОКС со стартовой массой до 13 тонн.

ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗВЕЗДНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

С.А. Елубаев, К.А. Алипбаев, А.В. Шамро, Т.М. Бопеев, А.С. Сухенко
(Институт космической техники и технологий АО «НЦКИТ»)
anna.sukhenko@gmail.com

Звездный датчик (ЗД) является высокотехнологичным и высокоточным прибором для определения углового положения космического аппарата (КА). В настоящее время разработкой ЗД занимаются, прежде всего, в странах, реализующих свои космические программы по созданию космических систем различного назначения. Однако развитие научно-технической базы и сотрудничество со странами, разрабатывающими КА и их компоненты позволило Казахстану перейти на новый уровень развития космической отрасли. На данный момент произведен успешный запуск спутника ДЗЗ и планируется запуск второго спутника ДЗЗ, ведутся проекты по разработке компонентов КА, в частности близится к завершению проект по разработке экспериментального образца ЗД. Настоящий тезис посвящен описанию подхода к разработке экспериментального образца звездного датчика для космических аппаратов.

На начальном этапе определены требования к ЗД по точности определения углового положения, частоте обновления информации, массо-габаритным характеристикам, а также детальные требования к основным компонентам ЗД. На втором этапе проведено предварительное и детальное проектирование оптической системы и блока электроники ЗД. Для выбора оптической схемы рассмотрены три варианта оптической системы. Для каждого варианта проведено проектирование и расчет средствами программной системы ZEMAX и выбран вариант с наилучшими показателями характеристик. Проведен выбор детектора ЗД, основанный на допустимых значениях отношения сигнал-шум и чувствительности детектора. Проведен выбор компонентов блока электроники ЗД в зависимости от требований программно-математического обеспечения. На этапе детального проектирования разработаны сборочные чертежи ЗД и его компонентов, оптическая схема, архитектура блока электроники. На третьем этапе на основе разработанного проекта ЗД разработаны его оптическая система и программно-математическое обеспечение. На текущем этапе ведутся работы по испытанию разработанных компонентов.

В будущем разработанный экспериментальный образец звездного датчика войдет в основу разработки его опытного образца, который планируется использовать на казахстанских космических аппаратах, в том числе на КА научного назначения.

ОСОБЕННОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ И ОТРАБОТКИ ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ МИКРОСПУТНИКОВ

С.А. Елубаев, К.А. Алипбаев, Т.М. Бопеев, А.С. Сухенко, А.Е. Комекбаев
(Институт космической техники и технологий АО «НЦКИТ»)
anna.sukhenko@gmail.com

В настоящее время в Казахстане уделяется большое внимание развитию космической отрасли. Относительно недавно произведен успешный запуск спутника ДЗЗ и планируется запуск второго спутника ДЗЗ, но не меньшее внимание уделяется разработке малых спутников и их компонентов. В частности в Институте космической техники и технологий (г. Алматы) в рамках проекта РБП 002 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности» разрабатываются компоненты системы управления движением и навигации (СУДН) микроспутника, которые в будущем планируется использовать для разработки казахстанских микроспутников различного назначения.

В данной аннотации рассмотрены особенности тестирования и отработки программно-математического обеспечения солнечного датчика (СД) для микроспутников. В процессе тестирования в качестве прототипа солнечного датчика использована веб-камера, производящая съемку источника света при различных его положениях. Изображения, получаемые с веб-камеры, через беспроводной канал передачи данных поступают на персональный компьютер, где обрабатываются с помощью программно-математического обеспечения СД. Для удобства проведения тестирования разработан макет, состоящий из прототипа солнечного датчика и источника света, размещенных на горизонтальном рычаге, имеющего возможность вращаться вокруг вертикальной оси. Разработанный макет позволит провести верификацию программно-математического обеспечения солнечного датчика по определению координат движущегося источника света в результате обработки изображения. Полученные данные с солнечного датчика могут быть использованы для определения углового положения микроспутника.

МЕТОДОЛОГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ И ОРИЕНТАЦИИ

С. Фірсов

(Національний аерокосмічний університет ім М.С. Жуковського «ХАІ»)

sn.firsov@gmail.com

К нештатным ситуациям представляется спутниковая система стабилизации и ориентации (ССО). Структурные и аппаратные особенности ССО, опыт их разработки и эксплуатации, современные тенденции и проекты приводят к ряду новых задач, как по формированию машинных диагностических моделей, диагностированию до париреуемого вида отказа, так и восстановлению с помощью избыточных ресурсов. Именно поэтому разработка подхода, обеспечивающего функциональную устойчивость спутниковых систем стабилизации и ориентации при наличии нештатных ситуаций, является актуальной проблемой. Практика широкого использования огромного класса спутников для решения научно-исследовательских и прикладных задач обусловила появление научно-технической проблемы обеспечения функциональной устойчивости спутниковых систем при появлении разнообразных нештатных ситуаций. Особенно уязвимой спутниковой системой к различным сбоям, поломкам, неисправностям, и другим аномалиям, а, в общем,

Поэтому цель исследования состоит в повышении показателей функциональной устойчивости спутниковых систем стабилизации и ориентации при появлении разнообразных нештатных ситуаций. Для достижения поставленной цели был решен определенный круг задач.

Проанализированы тенденции существующих и перспективных практических и теоретических разработок в области обеспечения функциональной устойчивости спутниковых системах стабилизации и ориентации при возникновении нештатных ситуаций.

Разработаны концептуальные основы функциональной устойчивости систем стабилизации и ориентации, базирующихся на понятии обобщенного динамического объекта и его моделях, отражающих процессы развития нештатных ситуаций и парирования их последствий.

Сформирован понятийный аппарат функциональной устойчивости системы стабилизации и ориентации.

Разработаны методы оценки комплексного показателя уровня функциональной устойчивости систем стабилизации и ориентации.

Синтезированы теоретических основ функциональной устойчивости систем стабилизации и ориентации.

Разработаны и исследованы модели и методы многоуровневого обеспечения функциональной устойчивости системы стабилизации и ориентации.

Созданы технологические основы функциональной устойчивости систем стабилизации и ориентации.

Разработаны лабораторные аппаратно-программные комплексы, на которых осуществлена проверка достоверности предлагаемых результатов исследования, а также некоторые аспекты исследования проверены на сертифицированных испытательных стендах предприятий авиаракетно-космической и приборостроительной отрасли.

РОБАСТНИЙ АЛГОРИТМ ЕЛІПСОЇДАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ МАСИ Й ПОЛОЖЕННЯ ЦЕНТРА МАС КОСМІЧНОГО АПАРАТА

О. Шолохов

(Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал»)

gyro@voliacable.com

Запропоновано робастний алгоритм еліпсоїдального оцінювання центру мас і маси космічного апарату. Множина можливих значень положення центру мас апроксимується тривимірним еліпсоїдом. Критерієм точності є мінімізація визначника матриці еліпсоїда. Оцінка маси надається у вигляді інтервалу. За допомогою комп'ютерного моделювання показана робота алгоритму при визначенні положення центру мас і маси космічного апарату в умовах статистичної невизначеності похибок вимірювання. Продемонстрована робастність алгоритму при стрибкоподібному порушенні апріорних припущень щодо можливого положення центру мас космічного апарату. Проведено порівняльний аналіз із уже відомими алгоритмами й показана його більш усталена робота при порушенні апріорних припущень. Це дозволяє використовувати алгоритм для оцінювання параметрів об'єкта в умовах апріорної невизначеності.

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗЕМЛІ З КОСМОСУ
The Earth observation from the space



OPEN WATER ASSESSMENT AND MAPPING IN ARMENIA USING MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGERY AND FIELD HYDROGEOCHEMICAL MEASUREMENTS

Sergey A. Stankevich (Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth)

Mykola M. Kharytonov (Dnipropetrovsk State Agrarian Economic University)

Marine A. Nalbandyan

(The Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of RA)

nick-nick@mail.ru

Contamination of surface waters is a topical issue in modern Armenia. The main sources of pollution of rivers and lakes are the settlement drains and mining industry emissions [Nalbandyan, 2012].

In the world's practice to assess the open water condition a various indicators based on the chemical composition of dissolved substances and suspended solids are used. Obtained values of integrated ecological index (IEI) allow determining the quality of water, that is, water object class and category by its degree of purity [Kharytonov et al., 2012].

The pollutants composition can be ranged significantly over space, so to get the entire gamut it is necessary to carry out probing and field measurements of water samples in a large number of points. Such field works are long-time, resource-consuming and expensive. It is possible to facilitate mapping essentially and to improve its efficiency using remote sensing methods and modern geoinformation technologies. Available multispectral satellite systems allow to evaluate the chlorophyll content and suspended matter concentration in subsurface layer of water [Lyalko et al., 2010]. Applying field measurements as ground truth data, it is possible to restore the functional relationship between these parameters and the integrated contamination index [Popov et al., 2011]. Further, by satellite-derived data it is possible to restore the ICI value within the entire mask of open water surface.

The described geoinformation technology was applied to the open water assessment and mapping within the catchment basin of the Sotk-Masrik and Voghchi rivers (Eastern and Southern Armenia) by Landsat-8/OLI multispectral satellite image for 01.07.2013 using field hydrogeochemical measurements performed on the river extent about 25 km long at the 01-04.07.2013 period. An acceptable quality of estimated regressions was obtained.

Lyalko V.I., Popov M.A., Stankevich S.A., Lishchenko L.P., Kozlova A.A. The analysis of hydrogenic landscape changes in Shatsk National Park, based on data from Landsat satellite // The future of hydrogenic landscapes in European biosphere reserves / Ed. by T.J. Chmielewski and D. Piasteci. – Lublin: University of life sciences, 2010. – P.89-124.

Kharytonov M.M., Sytnik S.A., Vagner A.V., Titarenko O.V. River pollution risk assessment in the south eastern part of Ukraine // Correlation between Human Factors and the Prevention of Disasters / Ed. by D.L. Barry, W.G. Coldewey, D.W.G. Reimer, D.V. Rudakov. – Amsterdam: IOS Press, 2012. – P.159-169.

Nalbandyan M.A. A Geochemical Assessment of Surface Water Quality as a Tool for Indication of Geogenic and Men-made Constituents of Pollution. NATO Science for Peace and Security Series-C: Environmental Security, Springer, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop, ISSN 1874-6519, 2012, chapter 4, pp.39-49.

Popov M.A., Stankevich S.A., Lishchenko L.P., Lukin V.V., Ponomarenko N.N. Processing of hyperspectral imagery for contamination detection in urban areas // Environmental Security and Ecoterrorism / Ed. by H. Alpas, S.M. Berkowicz, I.V. Ermakova. – Dordrecht: Springer, 2011. – P.147-156.

ASSESSING SPATIAL HETEROGENEITY OF WETLANDS WITH GETIS STATISTICS AND LANDSCAPE METRICS

M.A. Popov, S.A. Stankevich, A.A. Kozlova, V.N. Podorvan
(Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth NAS of Ukraine)
ak.koann@gmail.com

Spatial heterogeneity is a result of complex influence of natural and human-caused processes and an important driver for a wide range of ecological patterns and processes, including biodiversity. The combined use of remote sensing based land cover classification and landscape metrics are widely employed in quantifying spatial heterogeneity and diversity at different landscapes. However, this approach where discrete patches are generated through a classification process has some limitations especially in the context of wetlands which boundaries usually are hardly distinctive. The application of Getis statistics derived directly from satellite imagery to measure landscape heterogeneity is more preferable in such cases. Getis statistics instead of landscape metrics is free from uncertainties resulted from low classification accuracy or lack of local area knowledge.

The main aim of the research was to assess the spatial heterogeneity of wetland landscape by those two approaches and compare them then.

A case study for Shatsk biosphere reserve, Ukraine, was carried out. The reserve comprises a complex of unique wetlands some of which were restored after reclamation. This study investigates the spatial heterogeneity of wetlands over the biosphere reserve. The traditional landscape metrics, such as patch density and landscape shape index, and Getis statistics were employed in the assessment. For landscape metric calculation two landscape classification maps were used. They were obtained through pixel-by-pixel and sub-pixel classification of medium spatial resolution satellite imagery. Getis statistics was computed using normalized vegetation and water indices as the inputs. Thereafter Getis statistics and two sets of landscape metrics calculated from the maps obtained with differences were compared in assessing spatial heterogeneity of wetlands.

Analysis of the results shows that the utility of Getis statistics is comparable to landscape metrics. At the same time sub-pixel satellite image classification provides more accurate base for landscape metrics calculation.

The study provides a feasible methodology for wetland ecologist and protected area managers for effectively characterizing wetland landscapes' heterogeneity and diversity as well.

REMOTE SENSING OF ATMOSPHERE AEROSOL AND OZONE IN UKRAINE

G.P. Milinevsky, A.V. Grytsai, V.O. Danylevsky
(Taras Shevchenko National University of Kyiv)
genmilinevsky@gmail.com

In Ukraine the atmosphere aerosol remote sensing is provided in the framework of AERONET network and using PARASOL and MODIS satellite instruments. Currently the ground-based aerosol optical properties monitoring by CIMEL CE318 sunphotometer as a part of the AERONET program is permanently fulfilled in the Kyiv site, the Sevastopol site and in the Martova site. In 2011 we created the mobile AERONET site equipment including Microtops II sunphotometer for aerosol measurements in other Ukraine regions. The aerosol spectral optical thickness, optical and physical properties of aerosol particles are retrieved from measurements.

Historically the total ozone column (TOC) observations in Kyiv region have been started in 1973 by filter ozonometers M124 and data are available for the 1973–1997 period. The total ozone column and vertical ozone distribution from the Dobson D040 spectrophotometer measurements in the framework of the Global Atmosphere Watch Program of WMO we began in 2010, when the new regional station of atmosphere research No 498 Kyiv-Goloseyev was organized. The TOMS, OMI, SCIAMACHI and GOME satellite instruments were provided global coverage of ozone measurements that we use for ozone variations study. Our ground-based aerosol and ozone measurements are continuously submitted to data centers of AERONET (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>) and WMO (www.woudc.org/data/).

The seasonal variations of aerosol particles parameters mainly over urban-industrial areas of the East Europe have been investigated recently. The aerosol optical thickness value experiences seasonal variations with maxima in April and August. We registered the exclusive aerosol pollution in the East-European region during strong wildfire in Russia in August 2010 when aerosol optical thickness increased by ten times. The analysis shows dominance of fine mode aerosol particles in the atmosphere aerosol pollution over Kyiv site.

The Dobson spectrophotometer observations at Kyiv-Goloseyev station provided the most accurate TOC data in the history of the ozone observations in Ukraine. The seasonal variation of the total ozone over Kyiv region has been investigated. We revealed that the seasonal ozone variation is typical for the mid-latitudes of Northern Hemisphere with a maximum in winter–spring and minimum in autumn. Using the Dobson data of the Umkehr observations for the altitude ozone distribution estimations we can study the atmosphere dynamics and vertical ozone transport associated with Brewer–Dobson circulation. Ozone distribution in the Antarctic stratosphere is studied with use of satellite and ground-based measurements as well. Parameters of the ozone zonal asymmetry and TOC trends are evaluated. It is shown that stabilization of the Antarctic spring ozone distribution is observed from the 2000s. The stabilization is typical both for total ozone values and position of the quasi-stationary TOC minimum. The results of aerosol parameters and ozone behavior will be used for the radiative forcing evaluation and to study the impact of atmosphere aerosol on regional climate variations. The experience and knowledge obtained in the recent atmosphere research will be used for development of the space aerosol mission project.

QUASI-STATIONARY OZONE DISTRIBUTION DURING ANTARCTIC SPRING: LATEST TENDENCY

А. Грицай, Г. Міліневський

(Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

a.grytsai@gmail.com

The Antarctic atmosphere in spring is characterized by significant spatial and temporal variations in total ozone levels. Low total ozone has been observed from the 1980s in the ozone hole region, which is located inside the polar stratospheric vortex. High total ozone levels occur in the middle latitudes and the edge of the polar vortex is disturbed by the large-scale planetary waves. Their influence results in zonal nonuniformity in the ozone distribution. Earlier studies have exhibited that quasi-stationary wave with zonal number 1 and travelling wave with zonal number 2 are of the highest amplitudes. Respectively, averaged distribution is characterized by a sharp minimum and maximum, whose longitudes are close for different years.

Global distribution of total ozone can be analysed using satellite data. The systematic ozone observations have been realized from the end of 1978. Consideration of the data to the mid-2000s allowed determining an eastward drift of the quasi-stationary ozone minimum and absence of any shift for the total ozone maximum's longitude. The maximum is typically located in the Australian longitudinal sector and the minimum moves in the South Atlantic one.

In the present study we use data of 1979 till 2013 that gives a possibility to evaluate up-to-date state of the Antarctic ozone. Observations of the following satellite instruments are treated: TOMS/Nimbus-7 (1979–1992), TOMS/Earth Probe (1996–2005), and OMI/Aura (2006–2013). The data from <http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov> are used. A gap in the systematic satellite measurements during 1993–1995 is filled in by the Multi-sensor reanalysis (<http://temis.nl>) ozone values. Austral spring months from September to November are considered. Latitudinal belt of 50°S to 80°S covering both edge and inner regions of the ozone hole is analysed.

Previous studies had demonstrated eastward ozone minimum's shift, but analysis of the new data changes this pattern. The analysis indicates stabilization in the minimum's longitudinal position or even a beginning of its backward movement to the west. In particular, only 2010's minimum was not shifted westward in the last five springs. This result on the stabilization is obtained both by polynomial fit and double-line approximation. Time of the change in tendency for the minimum's position can be assessed as the early 2000s. It is necessary to note similarity of the tendencies in the whole studied latitude range. Position of the ozone maximum does not exhibit clear changes.

We evaluate the monthly structure of the quasi-stationary disturbance. Influence of the travelling waves on the monthly scale may be larger than in case of seasonal averaging, but main tendencies are noticeable. In particular, the September ozone distribution does not demonstrate any eastward shift at all. Respectively, the spring changes happen during late stage of the southern polar vortex evolution, in October and November. There are evidences to associate the minimum's eastward shift with stronger western winds during the 1990s and the 2000s in comparison with previous period. These decades were also a time of the intensified ozone depletion with following stabilization. This cessation of the decrease in ozone levels is accompanied with stabilization in the minimum's position of quasi-stationary ozone distribution.

СТИСНЕННЯ ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ВАРІАЦІЙНО-СТАБІЛІЗУЮЧОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ ШУМУ

О.М. Земляченко, В.В. Лукін

(Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»)

С.А. Станкевич, М.О. Попов

(Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України)

hagriell@ukr.net

Гіперспектральні зображення, які отримані системами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), знаходять все більш широке коло застосувань. В наш час за їх допомогою вирішують задачі моніторингу та класифікації земних покривів, оцінки забрудненості оточуючого середовища, контроль стану рік та океанів. Розвиток сучасних систем ДЗЗ характеризується збільшенням спектрального і просторового розрізнення датчиків. Це призводить до значного збільшення об'єму даних, що отримуються. Зберігати і передавати такий об'єм даних в первинному вигляді практично неможливо. Тому актуальною задачею є використання стиснення гіперспектральних даних. При цьому методи стиснення без втрат забезпечують значно менші коефіцієнти стиснення (КС), ніж методи стиснення з втратами, тому для багатьох ситуацій використання методів стиснення без втрат стає неможливим.

Розглянуто підходи до стиснення з втратами гіперспектральних зображень, що отримані сучасними датчиками ДЗЗ. Розраховані оцінки параметрів завад для цих систем показали, що сигнально-залежна компонента завад є переважуючою в порівнянні з сигнально-незалежною. Розглянуті методи покомпонентного стиснення гіперспектральних даних, які показали наявність оптимальної робочої точки (ОРТ). ОРТ досягається, коли середньо квадратичне відхилення між зображенням, що не спотворене завадами, та стиснутим зображенням, яке до цього було штучно спотворене певним рівнем завад, має глобальний або локальний мінімум, тобто проявляється ефект придушення завад.

Запропоновано метод стиснення гіперспектральних даних в околі ОРТ при відсутності неспотвореного завадами зображення. Стиснення даним методом застосовано до оригінальних даних, що отримані системами AVIRIS та Hyperion.

Можливе застосування двох підходів до стиснення в околі ОРТ: стиснення оригінальних даних та стиснення даних після застосування варіаційно-стабілізуючого перетворення (ВСП). Використання стиснення після ВСП дозволяє встановити фіксований крок квантування (КК) для групи компонент гіперспектрального зображення. Це дало змогу використати після ВСП тривимірні методи стиснення на основі дискретного косинусного перетворення. Перший підхід ґрунтується на отриманні різницевих даних. Гіперспектральне зображення поділяється на дві групи: перша – оптичний діапазон, друга – видимий. КС для цього методу в середньому становить 12, але подекуди може досягати 20. Другий підхід до тривимірного стиснення базується на використанні тривимірного кодера AGU. Гіперспектральне зображення поділяється на групи по 8 або 16 компонент. КС для кодера AGU при стисненні груп по 8 компонент в середньому дорівнює 18,5 для оптичного діапазону і 13,6 для інфрачервоного. Використання груп по 16 компонент призводить до збільшення КС до 20 відсотків у порівнянні з групуванням по 8 компонент.

Використання ВСП при стисненні гіперспектральних даних в околі ОРТ дозволило використати тривимірні методи стиснення з фіксованим КК, що значно спростило досягнення ОРТ та дозволило збільшити КС.

НАУКОВО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ІНФРАСТРУКТУРА ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПІСЛЯСТАРТОВОГО КАЛІБРУВАННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СЕНСОРІВ КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Я.І. Зєлик, О.В. Семенів

(Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України)

С.В. Чорний, О.О. Коваленко

(Харківський центр Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України)

adapt09@gmail.com

У доповіді розглядаються результати досліджень та перспективні напрямки їх продовження стосовно створення в Україні післястартового метрологічного забезпечення оптико-електронних сенсорів ДЗЗ на базі розроблених науково обґрунтованих методик калібрування, розгорнутої наземної інфраструктури системи підсупутникових калібрувальних полігонів (ПКП) з тестовими об'єктами і вимірювальними приладами, створюваного програмного забезпечення в ПС для реалізації геоінформаційної бази даних і сервісів виконання методик калібрування і розроблених програмно-апаратних комплексів. Дослідження спрямовані на підвищення достовірності даних космічного моніторингу. Основні завдання досліджень такі. 1) Створення та розвиток інфраструктури ПКП з врахуванням досвіду організації калібрувальних полігонів системи LANDNET Test Sites комітету CEOS. Оснащення ККП обладнанням для проведення наземних вимірювань за зразками приладів на полігонах системи LANDNET Test Sites. 2) Визначення тестових об'єктів ККП, придатних для калібрування, виконання заходів з підтримання їх у належному стані. Проведення наземних спектрометричних вимірювань на обраних тестових ділянках. 3) Удосконалення і статистична оцінка досяжної точності методик оцінки та калібрування оптико-електронних сенсорів космічного моніторингу: визначення просторового розрізнення на місцевості; радіометричного калібрування спектральних каналів. 4) Розробка і тестування програмного забезпечення для реалізації у геоінформаційній системі: 4а) бази даних (БД) ПКП; 4б) динамічних сервісів взаємодії з БД; 4в) сервісів виконання методик визначення просторового розрізнення на місцевості і радіометричного калібрування. 5) Розроблення методик та програмно-апаратного комплексу для атмосферної корекції каліброваних супутникових знімків на рівні поверхні Землі з використаних даних метеорологічних супутників. 6) Створення і тестування програмно-апаратного комплексу (ПАК) для післястартового калібрування оптико-електронних сенсорів космічного моніторингу з використанням ПКП. Як основа програмного забезпечення ПАК використовується вільна відкрита геоінформаційна система Quantum GIS (QGIS) - інтегратор усіх даних та програмних додатків та візуалізатор супутникових знімків і векторних шарів тестових ділянок у картографічному інтерфейсі. Буде розроблено та застосовано уніфікований підхід до реалізації в QGIS: 1) геоінформаційної бази даних ККП; 2) динамічних сервісів взаємодії з базою даних; 3) динамічних сервісів виконання методик визначення просторово розрізнення на місцевості; методик радіометричного калібрування за спектральною енергетичною яскравістю на апертурі сенсора за перехресним методом та за методом, у якому використовуються наземні спектрометричні дані.

КОМПЛЕКС ПРОГРАМ ОЦІНКИ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ПАРАМЕТРІВ АТМОСФЕРИ НА ОСНОВІ ДАНИХ GNSS-СПОСТЕРЕЖЕНЬ.

В.С. Вовк, М.П. Калюжний

(Науково-дослідний інститут «Миколаївська астрономічна обсерваторія» (НИИ НАО))

Н.І. Каблак

(Ужгородський національний університет)

О.В. Шульга

(Науково-дослідний інститут «Миколаївська астрономічна обсерваторія» (НИИ НАО))

kablak@mail.ru

В НДІ МАО спільно з Ужгородським університетом роблено комплекс програм оцінки просторового (широта, довгота і висота) розподілу тропосферної затримки за даними вимірювань затримки мережею перманентних станцій GNSS. В якості універсального методу відновлення функції довільної розмірності, заданої на системі точок, програмно реалізовано ітераційний (модифікований) метод Шепарда. На основі МНК розроблено програмне забезпечення оцінки лінійної залежності тропосферної затримки від широти і довготи, і лінійної, квадратичної і експоненційної – від висоти. Для кожної із трьох перерахованих функціональних залежностей програмно реалізовано алгоритм оцінки ізоповерхонь тропосферної затримки.

Розроблено також програмне забезпечення оцінки інтегрального вмісту водяного пару по даним вимірювань тропосферної затримки і з урахуванням метеорологічних спостережень в місцях дислокації перманентних станцій GNSS.

Комплекс розроблено на мовах C++ та Python.

Комплекс випробувано на основі даних вимірювань тропосферної затримки мережею ZAKPOS перманентних GNSS станцій.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗРІЗНЕННЯ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ПО ПРИРОДНИХ ТЕСТОВИХ ОБ'ЄКТАХ НА ЕТАПІ ПОЛЬОТУ

О.О. Коваленко, С.В. Чорний
(Харківський центр ІКД НАНУ та ДКАУ)
kharkov_ikd@ukr.net

У доповіді обговорюються результати тестування розробленого програмного модуля, призначеного визначення просторового розрізнення багато спектральних систем дистанційного зондування Землі з використання природних, або неспеціалізованих штучних тестових об'єктів.

Модуль призначений для оцінки просторового розрізнення оптичної системи дистанційного зондування Землі на основі вирішення зворотної задачі оптики на підставі:

- еталонного зображення високого розрізнення тестового об'єкта;
- цифрового багато спектрального контрольного знімка тестового об'єкта.

Обговорюється інтерфейс модуля, порядок обчислень та приклади визначення розрізнення спектральних каналів апаратури спостереження космічних апаратів Landsat-5TM, Січ-2 та Landsat-8 для видимого та інфрачервоних діапазонів.

Модуль дозволяє у діалоговому режимі обрати метод узгодження еталонного та контрольного зображень, задати розмір проекції пікселя на поверхні Землі для еталону та очікуваний відповідний розмір для контрольного, обрати метод вирішення зворотної задачі оптики, задати рівень відліку плями розсіювання, встановити режим субпіксельного узгодження та задати спектральний шар, по якому буде здійснено субпіксельне узгодження зображень.

Результати містять приклади оцінки функцій розсіювання точки та плям розсіювання для вказаних космічних апаратів та дослідження впливу параметру співвідношення шум/корисний сигнал на результати визначення розрізнення.

ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ NOAA В ЗАВДАННЯХ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ СКЛАДОВИХ ДОВКІЛЛЯ

О.М. Трофимчук, В.В. Радчук

(Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору)

Г.Я. Красовський

(Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ»)

g_krasoskiy@mail.ru

Знімки з супутників NOAA характеризуються низьким розрізненням. Тому автори доповіді залучали їх до вирішення практичних завдань космічного моніторингу Азовського та Чорного морів які полягали:

1. в відновленні температурного поля та просторового розподілу фітопланктону;
2. визначенні ділянок акваторій, підлеглих техногенному забрудненню точковими і просторово –розподіленими об'єктами;
3. ідентифікації ділянок берегової лінії підлеглих інтенсивній абразії;
4. визначення меж зон виносу річкового стоку.

Технологія вирішення першого із вказаних завдань базується на використанні можливостей інтерфейсу програми HRPT Reader, яка достатньо детально розглянута авторами в монографії [1]. Вирішення наступних завдань потребує залучення космічних знімків середньої та високої або надвисокої роздільності. Їх доцільно отримувати з мережі INTERNET. На даний час у цій мережі є великий обсяг космічних знімків Землі. Їх характеристики, як правило, викладаються у вигляді каталогів, які дозволяють безкоштовно отримати інформацію про наявність знімків певного типу на дану територію, оцінити їх якість у зменшеному переглядовому зображенні. В практичних додатках автори доповіді орієнтуються на отримання знімків з супутників середнього просторового розрізнення і супутників високого просторового розрізнення. Необхідно зазначити, що деяка інформація з супутників може бути безкоштовною, а деяка може бути надана за відповідну плату. Огляд найбільш відомих сайтів, на яких викладається інформація з цих супутників наведено в монографії [1]. Зауважимо, що в зв'язку з великою кількістю різних каталогів знімків, представлених в мережі INTERNET, та з їх динамічним розвитком наведений огляд не може бути повним. Зрозуміло, що вибір знімків базується на визначених критеріях. Серед них – відсутність хмар над об'єктом моніторингу. Дати та інтервали хмарності зручно визначати попереднім аналізом знімків NOAA з їх архіву, який створено і підтримується в структурних підрозділах Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ та Національного аерокосмічного університету ім. М.С. Жуковського «ХАІ». Глибина ретроспективи цього архіву 4 роки.

Література.

1. Моніторинг навколишнього середовища з використанням космічних знімків супутника NOAA / Пащенко Р.Е., Радчук В.В., Красовський Г.Я. та ін. // Під ред. С.О. Довгого. – Київ: , 2013. – 291 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ УТОЧНЕНИЯ КООРДИНАТ БПЛА ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ И ДАННЫМ БОРТОВОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ

А.А. Калиновский, В.А. Ковалев, В.А. Левчук, А.А. Дмитрук
(Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси)
vitali.liauchuk@gmail.com

Задача уточнения координат БИНС БПЛА в условиях отсутствия сигналов геопривязки (GPS, ГЛОНАСС) по данным космической съемки местности и бортовой видеокамеры является комплексной проблемой, которая в нашем исследовании была разбита на три подзадачи:

- поиск информативных участков на космических изображениях, в пределах которых можно осуществлять устойчивый поиск координат БПЛА;
- исследование алгоритмов поиска участков изображений земной поверхности, полученных с использованием бортовой видеокамеры, на космических снимках
- разработка алгоритма уточнения координат БПЛА с использованием бортовых датчиков и результатов поиска по космическим снимкам.

Оценка информативности заключается в вычислении определенной функции по космическому снимку для выбранного участка коррекции курса БПЛА. В качестве тестируемых функций предварительной оценки информативности были рассмотрены следующие классы функций:

- функции, основанные на градиентных характеристиках изображений;
- функции корреляционного самоподобия;
- функции, основанные на плотности локальных особенностей;
- функции на основе энтропийной мере информативности.

Критерием выбора наиболее подходящей функции являлось качество коррекции курса БПЛА с учетом ограничений на вычислительную сложность алгоритмов, а также устойчивость к типам местности. В качестве данных для тестирования алгоритмов выбора информативных участков местности использовались космические снимки высокого разрешения из свободно доступных источников (Google, Bing, Yandex). По результатам экспериментов на модельных данных в качестве функции оценки предварительной информативности ПЗКИ была выбрана оценка плотности градиентов на масштабе 8 м/пиксель.

При исследовании методов уточнения координат БПЛА на местности по данным видеопоследовательности бортовой камеры и космической съемки были рассмотрены 7 алгоритмов поиска шаблона на изображении, такие как:

- группа алгоритмов многомерной корреляции изображений;
- группа алгоритмов на основе локальных бинарных шаблонов;
- группа алгоритмов сравнения контурных особенностей изображений;
- алгоритмы на основе взаимной информации.

Выбор наилучшего алгоритма уточнения координат БПЛА решался экспериментальным путем с использованием свободно доступных данных космической съемки (Google-Maps) и аэросъемки (Bing-Maps). Критерием выбора наилучшего алгоритма являлась как устойчивость к разнородным данным, точность определения координат, так и вычислительная сложность. По указанным критериям и результатам экспериментов был выбран алгоритм корреляции по векторным полям градиентов.

Для определения координат всей траектории БПЛА был разработан метод когерентной корреляционной суммарной карты, являющийся улучшенной альтернативой простого голосования корреляции по отдельным кадрам. Метод учитывает все корреляционные карты и относительные смещения кадров, в результате вычисляются координаты всех кадров одновременно.

По результатам исследования разработан программный комплекс подготовки информативных участков местности по данным космической съемки и детектирования координат БПЛА по данным бортовой камеры.

УКЛАДАННЯ МОДЕЛЕЙ ЕКОЛОГО-МІКРОКЛІМАТИЧНОГО РАЙОНУВАННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕРІАЛІВ ДИСТАНЦІЙНИХ ЗЙОМОК (НА ПРИКЛАДІ КИЇВСЬКОЇ УРБОТЕРИТОРІЇ)

Л.П. Ліщенко, О.М. Теременко
(відділ АКГДЕ ЦАКДЗ)

Еколого-мікрокліматичні відмінності у межах урботериторій утворюються в результаті взаємодії атмосферних кліматоутворюючих процесів та локальних природно-антропогенних чинників.

Велика площа Київської урботериторії з різними фізико-географічними умовами, ландшафтно-функціональним різноманіттям, зростанням техногенного навантаження визначають формування різних еколого-мікрокліматичних районів з врахуванням мікрокліматичних та екологічних особливостей.

Можна виділити відносно тривалі у часовому режимі еколого-мікрокліматичні умови, що базуються на існуванні довгострокових факторів – природно-функціональна структура, рельєф місцевості, шорсткість поверхні, загальні кліматичні характеристики. Мінливі ж у часовому режимі ареали утворюються під дією короткострокових природно-техногенних чинників – зміна щільності і характеру забудови, утворення ділянок підвищеного забруднення повітря (смоги, димові шлейфи, пожежі), поширення небезпечних процесів затоплення та підтоплення тощо. Еколого-мікрокліматичне районування потребує комплексного підходу та врахування низки характеристик та відмінностей, що неможливе без широкого залучення і різнобічного опрацювання даних багатозональних космічних зйомок.

Прийнявши за основу результати мікрокліматичного районування проведеного Гідрометеорологічною службою України авторами аналізувався дистанційний матеріал отриманий у вузьких діапазонах спектру з різних космічних апаратів, в тому числі тепловий канал Landsat-TM, а також DEM (цифрова модель рельєфу), враховувалась щільність забудови, наявність потужних транспортних розв'язок, визначались джерела та ареали поширення забруднення, дешифрувались ландшафтні складові (забудова, долина, ліс, схил) тощо.

В результаті проведеного комплексування даних було укладено модель еколого-мікрокліматичного районування Київської урботериторії. Виділено десять еколого-мікрокліматичних зон та підзон, що відрізняються між собою за наступним: фізико-географічне розташування, відносна висота і шорсткість підстильної поверхні, щільність забудови, антропогенне забруднення приповерхневого шару повітря, особливості місцевих приземних вітрових потоків, різниця температурного режиму поверхні (температурні аномалії).

Представлене районування є важливим інструментом досліджень стану та взаємозв'язків ландшафтно-функціональних складових Київської урботериторії, що впливають на умови та екологічну комфортність проживання мешканців. Велика неоднорідність території, поява нових житлових масивів, подальший розвиток міста Києва спонукали до виконання еколого-мікрокліматичного районування, яке необхідне для вирішення низки задач раціонального планування розвитку житлового та промислового будівництва, умов життєдіяльності людини в цілому.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ПРЕДЕЛАХ ОТДЕЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

С.Л. Кравцов, Д.В. Голубцов, Е.Н. Лисова, Е.В. Лепесевич
(Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси)
Krautsou_sl@rambler.ru

Специалисты государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси» (г. Минск) совместно со специалистами Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию» (г. Жодино) с 2014 г. приступили к разработке системы дистанционного мониторинга состояния сельскохозяйственных культур в пределах отдельного хозяйства. Система дистанционного мониторинга будет включать подсистемы: картирования сельскохозяйственных культур, оценки повреждения сельскохозяйственных культур вследствие неблагоприятных факторов, мониторинга фитосанитарного состояния сельскохозяйственных культур, прогноза урожайности сельскохозяйственных культур. Кроме этого, разрабатываемая система дистанционного мониторинга обладает возможностью расширения по мере уточнения задач и потребностей в процессе эксплуатации. В частности расширением может стать решение задач «точного земледелия». В связи с отсутствием в настоящее время отечественных программных комплексов обработки данных ДЗЗ система дистанционного мониторинга разрабатывается на базе свободно доступных некоммерческих программных комплексов обработки данных ДЗЗ GRASS и QGIS с открытым кодом.

Для эффективного функционирования система дистанционного мониторинга использует данные ДЗЗ среднего (белорусского спутника, Landsat TM/ETM+ и др.) и высокого (авиационная съемка) пространственного разрешения, полученные с апреля по октябрь (вегетационный сезон). Полевое обследование формирует информацию, необходимую для калибровки и оценки эффективности алгоритмов обработки данных ДЗЗ: о видах, календаре и фитосанитарном состоянии культур, степени их повреждения неблагоприятными факторами и др. Спектрометрические измерения проводятся на специально отведенных участках, представляющих основные сельскохозяйственные культуры Республики Беларусь – пшеницу, ячмень, рапс. Спектрометрические измерения необходимы для разработки уравнений прогноза урожайности сельскохозяйственных культур.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЕНОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ И УКРАИНСКИХ КАРПАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СНИМКОВ MODIS

С.А. Станкевич, А.А. Козлова, Е.В. Матвиенко
(ДУ»Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України»)
matvienko_o_v@meta.ua

Фенологические наблюдения растительности предоставляют полезную информацию о реакции экосистем на климатическую изменчивость и вариабельность. Проявляются эти реакции, главным образом, в смещении весенних фенофаз, ежегодно повторяющихся явлений в цикле развития растений, на все более ранние сроки и в увеличении продолжительности вегетации.

За последние десятилетия был разработан целый ряд различных методов для определения ключевых фенологических переменных – метрик. Эти методы основаны на использовании временных рядов данных нормализованного относительного индекса растительности (NDVI), полученных с использованием снимков низкого пространственного разрешения, таких как NOAA / AVHRR, EOS / MODIS и т.д. Одними их наиболее важных фенологических метрик считаются продолжительность или длительность (GSL), начало (SOS) и конец (EOS) вегетационного периода, а также максимум (MAX) и амплитуда (AMP) фотосинтетической активности.

В представленной работе были проанализированы фенологические метрики лиственных лесов Западной Полесья и Украинских Карпат с 2004 по 2013 год.

В качестве исходных данных были использованы снимки MODIS композитного продукта MOD13 с пространственным разрешением в 250 м и временным интервалом 16 дней и ежегодные снимки продукта Land Cover Type (MOD12) с разрешением 500 м.

В ходе работы были проанализированы пространственные и временные изменения пяти основных фенологических метрик. Анализ NDVI метрик (GSL, SOS, EOS, MAX и AMP) проведен на основе временных рядов данных NDVI для эталонных пикселей на различных полигонах, которые соответствуют классам земного покрытия – лиственные, хвойные и смешанные леса. Кроме этого были проанализированы интегрированные по времени данные NDVI для всех пикселей этого класса.

В результате была определена фенологическая изменчивость лесных растительных сообществ Западного Полесья и Украинских Карпат и как следствие выявлены некоторые особенности фенологического развития этих сообществ.

ОЦІНКА ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ТА МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

Д.М. Мовчан, Ю.В. Костюченко

(Державна установа «Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України», Київ)

dmovchan@hotmail.com

На сьогодні кліматичні зміни залишаються вкрай важливою та гострою проблемою всього людства, що підтверджується останніми звітами Міжурядової експертної групи зі змін клімату (IPCC). Попри загальний глобальний тренд кліматичних змін, що проявляється в зростанні глобальної середньої температури повітря, регіональні кліматичні зміни не є такими однозначними і характеризуються як різними напрямками, так і інтенсивністю для різних регіонів. Рослинний покрив є важливим елементом кліматичної системи, який впливає на неї через вплив на вуглецевий цикл, оскільки є одним з найважливіших і найбільш динамічним пулом наземного вуглецю. Більш того, рослинний покрив також піддається впливу кліматичних змін і може розглядатися в якості індикатора таких змін. Територія України умовно поділяється на 8 ландшафтно-кліматичних зон, які характеризуються своєрідним рослинним покривом та кліматичним режимом. Така різноманітність рослинного покриву та локальних кліматичних характеристик передбачає різну відповідь рослинності на зміни кліматичних драйверів. Тому для виявлення регіональних трендів кліматичних змін було проведено аналіз залежності динаміки продуктивності рослинного покриву та метеорологічних показників для окремих ландшафтно-кліматичних зон України.

Дані метеорологічних вимірювань доступні з мережі метеорологічних станцій, що розташовані на території України і які знаходяться у вільному доступі через сервер Всесвітньої метеорологічної організації (WMO). Дані доступні з добовою періодичністю. З набору даних, що надаються метеостанціями нами, для аналізу, було використано наступні метеопараметри: середньодобова, мінімальна та максимальна температури повітря, точка роси та кількість опадів. Для оцінки стану рослинного покриву було використано дані моделі MOD17A2, побудованої на основі даних спектрометра MODIS. Модель забезпечує довготривалі часові ряди величини валової первинної продукції (GPP) рослинного покриву з просторовою розрізненістю 1 км², що дозволяє використовувати дані для регіональних оцінок. Періодичність отримання даних складає 8 діб, що дозволяє проводити оцінку сезонних змін. В якості додаткових даних також були залучені дані величини евапотранспірації, отримані на основі моделі MOD16.

В ході аналізу використовувався метод головних компонент для оцінки залежності GPP та кліматичних драйверів. Був проведений аналіз часових рядів та розраховані тренди для окремих ландшафтно-кліматичних зон.

СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Н.И. Мурашко, А.Н. Мурашко

(Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси)

С.Г. Иванов, П.С. Иванов

(Компания «Фотометрика», Киев, Украина)

murnic@mail.ru

Изменения климата приводят к повышению пожарной опасности, угрозам паводков и наводнений, другим природным чрезвычайными ситуациям. Использование космических снимков в интересах мониторинга местности ограничено погодными условиями. В последнее время в Республике Беларусь и в Украине развиваются высокоэффективные подспутниковые - авиационные средства мониторинга, оснащенные современными фотографическим и навигационным оборудованием. В Украине широко используется цифровая аэросъемочная система 3-DAS-1, а в Беларуси – авиационная спектрозональная система АВИС. Обе системы установлены на авиационной стабилизирующей платформе ASP-4, которая создана на государственном предприятии «Геосистема» (г. Винница, Украина).

Для мониторинга сельскохозяйственных культур используются спектрозональные космические и авиационные снимки. При этом, для однозначного принятия решения о результатах мониторинга спектральные характеристики космических и авиационных снимков должны быть идентичными. В ОИПИ НАН Беларуси создается аппаратно-программный комплекс СПЕКТР, в состав которого включена трехканальная авиационная спектрозональная система, оснащенная сменными светофильтрами. В зависимости от задач мониторинга в каждом канале устанавливается один из двенадцати светофильтров. В отличие от системы 3-DAS-1 в комплексе СПЕКТР формируются спектрозональные снимки, разрешающая способность которых составляет 6650 x 4176 пикселей. В тоже время система 3-DAS-1 и комплекс СПЕКТР не являются конкурентами, они дополняют друг друга при решении ряда задач авиационного мониторинга.

При решении задач моделирования, например паводков и наводнений, необходима 3D модель подстилающей поверхности и инженерных сооружений с точной геодезической привязкой. В настоящее время эту задачу успешно решает система 3-DAS-1. В ОИПИ НАН Беларуси разрабатывается программный комплекс построения карты высот местности по данным космических и авиационных снимков. При этом авиационные снимки будут поставлять комплекс СПЕКТР.

Для оценки последствий ураганов, лесных пожаров, паводков и наводнений используются данные спутникового и авиационного мониторинга. При этом необходимо оценить площадь и длину периметра очага поражения, его характеристики, включая количество поваленных деревьев, угрозу населенным пунктам со стороны пожара и наводнения, состояния дорожной сети и т.д. Для решения конкретной задачи выдвигаются требования к данным дистанционного наблюдения: разрешающая способность, спектральный диапазон, допустимый угол съемки, ограничения по времени. В рамках государственной программы научных исследований Республики Беларусь «Информатика и космос» разработаны требования к спектрозональным космическим и авиационным снимкам, используемым при мониторинге источников чрезвычайных ситуаций и оценки их последствий. Существенную проблему представляют временные ограничения на оценку последствий чрезвычайных ситуаций природного характера, так как необходимо оперативно принимать решения по их ликвидации. Так, в Беларуси для обнаружения возгорания лесных массивов в пожароопасный период используется авиация МЧС Республики Беларусь. В ОИПИ НАН Беларуси разработана технология обнаружения пожаров по данным дистанционного зондирования Земли. В настоящее время разрабатывается авиационный программно-технический комплекс обнаружения лесных пожаров с передачей видеоинформации по радиоканалу на наземный пункт МЧС.

КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА ИСТОЧНИКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Л.А. Белозерский, Н.И. Мурашко, Л.В. Орешкина
(Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси)
laura_or@tut.by

Спутниковый мониторинг чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера всегда связан со сравнением текущего космического снимка с эталонным, с поиском изменений внешнего облика объектов съемки, с их анализом и классификацией. Независимо от того, на какой основе реализуется обнаружение изменений, указанные задачи завершаются точным определением пространственного положения этих изменений. При этом любая по величине геометрическая несовместимость изображений разновременной съемки, чувствительность методов обработки к любым отличиям характеристик яркости и контрастности приводят к ложным тревогам в обнаружении изменений, к ошибкам в оценке их масштабов и спектральных характеристик. Отсутствие проверенных практикой доступных решений и рекомендаций по автоматическому (программно реализуемому) решению задач пиксельного совмещения изображений разновременной съемки, сведения их яркостей и многоспектрального анализа интересных изменений является серьезным препятствием на пути создания систем мониторинга источников чрезвычайных ситуаций.

Комплекс мониторинга включает следующие функции: геометрическую многоспектральную подготовку изображения текущей космической съемки территории, на которой находятся объекты мониторинга; обнаружение заранее планируемых объектов мониторинга заданного района на текущем изображении; формирование эталонных изображений объектов, признаковая обработка изображений объектов детального контроля текущей съемки, для которых эталонные изображения и их признаки существуют; распознавание изменений на обнаруженных объектах мониторинга; анализ обнаруженных изменений объектов; подготовка решений и отчетной документации по результатам мониторинга.

Автоматизация выполнения рассмотренных функций программно-информационного комплекса, освобождающая человека-оператора от исследовательских функций, достигнута в результате: применения пассивного режима в организации взаимодействия программы с человеком-оператором; взаимосвязанного выполнения программных функций и составляющих их модулей при взаимодействии через единую базу данных комплекса; использования вместо карты местности мониторинга ее фотоплана, имеющего те же пространственные разрешающие способности, что и материалы текущих космических съемок, и позволяющего работать с ним, как с картой местности; оперирования объектами космического мониторинга, из которых строятся районы мониторинга любой конфигурации; введения режима целеуказаний при подготовке и проведении геометрической коррекции и ко-регистрации изображений текущей съемки с фотопланом; разработки рангового и энергетически-моментного описания эталонных и текущих изображений объектов; организации хранения эталонных данных по объектам мониторинга в погодно-климатических интервалах базы данных комплекса; использования новых подходов в решении задач сведения яркостей и достижение пиксельного геометрического соответствия изображений разновременной съемки, а также задач анализа многоспектральных компонент изменений объекта съемки; разработки полного топографического описания многоспектральных изменений и представления объектов контроля с возможностями оценки изменений их в процессе принятия решения и выпуска отчетной документации.

ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ РОСЛИННОСТІ В МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЯХ НА ОСНОВІ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ “СІЧ-2” ТА RAPIDEYE

І.О. Пестова, С.А. Станкевич, М.С. Лубський
(ДУ»Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України»
pestovai@ukr.net)

Сучасні технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дозволяють вирішувати низку тематичних задач – природо-ресурсних, природоохоронних та дослідницьких.

В 2008 році було успішно запущено і виведено на навколоземну сонячно-синхронну орбіту висотою 630 км угруповання з 5 міні-спутників ДЗЗ серії RapidEye. Параметри самих супутників та їх знімальної апаратури добре підходять для дистанційного вивчення рослинності через наявність окрім 4 загальноприйнятих (blue, green, red, NIR) додаткового робочого спектрального діапазону 0,69-0,73 мкм (red edge). Тому багатоспектральні зображення RapidEye (<http://www.blackbridge.com/rapideye/products/basic.htm>) широко і ефективно використовуються в сільському та лісовому господарствах, картуванні екосистем, охороні природи.

Застосування знімків RapidEye також є дуже корисним і для оцінювання стану рослинності в міських агломераціях. Для цього застосовуються стандартні алгоритми виділення рослинності за пороговими значеннями вегетаційного індексу NDVI, класифікація рослинних біотопів за спектральними сигналами, визначення повної площі листяного покриву за фітометричним показником LAI, аналіз довготривалих змін за часовими серіями багатоспектральних зображень [1].

Особливістю супутникових даних RapidEye є їх натівна пристосованість для оцінки якісного стану рослинності за її спектральною відбивною здатністю в зоні червоного краю. Для цього було застосовано інтерпольовану величину першої похідної кривої спектрального відбиття рослинності. За наземними спостереженнями на еталонних ділянках було відновлено нелінійну регресійну залежність нормованої якості рослинності від цієї величини [2].

Дослідна обробка багатоспектральних зображень RapidEye проводилася для двох лісопаркових масивів в межах міста Києва – Голосієво та Нивки. Було встановлено та локалізовано основні рослинні біотопи території дослідження – листяні, хвойні, мішані та трав'яні. Виконано інтегральне кількісно-якісне картування стану рослинності території та виявлено 8-16 % дефіцит інтегральної площі рослинності у порівнянні з нормативними даними.

Отже, застосування супутникових знімків “Січ-2” та RapidEye забезпечує більш точне оцінювання стану рослинності в міських агломераціях.

1. Станкевич С.А., Пестова І.А. Картирование изменений растительного покрова Киевской агломерации на основе долговременных временных рядов многоспектральных космических снимков Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. №2. С. 187-196.
2. Станкевич С.А., Пестова І.О. Геоінформаційний сервіс оброблення даних для оцінювання рослинності урбанізованих територій // Вісник геодезії та картографії, 2014.– №3.

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СВИДЕТЕЛЬСТВ ДЕМПСТЕРА-ШЕЙФЕРА

М.А. Попов, В.Н. Подорван, С.И. Альперт

(Научный Центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины)

mpopov@casre.kiev.ua

Гиперспектральные космические изображения – сравнительно новый тип данных, вмещающий в себя чрезвычайно большой объем информации и поэтому значительно расширяющий возможности дистанционного зондирования Земли в целом и полноту изучения расположенных на ее поверхности объектов в частности. Однако в силу существенной многомерности гиперспектральных данных их классификация традиционными методами из арсенала теории распознавания встречает серьезные затруднения. Поэтому актуальной задачей является разработка новых методов классификации гиперспектральных космических изображений, особенно в условиях неполноты и неточности информации об оптико-спектральных свойствах классифицируемых объектов.

В работе предлагается новый метод автоматической классификации гиперспектральных космических изображений, основанный на теории свидетельств Демпстера-Шейфера. Метод ориентирован на часто встречающиеся практические ситуации, когда гипотеза компактности неприменима, т. е. признаки объектов разных классов имеют сильные пересечения. Схема метода предполагает последовательное выполнение следующих логико-вычислительных процедур: 1) анализ и отбор спектральных каналов; 2) выделение обучающей выборки; 3) фильтрация пикселей обучающей выборки; 4) формирование модели предметной области; 5) приоритизация и селекция зональных изображений; 6) классификация; 7) оценка точности классификации.

Приводятся алгоритмы, реализующие указанные составные процедуры, дается краткое описание разработанного программного обеспечения. Оценка работоспособности метода и точности классификации проведена на реальных космических изображениях, полученных гиперспектральным сенсором HYPERION.

Наряду с преимуществами разработанного метода, указываются также направления его дальнейшего совершенствования и возможные применения.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ПОСІВНИХ ПЛОЩ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ОКРЕМИХ АДМІНІСТРАТИВНИХ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ

В.І. Лялько, О.І. Сахацький, Г.М. Жолобак, О.А. Апостолов, С.С. Дугін,
Н.П. Сидорова

(Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі НАН України)

sakhatsky@casre.kiev.ua

Значний обсяг наземних завіркових спостережень дозволив провести класифікацію земного покриття за космічними знімками з виділенням основних груп сільгоспкультур не тільки в межах окремих областей, а і для всієї території України. Виділялись ярі просапні культури, озимі культури, ярі зернові та зернобобові, оранка та відкритий ґрунт, прибережна рослинність, населені пункти, промзони та техногенні об'єкти, водна поверхня, листяні ліси, кущі, луки, неугіддя, хвойні ліси. Оцінка площ посівів різних сільгоспкультур була проведена на основі класифікації знімків MODIS та Landsat TM, а також деяких продуктів MODIS за допомогою програмного продукту ERDAS Imagine. Отримані дистанційні дані порівнювались з відповідними показниками офіційної статистики.

Виявлено, що у 2013 році за даними космічної зйомки для переважної більшості областей характерне зростання частки площі ріллі, відведеної під посіви кукурудзи, в середньому на 11,48 % у порівнянні зі статистичними. Найменше відхилення дистанційно визначених часток посівів від аналогічних статистичних показників в цілому по материковій частині України продемонстрували посіви цукрового буряку (1,13 %), озимого ріпаку (1,65 %) та сої (2,71 %).

За даними класифікованих знімків, зокрема, для районів Миколаївської області, за 2012-2013 рр. в структурі посівних площ простежується перевага соняшника. При зіставленні розмірів дистанційно визначених площ посівів з офіційно задекларованими ГУС виявлено, що площі посівів соняшнику часто перевищували заявлені і супроводжувались в окремих районах порушенням структури сівозмін. Така ситуація викликана тим, що в Україні соняшник забезпечує майже 95% загального виробництва олії і тому є провідною олійною культурою. Проте стрімке нарощування валового збору соняшникового насіння як основної олійної сировини впродовж останніх років забезпечується переважно екстенсивним шляхом за рахунок різкого розширення посівних площ соняшника. При цьому спостерігаються численні порушення технології вирощування соняшника, коригування 8-9-пільних сівозмін і введення 3-4-пільних. Результати обробки супутникових даних для ряду областей України свідчать про неодноразові випадки посівів цієї культури щорічно на одному місці без застосування спеціальних заходів. Це завдає значних збитків врожаю не тільки соняшника, а й інших культур сівозміни через порушення агротехнічних вимог.

ЗАСТОСУВАННЯ СУПУТНИКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗВОЛОЖЕННЯ ЗЕМНОГО ПОКРИТТЯ З МЕТОЮ МОНІТОРИНГУ ПОСУХИ (НА ПРИКЛАДІ РЯДУ ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ)

В.І. Лялько, О.І. Сахацький, О.А. Апостолов
(Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі НАН України)
sakhatsky@casre.kiev.ua

Контроль за зволоженістю земного покриття є надзвичайно важливим для оцінки стану екосистем і посівів сільськогосподарських культур, а також для прогнозування біопродуктивності рослинного покриву і врожайності посівів. З огляду на вищезгадане, інформація про посухи на основі використання технологій ДЗЗ набуває винятково важливої цінності за двома головними напрямками. По-перше, сучасні засоби моніторингу довкілля на основі супутникових технологій дозволяють оперативно оцінити стан зволоженості земного покриття, вміст вологи в рослинному та ґрунтовому покриві на значних територіях, а отже завчасно попередити про необхідність зрошення, або до застосування інших заходів проти посухи. По-друге, для постраждалих від посухи районів на основі супутникових даних можна оперативно провести картування площі загибелі посівів і максимально достовірно оцінити збитки від посухи, а також розмір необхідної допомоги сільгоспвиробникам.

Нами проведено аналіз ряду показників та індексів, що вираховуються за даними космічної зйомки для оцінки зволоження земного покриття, і апробовано їх для території України. Зокрема застосовувались індекс посухи ID (Index of Drought) та водний індекс NWI (Normalized Water Index).

Для визначення індексу посухи та водних індексів були накопичені продукти супутникової зйомки TERRA/MODIS для території України і виконана їх спеціальна обробка.

Аналіз отриманих результатів для років з різним рівнем вологозабезпечення засвідчив принципову можливість ефективного використання індексу посухи ID та водного індексу NWI для оцінки зволоження земного покриття в межах екосистем та агрофітоценозів значних регіонів України, особливо південних, для моніторингу посухи.

КОСМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ МІСТА КИЄВА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ СИСТЕМНОЇ ДИНАМІКИ

А.В. Соколовська, О.Д. Федоровський

(ДУ «Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України»)

AVSokolovska@i.ua

Сучасний екологічний стан міст вимагає постійного вдосконалення методів контролю та оцінки екологічних наслідків урбанізації та впливу техногенних факторів. Серед існуючих сучасних методів отримання інформації найбільш оперативним є космічне дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Отримана, таким чином, інформація дозволяє не тільки вести безперервний моніторинг міських територій та контролювати потенційно небезпечні ділянки, а й створювати бази різночасових космічних знімків, які є основою для статистичних досліджень, моделювання, оцінки та прогнозування стану міських територій.

Розв'язання задач у рамках даного напрямку може здійснюватися на основі використання розрахункових моделей, вихідною інформацією для яких можуть служити дані із супутників Aqua, Terra, Метеор-3М, Landsat-5,-7,-8, IKONOS, IRS, RADARSAT, QuickBird.

Вході дослідження було використано дані з супутників «Landsat 5 TM», «Landsat 7/ETM+» та «Landsat 8» а саме обрано та опрацьовано 18 знімків міста Києва за період 1994 по 2013 рр., на яких над досліджуваною територією відсутня хмарність.

Для обробки та інтерпретації матеріалів ДЗЗ було застосовано ПК Erdas Imagine та ArcGIS. Для більш точної класифікації космічних знімків доречно спільне використання автоматичної класифікації та «спектральних індексів» отриманих на основі перерахунку співвідношення яскравості об'єктів в різних спектральних зонах (нормалізованого різницевого індексу рослинності NDVI та нормованого водного індексу NWI).

Для розробки моделі і системного моделювання стану довкілля міста Києва було запропоновано метод, який заснований на врахуванні ієрархії і причинно-наслідкових зв'язків між модулями складної системи на основі системної динаміки Д.Форрестора.

Модифікація моделі системної динаміки міста Форрестера-Грехема виконувалася шляхом асиміляції космічної інформації ДЗЗ у модель і доповнення математичної моделі рівнянням комплексного критерію для обчислення і моделювання на основі статистичних даних міста Києва за 18 років (1994 – 2013 рр) функції інтегральної оцінки і прогнозу екологічного стану міста Києва до 2025р.

На основі модифікованої імітаційної моделі системної динаміки розвитку міста, включаючи складові урболандшафту та деякі еколого-соціальні фактори, а саме: території під житловою забудовою, дороги, загальну площу рослинного покриву, пустирі та будівельні майданчики, чисельність промислово-торгівельних підприємств, емісію парникових газів, площу водного дзеркала, щільність забудови, чисельність населення, було сформовано модель, відповідні взаємозв'язані підсистеми (модулі), визначено границі модельованої системи та рівня деталізації модельованих процесів. На основі статистичної, аналітичної і експертної інформації були отримані причинно-наслідкові зв'язки між модулями і збудовані відповідні діаграми.

Отримана на основі космічної інформації ДЗЗ модельна оцінка стану довкілля міста Києва до 2013 р. була підтверджена наземними вимірюваннями з ймовірністю 0,86, що підтвердило задовільну роботу модифікованої моделі міста Києва. Крім того було проведено прогнозу оцінку до 2025р. і досліджено вплив різних складових урболандшафту і еколого-соціальних факторів на стан довкілля міських територій Києва.

Отже, використання інформації космічного геомоніторингу дає змогу розширити застосування методів системної динаміки, безпосередньо в сфері моделювання та прогнозу, виходячи з реальних умов, які в свою чергу надають по-перше, достовірні дані для відповідних служб міста про екологічний стан, а по-друге, дають можливість своєчасно реагувати на наслідки, що можуть виникнути.

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ КИЇВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕРІАЛІВ КОСМІЧНИХ ЗНІМАНЬ

О.В. Томченко

(ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України»)

tomch@i.ua

Дослідження полягало в аналізі поступових змін рослинних комплексів мільковидних біотопів, які відбуваються в екосистемі Київського водосховища на основі матеріалів дешифрування космічних знімків КА Landsat за 30-річний період часу. Використання методів системного аналізу дозволило виявити взаємозв'язок між процесами заростання водойми вищою водною рослинністю (ВВР) та значеннями гідрохімічних, гідробіологічних та гідрфізичних показників наземних спостережень та виконати експертну оцінку екологічного стану верхів'я водосховища в цілому.

Для дешифрування використовувалися літні знімки кінця червня - початку вересня – періоду максимального розвитку угруповань ВВР. Розпізнавання різних типів ВВР ґрунтувалося на визначенні розташування і форми контуру, його структури, фототону. Так, наприклад, зарості повітряно-водної рослинності (рогозу і очерету) на знімках мали вигляд плям різного розміру і відрізнялися інтенсивністю забарвлення контуру. Плаваюча рослинність відзначалася світлим, майже білим забарвленням контурів, конфігурація яких змінювалась залежно від складу заростей.

Класифікація знімків проводилась на основі різних властивостей спектральної яскравості відбиваючих поверхонь у залежності від довжини хвилі. Алгоритм класифікації базувався на штучній нейронній мережі (багаточаровий перцептрон). В результаті дешифрування ретроспективного ряду космічних знімків було отримано 15 зображень, у яких кожен піксель знімку віднесений до одного з визначених класів за спектральними характеристиками еталонів та обчислені площі виділених типів природно-територіальних комплексів (ПТК) для кожного року досліджень. Результати автоматизованого виділення кластерів в цілому співпали з результатами, отриманими традиційними контактними методами із залученням експертів. Витрати часу на обробку одержаної інформації запропонованим методом зменшилися майже на порядок в порівнянні з традиційними.

Отримані результати свідчать, що посилення заростання акваторій водосховища ВВР, що на перший погляд має несприятливі для потреб людини зміни, для природоохоронного значення відображає зовсім протилежні наслідки. Таким чином, водоймище техногенне за своїм походженням, з плином часу все більше набуває рис природної водойми, з унікальними водно-болотними угіддями цінними для підтримання біорізноманіття та збереження місць перебування тварин. Проте за гідрохімічними та гідрохімічними показниками загальний стан водосховища дещо погіршується для соціально-економічних потреб людини, так уповільнення водообміну зменшує потужність ГЕС, а незначне погіршення фізико-хімічних характеристик води здійснює негативний вплив на якість води для потреб питного водопостачання.

Поєднання традиційних методів наземних спостережень з результатами дешифрування космічних знімків дозволило дослідити стан водойми більш комплексно, а також отримати інформацію про зміни видового і просторового розподілу водної рослинності на великих площах акваторії.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РАДІОМЕТРИЧНОГО КАЛІБРУВАННЯ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ЗА ПЕРЕХРЕСНИМ МЕТОДОМ

Я.І. Зєлик (Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України)

С.В. Чорний, О.О. Коваленко

(Харківський центр Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України)

svch1mail@yahoo.com

У доповіді обговорюються результати тестування розробленого модульного програмного забезпечення, призначеного для калібрування багато спектральних систем дистанційного зондування Землі.

Детально обговорюється програмний модуль призначений для обчислення радіометричних калібрувальних коефіцієнтів підсилення та калібрувальних коефіцієнтів зміщення у спектральних каналах за методом перехресного калібрування на підставі:

- еталонного зображення від системи дистанційного зондування Землі з відповідними спектральними діапазонами та відомими калібрувальними коефіцієнтами;

- характеристик прозорості атмосфери;

- даних положення Сонця;

- цифрового багато спектрального знімка від системи, що калібрують.

Обговорюється інтерфейс модуля та приклади калібрування спектральних каналів апаратури спостереження космічного апарату Січ-2 для видимого та ближнього інфрачервоного діапазонів.

Результати містять статистичні оцінки (щільності імовірності та середньоквадратичні відхилення) помилки калібрування, відносні помилки калібрування, залежності помилок калібрування спектральних каналів Січ-2 від області фільтрації.

Розглядається процедура тестування модуля, яка передбачає оцінку помилок комп'ютерного перетворення інформації. Для тестування можуть бути застосовані довільні зображення та довільні значення еталонних калібрувальних коефіцієнтів. Для створення еталонного та контрольного знімків використовується один і той же обраний знімок. Всі спектральні шари еталонного та контрольного знімка ототожнюються з першим спектральним шаром обраного.

МЕТОД ПОЄДНАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ У ВИДИМУ ТА ІНФРАЧЕРВОНОМУ ДІАПАЗОНАХ

С.В. Чорний

(Харківський центр ІКД НАН України та ДКА України)

svch1mail@yahoo.com

У доповіді розглядається проблема поєднання зображень об'єктів, отриманих багато спектральними системами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у видимому та інфрачервоному (тепловому) діапазонах. Метою поєднання є виявлення на поверхні Землі штучних об'єктів та споруд.

Запропоновано метод поєднання зображень, що базується на використанні:

- спектральних зображень об'єктів у видимому та інфрачервоному тепловому діапазонах електромагнітного випромінювання;
- рівняння енергетичного балансу поверхні Землі;
- субпіксельного узгодження спектральних шарів;
- визначенні функції розсіювання крапки інфрачервоних зображень;
- деконволютивної обробки інфрачервоних зображень.

У рамках даної задачі розглядаються принципи поєднання спектральних зображень об'єктів від Landsat-8 з різною розрізняювальною здатністю.

Обговорюються результати досліджень запропонованого методу на прикладі обробки даних системи ДЗЗ Landsat-8 для районів НЦУВКЗ (с. Вітіно), Донецької, Луганської та Харківської областей України.

Проводиться порівняння отриманих за запропонованим методом зображень відомих об'єктів від Landsat-8 та зображень високого розрізнення у видимому діапазоні.

Наводяться приклади синтезованих зображень, проводиться аналіз можливостей виявлення на них штучних об'єктів та аналіз наявних обмежень запропонованого методу.

Проводиться аналіз перспектив використання запропонованого методу обробки багато спектральних даних для системи ДЗЗ Landsat-8.

НАБЛЮДЕНИЕ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ НООСФЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ

И.С. Решетов

(Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина)

О.В. Яковлев

(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН)

olexvl@yandex.ru

Возникновение серьезных глобальных противоречий вынуждает человека смотреть на мир не только с собственных позиций, но и с позиций окружающих его элементов мира. Потребительское отношение к окружающей среде и определение себя в качестве субъекта деятельности может привести к разрушительным последствиям для самого человечества. Особую актуальность в сложившейся ситуации обретает понятие ноосферы.

Понятие ноосферы в научный оборот ввел французский ученый Пьер Тейяр де Шарден в 1925 году. В.И. Вернадский развил понятие ионосферы и сформировал учение о ноосфере, согласно которому ноосфера рассматривается как органическое продолжение биосферы, как сфера рефлексии человеческого разума, человеческого творчества, человеческого труда [1]. Эффективно действовать в стремительно меняющейся ноосферной реальности можно только в том случае, если компетентность в специальной области человека дополняется широким кругозором и подкрепляется глубоким пониманием механизмов производства рационального знания. Ноосферное мышление основано на объективном знании о целостном мире, о высокотехнологических способах кардинального изменения окружающей среды и человека. Самоопределение человека в гармонии с окружающей средой должно стать результатом формирования такого мышления. [2].

Получив в руки столь мощный инструмент анализа состояния планеты, как наблюдение Земли из космоса, человек начинает чувствовать определенную ответственность за свою деятельность. Методы и средства дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) дают возможность не только выяснять, как устроен мир, но также помогают целенаправленно изменять его, понимая, что может произойти и чего нельзя делать ни в коем случае, если человечество хочет продлить своё существование.

Одним из действенных способов формирования ноосферного мышления может служить обучение специалистов методам обработки данных ДЗЗ.

Для получения простого и экономически оправданного доступа к данным дистанционного зондирования Земли [3] целесообразно использовать малогабаритные комплексы, предназначенные для работы с данными ДЗЗ в режиме прямого приема. В Елецком государственном университете им. И.А. Бунина хорошо зарекомендовал себя в учебном процессе аппаратно-программный комплекс для приема данных ДЗЗ Алиса-СК [4], базовых возможностей которого достаточно для освоения основных операций по получению и обработке данных ДЗЗ. Однако в учебных целях возможно и использование уже готовых космических снимков и данных, которые можно найти в свободном доступе. Данное решение снимает проблему покупки дорогостоящего оборудования, оставляя лишь вопросы выбора программных средств.

*ПОСТЕРИ до секції 6***COMPARISON OF WINTER WHEAT YIELD FORECASTING RESULTS WITH USE OF MULTISOURCE SATELLITE DATA**

Nataliia Kussul, Andrii Kolotii, Sergii Skakun, Andrii Shelestov
(Space Research Institute NASU-SSAU)

Olga Kussul
(National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”)
andrew.k.911@gmail.com

Crop yield forecasting is an extremely important component of the agriculture monitoring domain, and, consequently, provides a vital input for food security. Earth observation data from space and derived products play an important role in crop yield forecasting as timely and adequate source of data for big areas, and are used most frequently for assimilating variables into the models (for example, crop growth models) or providing variables (for example, vegetation indices) as a predictor in empirical models [1].

In our previous study [2], we assessed relative efficiency and feasibility of using an NDVI-based empirical model for winter wheat yield forecasting at oblast level in Ukraine.

In our study two new parameters are considered: (i) vegetation health index (VHI) at 4 km spatial resolution derived from a series of NOAA satellites; (ii) Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation (FAPAR) derived from SPOT-VEGETATION at 1 km spatial resolution. VHI data are provided as weekly composites and FAPAR data are provided as decadal composites. The particular advantage of using VHI is that it incorporates moisture and thermal conditions of vegetation canopy, while FAPAR is directly related to the primary productivity of photosynthesis

It was found that VHI, FAPAR and NDVI values taken in April–May provided the minimum error value when comparing to the official statistics, thus enabling forecasts 2-3 months prior to harvest. The best timing for making reliable yield forecasts is nearly the same as it was for the NDVI-based approach [3] (± 16 days) – for the most of crop-production regions of Ukraine.

The most accurate predictions for 2011 were achieved using the VHI-based approach with the RMSE value of 0.51 t ha^{-1} (performance of FAPAR- and NDVI-based approaches was 0.52 t ha^{-1} and 0.63 t ha^{-1}). At the same time, the most accurate predictions for 2012 were achieved using the FAPAR-based approach with the RMSE value of 0.56 t ha^{-1} (performance of VHI-based and NDVI-based approaches was 0.7 t ha^{-1} and 0.68 t ha^{-1} , respectively). All these approaches underestimated yield in 2011 and 2012 comparing to the official statistics.

Therefore, we can conclude that performance of empirical regression models based on satellite data with biophysical variables (such as VHI and FAPAR) is approximately 20% (from 16% to 23% on different data sources) more accurate (on datasets available at the moment) comparing to the NDVI approach when producing winter wheat yield forecasts at oblast level in Ukraine 2–3 months prior to harvest.

- [1] N. Kussul, S. Skakun, A. Shelestov, O. Kravchenko, J.F. Gallego, and O. Kussul, “Crop area estimation in Ukraine using satellite data within the MARS project,” in: IGARSS 2012, 22-27 July 2012, Munich, Germany, pp. 3756-3759.
- [2] F. Kogan, N. Kussul, T. Adamenko, S. Skakun, O. Kravchenko, O. Kryvobok, A. Shelestov, A. Kolotii, O. Kussul, and A. Lavrenyuk, “Winter wheat yield forecasting in Ukraine based on Earth observation, meteorological data and biophysical models,” International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol. 23, pp. 192-203, 2013.

ANALYSIS OF THE ATMOSPHERE AEROSOL AND OZONE CONDITION OVER TBILISI USING SATELLITE DATA AND GROUND TRUTH MEASUREMENTS

Sergey A. Stankevich, Olga V. Titarenko

(Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth)

Avtandil G. Amiranashvili, Khatuna Z. Chargazia

(Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University)

st@casre.kiev.ua

The aerosol contents and ozone concentration are very important parameters of the atmosphere. These values are required for atmospheric processes simulation, weather forecasting, climate change research, environmental assessments, etc.

However, most studies need to know the atmosphere condition over a wide region or continent. A ground-based acquisition of the parameters of atmosphere within a large area is a difficult and expensive procedure. Moreover, a high variability in the atmosphere environment requires a quick update of measurements. This circumstance necessitates the establishment of a dense network of ground instrumentation stations.

Nowadays in the world there are several satellite systems for operational global monitoring of the parameters of atmosphere – in the geostationary (GOES, MSG) and polar (EOS, NPOESS, Metop, Envisat, Meteor-M) orbits. These satellites are equipped with microwave and optical instruments for measuring of the parameters of atmosphere such as aerosol optical thickness, radiative cloud fraction, concentration of water vapour, ozone, greenhouse gases, oxides of carbon, nitrogen, sulphur, profiles of temperature, pressure and relative humidity, etc. Relatively low accuracy of satellite measurements can be significantly improved by the calibration response refining from ground truth data [Станкевич и др., 2013].

Time series of Aura/OMI satellite measurements of atmosphere aerosol optical thickness and ozone concentration over Central and Eastern Georgia in 2009-2011 were analyzed. OMI L2G OMAEROG.003 and OMT03G.003 data products were obtained from the NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC) using the Mirador Earth science data search tool.

Ground-based measurements of the parameters of atmosphere in Tbilisi during the same period, which are provided by the Mikheil Nodia Institute of geophysics [Амиранашвили и др., 2010], were used as calibration data. Satellite data monthly averaging, preprocessing, analysis and visualization was performed using Giovanni web-based application. Maps of trends and periodic components of the atmosphere aerosol optical thickness and ozone concentration over the study area were calculated.

Станкевич С.А., Титаренко О.В., Харитонов Н.Н., Хлопова В.Н. Картирование загрязненности атмосферы Приднепровского промышленного района диоксидами азота и серы с использованием спутниковых данных // Доповіді НАН України, 2013.– № 3.– С.106-111.

Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никофоров Г.В., Нодия А.Г., Харчилава Д.Ф., Чанкветадзе А.Ш., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М., Чхаидзе Г.П. Некоторые предварительные результаты комплексного мониторинга концентрации приземного озона (КПО), интенсивности суммарной солнечной радиации и содержания в воздухе субмикронных аэрозолей в Тбилиси в 2009-2010 гг. // Труды института геофизики им. М. Нодия, 2010.– Т.LXII.– С.189-196.

СРАВНЕНИЕ ОРИЕНТИРОВКИ ЛИНЕАМЕНТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ, С РАЗНЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

А.Я. Ходоровский, А.А. Апостолов
(Научный центр аэрокосмических исследований Земли
Института геологических наук НАН Украины)
alex@casre.kiev.ua

В процессе структурного дешифрирования было установлено, что отдельные линеаменты, выделенные на космических снимках с низким пространственным разрешением (250 – 500м), на снимках с более высоким пространственным разрешением (28м и меньше) распадаются на серию более коротких по протяженности и по-разному ориентированных линеаментов. Естественно, возникает вопрос о сопоставлении ориентировки линеаментов, выделенных на космических снимках разного пространственного разрешения.

Для решения поставленной задачи нами были использованы результаты структурного дешифрирования космических снимков с пространственным разрешением 250м (MODIS), 28м (Landsat) и 2м (WorldView-2). Участки дешифрирования располагались в пределах разновозрастных тектонических структур: Украинский щит, Днепровско-Донецкая впадина, Скифская плита, геосинклинали островов Сахалин и Хонсю.

В результате проведенного сопоставления распределений азимутов простирания линеаментов было установлено, что линеаменты, выделенные на снимках разного пространственного разрешения, характеризуются близким характером распределения азимутов простирания. На построенных графиках распределений выделяются отдельные максимумы, разделенные минимумами. Максимумы отвечают системам линеаментов. Выделенные на разных графиках максимумы близки между собой по ориентировке. Судя по построенным графикам, наиболее интенсивно проявлены и наиболее просто построенны системы линеаментов субмеридионального и субширотного простирания. Они образуют по одной системе. Выделенные системы характеризуются минимальной дисперсией. В отличие от них, линеаменты северо-западного и северо-восточного простирания образуют всегда несколько систем, интенсивность выраженности которых обычно ниже, чем ортогональных систем.

Аналогичные закономерности были установлены и при анализе ориентировки трещин, протяженностью от нескольких сантиметров до первых метров и коротких разломов с небольшой амплитудой, которые были замерены в обнажениях.

ВІДНОВЛЕННЯ ДАНИХ ОПТИЧНИХ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Р.М. Басараб, С.В. Скакун

(Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України)

basarabru@gmail.com

Супутникові зображення є важливим джерелом інформації для розв'язання задач екологічного та сільськогосподарського моніторингу [1], а також задач оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій [2]. Однак, ефективність використання оптичних супутникових зображень обумовлюється наявністю на них захмарених територій, для яких відсутня інформація про поверхність Землі. В даній роботі запропоновано метод відновлення даних часових рядів оптичних супутникових зображень середньої та високої просторової роздільної здатності.

Для розв'язання поставленої задачі (відновлення даних в часових рядах супутникових зображень) розроблено метод, котрий базується на використанні карт Кохонена, що самоорганізуються [3]. Для якісної оцінки здатності СКК до відновлення даних проведено експериментальне дослідження. В якості вхідної інформації відібрані часові ряди зображень космічних апаратів (КА) Landsat-8 (просторова роздільна здатність 30м.) та Січ-2 (8м.), що складаються з 4-х зображень кожен.

Для кожного з спектральних каналів досліджуваних рядів зображень побудована окрема модель відновлення даних. Для даних Landsat-8 метод виявився найбільш точним при відновленні значень ближнього інфрачервоного каналу - відносна похибка склала 11-15%. При відновленні значень каналів видимого спектра помилка варіювалася від 16% до 19%. Для даних Січ-2, відносна похибка відновлення склала 4,3%, 5,8%, і 8% для зеленого, червоного та ближнього інфрачервоного спектральних каналів, відповідно.

Література

1. Skakun S.V. Analysis of Applicability of Neural Networks for Classification of Satellite Data / S.V. Skakun, E.V. Nasuro, A.N. Lavrenyuk, O.M. Kussul // *Journal of Automation and Information Sciences*. — 2007. — Vol. 39, No. 3. — P. 37–50.1.
2. Skakun S. Flood Hazard and Flood Risk Assessment Using a Time Series of Satellite Images: A Case Study in Namibia / S. Skakun, N. Kussul, A. Shelestov, and O. Kussul // *Risk Analysis*. — 2013. DOI:10.1111/risa.12156
3. Latif, B. A. Self-Organizing maps for processing of data with missing values and outliers: application to remote sensing images / B. A. Latif, and G. Mercier // *In Self-Organizing Maps*, edited by George K. Matsopoulos. — 2010. — P. 189–210.

ДИСТАНЦІЙНЕ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ ДЕГРАДАЦІЇ РОДЮЧИХ ЧОРНОЗЕМІВ В РАЙОНІ ПІВДЕННОУКРАЇНСЬКОЇ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Т.В. Дудар (Національний авіаційний університет, Київ, Україна)

С.А. Станкевич (Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі, Київ, Україна)

Г.В. Лисиченко (Інститут геохімії навколишнього середовища, Київ, Україна)

dudartamara@hotmail.com

Процес деградації земельних ресурсів – це повільний, практично непомітний процес, яким часто нехтують або залишають непоміченим, принаймні протягом початкової стадії. Коли земля перебуває у стані деградації, то процес відновлення є надзвичайно складним і вимагає значних капіталовкладень. Нераціональне використання природних ресурсів, зміна кількості населення внаслідок розвитку промислового та сільськогосподарського секторів, економічні та соціальні проблеми є одними із ключових аспектів, що мають вплив на деградаційні процеси досліджуваної території.

Виходячи із вищезазначеного, метою представленого дослідження є попередній аналіз ступеню деградації земельних ресурсів території в радіусі приблизно 30 км навколо діючої АЕС із використанням даних дистанційного зондування землі та сучасних геоінформаційних технологій з наступною оцінкою економічних втрат сільськогосподарського виробництва, спричинених втратою якості земельних ресурсів.

Територія розташування однієї з чотирьох діючих атомних електростанцій України знаходиться у Ново-українському фізико-географічному районі степової області південних відрогів Придніпровської височини Правобережно-Дніпровської провінції північної підзони степової зони. Цій території властиві ландшафти кальцієвого класу на ерозійно-денудаційній слабкопології та слабкохвилястій лесовій рівнині із звичайними неглибокими середньо- і малогумусовими чорноземами.

Для оцінювання ризику деградації земель проведено обробку багатоспектральних супутникових знімків Landsat-5/TM та Landsat-8/OLI рівня 1B за період з 1993 по 2013 роки, одержаних з архіву Геологічної служби США (USGS) через портал даних EarthExplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov>). Для першого рівня моделі було проведено картування просторового розподілу двох основних показників деградації земель – змін рослинного покриву та ґрунтової ерозії. Рослинний покрив оцінювався за вегетаційним індексом MSAVI; водна та вітрова ерозія моделювалася за кліматичними даними з тематичного сервера World Climate (<http://www.worldclim.org>) та гранулометричними і гідрологічними показниками чорноземів, що переважають у районі: середньою щільністю, еквівалентним розміром структурних частинок ґрунту, ерозійним коефіцієнтом. Другий рівень моделі забезпечив поєднання даних, одержаних на першому рівні, у прикінцеву тематичну карту деградації земель. Алгоритми побудови такої карти описано в роботах [1-2].

За допомогою отриманої карти визначено території з низьким, середнім та високим рівнями деградації земель. Більшість площі району залишається незміненою (35%) або знає незначні зміни (приблизно 30%). В основному це території населених пунктів, дороги, лісові та трав'яні насадження. Низьким, середнім та високим ступенем деградації характеризується приблизно 30% площ району. Отримані дані наглядно демонструють вплив довготривалих змін природного середовища та кореляцію інтенсивного розвитку сільського господарства в минулому та промисловості з деградацією земель на території дослідження.

1. Дистанционная оценка риска деградации земель с использованием космических снимков и геопространственного моделирования / М.А. Попов, С.А. Станкевич, А.А. Козлова // Доповіді Національної академії наук України. – 2012. – № 6. – С. 100-104.
2. Дослідження деградації земельних ресурсів Калуського району Івано-Франківської області з використанням геоінформаційних технологій / Т.В. Дудар, С.А. Станкевич, І.В. Лоїк, О.В. Мартинова // Наукові технології. – 2012. – № 4(16). – С. 116-120.

ПОРІВНЯННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ВИЗНАЧЕНОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ КОСМІЧНОГО СУПУТНИКА LANDSAT ТА НАЗЕМНИМИ ДАНИМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН КЛІМАТУ В УКРАЇНІ

В.І. Лялько, О.А. Апостолов, Л.О. Єлістратова
(ДУ«Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України»)
Tkach_Lesya@ukr.net

Аналіз регіональних змін клімату та пов'язаних з ними негативних наслідків потребує не тільки застосування точкових наземних даних метеоспостережень, які опрацьовуються сучасними математичними методами, а й використання новітніх технологій отримання даних до яких відносяться дані ДЗЗ. Пріоритетним параметром у дослідженні змін клімату є температурний режим. Точна оцінка просторового розподілу температури повітря за наземними спостереженнями край необхідна для діагностичної оцінки змін клімату на нашій території. В процесі дослідження змін клімату на території України виникла необхідність співставлення значень вимірів температури повітря за даними наземних метеостанцій та даних теплового поля за космічними знімками з супутників Landsat 4,5,7.

Для вирішення поставленого завдання нами було використано дані: 60 знімків з супутників Landsat 4,5,7. Для порівняння даних з супутника Landsat використовувалось 10 наземних метеорологічних станцій.

В результаті проведеного співставлення було зроблено висновок, що для наукових цілей найкраще використовувати інформацію з супутника Landsat 7, дані з супутника Landsat 4,5 краще використовувати після 2000 року, для аналізу попередніх років можливо використовувати супутник Landsat 4,5 з даними до 2000 року, але потрібно враховувати великі розбіжності з наземними даними за цей період.

Загальний висновок: при узгодженні закономірностей температурного режиму наземні дані і супутникові показують одну і ту ж закономірність, але величини будуть різні. Супутникові дані можна вважати правомірними, вони повинні розглядатися в комплексі з даними наземних спостережень для вивчення негативних наслідків для природного середовища та людини від прояву глобальних і регіональних змін клімату.

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ Г.КИЕВА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ГОРОДА

Г.Б. Крилова

(Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі НАН України)

a.krylova@casre.kiev.ua

На данный момент для урбанизированных территорий характерно формирование, так называемых «островов тепла», связанных с перепадом приповерхностных температур между центром города и его периферией.

Целью данной работы является мониторинг теплового поля урбанизированных территорий с последующим выявлением тенденций его развития, а также выделением экологически проблемных районов и участков городской среды.

Обработка и анализ данных космической съемки показали что в районах с густой застройкой и в пределах промышленных зон наблюдается более высокая поверхностная температура, чем в районах с зелеными зонами. Четко проявляется рост приповерхностной температуры в районах где в последние десятилетие была уплотнена жилая застройка. Минимальная поверхностная температура наблюдается над парковыми и лесопарковыми зонами. При этом, средняя температура, полученная по наземным метеоданным на момент съемки, приблизительно соответствует тепловому полю над зелеными зонами. В то же время, температурные максимумы по данным анализа космической съемки, которые значительно превышают максимальное значение температуры воздуха на день съемки, указывают на участки с напряженной экологической обстановкой.

По данным анализа поверхностных температур проведено районирование территории г. Киева по степени тепловой нагрузки и выявлены экологически напряженные участки.

Таким образом, анализ космических данных позволяет дифференцировать городское тепловое поле и наметить проблемные, с экологической точки зрения, участки на карте города.

ІНТЕГРАЦІЯ ОПТИЧНИХ ТА РАДАРНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ПОСІВІВ

С.В. Скакун (Інститут космічних досліджень НАН України та ДКУ України)

М.С. Лавренюк (Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

Н.М. Куссуль, А.Ю. Шелестов (Інститут космічних досліджень НАН України та ДКУ України)

nick_93@ukr.net

У наші дні класифікація посівів з подальшою оцінкою їх площ виконується здебільшого на основі оптичних супутникових даних, які є доступними для користування у великих обсягах, на відміну від радарних даних [1]. Однак в зв'язку із запуском групи супутників Sentinel (перший радарний супутник запущено на початку квітня 2014 року), з'являється можливість безперешкодного використання як оптичних так і радарних даних в операційному режимі. Тому постає задача дослідження ефективності використання радарних даних для класифікації посівів [2].

В роботі запропоновано ансамблевий підхід до класифікації посівів, заснований на використанні методів машинного навчання. Для розв'язання задачі класифікації використовуються різні комбінації вхідних даних (оптичні дані Landsat8 та радарні дані Radarsat2 в різних поляризаціях, що відзняті під різними кутами). Радарні дані отримані в межах унікального експерименту багаторазового знімання території українсько-го полігону JECAM супутником Radarsat2 в 2013 році.

Після об'єднання каналів різної поляризації супутника Radarsat2 в одне зображення отримані дві множини по 6 знімків, що відзняті під різними кутами. В якості попередньої обробки радарних знімків виконувалась фільтрація за допомогою фільтру Lee з вікном розміру 7x7. Після чого радарні дані, що мають початкове розрізнення 8 м переводяться до розрізнення даних Landsat8 з розрізненням 30 м.

Проведено структурну оптимізацію моделей класифікатора типу MLP з урахуванням специфіки задачі. Для підвищення точності результатів використовується ансамбль нейронних мереж.

Результати показали, що використання ансамблю нейронних мереж покращує точність класифікації в порівнянні з найкращим окремим класифікатором на 1-4%. Загальна точність класифікації радарних даних складає 84,1%, оптичних – 86%. В той же час, використання оптичних і радарних разом покращили результат класифікації до 90,1%. На основі отриманої растрової карти класифікацій та векторного шару з границями полігонів виконано об'єктну класифікацію посівів, що допомогло покращити остаточну карту класифікації.

Література:

1. Efficiency assessment of using satellite data for crop area estimation in Ukraine
J. Gallego, N. Kussul, S. Skakun, O. Kravchenko, A. Shelestov, O. Kussul
International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. - 2014. - No. 29. - P. 22-30
2. Crop classification in Ukraine using satellite optical and SAR images
N. Kussul, S. Skakun, A. Shelestov, O. Kravchenko, O. Kussul
Models&Analyses. - 2013. - № 2. - P. 118-128.

ПОБУДОВА КАРТ ГЛОБАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ LAI, FAPAR, FCOVER НА ОСНОВІ НАЗЕМНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В РАМКАХ ПРОЕКТУ JESAM

А. Міронов (Інститут космічних досліджень НАН та ДКА України)

А.Ю. Шелестов (Національний університет біоресурсів і природокористування України)

С.В. Скакун, В.А. Остапенко (Інститут космічних досліджень НАНУ-ДКАУ)

andru.mironov@gmail.com

В рамках проектів JESAM-Ukraine та FP7 ImagineS протягом 2013 та у 2014 році на території тестового полігону (ВП НУБіП України «Агрохімічна дослідницька станція» с. Пшеничне) проводився збір наземної інформації [1], для побудови карт глобальних супутникових продуктів: LAI (індекс листової поверхні), FAPAR (частка поглиненої фотосинтетичної активної радіації), FCover (частка рослинного покриву). Наземні дослідження проводились за протоколом Validation of LAnd European Remote sensing Instruments (VALERI) у відповідності до Європейських методик, стандартів CEOS Cal/Val та стандартів комітету GEO.

Збір наземних даних проводився використовуючи дзеркальну фотокамеру з об'єктивом типу FishEye [2], за визначеною схемою на квадраті розміром 20 на 20 м, (ESU, elementary sampling units). На кожному ESU проводилися виміри біофізичних параметрів рослинності шляхом виконання від 13 до 15-ти фотографій. Загалом було проведено 3 експедиції у 2013 та одна експедиція у 2014 році, та зібрано близько 30 ESU по кожній експедиції.

Для обробки наземних даних та отримання значень біофізичних параметрів рослинності LAI, FAPAR, FCover, було використане спеціалізоване програмне забезпечення CAN-EYE, попередньо відкалібрувавши параметри фотокамери за допомогою якої проводився збір вхідної інформації.

Результатом обробки вхідних даних ПЗ CAN-EYE є набір точкових значень біофізичних параметрів. Для побудови тематичних карт зазначених параметрів необхідно розв'язати задачу екстраполяції точкових значень на все супутникове зображення. В якості основного параметру, від якого побудовані залежності, вибрано значення вегетаційного індексу NDVI. Моделі створені для різних типів супутникових даних: Landsat-8 (просторове розрізнення 30 м), RapidEye (5 м) та SPOT-4 (20 м). Дані RapidEye та SPOT-4 представлено Європейським космічним агентством (СКА) в рамках ініціативи Take-5.

Використовуючи створені моделі регресії для кожного вхідного супутникового зображення (продукту його обробки - карти NDVI), були побудовані відповідні карти біофізичних параметрів LAI, FAPAR, FCover. На основі експериментальних досліджень показано, що експоненційні регресійні моделі найкраще описують залежність між NDVI та біофізичними параметрами у випадках значного насичення індексу NDVI. Середнє значення коефіцієнту детермінації експоненційних моделей дорівнює 0,7, в той час як для лінійних моделей відповідний параметр дорівнює 0,6. За результатами проведених робіт отримано схвальні відгуки від європейських партнерів в рамках вищевказаних проектів.

Список літератури

1. N. Kussul, S. Skakun, A. Shelestov, O. Kravchenko, J.F. Gallego, O. Kussul. Crop area estimation in Ukraine using satellite data within the MARS project
2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 22-27 July, 2012, (IGARSS), pp. 3756-3759
2. N. Kussul, A. Shelestov, S. Skakun, O. Kravchenko, B. Moloshnii. Crop state and area estimation in Ukraine based on remote and in-situ observations
Int. J. on Information Models and Analyses, 2012, vol. 1, no. 3, pp. 251-259.

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ СТЕПОВИХ ЕКОСИСТЕМ КРАЇНИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

В.С. Ткаченко (Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАНУ, Київ, Україна)

С.Г. Бойченко (Інститут геофізики ім.С.І. Субботіна НАНУ, Київ, Україна)

О.В. Томченко (ДУ «Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України» (ЦАКДЗ ІГН НАН України))

В.А. Остапенко (Інститут космічних досліджень НАНУ-ДКАУ)
ostapenkovadym@gmail.com

Сучасне глобальне потепління може призвести до певних змін у геофізичних, геохімічних та біологічних системах нашої планети та істотно вплинути на екологічні та соціально-економічні умови в життєдіяльності людства. Досить чутливим індикатором змін навколишнього середовища під впливом змін клімату є рослинний покрив степів (суббаридні фітосистеми). Тривалі спостереження з фіксацією структури, складу, просторової диференціації степових фітосистем можуть бути здійснені саме в українських степових заповідниках.

З цією метою нами було виконано дослідження, у ході якого здійснено обробку даних ДЗЗ для спостережень за процесами динаміки структури та складу степових фітосистем, а саме за часовими рядами розраховано вегетаційний індекс NDVI та проведена класифікація космічних знімків з виділенням характерних рослинних угруповань. Отримані матеріали були уточнені на основі результатів наземних багаторічних спостережень, проведених на репрезентативних базових степових полігонах України (в даному випадку на прикладі Хомутовського степу) Ткаченка В.С. В результаті були отримані кількісні і якісні характеристики динаміки степових фітосистем та відсоткове співвідношення характерних рослинних угруповань на степових ділянках: ксерофітів, мезофітів та лігнозів. Так, на території Хомутовського степу простежується загальна для український степів тенденція до зменшення кількості ксерофітної рослинності за рахунок збільшення площ мезофітної та лігнозної складових. Також виявлено певні зміни у сезонному ході значень вегетаційного індексу NDVI протягом періоду 2001–2014 рр., а саме збільшення його значень з травня по серпень, а також зміни у річному ході – протягом останніх 14 років характерне зменшення вегетаційного індексу на 10-15 %.

Проведено аналіз регіональних особливостей змін клімату з заданому регіоні та досліджено вплив інших факторів (пожежі та втручання людини в функціонування заповідної території). Виявлені характерні особливості у зміні сезонного і річного ходу приземної температури та атмосферних опадів та проведено співставлення з їх кліматичними нормами за період 1961-1990 рр.

Згідно з встановленими тенденціями в ХХ ст. у змінах складових фітоценозів українських степів в умовах змін клімату та антропогенного втручання в природні степові екосистеми, в ХХІ ст. може відбутися повна їх деградація. Тому використання різнорідних (оптичних та радіолокаційних) та різночасових (історичних та актуальних) супутникових даних дозволить проводити оперативний і регулярний просторово-часовий моніторинг степових екосистем в Східній Європі.

АДАПТИВНА ОБРОБКА ДАНИХ ДЗЗ НА ОСНОВІ СТАТИСТИЧНОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ СТАНУ АГРОФІТОЦЕНОЗІВ

О. Семенів, Л.В. Підгородецька
(Інститут космічних досліджень НАН та ДКА України)
oleg.semeniv@gmail.com

На сьогоднішній день дистанційне оцінювання стану рослинності є однією з технологій, що швидко розвиваються. Проблема визначення стану сільськогосподарських угідь та оцінювання розвитку культур в різних екологічних умовах є однією з основних у програмі продовольчої безпеки. Широкого використання з року в рік набувають методи та алгоритми на основі адаптивного аналізу дистанційної інформації із застосуванням процедури статистичного навчання.

В ході виконання досліджень модифіковано метод опорних векторів для задач оцінювання біофізичних параметрів агрофітоценозів за даними супутникового спостереження. Апробація моделі класифікації сільськогосподарських культур здійснювалася на основі архівної супутникової зйомки пілотної території господарства “Степовий” Кам’янсько-Дніпровського району Запорізької області. Використано наземні опорні дані щодо сівозмін господарства, нормативну базу фаз розвитку сільськогосподарських культур (соя, озима пшениця, кукурудза, ярий ячмінь, горох, соняшник, люцерна, овес, однорічні та багаторічні трави) для важко-суглинистих та середньо-суглинистих ґрунтів, характерних для степової зони Півдня України та дані ДЗЗ досліджуваної території апаратурою супутника Landsat 7(ETM+) за 2001 рік. В ході досліджень реконструйовано модель на основі опорних векторів класифікації сільськогосподарських угідь за типом культури. Проведено аналіз статистичних параметрів точності класифікації за наземними завірковими даними та розроблено процедуру валідації моделі для збільшення величин показника узагальнення та регулярності. Здійснено комп’ютерне моделювання залежності точності класифікації моделі від значень керуючих параметрів. Попередні результати крос-валідації моделі показують високий рівень точності класифікації понад 76 відсотків. Для верифікації попередніх результатів класифікації застосовувалася методика автономної комп’ютерної класифікації за алгоритмом ISODATA. Підготовлено процедуру оцінювання площі полів та відповідно сумарної біомаси певної культури для дослідної території. Підвищення точності класифікації культур за супутниковими даними планується в рамках алгоритмічної реалізації шляхом компоновки моделі класифікації на основі опорних векторів та адаптивної процедури послідовної перевірки приналежності оцінок до максимальної сукупності ідентифікованого класу із використанням просторової фільтрації.

Робота здійснюється в рамках виконання теми «Методи дистанційного оцінювання біофізичних параметрів лісових рослинних угруповань та агрофітоценозів в межах різних ландшафтно-кліматичних зон території України» відповідно до Цільової комплексної програми НАН України.

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ КОСМІЧНИХ ЗЙОМОК ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НЕОТЕКТОНІЧНОЇ БУДОВИ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ПРИ НАФТОГАЗОПОШУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

З.М. Товстюк, О.В.Титаренко, Т.А. Єфіменко
(Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі НАН України)
olgatitarenko@casre.kiev.ua

Теоретичною базою розвитку неотектонічних та структурно-геоморфологічних досліджень в нафтогазоносних регіонах є уявлення про те, що новітній (неоген-четвертинний) етап розвитку земної кори відіграв важливу роль у розміщенні родовищ нафти та газу і міграції вуглеводнів, сформував сучасний рельєф в межах Східноєвропейської платформи. Неотектонічна активність глибинних структур ДДЗ сприяла формуванню ландшафту западини та обумовила відображення цих структур в особливостях його будови та формуванні його зображення на матеріалах дистанційних зйомок.

Для побудови схеми відносної неотектонічної активності ДДЗ були використані матеріали багатозональних космічних зйомок, а саме космічні знімки Landsat-5,7-TM/ETM+ та Landsat-8, для окремих територій – Січ-1М, радарна топографічна зйомка (SRTM) та цифрова модель рельєфу, яка є результатом цієї зйомки.

Космічні знімки Landsat-5,7-TM/ETM+ та Landsat-8 та Січ-1М використовувалися для виділення лінеamentів та їх зон, тобто створювалася схема розломно-блокової будови, яка була основою схеми відносної неотектонічної активності.

При структурно-геоморфологічних дослідженнях використовувалася апіорна структурна та геоморфологічна інформація в програмному продукті ArcGIS. Морфометричний метод пошуку тектонічних структур є досить трудомістким. Ефективним засобом вирішення цієї проблеми є залучення в дослідження сучасних географічних інформаційних систем, які відрізняються оперативністю, можливістю роботи з великими об'ємами просторової інформації, гнучкістю інтерфейсу, застосуванням аналізу і моделювання.

За допомогою цифрової моделі рельєфу радарної топографічної зйомки (SRTM), для виявлення активності неотектонічних блоків побудовано карту морфотектоїзогіпс на якій чітко виділяються неотектонічні блоки з різними висотними амплітудами, які можуть бути пошуковими об'єктами, перспективними на пастки ВВ.

Для уточнення схеми відносної неотектонічної активності ДДЗ на базі цифрової моделі рельєфу були побудовані схеми горизонтального та вертикального розчленування. Аналіз цих карт дав змогу зробити наступні висновки: більша частина родовищ ДДЗ розташована в зонах з горизонтальним розчленуванням рельєфу, яке дорівнює 4 - 7 балам, або в зонах, які оцінюють ділянки рельєфу з горизонтальним розчленуванням 8 та 9 балів і відносяться до лесових рівнин та долинних комплексів. На схемі вертикального розчленування рельєфу центральної частини ДДЗ родовища ВВ розташовані в межах ізольованого вертикального розчленування рельєфу 40-60м, а для південно-східної - 80-120м.

Аналіз схеми відносної неотектонічної активності ДДЗ за даними дистанційного зондування Землі дозволив виявити наступну закономірність:

1. Родовища вуглеводнів приурочені до ділянок з помірною (150-200м) неотектонічною активністю. При цьому, в межах північно-західної частини ДДЗ, де амплітуди не перевищують 160-180м, розташовані нафтові родовища, а в південно-східній, з амплітудами 180-200м - газоконденсатні та газові.

2. Високі амплітуди неотектонічних рухів на північному борту та в межах південної прибортової зони та південного борту ДДЗ значно підвищує його нафтогазові перспективи завдяки сприятливим умовам для утворення емісних тріщинних та тріщинно-порових колекторів у породах кристалічного фундаменту.

МОРСКАЯ СЛУЖБА ПРОГРАММЫ КОПЕРНИКУС И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ НА ЧЕРНОМ МОРЕ

Г.К. Коротаев, Ю.Б. Ратнер, М.В. Иванчик, А.Л. Холод
(Морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь)
antonholod@mail.ru

Морская служба программы Коперникус (ранее ГМЕС) должна начать свою работу с апреля 2015 года. Она основана на получении спутниковых наблюдений о состоянии океана из космоса и последующей их ассимиляцией в модели циркуляции и экологические модели. Служба Коперникус будет работать как для глобального океана в целом, так и для всех европейских бассейнов, включая Черное море. В качестве прототипа этой службы будет взята система, которая разрабатывалась в ходе реализации европейских проектов «Мой Океан» и «Мой Океан 2» и которая включает в себя тематические центры сбора данных наблюдений и центры диагноза и прогноза состояния морской среды. Продукты системы проекта «Мой Океан» дают возможность расчета различных индикаторов морской среды для оценки экологического состояния и антропогенного воздействия на Черное море, позволяют решать задачи безопасности мореплавания, морских спасательных операций и оценки изменчивости климата.

В настоящее время центр диагноза и прогноза состояния Черного моря как элемент единого европейского центра морских прогнозов проекта «Мой Океан» функционирует на базе Морского гидрофизического института НАН Украины. В его состав входит два модуля – модуль оперативного прогнозирования состояния морской среды и модуль распространения и отображения результатов морских прогнозов, а также комплекс программно-аппаратных средств, предназначенных для поддержания внутренних и внешних сетей обмена данными. В Черноморском центре функционирует сервисная служба, которая осуществляет контроль работы автоматической системы диагноза и прогноза и поддерживает ее функционирование.

В системе в оперативном режиме идут расчеты по гидродинамической, биооптической, экологической и волновой моделям. Доступны данные о температуре, солёности, скоростей течений, уровне моря, коэффициенте поглощения света морской водой, концентраций фитопланктона и нитратов. Доступ осуществляется через центральный WEB-портал проекта «Мой Океан» <http://www.myocean.eu> на бесплатной основе.

Продукты Черноморского центра морских прогнозов используются океанографическими организациями Болгарии, Грузии, России, Румынии и Украины для выполнения морских прогнозов с повышенным пространственным разрешением в их прибрежных акваториях. Также на основе данных Черноморского центра морских прогнозов обеспечивается работа системы оперативного прогноза распространения нефтяных разливов в Черном море.

Осенью 2014 годаредполагается участие Черноморского центра морских прогнозов в тендере на обеспечение черноморского региона продуктами Морской службы программы Коперникус.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ ІНДЕКСІВ ЧЕРВОНОГО КРАЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІН РОСЛИННОГО ПОКРИВУ НАД НАФТОВИМ РОДОВИЩЕМ ЗА ДАНИМИ СПЕКТРОМЕТРИЧНОЇ ЗЙОМКИ

З.М. Шпортюк, О.М. Сибірцева, С.С. Дугін
(Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі НАН України)
casre@casre.kiev.ua

Просочування вуглеводнів із родовищ нафти і газу та збільшення їх концентрації в ґрунті викликає певні зміни в наземному рослинному покриві, що впливають на спектри відбиття рослинності. Цей вплив проявляється в зміні кута нахилу спектральної кривої в області червоного краю 650-760 нм, що призводить до спектральних зсувів позиції червоного краю REP – довжини хвилі, на якій досягається максимум нахилу спектра відбиття в області червоного краю. Другим гіперспектральним вегетаційним індексом, який залежить від зміни нахилів спектральної кривої в області червоного краю, реагуючи на зміни вмісту хлорофілу в рослинному покриві, є Мерісівський наземний хлорофільний індекс TCI. Цей індекс на відміну від REP, не використовувався в нафтогазопозукових цілях методами гіперспектрального дистанційного зондування і вперше досліджувався авторами при вивченні впливу просочування природного газу на спектри відбиття пшениці над газовим родовищем за даними наземного спектрометрування [1].

В даному повідомленні досліджено варіації гіперспектральних вегетаційних індексів: позиції червоного краю REP, мерісівського наземного хлорофільного індексу TCI та модифікованого нормалізованого різницевого індексу mNDVI за даними спектрометрування неоднорідного наземного покриву над Приозерним нафтовим родовищем (Крим) спекторадіометром FieldSpec®3 FR з метою виявлення пошукових індексів. Для точок із рослинним покривом встановлено обмеження на значення mNDVI, що дозволяє відокремити їх від решти точок у випадку неоднорідного наземного покриву. Над нафтовим родовищем в усіх точках із рослинним покривом, окрім точок поблизу нафтових свердловин, встановлено зменшення величин усіх досліджуваних індексів щодо їх фонових значень за межами родовища. Сильна кореляція між REP і mNDVI ($r=0.87$) і між TCI і mNDVI ($r=0.88$), та зменшення їх величин над родовищем свідчить про потенційну можливість кожного з цих індексів реагувати на зміни рослинного покриву над родовищем вуглеводнів і забезпечувати інформативні в пошукових цілях значення лише на площах із певними обмеженнями на величину mNDVI.

1. Шпортюк З.М., Сибірцева О.М., Дугін С.С. Вплив просочування природного газу на наземний хлорофільний індекс та позицію червоного краю спектрів відбиття пшениці над газовим родовищем. Доповіді НАН України.-Київ,-2011.- №11.-С. 115 -119.

КАРТОГРАФУВАННЯ ЗЕМНОГО ПОКРИВУ ДЛЯ ВЕЛИКИХ ТЕРИТОРІЙ

Н.М. Куссуль

(Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України)

М.С. Лавренюк

(Київський національний університет імені Тараса Шевченка)

А.Ю. Шелестов

(Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України)

Б.Я. ЯЙЛИМОВ

(Інститут космічних досліджень НАН України та ДКА України)

Як правило, задача класифікації земного покриття обмеженої території розв'язується на основі використання одного або декількох супутникових зображень. При цьому часто обмежуються вбудованими можливостями систем обробки супутникових даних, таких як ENVI або ERDAS. В той же час при розв'язанні аналогічної задачі для великої території, наприклад, регіону або цілої країни, виникає потреба у застосуванні наукових підходів злиття даних (data fusion) [1], оскільки наявні дані із одного джерела далеко не завжди дозволяють охопити досліджувану територію [1, 3]. Причиною цього може бути велика площа досліджуваної території, відсутність даних з одного космічного апарата, наявність на супутникових зображеннях хмарності, похибок (Landsat-7) тощо. Як правило, методи злиття дозволяють об'єднати різномірні дані (зокрема, з різним просторовим і часовим розрізненням) для їх подальшого аналізу та обробки. Виділяють три рівні злиття даних: на рівні пікселів, на рівні ознак та на рівні прийняття рішень.

Для забезпечення ефективного розв'язання задачі побудови карти земного покриття для великої території запропонована ієрархічна архітектура на основі використання ансамблю класифікаторів, в ролі яких виступають нейронні мережі перцептронного типу. Кожен із класифікаторів призначений для класифікації одного знімка одного супутника. На вхід кожного класифікатора подаються атмосферно скориговані значення всіх наявних спектральних каналів однієї сцени конкретного апарату. Таким чином реалізується злиття даних на рівні пікселів.

Результати класифікації кожного окремого знімка об'єднуються спочатку для всіх карт, отриманих за різночасовими знімками спільної території (злиття даних на рівні прийняття рішень) [3], а потім отримані карти класифікації регуляризуються та «склеюються» межах загальної карти цільової території в цілому (ще одна операція злиття даних на рівні прийняття рішень).

З огляду на великий об'єм даних, критичним є питання автоматизації процесу обробки геопросторової (векторної та растрової) інформації, починаючи від її попередньої обробки, і закінчуючи прийняттям рішень при побудові результуючої карти [2, 3].

Запропонований підхід до картографування земного покриття на великій території перевірено для кількох областей України за даними 1990 р., 2000 р., та 2010 р. на основі використання даних Landsat-5, -7, та інших приладів, доступних для відповідного періоду часу. Середня точність класифікації земного покриття по всій території складає 93%, при чому отримані результати досить точно співпадають з даними офіційної статистики. В подальшому отримані результати планується порівняти з відомою картою земного покриття GlobCover [4].

1. Jixian Zhang. Multi-source remote sensing data fusion: status and trends. *International Journal of Image and Data Fusion*. – 2010, vol. 1, – No. 1. – P. 5–24.
2. Gallego, N. Kussul, S. Skakun, O. Kravchenko, A. Shelestov, O. Kussul. Efficiency assessment of using satellite data for crop area estimation in Ukraine. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. – 2014. – No. 29. – P. 22–30.
3. N. Kussul, S. Skakun, A. Shelestov, O. Kravchenko, O. Kussul. Crop classification in Ukraine using satellite optical and SAR images. *Models&Analyses*. – 2013. – № 2. – P. 118–128.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Ю.С. Алексєєв

Державне космічне агентство України

О.П. Федоров

Інститут космічних досліджень НАНУ та НКАУ (Київ, Україна)

М. Банашкевич

Центр космічних досліджень ПАН (Варшава, Польща)

Л.М. Зелений

Інститут космічних досліджень РАН (Москва, Росія)

В.С. Корепанов

Львівський центр інституту космічних досліджень НАНУ та НКАУ (Львів, Україна)

В.Д. Кузнєцов

Інститут земного магнетизму, іоносфери і розповсюдження радіохвиль РАН (Москва, Росія)

В.М. Кунцевич

Інститут космічних досліджень НАНУ та НКАУ (Київ, Україна)

Л.М. Литвиненко

Радіоастрономічний інститут НАНУ (Харків, Україна)

В.І. Лялько

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі НАНУ (Київ, Україна)

О.Л. Макаров

ДП «Конструкторське бюро «Південне» (Дніпропетровськ, Україна)

О.К. Черемних

Інститут космічних досліджень НАНУ та НКАУ (Київ, Україна)

Л.Ф. Черногор

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Ю.Г. Шкуратов

Харківський астрономічний інститут НАНУ (Харків, Україна)

В.М. Шульга

Радіоастрономічний інститут НАНУ (Харків, Україна)

Я.С. Яцків

Головна астрономічна обсерваторія НАНУ (Київ, Україна)

Є.Л. Кордюм

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАНУ (Київ, Україна)

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Інститут космічних досліджень

НАНУ та ДКАУ:

Т.В. Скороход

(вчений секретар)

О.В. П'янкova

С.О. Якимов

І.Т. Жук

МІСЦЕВИЙ ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Інститут електронної фізики

НАНУ (Ужгород):

А.М. Завілопуло

В.Т. Маслюк

М.І. Романюк

О.О. Парлаг

З.З. Торич

Лабораторія космічних досліджень

В.П. Єпішев

<http://space-conf.ikd.kiev.ua>

Контакти:

Скороход Тетяна

+38 044 5261583

+38 063 4518270

ukrainianspaceconf@gmail.com

nearspace.ikd.kiev.ua

З М І С Т

Пленарне засідання * Plenary	2
Секція 1. Дослідження ближнього космосу (в тому числі Сонця, сонячно-земних зв'язків, магнітосфери, іоносфери та ін.)	9
Section 1. Near space exploration (the Sun, solar-terrestrial links, magnetosphere, ionosphere, etc.)	
Секція 2. Космічна біологія, медицина і науки про мікрогравітацію	38
Section 2. Space biology, medicine and microgravity sciences	
Секція 3. Астрофізичні та космологічні дослідження	58
Section 3. Astrophysical and cosmological studies	
Секція 4. Прилади, матеріали та технології для космічних досліджень	71
Section 4. Instrumentation, materials and technologies for space exploration	
Підсекція 4.1. Методи та моделі в космічних дослідженнях	96
Subsection 4.1. Methods and models for space research	
Секція 5. Космічні апарати та системи для космічних досліджень.	106
Section 5. Space Vehicles and systems for space research	
Підсекція 5.1. Космічні системи та апарати	107
Subsection 5.1. Space Vehicles	
Підсекція 5.2. Підсистеми і прилади космічних апаратів	121
Subsection 5.2. Subsystems and Devices of Space Vehicles	
Секція 6. Спостереження Землі з космосу.	134
Section 6. The Earth observation from the space	
ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ	175
ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ	175
МІСЦЕВИЙ ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ	175