

НАУЧНЫЕ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ СПУТНИКИ. НЕТРАДИЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕЛЕВОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Л.А. Макриденко, К.А. Боярчук
(ФГУП «НПП ВНИИЭМ»)

Современные космические средства обладают огромным скрытым потенциалом для научных исследований. Аппаратура действующих КА может быть использована не только по целевому назначению, но и для решения совершенно неожиданных научных задач. В данной статье рассматриваются подобные примеры.

Ключевые слова: космический аппарат, полезная нагрузка, дистанционное зондирование Земли.

2009 год был отмечен успешными запусками космических аппаратов научного и народно-хозяйственного назначения, среди которых можно выделить: первый российский научный КА «КОРОНАС-ФОТОН», предназначенный для комплексного исследования электромагнитного излучения Солнца, солнечной активности и солнечно-земных связей [1], метеорологический КА «Метеор-М» №1 [2] и попутно запущенным с ним об-

разовательный спутник Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова «Университетский – Татьяна-2» [3] и запуски КА по программе ГЛОНАСС. В настоящее время все эти космические аппараты успешно выполняют свои целевые задачи. Однако творческий научный процесс сложно остановить и всегда найдутся перспективные методы для нетрадиционного использования уже созданной научной аппаратуры кос-

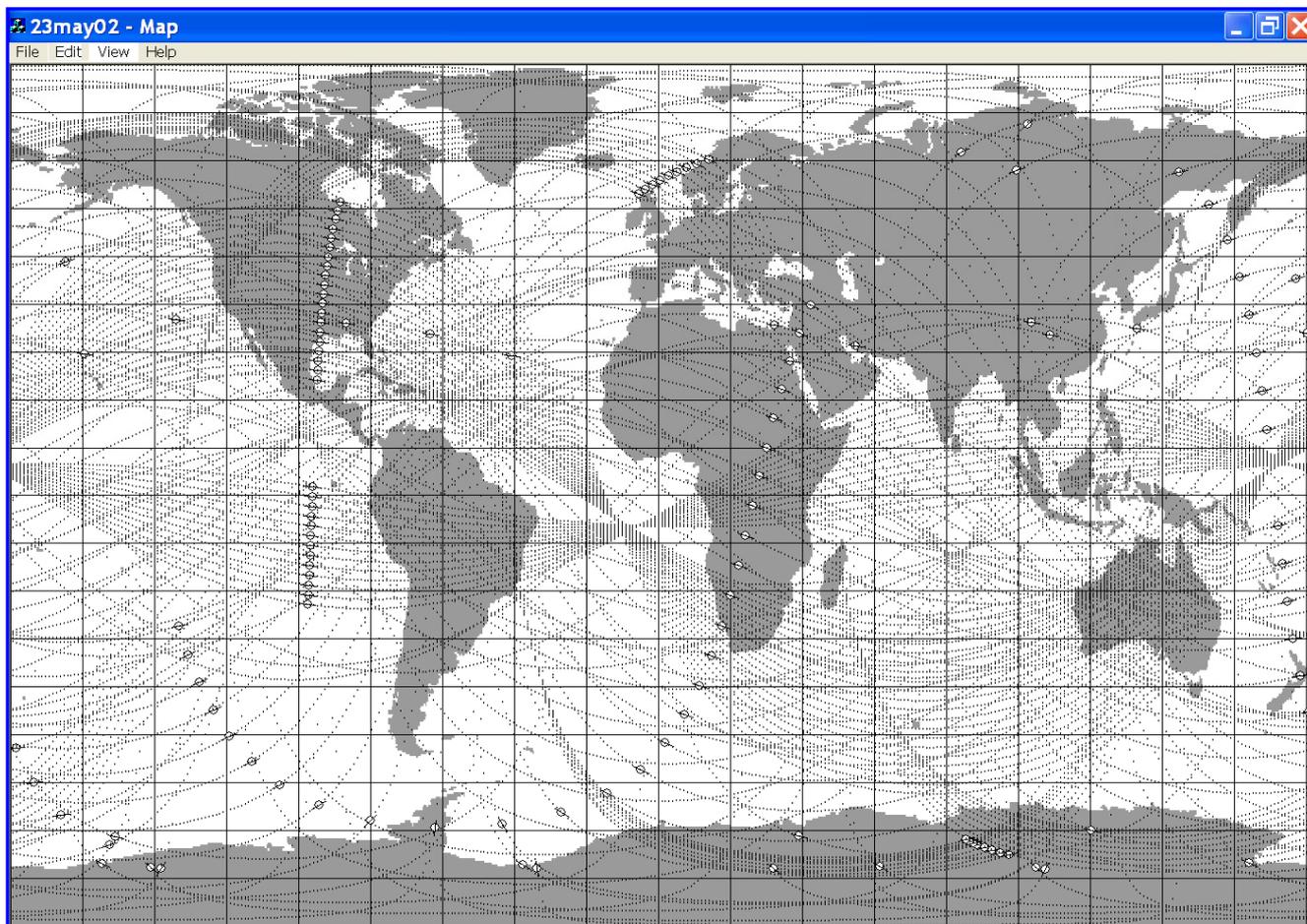


Рис. 1. Проекция орбит спутника на поверхность Земли. Даты экспериментов: 21.10.2001, 06.11.2001, 17.02.2002, 04.03.2002 и 23.05.2002. Кружками отмечены точки просвечивания атмосферы

мических аппаратов для дистанционного зондирования Земли и околоземного космического пространства (ОКП). Рассмотрим некоторые из них.

Спутник «КОРОНАС-ФОТОН», созданный ФГУП «НИИЭМ» и МИФИ в рамках российской программы исследования Солнца, был запущен 30 января 2009 г. с космодрома «Плесецк». Ранее были запущены КА «КОРОНАС-И» (1994 – 2001 гг.) и КА «КОРОНАС-Ф» (2001 – 2005 гг.) [4]. Научная аппаратура спутника «КОРОНАС-ФОТОН», созданная российскими организациями с участием партнеров из Индии, Украины и Польши, позволяет вести комплексные исследования электромагнитного излучения Солнца в широком диапазоне энергий от ближнего ультрафиолета до высокоэнергичного гамма-излучения ~ 1 ГэВ.

Однако практика эксплуатации предыдущих аппаратов показала возможность использования аппаратуры спутника «КОРОНАС-Ф» и «КОРОНАС-И» для дистанционного зондирования атмосферы Земли. Особенности орбиты спутников позволяли им как бы находиться в тени Земли, и изображения Солнца регистрировались на участках заходов спутников в тень Земли и выходов из тени: на спутнике «КОРОНАС-И» в спектральных диапазонах 175 Å и 304 Å с помощью телескопа ТЕРЕК-К, на спутнике «КОРОНАС-Ф» в диапазонах 175, 304 и 8,42 Å с помощью аппаратуры СПИРИТ. По XUV-изображениям Солнца, полученным при просвечивании атмосферы, помимо интегральной величины поглощения, можно определить направление градиента плотности атмосферы, а также исследовать локальные вариации поглощения по высоте в про-

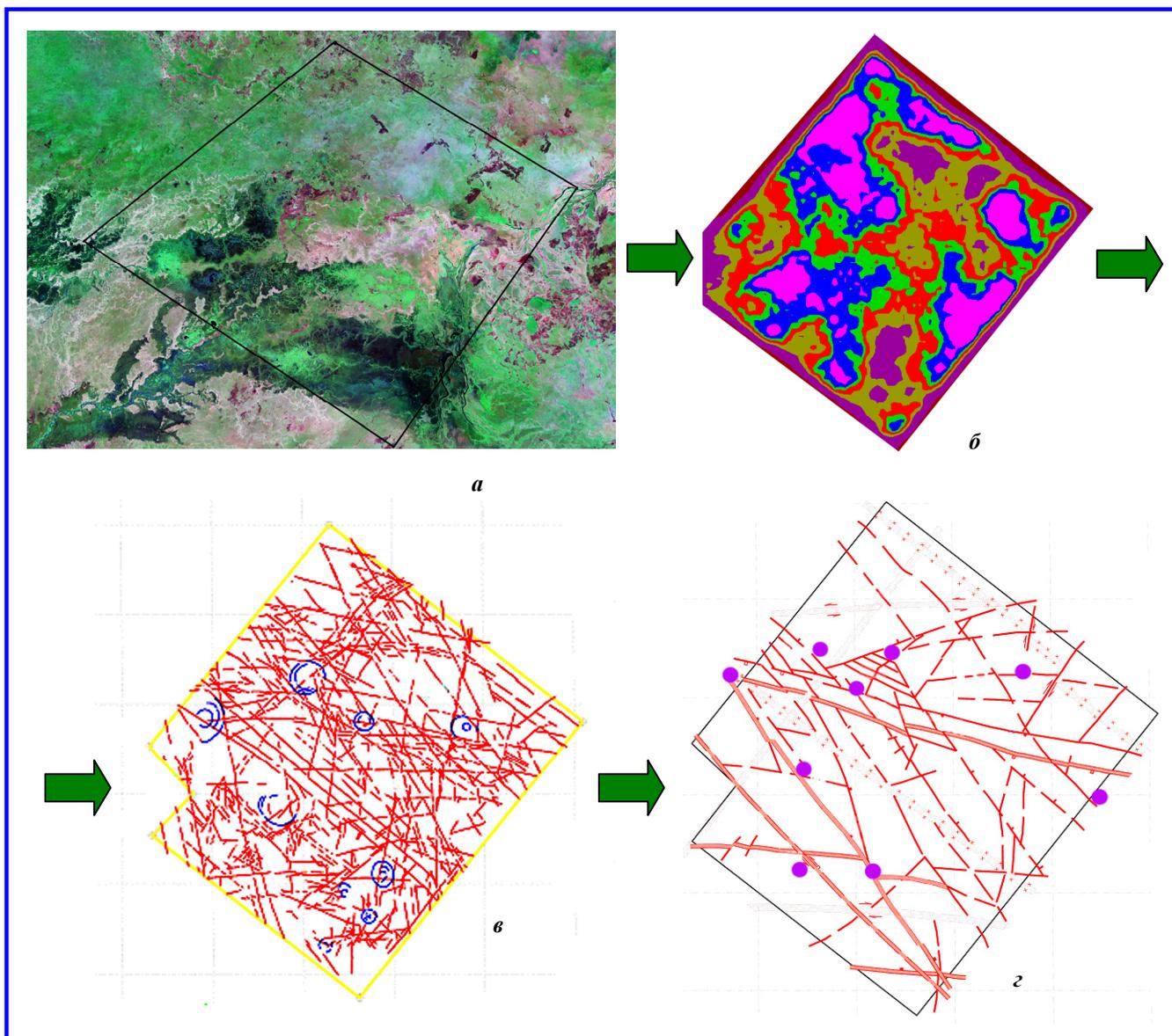


Рис. 2. Этапы нефтегазгеологического дешифрирования снимков среднего разрешения

странственных масштабах менее 1 км [5]. Таким образом, эффекты поглощения могут быть использованы для зондирования характеристик самой атмосферы, при этом Солнце является очень удобным и наиболее мощным естественным источником рентгеновского излучения, обладающим широким спектральным диапазоном. На рис. 1 представлены проекции орбит спутника на поверхность Земли и точки просвечивания атмосферы в одном из экспериментов со спутником «КОРОНАС-Ф» [6, 7].

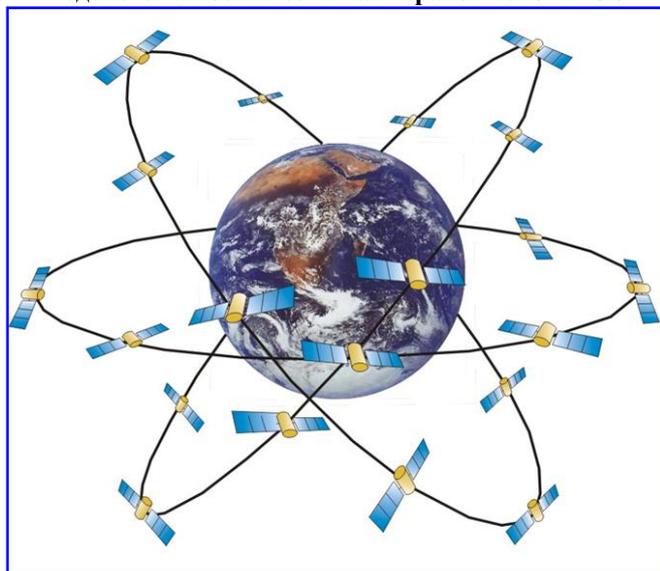
Описанный метод может существенно дополнить данные, получаемые в исследованиях характеристик верхней атмосферы методами масс-спектрометрии, некогерентного рассеяния излучения радаров, а также по торможению орбитальных космических аппаратов.

Спутник «Метеор-М» №1, запущенный 17 сентября 2009 г. с космодрома «Байконур», создан для оперативного получения глобальной гидрометеорологической информации в целях прогноза погоды, контроля озонового слоя и радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве, а также для мониторинга морской поверхности, включая ледовую обстановку в полярных районах [2]. На спутнике в основном установлена аппаратура среднего и низкого разрешений. Однако для некоторых задач дистанционного зондирования это является наиболее оптимальным условием эффективной работы используемых методов. Примером может служить нефтегазогеологическое дешифрирование космических снимков, которое заключается в выявлении на изображениях элементов ландшафта и их сочетаний, указывающих на геологиче-

ские структуры, явления и процессы, которые, в свою очередь, могут быть связаны с месторождениями нефти и газа [8]. Следует отметить, что впервые подобный подход был продемонстрирован еще в 1980-х годах на данных спутников серии «Метеор» [9]. На рис. 2 представлен процесс обработки космического спектрального снимка среднего разрешения с целью выявления наиболее перспективных точек исследуемого месторождения нефти для бурения. На рис. 2, а представлен фрагмент изображения поверхности Земли среднего разрешения – мозаика размером 3557×2558 пикселей. За основу для обработки программой LESSA [10] было выбрано изображение размером 545×648 пикселей, а также визуальное дешифрирование. Рис. 2, б – полученная в результате первичной обработки плотность штрихов, на рис. 2, в представлены линеаменты (красное) и кольцевые структуры (синие), построенные по данным предварительного визуального дешифрирования. Черные круги соответствуют положению кольцевых структур, выявленных после визуальных наблюдений и окончательного дешифрирования. И, на рис. 2, г представлен окончательный результат – схема блокового строения территории с центрами кольцевых структур. Территории некоторых из кольцевых структур были исследованы детальным бурением, на одной из них получены притоки нефти [8].

Рассмотрим еще один пример нецелевого использования космических систем. В случае зондирования ионосферы – это практическое использование радиотомографических методов, позволяющих восстанавливать двумерную зависимость вы-

Подсистема космических аппаратов ГЛОНАСС



Подсистема космических аппаратов GPS

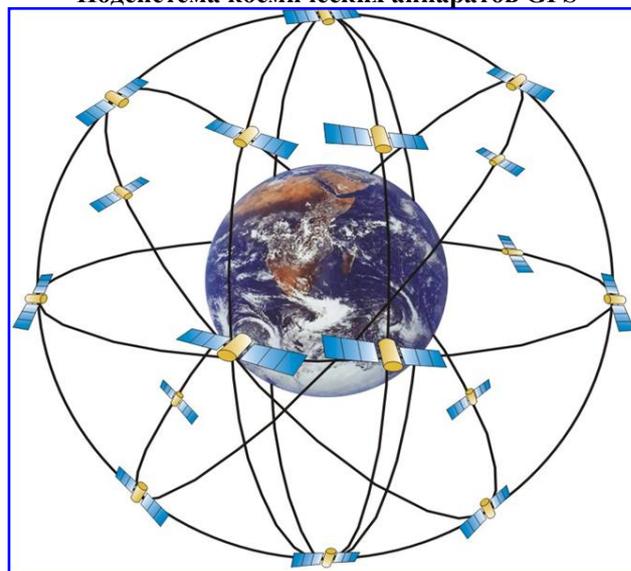


Рис. 3. Космический сегмент навигационных систем

сотного распределения электронной концентрации по измерениям в специально расположенных пунктах. Преимущество методов, использующих теорию решения обратных задач распространения радиоволн в неоднородной атмосфере, заключается в том, что они позволяют проводить экспериментальные исследования непосредственно при эксплуатации существующих спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS, предназначенных для решения других задач. Этот подход является новой эрой в ионосферных исследованиях, поскольку основное свойство этих систем – возможность проводить измерения непрерывно во времени в любой точке Земли – непосредственно переносится на ионосферный мониторинг и позволяет обеспечить исследование глобальных и региональных явлений в ионосфере.

На сегодняшний день в мире существует несколько навигационных систем, основанных на использовании искусственных спутников Земли. Из них только две действительно предлагают глобальный навигационно-геодезический сервис позиционирования практически в любой точке земного шара. Это российская навигационная система ГЛОНАСС и американская Навстар, больше известная как GPS (рис. 3). Для глобального покрытия Земли минимально необходимое количество космических аппаратов должно составлять не менее 18-ти спутников.

Используя только один наземный пункт, можно наблюдать азимутально-временные вариации электронной концентрации над территорией около трех млн. км². Определяя электронную концентрацию над определенной территорией, можно выявить наличие возможных особенностей в распределении электронной концентрации ионосферы [11].

Литература

1. Космический комплекс «КОРОНАС-ФОТОН»: справочные материалы / под ред. Л.А. Макриденко, Ю.Д. Котова, К.А. Боярчука [и др.]. – М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2008. – 101 с.

2. Космический комплекс гидрометеорологического и океанографического обеспечения «Метеор-3М» с космическим аппаратом «Метеор-М» №1: справочные материалы / под ред. Л.А. Макриденко, С.Н. Волкова, Ю.В. Трифонова [и др.]. – М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2008. – 142 с.

3. Экспериментальный научно-исследовательский малый космический аппарат «Университетский – Татьяна-2»: справочные материалы / под ред. Л.А. Макриденко, С.Н. Волкова, М.И. Панасюка [и др.]. – М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2009. – 30 с.

4. Исследования Солнца и солнечно-земных связей со спутника «КОРОНАС-Ф» / В.Д. Кузнецов // Земля и вселенная. – 2006. – №4.

5. Эффекты поглощения солнечного XUV-излучения верхней атмосферой Земли на высотах 100 – 500 км в рентгеновских изображениях Солнца, полученных на спутниках «КОРОНАС-И» (Телескоп ТЕРЕК) и «КОРОНАС-Ф» (Рентгеновский комплекс СПИРИТ) / И.А. Житник, К.А. Боярчук, О.И. Бугаенко [и др.] // Астрономический Вестник. – 2003. – Т. 37. – № 4. – С. 325 – 331.

6. Problem of specification of modern models of the upper atmosphere on the basis of measurement of absorption of short-wave radiation of the Sun from the board of satellite “Coronas-F” / К.А. Boyarchuk, I.A. Zhitnik, G.S. Ivanov-Kholodny [et. al.] // COSPAR. – 2004.

7. Absorption phenomena of solar XUV-radiation by upper Earth atmosphere in the numerical model of the neutral atmosphere WMA01 / К.А. Boyarchuk, G.S. Ivanov-Kholodny, A.V. Karelin [et. al.] // COSPAR. – 2004.

8. Информативность космических изображений для нефтегазогеологического дешифрирования / Л.А. Макриденко, К.А. Боярчук, Л.В. Милосердова [и др.] // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2007. – Т. 105. – С. 63 – 81.

9. Флоренский П.В. Комплекс геолого-геофизических и дистанционных методов для изучения нефтегазоносных областей / П.В. Флоренский. – М.: Недра, 1987. – 205 с.

10. LESSA. Линеаментный анализ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lineament.ru/>.

11. Исследование возможности применения спутниковых навигационных систем для мониторинга сейсмических явлений / В.М. Смирнов, Е.В. Смирнова // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2007. – Т. 105. – С. 94 – 105.

Поступила в редакцию 10.12.2009

Леонид Алексеевич Макриденко, д-р техн. наук, генеральный директор-генеральный конструктор, т. 608-84-67.

Кирилл Александрович Боярчук, д-р физ.-мат. наук, зам. генерального директора-генерального конструктора по научной работе, т. 623-16-31.

E-mail: vniiem@vniiem.ru.