

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОЦЕНТРИЧЕСКИХ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ КООРДИНАТ И СЕТЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГОРНОЙ И НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛЕЙ РОССИИ

ЧАСТЬ 2

(начало в №4(78) июль-август, 2010 г. Нумерация рисунков и таблиц сквозная)

Службы IAG

- BGI (International Gravimetric Bureau) - Международное гравиметрическое бюро;
- BIPM (Bureau International des Poids et Mesures - Time Section) - Международное бюро мер и весов – Секция времени;
- CDDIS (Crustal Dynamics Data Information System) – Информационная система динамики коры Земли;
- IDS (International DORIS Service) – Международная служба Доплеровской спутниковой следящей системы ДОРИС;
- ICET (International Center for Earth Tides) - Международный центр земных приливов и отливов;
- ICGEM (International Centre for Global Earth Models) - Международный центр глобальных моделей Земли;
- IERS (International Earth Rotation Service) - Международная служба вращения Земли и опорных систем (MCB3);
- IGeS (International Geoid Service) - Международная служба геоида;
- IGS (International GNSS Service, formerly the International GPS Service) - Международная ГНСС-служба (в недавнем прошлом Международная GPS-служба);
- ILRS (International Laser Ranging Service) - Международная служба лазерной локации;
- ITRF (International Terrestrial Reference Frame) – Международная наземная опорная сеть;
- IVS (International VLBI Service for Geodesy and

Astrometry) - Международная РСДБ-служба для геодезии и астрометрии;

- PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level) - Международная служба среднего уровня моря;
- IGFS (International Gravity Field Service) - Международная служба гравитационного поля.

Краткие описания служб IERS, IGS, IGeS и ITRF, имеющих непосредственное отношение к теме статьи, даны ниже, остальных служб – будут даны в приложениях 10-17.

Международная служба вращения Земли и опорных систем – MCB3 (International Earth Rotation and Reference Systems Service - IERS)

IERS была создана Международным астрономическим союзом IAU и Международным союзом геодезии и геофизики IUGG как Международная служба вращения Земли в 1987 г. и начала функционировать с 1 января 1988 г. В 2003 г. она была переименована в Международную службу вращения Земли и опорных систем.

Как было отмечено в первой части статьи, основной целью IERS является обслуживание астрономического, геодезического и геофизического сообществ путём предоставления следующих данных (продуктов): ICRS и ICRF, ITRS и ITRF, EOP, Геофизических флюидных данных (Geophysical Fluids Data) и Соглашений IERS (IERS Conventions).

Организационная структура IERS представлена на рис.2. Она является разветвлённой и сложной.

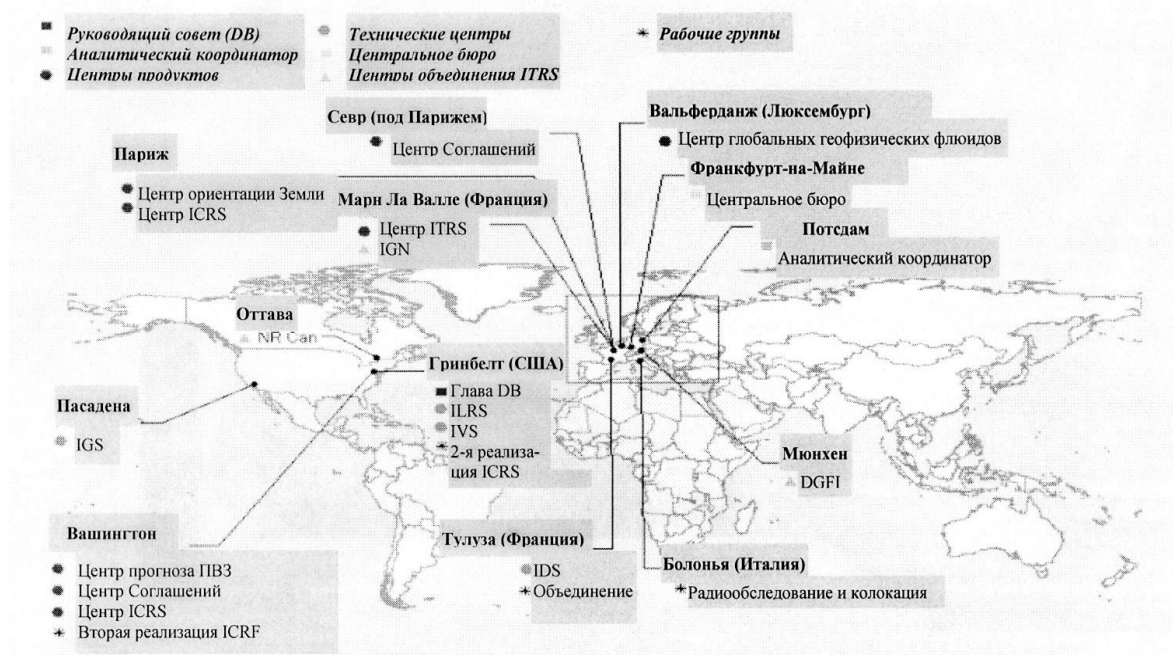


Рис.2. Организационная структура IERS

Компоненты IERS: Руководящий совет (Directing Board), Аналитический координатор (Analysis Coordinator), Центры продуктов (Product Centres), Технические центры (Technique Centres), Центральное бюро (Central Bureau - CB), Центры объединения ITRS (ITRS Combination Centres), Рабочие группы (Working Groups), Семинары (Workshops).

Руководящий совет осуществляет общий контроль над деятельностью служб IERS и по мере необходимости проводит организационные изменения для поддержания эффективности и надежности, чтобы в полной мере использовать достижения в области технологии и теории. В состав Руководящего совета входят 17 членов во главе с Чоро Ма из GSFC, который одновременно руководит Рабочей группой ICRF2 IAU (см. первую часть статьи). 13 членов Руководящего совета одновременно руководят различными структурами IERS, 3 члена представляют IAU, IAG/IUGG и FAGS. Российских участников в Руководящем совете нет. Собирается Руководящий совет 1-2 раза в году, после чего на его web-страничке выкладываются отчёты об этих встречах с достаточно интересным названием «summaries of minutes», т.е. буквально «поминутные резюме».

Аналитический координатор (Markus Rothacher, Институт геодезии и фотограмметрии (Inst. of Geodesy and Photogrammetry), Швейцария) отвечает за долгосрочную и внутреннюю согласованность опорных сетей IERS и других продуктов. Он несет ответственность за обеспечение надлежащего подбора продуктов Технических центров в единый набор официальных продуктов IERS и архивирование продукции в Центральном бюро или в другом месте.

Центры продуктов

1. Центр ориентации Земли (IERS Earth Orientation Centre - IERS EOP PC). Отвечает за мониторинг долгосрочных параметров ориентации Земли и их опубликование, а также за объявление т.н. секунды координации (leap second announcements) - дополнительной секунды, периодически добавляемой к всемирному координированному времени для согласования его со средним солнечным временем. Располагается в Парижской обсерватории (Observatoire de Paris). В состав центра входит 8 членов. Руководитель - Daniel Gambis. Российских членов нет. Дистанционное обслуживание потребителей осуществляется на web-сайте Центра <http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/>.

2. Центр быстрого обслуживания и прогноза параметров ориентации Земли (The IERS Rapid Service/Prediction Center for Earth Orientation Parameters). Отвечает за предоставление оперативных параметров ориентирования Земли (earth orientation parameters on a rapid turnaround basis), в первую очередь, пользователям, работающим в режиме реального времени, и другим пользователям, нуждающимся в информации EOP высокого качества раньше, чем она предоставляется в финальной серии, публикуемой IERS EOP PC. Располагается в USNO. В состав центра входит 5 членов. Руководитель Brian Luzum. Российских членов нет. Дистанционное обслуживание

потребителей осуществляется на web-сайте Центра <http://usno.navy.mil/USNO/earth-orientation>, одновременно являющимся web-страничкой web-сайта USNO.

3. Центр Соглашений IERS (The IERS Conventions Centre). Отвечает за содержание и публикацию Соглашений IERS (IERS Conventions). Сменные руководители Центра и они же его единственные сотрудники - Brian Luzum из USNO и Gérard Petit из BIPM. USNO и BIPM и создали 1 января 2001 г. Центр Соглашений IERS. Соглашения описывают реализованные IERS системы отсчета, модели и процедуры, используемые для этой цели. Соглашения издаются в виде книг с интервалом в несколько лет. Последним официально принятым является Соглашение IERS (2003), которое было опубликовано в качестве Технического примечания 32. В октябре 2010 г. (в это время дорабатывалась данная часть статьи) Центр Соглашений IERS опубликовал окончательную версию Соглашения IERS (2010), которая ждёт своего официального принятия. Соглашения IERS (2003) и IERS (2010) без преувеличения имеют выдающееся значение для дальнейшего развития наук о Земле в целом и земных систем координат в частности. Проведённый анализ Соглашения IERS (2003) показал, что помимо того, что в нём даётся исчерпывающее описание фундаментальных определений и констант; систем координат и сетей ICRS и ICRF, ITRS и ITRF; модели гравитационного поля, основанной на моделях EGM96, JGM-3 и GRIM5-C1; шкал времени UT1, UTC, TAI, TCG, TCB, TDB, TT, GST, учитывающих эффекты общей теории относительности (ОТО), и их взаимосвязей, весь документ построен как единая концепция динамичной Земли, координаты, гравитационное поле и время на которой взаимосвязаны и зависят от динамики Земли (неравномерного и колебательного вращения Земли, приливных и корковых процессов на Земле) и эффектов ОТО. В частности, исходя из представления ОТО о единстве пространства и времени, на основании резолюции A4 21-й Генеральной ассамблеи IAU даны достаточно новые понятия бароцентрической небесной системы отсчёта (Barocentric Celestial Reference System - BCRS) и геоцентрической небесной системы отсчёта (Geocentric Celestial Reference System - GCRS); на основании резолюций 24-й Генеральной ассамблеи IAU рекомендовано:

резолюция В 1.2:

– модифицированную систему каталога Гиппаркос впредь называть небесной опорной системой координат Гиппаркос (Hipparcos Celestial Reference Frame, HCRF);

резолюция В 1.6:

– начиная с 1 января 2003 года модель прецессии MAC 1976 и теорию нутации MAC 1980 заменить моделью прецессии-нутации MAC 2000A (IAU 2000A, MHB2000, основанной на передаточной функции Mathews, Herring and Buffett, 2000, представленной в Journal of Geophysical Research) в тех случаях, когда необходима модель на уровне точности 0.2 миллисекунды дуги, или её укороченной версией MAC 2000B для вычислений на уровне 1 миллисекунда, вместе со

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ

связанными с ней темпами изменений прецессии и наклона и смещениями небесного полюса в системе со стандартной эпохой J2000.0, опубликованными в IERS Conventions (2000);

резолюция В 1.7:

– небесным промежуточным полюсом (Celestial Intermediate Pole, CIP) называть полюс, положение которого в геоцентрической небесной опорной системе отсчёта (GCRS, resolution B1.3) задаётся движением тиссерановых средних осей Земли с периодами, большими двух суток;

– чтобы направление небесного промежуточного полюса (CIP) в стандартную эпоху J2000.0 было смещено от направления полюса геоцентрической небесной опорной системы (GCRS) в полном соответствии с моделью прецессии-нутаии MAC 2000A;

– чтобы движение небесного промежуточного полюса в геоцентрической небесной опорной системе отсчёта представлялось моделью MAC 2000A для прецессии и вынужденной нутаии с периодами, большими двух суток, и добавочными поправками, зависящими от времени и определяемыми IERS на основе астрономических и геодезических наблюдений;

– чтобы положение небесного промежуточного полюса в ITRS определялось IERS на основе соответствующих астрономических и геодезических наблюдений и моделей, включающих в себя вариации высокой частоты;

резолюция В 1.8:

– использовать «невращающуюся начальную точку» в геоцентрической небесной опорной системе отсчёта (GCRS) и обозначать её как небесную эфемеридную начальную точку (Celestial Ephemeris Origin, CEO) на экваторе, соответствующем небесному промежуточному полюсу (Celestial Intermediate Pole, CIP);

– использовать "невращающуюся начальную точку" в ITRS и обозначать её как земную эфемеридную начальную точку (Terrestrial Ephemeris Origin, TEO) на экваторе, соответствующем небесному промежуточному полюсу (CIP);

– угол вращения Земли (Earth Rotation Angle) считать прямо пропорциональным всемирному времени UT1 и определять как угол, измеряемый вдоль небесного промежуточного экватора между единичными векторами, направленными в небесную и земную эфемеридные начальные точки (CEO и TEO);

– чтобы преобразование между земной и небесной опорными системами отсчёта определялось положениями небесного промежуточного полюса в этих системах и углом вращения Земли;

резолюция В 1.9:

– считать Земное время (Terrestrial time) TT шкалой времени, отличающейся от шкалы TCG постоянным дрейфом: $dTT/dTCG=1-LG$, где $LG=6.96929013410 \times 10^{-10}$ является определяющей постоянной.

Отмечено, что теория вращения Земли, включающая в рассмотрение классические геодезические

понятия прецессии и нутаии, будет постепенно становиться полностью релятивистской теорией. Детально рассмотрено влияние на параметры Земли приливных процессов (не только «классических» океанских приливов, но и приливов атмосферы и континентальной гидросферы, в которую включены ледовые и снежные покровы, подземные воды и влажные почвы). Отмечено, что ввиду важности данной проблемы IERS в 2002 году учредило Специальное бюро нагрузок (Special Bureau on Loading) - SBL.

К сожалению, Соглашение IERS (2003) не переведено на русский язык, хотя некоторую информацию из его текста можно прочесть на русском языке. В частности, в Интернете выложен русскоязычный web-текст «Резолюции XXIV Генеральной ассамблеи Международного астрономического союза о системах отсчёта пространства-времени», <http://vadimchazov.narod.ru/iaurecom.htm#resb11> и в отдельных русскоязычных научных трудах излагаются основные современные понятия, связанные с земными системами координат, шкалами времени и пр. (В.Е. Жаров. Сферическая астрономия, М., 2002, <http://www.astronet.ru/db/msg/1190817/index.html>; Труды ИПА РАН, вып. 10, "Эфемеридная астрономия", СПб.: ИПА РАН, 2004; Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение (КВНО-2009). Третья Всероссийская конференция. СПб.: ИПА РАН, 2009; и др.).

Углубленное изложение Соглашений IERS (2003) и IERS (2010) будет дано в приложении 18.

Помимо публикации Соглашений, Центр на отдельных web-страничках публикует полные описания ICRS, ICRF, ITRS, ITRF и Geophysical Fluids Data, которые включают как текстовые описания, так и табулированные списки характеристик всех систем отсчёта и моделей.

Центр ICRS (ICRS Centre) несет ответственность за поддержание систем ICRS и ICRF совместно с Международной РСДБ службой в координации с Рабочей группой IAU по системам отсчета. ICRS Центр функционирует с 2001 года на базе Парижской обсерватории и USNO. В состав Центра входят 18 членов, включая директора Dr. Jean Souchay из Парижской обсерватории и со-директора Dr. Ralph Gaume из USNO (Департамент ориентации Земли - Earth Orientation Department). Российских членов нет. Центр имеет собственный web-сайт, на котором размещена вся необходимая информация об ICRS и ICRF.

Центр ITRS (ITRS Centre) несет ответственность за поддержание ITRS и ITRF, в том числе за координацию развития сети (проектирование расположения пунктов, локальные связи и точность местопределений). Центр ITRS поддерживается и финансируется Лабораторией геодезических исследований (Laboratoire de Recherche en Géodésie - LAREG), входящей в Национальный географический институт (National Geographic Institute, Institut Géographique National - IGN) Франции, и частично Исследовательской группой по космической геодезии (Space

Geodesy Research Group, Le Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale – GRGS) Франции. Руководит Центром ITRS Zuheir Altamimi из LAREG. Кроме него в Центр входит Claude Boucher из IAG. Центр имеет собственный web-сайт, одновременно являющийся web-сайтом Службы ITRF, на котором размещена вся необходимая информация об ITRS и ITRF. Более подробно об ITRS и ITRF будет изложено в отдельном разделе статьи, посвящённом службе ITRF.

Интересно отметить, что GRGS является научной группой, которая объединяет 10 исследовательских групп Франции, принадлежащих к национальным учреждениям, занимающимся космической геодезией, а именно:

- Бюро долгот (Bureau des Longitudes - BdL);
- Национальный центр космических исследований (Centre National d'Etudes Spatiales - CNES);
- Национальный географический институт (Institut Géographique National - IGN);
- Парижская обсерватория (Observatoire de Paris - OP);
- Национальный институт наук о Вселенной / Национальный центр научных исследований (Institut National des Sciences de l'Univers / Centre National de la Recherche Scientifique - INSU/CNRS);
- Обсерватория Лазурного берега (Observatoire de la Côte d'Azur - OCA);
- Департамент гидрографии и океанографии военно-морского флота (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine - SHOM);
- Обсерватория Миди-Пиренеи (Observatoire Midi-Pyrénées - OMP);
- Университет Французской Полинезии (Université de la Polynésie Française - UPF);
- Высшая школа геодезии и топографии / Национальная консерватория искусств и ремесел (Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes / Conservatoire National des Arts et Métiers - ESGT/CNAM).

Последним из вышеназванных Центров продуктов является **Центр глобальных геофизических флюидов** (Global Geophysical Fluids Centre – GGFC). GGFC и связанные с ним с восемь специальных бюро (Special Bureaus - SB) несут ответственность за поддержку, содействие и оказание услуг во всем мире научно-исследовательским сообществам в областях, связанных с изменениями скорости вращения Земли, гравитационного поля и геоцентра, что вызывает перемещение масс в геофизических флюидах. GGFC был создан IERS 1 января 1998 года в целях расширения услуг IERS научному сообществу. В 2009 году Руководящий совет IERS проголосовал за реструктуризацию GGFS, чтобы лучше обслуживать сообщества. Руководит Центром Tonie van Dam из Faculté des Sciences, de la Technologie et de la Communication University of Luxembourg.

Кратко рассмотрим SB GGFC.

Специальное бюро по атмосфере (Special Bureau for the Atmosphere - SBA) функционирует совместно с Atmospheric and Environmental Research Inc. (AER) и U.S. National Centers for Environmental Predic-

tion (NCEP), чтобы обеспечить данными об атмосфере, имеющими отношение к исследованию переменной скорости вращения Земли.

Специальное бюро по океанам (Special Bureau for the Oceans - SBO) при поддержке Лаборатории реактивного движения НАСА (NASA's Jet Propulsion Laboratory - JPL) обеспечивает данными, касающимися неприливных изменений в океанических процессах, имеющим отношение к исследованию переменной скорости вращения Земли.

Специальное бюро по приливам (Special Bureau for Tides - SBT) при поддержке GSFC Laboratory for Terrestrial Physics at NASA's NASA и Goddard Space Flight Center обеспечивает данными о приливах, имеющими отношение к изучению переменного вращения Земли. SBT уделяет основное внимание воздействию океанических приливов и, по мере необходимости, дополнительной информации для изучения земных приливов и атмосферных приливов.

Специальное бюро по гидрологии (Special Bureau for Hydrology - SBH) обеспечивает наборами данных и результатами численного моделирования, связанными с изменениями распределения воды на планете, особенно над землёй, имеющими отношение к изучению переменной скорости вращения Земли.

Специальное бюро по мантии (Special Bureau for Mantle - SBM) предоставляет информацию и данные о геодинамических эффектах, связанных с движениями в мантии, имеющими отношение к изучению переменной скорости вращения Земли.

Специальное бюро по ядру Земли (Special Bureau for the Core - SBC) совместными усилиями с Королевской обсерваторией Бельгии (Royal Observatory of Belgium) и другими сотрудниками обеспечивает данными, связанными с ядром Земли, имеющими отношение к изучению переменной скорости вращения Земли.

Специальное бюро по гравитации/геоцентру (Special Bureau for Gravity/Geocenter - SBGG) обеспечивает данными о гравитации и геоцентру, имеющими отношение к изучению переменной скорости вращения Земли.

Специальное бюро нагрузок (Special Bureau for Loading - SBL) содействует, стимулирует и координирует работу и прогресс в направлении предоставления услуг и продуктов, относящихся к погружению поверхностных масс (surface mass loading). SBL предоставляет в режиме реального времени данные, позволяющие учесть массообмен в изменении гравитационного потенциала и геоцентра для дальнейшего учёта в системах отсчета и прямого сравнения с непосредственными геодезическими наблюдениями.

На этом обзор SB закончен.

В состав **Технических центров IERS** входят IGS, ILRS, IVS, IDS, которые, как это было отмечено ранее, одновременно являются службами IAG, и будут описаны отдельно.

Центральное бюро IERS отвечает за общее руководство IERS в соответствии с директивами и

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ

политикой, установленными Руководящим советом, т. е. действует как исполнительный орган Руководящего совета. СВ обеспечивает связь, координирует деятельность, контролирует операции, поддерживает документацию, архивирует продукцию и соответствующую информацию, а также организует отчеты, совещания и секции. В состав СВ входит 7 членов, включая директора Bernd Richter из Bundesamt für Kartographie und Geodäsie Richard-Strauss-Allee (Германия). Российских участников нет.

Центры объединения ITRS отвечают за предоставление продукции ITRF путем объединения информации, получаемой от Технических центров и других источников. Эта продукция предоставляется в Центр ITRS. Центры объединения ITRS в настоящее время поддерживаются следующими учреждениями: Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI), Institut Géographique National (IGN), Natural Resources, Canada (NRCan). На собственных web-сайтах Центров объединения ITRS представлена полная информация об их работе и её результатах, а на сайте IERS выложены годовые отчёты с результатами их текущей работы. Российских участников в Центрах объединения ITRS нет.

Рабочие группы IERS созданы для рассмотрения специфичных тем, связанных с компонентами IERS. В настоящее время действуют следующие рабочие группы: Рабочая группа по радиообследованию (Site Survey) и колокации (Co-location); Рабочая группа по объединению категорий наблюдений (the Observation Level); Рабочая группа по второй реализации ICRF. Наш интерес представляют первые две рабочие группы. Рабочая группа по радиообследованию и колокации (23 члена, без российских участников) занимается методическим и техническим руководством по размещению радио- и телекоммуникационного оборудования на пунктах ITRF. В данном случае понятие «колокация» означает услугу связи по размещению оборудования, и его не следует путать с понятием «коллокация (collocation)» как математического метода обработки в т.ч. геодезических измерений. Рабочая группа по объединению категорий наблюдений (18 членов, без российских участников) занимается методическим руководством по объединению разнородных измерений IGS, ILRS, IVS, IDS и других. Специфика работы этой рабочей группы, отличающей её от работы Центров объединения ITRS, заключается в особом подходе к согласованию координатных решений ITRF с решениями по EOP.

Семинары IERS. На семинарах IERS осуществляется текущая плановая совещательная работа по всем направлениям деятельности IERS. Все семинары IERS имеют собственные web-сайты. Ниже дана краткая актуальная информация о последних семинарах IERS.

Второй объединённый семинар по анализу GGOS (Second GGOS Unified Analysis Workshop), Grand Hyatt, San Francisco, 11-12 декабря 2009 г.; Объединённый семинар по анализу GGOS, продолжение встречи (GGOS Unified Analysis Workshop,

Follow-Up Meeting), TU Vienna, Vienna, Austria, 15 апреля 2008 г.; Объединённый семинар по анализу GGOS (GGOS Unified Analysis Workshop), Beach Resort Monterey, Monterey, CA 93940, USA, 05-07 декабря 2007 г. Описание GGOS будет дано ниже.

Семинар по комбинированию и прогнозу решений EOP (IERS Workshop on EOP Combination and Prediction), Warsaw, Poland, 19-21 октября 2009 г.

Семинар по Соглашениям (IERS Workshop on Conventions), BIPM, Sèvres, near Paris, France, 20-21 сентября 2007 г.

Семинар по глобальным геофизическим флюидам (IERS Workshop on Global Geophysical Fluids), Hotel Grand Hyatt, Union Square, San Francisco, CA, USA, 06-07 декабря 2006 г.

Семинар по объединению решений (IERS Workshop on Combination), GeoForschungsZentrum (GFZ), Potsdam, Germany, 10-11 октября 2005 г.; Семинар по Пилотному проекту по объединению решений (IERS Workshop 2004: IERS Combination Pilot Project (CPP)), Napa, CA, USA, 11 декабря 2004 г.

Семинар по колокации пунктов IERS (Workshop on site co-location), Matera, Italy, 23-24 октября 2003 г.

Российских участников в указанных семинарах не было.

На этом описание организационной структуры IERS закончено.

Результаты работы IERS выложены на её web-сайте в виде Данных и продуктов (Data/Products), к которым относятся Earth Orientation Data, IERS Conventions, ICRF/ICRS, ITRF/ITRS, Geophysical Fluids Data, и Публикаций (Сообщений (IERS Messages), Бюллетеней (IERS Bulletins), Технических примечаний (Technical Notes) и Годовых отчётов (IERS Annual Reports)).

Международная служба геоида (International Geoid Service - IGeS)

IGeS на собственном web-сайте предоставляет и принимает информацию о глобальных и региональных моделях геоида. В настоящее время IGeS опубликованы следующие модели геоида.

Глобальные модели геоида: OSU91A, JGM-1, JGM-2, JGM-3, GEM-T3, GRIM4, GFZ93, GPM2, IFE88E2, EGM96, GFZ97. Как известно, наиболее известной в мире является разработанная NGA (National Geospatial-Intelligence Agency - Национальное агентство геопрограммной разведки США) совместно с NASA модель EGM96 благодаря её использованию в системах WGS-84 и GPS. Известно также, что NGA опубликовало на своём сайте новую более точную и детальную модель геоида EGM2008, при разработке которой были учтены все новейшие научно-технические достижения, в т.ч. использованы данные спутника GRACE, применена модель динамической топографии океана (DOT) и пр.

Региональные модели геоида для следующих зон: Африка (Africa Gravimetric Geoid), Аляска (Alaska Gravimetric Geoid), Аргентина (Argentina Gravimetric Geoid), Австралия (Gravimetric Geoid computed by AUSLIG), Австрия (Austria Geoid and Quasi-geoid,

BESSEL ellipsoid height anomaly and geoidal height, GRS80 ellipsoid height anomaly and geoidal height), Балтика (Baltic Sea Gravimetric Geoid), Бельгия, Боливия (Bolivia Gravimetric Geoid), Канада (Canadian Gravimetric Geoid), Европа (Geoid/QuasiGeoid Europe EGG97), Франция (French Gravimetric Quasi-geoid), Гренландия (Greenland Gravimetric Geoid), Гавайские острова (Hawaiian Islands Gravimetric Geoid), Ибериканский полуостров (Spain Geoid 2005), Италия (Italian Gravimetric Geoid, Italian Gravimetric Geoid ITG2009), Средиземное море (Gravimetric Geoid computed in the framework of the GEOMED Project), Нидерланды (Netherland Geoid/NAP-model NLGEO2004), Мехико (Mexico Gravimetric Geoid), Марокко (Morocco Gravimetric Geoid), Северные страны (Nordic Countries Gravimetric Geoid), Пуэрто-Рико и Виргинские острова (Puerto Rico and Virgin Islands Gravimetric Geoid), Юж-

ная Америка (South America Geoid), Юго-Восточная Азия (South-East Asia Geoid), Южная Африка (South Africa Geoid), Испания (Spain Geoid), Судан (Sudan Geoid), Швейцария (Combined (astrogeodetic and GPS/levelling) Geoid and Quasi-Geoid for Switzerland), Тайвань (Taiwan Geoid), Уругвай (Uruguay Geoid), США (USA Gravimetric Geoid).

Интересно отметить, что на Австрию, Европу, Францию и Швейцарию опубликованы модели квази-геоида, теория которого, как известно, была разработана советским учёным М.С. Молоденским.

Если посмотреть на карту опубликованных IGeS региональных моделей геоида (рис.3), то можно усмотреть некий аспект явно не научно-технического характера по части неопубликованных региональных моделей геоида.

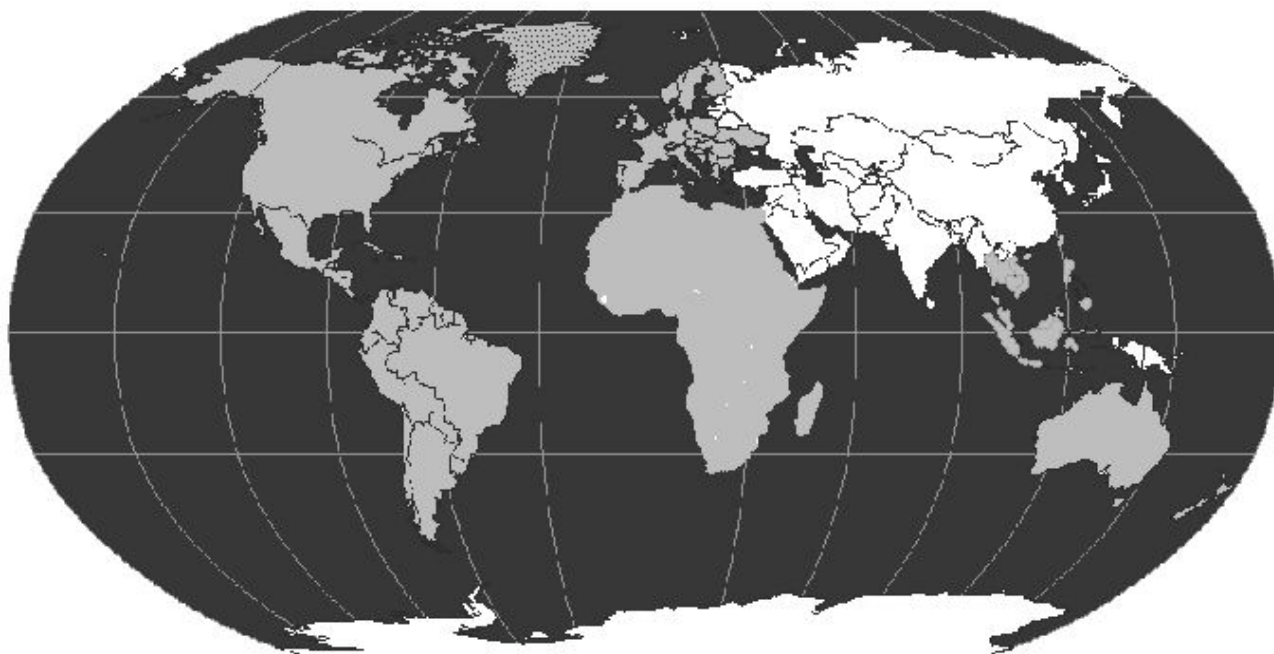


Рис.3. Карта региональных моделей геоида

Международная ГНСС-служба (International GNSS Service - IGS)

IGS создана как добровольное объединение по всему миру более 200 учреждений для получения точных GPS и ГЛОНАСС продуктов (координат спутников, прежде всего) путём сбора и обработки GPS и ГЛОНАСС данных с постоянно работающими базовых станций, расположенных по всему миру.

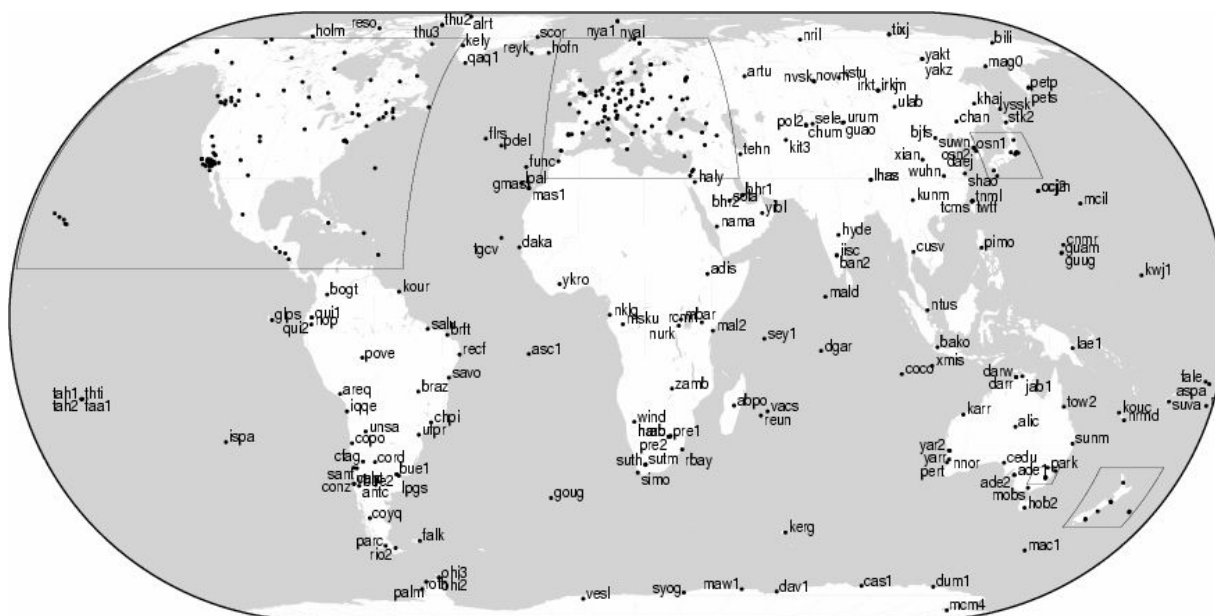
IGS призвана предоставлять данные высокого качества как стандарта ГНСС (GNSS) с целью поддержки научных исследований в области изучения Земли, многопрофильных приложений и образования.

В настоящее время IGS включает американскую систему GPS и российскую систему ГЛОНАСС, а в

будущем намеревается включить другие GNSS системы. В настоящее время сеть слежения IGS включает 421 станцию, которые разбросаны по всему миру (рис.4).

Российская Федерация участвует в IGS. На территории РФ функционирует не менее 25 пунктов сети слежения IGS (табл.5), семь представителей России входят в состав ассоциированных членов IGS. Но, к сожалению, в составе российской группы IGS не было и нет представителей Роскартографии и Минобороны России. А, к примеру, от США в IGS участвует 52 представителя, из них 10 от Национальной геодезической службы (NGS) США, 7 - от военных ведомств США (USNO, NGA).

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ



IGS 2010 Jun 1 16:48:08

Рис.4. Сеть слежения IGS

Таблица 5

Российские пункты сети слежения IGS

№пп	Индекс	Город	Долгота	Широта	Высота	Принадлежность	Часы
1.	artu	Arti	58.5605	56.4298	247.5110	RDAAC-IRIS	INTERNAL
2.	bili	Bilibino	166.4380	68.0761	456.2380	RDAAC-IRIS	INTERNAL
3.	irkj	Irkutsk	104.3162	52.2190	502.1000	VNIIFTRI	EXTERNAL H-MASER
4.	irkm	Irkutsk	104.3162	52.2190	502.3170	RDAAC-IMVP-JPL-LDEO	H-MASER
5.	irkt	Irkutsk	104.3162	52.2190	503.3816	DEOS-DUT	H-MASER
6.	khaj	Khabarovsk	135.0462	48.5215	130.6000	VNIIFTRI	EXTERNAL H-MASER
7.	kstu	Krasnoyarsk	92.7900	55.9900	210.0000	GFZ	INTERNAL
8.	mag0	Magadan	150.7700	59.5758	361.9266	RDAAC-IRIS	INTERNAL
9.	mdvo	Mendeleevo	37.2236	56.0275	254.8000	DEOS-DUT	H-MASER
10.	mdvj	Mendeleevo	37.2145	56.0215	257.4000	IMVP	EXTERNAL H-MASER
11.	nril	Norilsk	88.3598	69.3618	47.8937	CMIS	INTERNAL
12.	novm	Novosibirsk	82.9095	55.0305	149.9800	IMVP	EXTERNAL H-MASER
13.	nvsk	Novosibirsk	83.2355	54.8406	123.6429	IPGG SB RAS	INTERNAL
14.	mobj	Obninsk	36.5697	55.1149	182.6079	GS RAS	INTERNAL
15.	mobn	Obninsk	36.5695	55.1149	182.6340	RDAAC-JPL-IRIS	INTERNAL
16.	petp	Petropavlovsk-Kamchatka	158.6070	53.0667	211.0343	KOMSP	INTERNAL
17.	pets	Petropavlovsk-Kamchatka	158.6501	53.0233	102.2000	KOMSP	INTERNAL
18.	svtl	Svetloe	29.7809	60.5329	77.1000	IAA	EXTERNAL H-MASER CH1-80
19.	tixj	Tixi	128.8664	71.6345	47.0509	SST YEMSP SB RAS GS	INTERNAL
20.	ixi	Tixi	128.8664	71.6345	46.9847	TIXI	INTERNAL
21.	yakt	Yakutsk	129.6803	62.0310	103.3700	RDAAC-IRIS	CESIUM
22.	yakz	Yakutsk	129.6810	62.0310	100.0644	RDAAC-IRIS	INTERNAL
23.	yssk	Yuzhno-Sakhalinsk	142.7167	47.0297	91.2887	RDAAC-IRIS	INTERNAL
24.	zeck	Zelenchukskaya	41.5651	43.2884	1166.8000	BKG	EXTERNAL H-MASER CH1-80
25.	zwe2	Zwenigorod	36.7600	55.7000	272.0000	GFZ	INTERNAL

Международная наземная опорная сеть (International Terrestrial Reference Frame - ITRF)

ITRF является одновременно и опорной сетью, и службой IAG. Развивается и поддерживается вместе и неразрывно с ITRS. ITRS признана во всём мире в качестве международной системы отсчёта для

использования в различных фундаментальных и прикладных задачах (физика, астрономия, геодинамика, геодезия и пр.). Поддержание и развитие ITRF/ITRS входит в компетенцию и является одной из главных целей деятельности IERS. Благодаря совместным международным действиям, по всему миру построено

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ

ны около 4000 пунктов ITRF (3899 по состоянию на 01 апреля 2010 года, см. рис.5), к которым обеспечен открытый доступ, а их координаты выложены в Интернете. Сеть ITRF является мониторинговой, т.к. координаты пунктов ITRF постоянно уточняются благодаря непрерывным наблюдениям различных измерительных систем. В названии ITRF присутствует цифровая группа **xx**, обозначающая год образования системы. Вывод каждой новой версии ITRF основан на объединении координат и скоростей движения станций ITRF, расположенных по всему миру, полученных по данным наблюдений радиоинтерферометров со сверхдлинной базой (РСДБ, Very Long Baseline Interferometry - VLBI), лунных лазерных дальномеров (ЛЛД, Lunar Laser Ranging – LLR), спутниковых лазерных дальномеров (СЛД, satellite laser ranging - SLR), GPS (с 1991 г.), доплеровской орбитографической

радиопозиционной интегрированной спутниковой системы (ДОРИС, Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite – DORIS) (с 1994 г.). Всего по настоящее время было опубликовано 11 версий ITRF, начиная с ITRF88 и заканчивая ITRF2005. Пункты ITRF есть и в России (табл.6). Покрытие пунктами ITRF территории Земного шара (рис.5) наглядно демонстрирует уровень развития геодезии в разных странах мира. ITRF является также официальным именем Центра продуктов системы ITRS службы IERS (IERS ITRS Product Center - ITRS-PC), основной функцией которого и является производство версий (реализаций) ITRF. Кроме ITRF земной опорой ITRS несомненно является IGS сеть слежения (The IGS Tracking Network). Полное документированное описание ITRF/ITRS дано в IERS Conventions (2003).

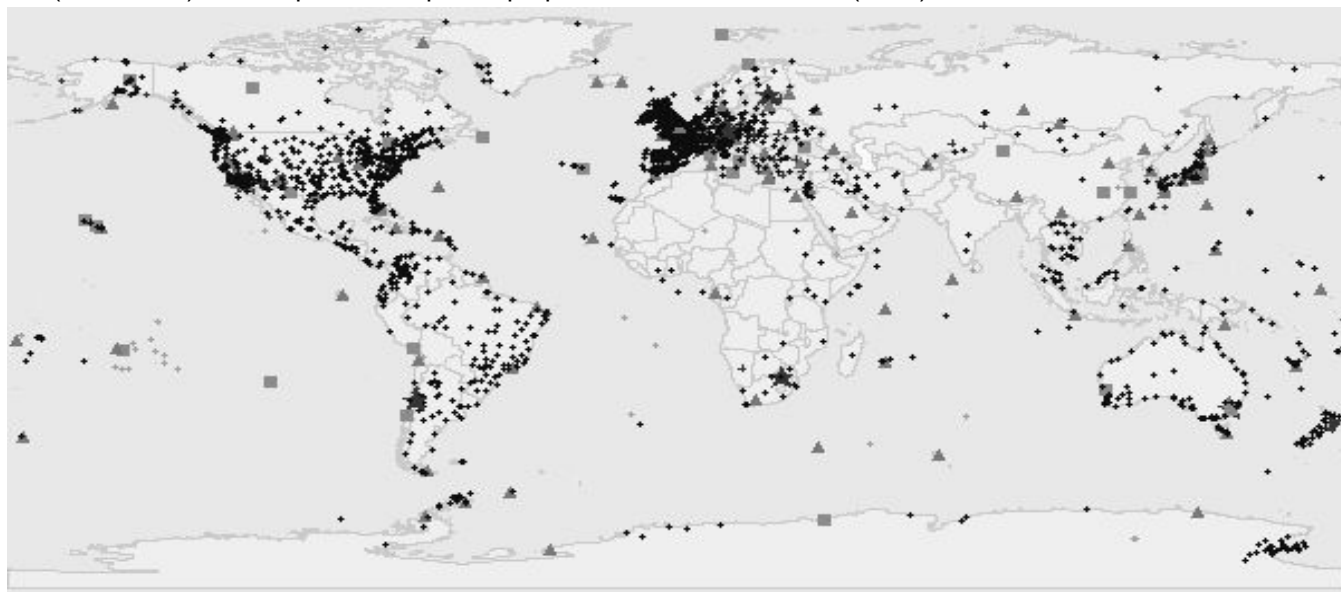


Рис.5. Сеть ITRF

Таблица 6

Пункты ITRF в России

№ пп	№ станции	Место расположения	Имя станции	В чьей зоне ответственности	Технология	Индекс станции
1.	12309M001	Менделеево	MENDELEEVO	ВНИИФТРИ	GPS	MDVO
2.	12313M001	Иркутск	IRKOUTSK	ВНИИФТРИ	GPS	IRKT
3.	12329M003	Южно-Сахалинск	YUZHNO-SAKHALINS	ГС РАН	GPS	YSSK
4.	12330M001	Звенигород	ZWENIGOROD	Звенигородская обсерватория ИНАСАН	GPS	ZWEN
5.	12349M002	Красноярск	KRASNOYARSK	?	GPS	KSTU
6.	12350M001	Светлое	SVETLOE	Радиоастрономическая обсерватория "Светлое" ИПА РАН (радиоинтерферометрической сети "Квазар-КВО")	GPS	SVTL
7.	12351M001	Зеленчукская	ZELENCHUKSKAYA	Радиоастрономическая обсерватория "Зеленчукская" ИПА РАН (радиоинтерферометрической сети "Квазар-КВО")	GPS	ZECK
8.	12352M001	?	SELEZASCHITA		GPS	SELE
9.	12353M001	Якутск	YAKUTSK	ГС РАН	GPS	YAKZ
10.	12354M001	Магадан	MAGADAN	ГС РАН	GPS	MAG0
11.	12355M001	Петропавловск-Камчатский	PETROPAVLOVSK-KA	ГС РАН	GPS	PETR
12.	12360M001	Тикси	TIXI	ГС РАН	GPS	TIXI

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ

ITRF поддерживается и финансируется IGN и GRGS (Франция), которые, как было отмечено выше, поддерживают также Центр ITRS IERS. Интересно отметить, что все картографические приложения ITRF разрабатывают и поддерживают 5 студентов Национальной школы географических наук (École Nationale des Sciences Géographiques) - высшего учебного заведения Франции, являющегося структурным подразделением IGN. Российских членов ITRF нет.

На этом обзор служб IAG закончен.

Глобальная геодезическая система наблюдений – ГГОН (Global Geodetic Observing System – GGOS)

Как было отмечено в первой части статьи, GGOS является одной из компонент IAG. Кратко рассмотрим эту систему.

Миссия GGOS

GGOS предназначена для сбора, архивирования и обеспечения доступности геодезических наблюдений, результатов и моделей, охватывающих три основные области геодезии:

- геометрия и кинематика поверхности Земли;
- ориентации и вращения Земли;
- гравитационное поле Земли и его изменчивость.

GGOS должна определить полный набор геодезических продуктов в этих областях и установить требования в отношении точности продукции, временного разрешения и непротиворечивости. GGOS будет выявлять возможные пробелы в продуктах, предоставляемых службами IAG, и разрабатывать стратегии, чтобы восполнить их. Интенсивное сотрудничество между существующими и новыми службами IAG должно стимулировать и расширять кругозор научных исследований в области геодезии, должно поощряться и совершенствоваться. С помощью этих средств должна быть достигнута максимальная польза для науки. GGOS является центральным связующим звеном между геодезией и научным сообществом и обществом в целом.

Цели GGOS

Основной целью GGOS является координация деятельности в рамках геодезии по следующим направлениям:

- поддержание стабильности временных рядов геометрических и гравиметрических систем отсчета;
- обеспечение согласованности между различными геодезическими стандартами, используемыми в геодезическом научном сообществе;
- улучшение геодезических моделей на уровне, требуемом для наблюдений;
- охват всех аспектов обеспечения соответствия геодезической и гравиметрической продукции.

GGOS интегрирует различные геодезические

методы, модели, подходы в целях обеспечения долгосрочного, точного контроля геодезических наблюдений в соответствии со Стратегией интегральных глобальных наблюдений (Integrated Global Observing Strategy – IGOS, будет рассмотрена в Приложении 19). GGOS обеспечивает основу наблюдений для поддержания стабильной, точной и глобальной наземной опорной сети, связывая её с небесной опорной сетью, что позволяет контролировать кинематику и динамику Земли, и в этом качестве имеет решающее значение для всех наблюдений Земли и многих практических приложений.

В рамках GGOS Земля рассматривается как единое целое, включая твердую Землю, её жидкие и статические компоненты, а также изменяющиеся во времени величины.

GGOS вносит свой вклад в формирующуюся Глобальную систему наблюдений за планетой Земля – GEOCC (Global Earth Observing System of Systems – GEOSS, будет рассмотрена в Приложении 20) не только точной опорной сетью, необходимой для многих компонент GEOSS, но также наблюдениями, относящимися к глобальному гидрологическому циклу, динамике атмосферы и океанов, а также стихийным бедствиям и катастрофам. GGOS выступает в качестве связующего звена между геодезическими услугами и внешними пользователями, такими как GEOSS, IGOS-P и органы Организации Объединенных Наций. Основная цель заключается в обеспечении функциональной совместимости услуг и GEOSS.

При этом геодезическое сообщество может обеспечить мировое сообщество наук о Земле мощным инструментом, состоящим в основном из услуг высокого качества, стандартов и справочников, а также из теоретических и обсервационных инноваций.

Научная рациональность GGOS

GGOS играет ключевую роль в изучении проблемы «Глобальные процессы деформаций и массообмена в системе Земля», которая включает в себя деятельность GGOS в следующих областях:

- глобальные тенденции тектонических деформаций;
- глобальные модели всех типов высотных изменений;
- деформация из-за массообмена между твердой Землей, атмосферой, гидросферой, и в том числе со льдом;
- количественная оценка изменения угловой скорости движения и массообмена.

Космическая группировка GGOS показана на рис.6. Почти все её компоненты ранее упоминались, за исключением LEO - low-earth orbit - спутниковых систем с низкой орбитой (будут рассмотрены в Приложении 21).

ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИЙ

Внутренняя структура GGOS показана на рис.7. Интегрирование GGOS с IAG и Программами по изучению Земли показано на рис.8.

Особо необходимо отметить взаимодействие GGOS с GEO (Group on Earth Observations – Группа по наблюдениям за Землёй), одним из важнейших структурных элементов GEOSS. Краткая информация о GEO будет дана в Приложении 22.

Более детальная информация о GGOS будет дана в Приложении 23.

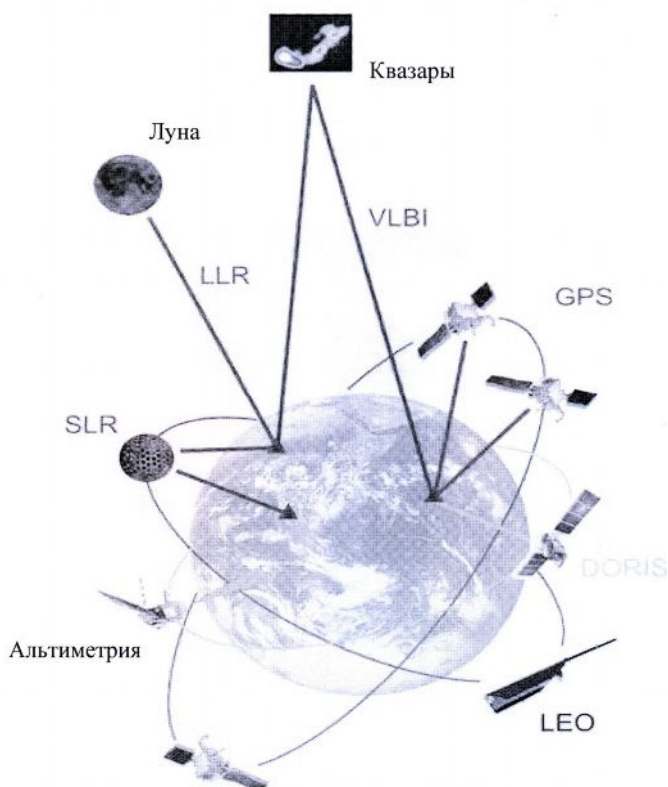


Рис.6. Космическая группировка GGOS



Рис.7. Внутренняя структура GGOS



Рис.8. Интегрирование GGOS с IAG и Программами по изучению Земли

Примечания: ECGN - European Combined Geodetic Network; NGOS - Nordic geodetic observing system.

Конец 2 части. Окончание в №6(80), ноябрь-декабрь, 2010 г.

Владимир Степанович Вдовин, член Союза маркшейдеров России, ООО «НПАГП «Меридиан+», тел.(495)276-0959