

Доклад  
на заседании секции №3 НТС ФГУП ЦНИИмаш  
по вопросу «Общий замысел геодезических направлений исследований в рамках  
НИР «Развитие»» от 28 мая 2013 года

**Общий замысел  
геодезических направлений исследований в рамках НИР «Развитие».  
Исследование проблемных вопросов геодезического обеспечения системы  
ГЛОНАСС. Исследование проблемных вопросов навигационно-  
геодезического обеспечения объектов ракетно-космической техники**

В.С. Вдовин  
ФГУП «ЦНИИмаш», г. Королёв

**1. Направления исследований.**

1.1. Исследование проблемных вопросов геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС.

1.2. Исследование проблемных вопросов навигационно-геодезического обеспечения объектов ракетно-космической техники (РКТ).

**2. Общая характеристика и оценка состояния вопросов, решаемых в исследованиях.**

2.1. По 1-му направлению.

Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 года №1463 «О единых государственных системах координат», п.6, Министерство обороны Российской Федерации совместно с Федеральным космическим агентством при эксплуатации глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС должны обеспечить до 1 января 2014 г. переход к использованию общеземной геоцентрической системы координат (ГОГСК) «Параметры Земли 1990 года» (системы координат ПЗ-90.11).

Исследования проблемных вопросов геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС должны быть направлены как на выполнение указанного Постановления Правительства РФ, в т.ч. по п.6, так и на определение проблем и перспектив геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС до 2020 г., и далее на перспективу до 2030 г.

Цель исследований проблемных вопросов геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС в рамках НИР «Развитие» можно сформулировать как научно-методическое обеспечение эффективного развития геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей на базе Государственной общеземной геоцентрической системы координат ПЗ-90.

Система координат ПЗ-90 являясь основой геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС, является также основным элементом Системы геодезических параметров Земли (СГПЗ) «Параметры Земли» (называемой «система ПЗ-90»). В целом СГПЗ ПЗ-90 предназначена для геодезического обеспечения космических навигационных, геодезических и картографических комплексов и систем, в том числе, спутниковых навигационных систем, топографических комплексов, воздушных, морских и наземных средств, систем оружия и управления войсками, создания топографических и цифровых карт местности, специальных моделей гравитационного поля Земли, проведения научных исследований в интересах обороны и экономики страны.

Состав системы ПЗ-90:

- Фундаментальные геодезические постоянные;
- Параметры общеземного эллипсоида (ОЗЭ);
- Система координат ПЗ-90, закрепляемая координатами пунктов Мировой космической геодезической сети (МКГС), находящихся на астрономо-геодезических пунктах (АГП) Минобороны России;
- Планетарные модели нормального и аномального гравитационного поля Земли (ГПЗ);
- Элементы трансформирования между системой координат ПЗ-90, Мировой геодезической системой координат WGS-84 (принадлежит Минобороны США и также является геоцентрической), Международной земной системой координат ITRS (развивается под эгидой Международной ассоциации геодезии - МАГ) и национальными референсными системами координат России.

Чтобы отличать ГОГСК от СГПЗ, первую, как правило, называют «система координат ПЗ-90».

Система ПЗ-90 принадлежит Минобороны России, и периодически обновля-

ется им в виде уточнённых версий. Версии системы ПЗ-90, выпущенные после ПЗ-90, также называются системами ПЗ.90 с добавлением «номера» издания – ПЗ-90.ХХ.

Система ПЗ-90 создана и модернизируется Минобороны России в рамках создания и эксплуатации космических геодезических комплексов и систем (КГК и КГС) серии ГЕОИК. При этом по результатам эксплуатации КГК ГЕОИК были получены системы ПЗ-90 и ПЗ-90.02, а система ПЗ-90.11 получена по результатам эксплуатации КГС ГЕОИК-2 неполного развёртывания (были использованы измерения наземных беззапросных измерительных систем (БИС) ГЛОНАСС).

Особенность принятия всех трёх версий системы ПЗ-90 заключается в том, что на федеральном уровне выпускаются нормативно-правовые акты об установлении только систем координат ПЗ-90.ХХ, а системы геодезических параметров Земли «Параметры Земли» в той же версии ПЗ-90.ХХ издаются в виде справочных документов Минобороны России.

Из Постановления Правительства РФ от 28 декабря 2012 года №1463 следует ещё один вывод. Начиная с принятия системы координат ПЗ-90.11 её прямое сокращение стало – ГОГСК (общеземная), а сокращение ГГСК, которое применялось к предыдущим версиям ПЗ-90, и некоторое время – к создаваемой Росреестром новой геоцентрической системе координат, применять более нецелесообразно. Применение сокращения ГГСК к двум системам координат вносило путаницу, и Минэкономразвития России ещё до выпуска Постановления Правительства РФ от 28 декабря 2012 года №1463 было принято решение называть новую геоцентрическую систему координат Росреестра «Геодезическая система координат 2011 года» с сокращением ГСК-2011.

В системе ГЛОНАСС система координат ПЗ-90 внедрена на всех уровнях:

- в КА ГЛОНАСС;
- в НКУ ГЛОНАСС;
- в аппаратуре потребителя (АП) ГЛОНАСС.

Учитывая, что большинство АП ГЛОНАСС является совмещённой с GPS, далее под потребителем ГЛОНАСС будем понимать потребителя и совмещённой АП ГЛОНАСС/GPS.

В АП система координат ПЗ-90 используется как «технологическая», т.к. навигация потребителей осуществляется в системе координат, согласованной с бумажными навигационными картами (НК) или электронными НК (ЭНК). Официально в России НК (гражданские и военные) изготавливаются в государственных системах геодезических координат СК-42 и СК-95. Однако фактически в большинстве гражданской АП используются ЭНК, изготовленные в системе координат WGS-84. Причины этого факта хорошо известны, но их анализ выходит за рамки данного исследования.

В силу использования в АП «конечных» систем координат СК-42, СК-95 и WGS-84, изготовители АП «зашивают» в АП как параметры этих систем координат, так и параметры их связи с системой координат ПЗ-90.

Система координат ПЗ-90 в предпоследней версии ПЗ-90.02, «защитой» в АП, согласована с системой WGS-84 на дециметровом уровне, а в последней версии ПЗ-90.11 – на сантиметровом уровне.

Учитывая, что, как было отмечено выше, абсолютное большинство гражданской АП, используемой в РФ, является двухсистемной (ГЛОНАСС/GPS), во многих случаях «ведущей» является система WGS-84, т.к. в ней и работает система GPS и «защиты» ЭНК. Этот факт можно считать недостатком использования системы координат ПЗ-90 в ГЛОНАСС, особенно если это касается применения системы ГЛОНАСС на территории России.

Есть и более существенные недостатки использования системы координат ПЗ-90 в качестве геодезической основы системы ГЛОНАСС. К ним относятся:

1. Секретность и закрытость (недоступность потребителю) координат пунктов МКГС, редкая сеть пунктов МКГС.

2. Отсутствие полноценной функциональной связи пунктов МКГС и пунктов НКУ ГЛОНАСС.

3. Недостаточный учёт системы координат ПЗ-90 в фундаментальном комплексе (ФК) единой системы (ЕС) координатно-временного и навигационного обеспечения (КВНО) России, и наоборот, недостаточный учёт в развитии системы координат ПЗ-90 параметров ФК ЕС КВНО.

4. Отсутствие общей концепции развития системы координат ПЗ-90 как ди-

намической системы, и как следствие, отсутствие полноценных исследований по развитию системы координат ПЗ-90 с учётом современных достижений науки и техники.

5. Отсутствие полноценной увязки использования системы координат ПЗ-90 с создаваемыми в рамках федеральных целевых программ по развитию системы ГЛОНАСС различными сервисами и функциональными дополнениями ГЛОНАСС.

6. Отсутствие полноценной координации внедрения системы координат ПЗ-90 крупными потребителями (на всех видах транспорта, прежде всего).

7. Неполнота нормативно-правовых и нормативно-технических документов, регулирующих использование системы координат ПЗ-90 во всех подсистемах, функциональных дополнениях и сервисах системы ГЛОНАСС, прежде всего в подсистеме АП и у самих потребителей (на всех видах транспорта, прежде всего).

Что касается использования в системе ГЛОНАСС системы ПЗ-90 в целом (т.е. с моделью ГПЗ), то в Российской Федерации не существует нормативно-правовых и/или нормативно-технических актов, регулирующих использование какой-либо определенной модели ГПЗ при использовании системы ГЛОНАСС.

Всё это привело к следующим негативным факторам геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС:

1. Из-за отсутствия полноценной регламентации использования системы ПЗ-90 при осуществлении геодезических и картографических работ, а также отсутствия регламентации использования системы координат ПЗ-90 в электронных навигационных картах, являющихся компонентами АП ГЛОНАСС, в России все официальные навигационные карты изготавливаются в государственных системах геодезических координат СК-42 и СК-95 (с секретной сетью геодезических пунктов ГГС). Из-за этого практически все т.н. «бытовые навигаторы», а до последнего времени, и комплекты АП, предназначенные для наземного транспорта, запрограммированы картами России в системе WGS-84.

2. Из-за секретности и недоступности пунктов МКГС и секретности пунктов ГГС потребитель (включая его метрологические службы) не может проверить на местности фактическую точность АП и навигационных карт.

3. В том числе из-за отсутствия полноценной регламентации (на федеральном уровне) использования системы ПЗ-90 при осуществлении геодезических и картографических работ, а также использования системы ПЗ-90 на профессиональном транспорте, использующем АП ГЛОНАСС, в Российской Федерации последние 15 лет поддержание и развитие системы ПЗ-90 испытывало существенное недофинансирование, что привело к таким серьёзным проблемам, как приостановление программы ГЕОИК-2, замораживание научных исследований, распад научных коллективов.

4. Создаваемые в рамках федеральных целевых программ по развитию системы ГЛОНАСС различные сервисы и функциональные дополнения ГЛОНАСС не сориентированы в должной степени на систему координат ПЗ-90 с её увязкой с другими используемыми в навигационных определениях системами координат (СК-42, СК-95, WGS-84, ITRF и др.).

5. В том числе из-за отсутствия полноценной регламентации (на федеральном уровне) использования системы ПЗ-90 на профессиональном транспорте, использующем АП ГЛОНАСС, Российской Федерацией не были своевременно предприняты необходимые меры для регламентации использования системы ПЗ-90 как компоненты ГЛОНАСС и МГНСС в большинстве функциональных дополнений МГНСС, а также на профессиональном воздушном и морском видах транспорта на международном уровне.

6. В это же время в ряде международных организации, в т.ч. в ИКАО, правительство США своевременно добилось признания системы WGS-84 в качестве международного стандарта в основном для геодезического обеспечения использования GPS, а затем и МГНСС. В результате в настоящее WGS-84 является геодезической основой всех трёх видов (бортовых, наземных и космических) функциональных дополнений, соответственно, ABAS, GBAS и SBAS, и их разновидностей (DGPS, LAAS, GRAS для GBAS и WAAS, EGNOS, NSAS для SBAS), а также непосредственно внедрена для аэронавигационного обслуживания в большинстве стран - участниц ИКАО, и в том числе в воздушной транспортной системе России и большинства стран бывшего СССР. Меры по внедрению системы координат ПЗ-90 в воздушной отрасли России представляются запоздалыми и неполноценными, осо-

бенно это касается определения точных высот, необходимых для перспективной посадки воздушных судов.

7. Применительно к морской практике, уже в 1998 году вышла версия 2.2 международного стандарта RTCM SC-104, предусматривающего учёт использования дифференциального режима ГЛОНАСС. Согласно этому стандарту, структуры сообщений для GPS и ГЛОНАСС совпадают за исключением того, что для GPS координаты дифференциальных станций передаются в системе координат WGS-84, а для ГЛОНАСС – в системе координат ПЗ-90. Однако, в условиях отсутствия на территории Российской Федерации, а тем более за её пределами, открытой и доступной сети пунктов МКГС, применение данного стандарта без каких-то оговорок и ухищрений – невозможно. В то же время МКГС и российская часть сети IGS содержат т.н. «прибрежные» пункты, которые, в случае обеспечения к ним доступа, могли бы быть эффективно использованы в целях морской навигации. Международным стандартом для морских навигационных карт Международной гидрографической организацией (МГО) установлена система WGS-84. Поэтому официальный издатель Российской Федерации морских навигационных карт – Управление навигации и океанографии Минобороны России – морские навигационные карты на зоны общего (международного) мореплавания издаёт в системе WGS-84.

8. Недостаточный учёт системы ПЗ-90 в ФК ЕС КВНО России привёл к тому, что системы ПЗ-90/МКГС технологически слабо согласованы с системами ITRS/ITRF, а на организационном уровне согласование ПЗ-90/МКГС и ITRS/ITRF практически отсутствует.

Для оценки масштаба и глубины исследований проблемных вопросов геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС кратко проанализируем зарубежный и международный опыт.

В мире существует только одна полноценная международная геоцентрическая система координат - ITRS, а также Мировая геодезическая система WGS-84 (тоже геоцентрическая), принадлежащая Министерству обороны США, признанная в качестве стандартной несколькими международными организациями. По составу параметров ITRS и WGS-84 практически идентичны.

ITRS (буквальный перевод «Международная наземная опорная система (International Terrestrial Reference System)») вместе с Международной наземной опорной сетью ITRF (International Terrestrial Reference Frame) созданы, поддерживаются и развиваются Международной ассоциацией геодезии (МАГ) - IAG (International Association of Geodesy). При этом ITRF является одновременно и опорной сетью и службой IAG. ITRF развивается и поддерживается вместе и неразрывно с ITRS. ITRS/ITRF признаны во всём мире в качестве международной опорной системы для использования в различных фундаментальных и прикладных задачах (физика, астрономия, геодинамика, геодезия и пр.).

Поддержание и развитие ITRS/ITRF входит в компетенцию и является одной из главных целей деятельности ещё одной службы IAG – Международной службы вращения Земли и опорных систем (МСВЗ) - IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service). Благодаря совместным международным действиям, по всему миру построены около 4000 пунктов ITRF (3899 по состоянию на 01 апреля 2010 года), 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. 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) - VLBI (Very Long Baseline Interferometry), лунных лазерных дальномеров (ЛЛД) – LLR (Lunar Laser Ranging), спутниковых лазерных дальномеров (СЛД) - SLR (Satellite laser ranging), GPS (с 1991 г.), доплеровской орбитографической радиопозиционной интегрированной спутниковой системы (ДОРИС) – DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite). Всего по настоящее время было опубликовано 12 версий (реализаций) ITRF, начиная с ITRF88 и заканчивая ITRF2008. Пункты ITRF есть и в России.

ITRF является блоковой системой и включает 6 региональных опорных сети и соответственно 6 управляющих ими региональных подкомиссий IAG, а именно: региональная подкомиссия по Европе - EUREF (SC1.3a Regional Reference Frame Sub-Commission for Europe), региональная подкомиссия по Южной и Центральной



Америке - SIRGAS (Sistema de Referencia Geocentrico para Las Americas - исп., SC1.3b South and Central America), региональная подкомиссия по Северной Америке - NAREF (SC1.3c North America), региональная подкомиссия по Африке - AFREF (SC1.3d Africa), региональная подкомиссия по Азиатско-Тихоокеанскому региону - SC1.3e Asia-Pacific, региональная подкомиссия по Антарктике - SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research, SC1.3f Antarctica). Указанные региональные подкомиссии входят в Подкомиссию IAG по региональным опорным сетям SC1.3, созданную в 1987 году решением Генеральной Ассамблеи IUGG. Структура, цели и задачи региональных подкомиссий ITRF имеют общее и отличия.

Наиболее близкая к РФ региональная подкомиссия по Европе EUREF преследует цель по созданию и развитию EUREF Permanent Network (Мониторинговой сети EUREF) - EPN, основополагающими принципами развития которой являются:

- открытость для развития по принятым EUREF правилам;
- пункты EPN должны быть «активными», т.е. постоянно наблюдать ГНСС;
- тенденция наращивания наблюдений в ГНСС, помимо GPS, системы ГЛОНАСС (а далее GALILEO и COMPASS) – на конец 2010 года количество пунктов наблюдений (ПН), работающих по ГЛОНАСС, составило 50% от общего количества ПН EPN;
- инфраструктурная поддержка всех специальных проектов, связанных с GALILEO, и называемых Европейские инициативы (European initiatives);
- совместное развитие с европейскими высотными сетями (UELN, EUVN) и Европейской комбинированной геодезической сетью ECGN;
- согласованная работа центров данных и центров анализа по принятым EUREF правилам;
- использование рекомендованных EUREF, но различных, пакетов программ (ПП) - BERNESE, GIPSY/OASIS и GAMIT - с применением различных моделей и стратегий обработки данных.

Блока и соответствующей инфраструктуры ITRF по Восточной Европе, Северной и Средней Азии, покрывающих большую часть территории бывшего

СССР, нет; и судя по информации web-сайта IAG, нет блока ITRF и по части Южной Азии, относящейся к Китаю.

WGS-84 принадлежит Минобороны США, опирается на наземную опорную сеть (Terrestrial Reference Frame - TRF), включающую 17 пунктов, равномерно размещенных по Земному шару. WGS-84 интегрирована с Геодезической опорной системой 80 (Geodetic Reference System 80 - GRS80), принятой IUGG в декабре 1979 г. на XVII генеральной ассамблее в Канберре, и системой ITRS. WGS-84 признана в качестве стандарта Международной организацией гражданской авиации ИКАО и Международной морской организацией ИМО, и внедрена в большинстве стран участниц ИКАО и ИМО, и в том числе в воздушной транспортной системе России и большинства стран бывшего СССР. Полное документированное описание системы WGS-84 регулярно издаётся Министерством обороны США в виде Технического сообщения (Technical report) о системе WGS-84. Третье издание Технического сообщения о системе WGS-84 (TR8350.2) выпущено 4 июля 1997 года Национальным управлением видовой и картографической информации США (НИМА) - NIMA (National Imagery and Mapping Agency). 3 января 2000 г. это Техническое сообщение было переиздано с уведомлением, что «оно было исправлено, чтобы исправить опечатки, найденные в оригинальной печати этого выпуска». Следует отметить, что НИМА, созданное 1 октября 1996 г. года на базе Военного картографического управления (Defense Mapping Agency - DMA) Минобороны США и Центрального управления видовой информации (Central Imagery Office - CIO) ЦРУ США, в 2003 году было преобразовано в Национальное агентство геопространственной разведки США (US National Geospatial-Intelligence Agency - NGA), выполняющее на территории всего Земного шара широкий спектр задач по геопространственной разведке в интересах обороны и экономики США. Все полномочия по WGS-84 перешли от НИМА к NGA. На web-сайте NGA [http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350\\_2.html](http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html) опубликованы вышеуказанное Техническое сообщение TR8350.2, Страницы изменений к исходному тексту TR8350.2 и Приложение TR8350.2.

Техническое сообщение TR8350.2 является не единственным официальным документом о системе WGS-84. Например, в ИКАО регулярно издаётся Руково-

дство по Всемирной геодезической системе – 1984 (WGS-84) (последнее 2 издание выпущено в 2002 г.). Есть и другие официальные международные публикации по WGS-84. В отношении координат опорных пунктов указываются две реализации TRF WGS-84: WGS-84(G730) и WGS-84(G873), где G – номер GPS-недели, когда были получены эти уточненные координаты TRF по результатам GPS-наблюдений. Даты ввода этих реализаций TRF: 29 июля 1994 г. и 29 января 1997 года соответственно. Последняя же реализация TRF WGS-84 приведена в Приложении TR8350.2 с обозначением WGS-84(G1150) и датой ввода – 20 января 2002 г. На TRF WGS-84(G1150) остановимся подробнее. В её установлении были использованы три группы станций слежения (monitor stations) системы GPS: станции слежения BBC США (US Air Force - USAF) и NGA, а также (впервые для TRF WGS-84) - станции слежения IGS. Координаты 49 станций IGS использовались для контроля координатного решения для TRF. Для этого координаты этих станций IGS в опорной сети ITRF-2000 на эпоху 1997,0 в период сбора информации для проведения координатного решения (14-28 февраля 2001 г.) для TRF были зафиксированы. Обращает на себя внимание то, что в составе этих 49 станций 2 станции находятся на территории Российской Федерации (Звенигород - станция ZVEN, Иркутск - станция IRKT). В целом координатное решение для TRF WGS-84(G1150) его авторами считается согласованным с параметрами ITRF-2000 с точностью порядка 1 см (СКО).

В США система WGS-84 является основным элементом геодезического обеспечения услуг (служб) позиционирования, навигации и синхронизации PNT (positioning, navigation, and timing), основанных на использовании системы GPS, и являющихся предметом национальной политики.

Необходимо отметить, что, в отличие от ITRS/ITRF, не имеющей коммерческого характера, система WGS-84, оставаясь в ведении Министерства обороны США и решая его задачи, в гражданской сфере приносит ощутимые прибыли её собственнику за счёт внедрения в мировые транспортные, геодезические и многие другие экономические инфраструктуры. И в то же время, опираясь на ITRS/ITRF, система WGS-84 развивается во многом за их счёт, что также значительно снижает бюджетную нагрузку на собственника WGS-84.

Мировая геодезическая система WGS-84, являясь именно всемирной, тем не менее, не является конечным носителем геоцентрических параметров для самих США. В США более 10 последних лет осуществляется, и подходит к завершению, процесс перехода от действовавшей много десятилетий Национальной геодезической опорной системы (National Geodetic Reference System - NGRS) (аналога нашей геодезической системы СК-42) к Национальной пространственной опорной системе (National Spatial Reference System – NSRS).

NSRS – национальная система координат США, в которой определяются широта, долгота, высота, масштаб, гравитационное поле и ориентация, предназначена для удовлетворения экономических, социальных и экологических требований на всей территории США. Продукты NSRS: геодезические координаты (широты, долготы, и эллипсоидальные и ортометрические высоты) в официальных системах США (в настоящее время, Североамериканской системе координат 1983 года (North American Datum of 1983 - NAD83) и Североамериканской системе высот 1988 года (North American Vertical Datum – NAVD88)); геопотенциал; ускорение силы тяжести; отклонения от вертикали; геоцентрические координаты (X,Y,Z) в системе WGS-84, модели, инструменты и руководящие принципы; официальная национальная береговая линия; орбиты GNSS; ориентация, масштаб и параметры связи NAD83 и международных наземных опорных систем; а также вся необходимая информация для описания каким образом эти параметры меняются с течением времени. Таким образом, по своей сути система NSRS также является системой геодезических параметров.

Необходимо отметить, что переход США к NSRS от NGRS ещё продолжается и проходит с широким привлечением научной и производственной общественности США в достаточно острых дискуссиях.

Завершая краткий анализ международного и зарубежного опыта, можно сделать вывод, что системы ПЗ-90.11, ГСК-2011 и их опорные сети, теоретически ничем не уступая международной и передовым зарубежным геоцентрическим системам и сетям, технологически от них существенно отстают, в том числе и в отношении их использования в целях глобальной навигации.

Таким образом, в геодезическом обеспечении системы ГЛОНАСС назрела необходимость внести коррективы как в структуру геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС, так и в целом в структуру национальной космической геодезической программы по развитию системы геодезических параметров Земли (КГС серии ГЕОИК), для чего необходимо провести следующие исследования.

В целях общего развития Системы геодезических параметров Земли ПЗ-90  
в интересах геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС

На текущий период (2013 год)

Организация научно-методического обеспечения (сопровождения) координации взаимодействия Роскосмоса, Минобороны России, РАН, Росреестра и Росстандарта, и их головных НИУ, по вопросам:

- изучения зарубежного и международного опыта развития геоцентрических систем координат;

- согласования системы координат ПЗ-90.11 с системой координат ГСК-2011 и с последними версиями WGS-84 и ITRF, установления «нулевой эпохи» (декабрь 2011 года) для систем координат ПЗ-90.11 и ГСК-2011 и создания технологии непрерывного мониторинга этих систем и связывающих их между собой и с международной системой ITRS параметров связи;

- разграничения областей применения систем координат ПЗ-90.11 и ГСК-2011;

- развития системы ПЗ-90 как мониторинговой системы, учитывающей фундаментальные явления Земли как динамической системы;

- обоснования перспектив глобального развития МКГС как основы для создания специальных опорных наземных сетей (СОНС), для глобального распространения системы координат ПЗ-90 в рамках разработки методологии создания и развития динамической модели Земли, также обоснования целесообразности (необходимости) создания сети национальных центров анализа и обработки данных (информационно-аналитических центров), обрабатывающих на собственном ПМО разнородную измерительную информацию с целью поддержания и уточнения в мониторинговом режиме координат глобальной сети пунктов (МКГС, СОНС и др.) и расширения каталога координат открытых пунктов в системе ко-

ординат ПЗ-90, согласованных с ITRF;

- создания на базе системы координат ПЗ-90 и МКГС единой глобальной опорной наземной сети (ЕГОНС) Российской Федерации;

- развития системы ПЗ-90.11 в качестве единой геодезической основы ФК ЕС КВНО Российской Федерации;

- создания и использования, в т.ч. потребителями системы ГЛОНАСС, высокоточных моделей ГПЗ, как в рамках модернизации системы ПЗ-90, так и других российских и зарубежных моделей ГПЗ, расчёта и согласования высот, получаемых потребителями ГЛОНАСС, на различных отсчётных основах;

- международного признания системы ПЗ-90 и её международного использования (в рамках международного сотрудничества Роскосмоса с учётом международных проектов и программ в этой области); организации международного сотрудничества по системе ПЗ-90, с увязкой его с развитием систем ITRS и WGS-84;

- обоснования необходимости (целесообразности) снятия грифа секретности и опубликования координат геодезических пунктов в системе ПЗ-90 с использованием информационно-технологических ресурсов Роскосмоса, РАН, Росреестра, УНиО Минобороны России, Минтранса России;

- обоснования перечня, состава и содержания необходимых нормативно-правовых и нормативно-технических документов по использованию системы ПЗ-90 во всех отраслях экономики, в т.ч. на всех видах транспорта.

#### На среднесрочный период (до 2015 года)

Научно-методическое обеспечение (сопровождение) координации взаимодействия Роскосмоса, Минобороны России, РАН и Росреестра, и их головных НИУ по вопросам:

- развития технологии согласования системы ПЗ-90.11 с последними версиями WGS-84 и ITRF, а также с системой координат ГСК-2011;

- развития технологии поддержания ПЗ-90 как мониторинговой системы, учитывающей фундаментальные явления Земли как динамической системы;

- развития технологии поддержания МКГС как основы для создания СОНС и для глобального распространения системы координат ПЗ-90 в рамках реализации

методологии создания и развития динамической модели Земли;

- развития технологии поддержания системы ПЗ-90.11 в качестве единой геодезической основы ФК ЕС КВНО Российской Федерации;

- развития технологии поддержания сети национальных центров анализа и обработки данных (информационно-аналитических центров), обрабатывающих на собственном ПМО разнородную измерительную информацию с целью поддержания и уточнения в мониторинговом режиме координат глобальной сети пунктов (МКГС, СОНС и др.) и расширения каталога координат открытых пунктов в системе координат ПЗ-90, согласованных с ITRF;

- международного признания системы ПЗ-90 и её международного использования (в рамках международного сотрудничества Роскосмоса с учётом международных проектов и программ в этой области);

- снятия грифа секретности и опубликования координат геодезических пунктов в системе ПЗ-90 с учётом информационно-технологических ресурсов Роскосмоса, РАН, Росреестра, УНиО Минобороны России, Минтранса России;

- выпуска необходимых нормативно-правовых и нормативно-технических документов по использованию системы ПЗ-90 во всех отраслях экономики, в т.ч. на всех видах транспорта;

- целевых исследований по созданию КГС четвёртого поколения ГЕОИК-3 (целевые НИР по заказу Минобороны России, Роскосмоса, РАН, Росреестра), обоснования ОКР по созданию КГС ГЕОИК-3.

#### На долгосрочный период (до 2020 года)

Научно-методическое обеспечение (сопровождение) координации взаимодействия Роскосмоса, Минобороны России, РАН и Росреестра, и их головных НИУ по вопросам:

- получения новых версий системы ПЗ-90 и их согласования с текущими (новыми) версиями WGS-84, ITRF, ГСК-2011;

- поддержания развития ПЗ-90 как мониторинговой системы, учитывающей фундаментальные явления Земли как динамической системы в рамках реализации технологии динамической модели Земли;

- поддержания развития системы ПЗ-90.11 в качестве единой геодезической

основы ФК ЕС КВНО Российской Федерации;

- поддержания развития международного использования системы ПЗ-90;

- поддержания и развития сети национальных центров анализа и обработки данных (информационно-аналитических центров) и сети открытых геодезических пунктов в системе ПЗ-90 с использованием информационно-технологических ресурсов Роскосмоса (в т.ч. ресурсов СОНС), РАН, Росреестра, УНиО Минобороны России, Минтранса России;

- поддержания в актуальном состоянии необходимых нормативно-правовых и нормативно-технических документов по использованию системы ПЗ-90 во всех отраслях экономики, в т.ч., на всех видах транспорта;

- выполнения ОКР по созданию КГС четвертого поколения ГЕОИК-3.

В целях непосредственного геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС

На текущий период (2013 год)

- постановка проблемных вопросов геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС;

- научно-методическое сопровождение координации исследований проблемных вопросов геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС в рамках НИР «Развитие» и «Развитие-МО»;

- научно-методическое сопровождение взаимодействия Минобороны России и Роскосмоса по выполнению мероприятий по обеспечению до 1 января 2014 г. перехода к использованию системы координат ПЗ-90.11 при эксплуатации глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС (п.6 Постановления Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. «О единых государственных системах координат»);

- постановка проблемных вопросов создания и развития глобальных опорных сетей системы ГЛОНАСС, СВОЭВП, КОС и СДКМ, геодезических точек и пунктов, используемых в целях морской навигации и аэронавигации, и их согласования с МКГС и ПЗ-90;

- обоснование перечня, состава и содержания необходимых нормативно-правовых и нормативно-технических документов по использованию системы ПЗ-90 во всех отраслевых и иных видах АП, в т.ч., работающих и по другим ГНСС и



в составе различных функциональных дополнений ГЛОНАСС и ГНСС;

- обоснование состава и структуры методик и технологий создания цифровых (электронных) навигационных карт, используемых в АП, с использованием системы ПЗ-90 (на ОЗЭ) на всех видах транспорта, прежде всего, морского, речного и воздушного;

- научно-методическое обеспечение оптимизации структуры финансирования Федеральной целевой программы «ГЛОНАСС» на 2012-2020 гг. в части конкретных работ по геодезическому обеспечению системы ГЛОНАСС и в целом по развитию системы ПЗ-90.

На среднесрочный период (до 2015 года)

- разработка общей идеологии геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС;

- научно-методическое сопровождение координации исследований проблемных вопросов геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС в рамках НИР «Развитие» и «Развитие-МО»;

- изучение и систематизация зарубежного и международного опыта развития геоцентрических систем координат и опорных сетей в интересах глобальной навигации;

- исследование проблемных вопросов создания и развития глобальных опорных сетей системы ГЛОНАСС, СВОЭВП, КОС и СДКМ, геодезических точек и пунктов, используемых в целях морской навигации и аэронавигации, и их согласования с МКГС и ПЗ-90. Обоснование целевой ОКР по созданию единой глобальной мониторинговой опорной наземной сети Российской Федерации;

- научно-методическое сопровождение разработки нормативно-правовых и нормативно-технических документов по использованию системы ПЗ-90 во всех отраслевых и иных видах АП, в т.ч., работающих и по другим ГНСС и в составе различных функциональных дополнений ГЛОНАСС и ГНСС;

- научно-методическое сопровождение разработки методик и технологий создания цифровых (электронных) навигационных карт, используемых в АП, с использованием системы ПЗ-90 (на ОЗЭ) на всех видах транспорта, прежде всего, морского, речного и воздушного;

- разработка вопросов международного сотрудничества в области геоцентрических систем координат, используемых в глобальной навигации;

- научно-методическое обеспечение участия Роскосмоса в международных организациях (ICG и др.) и международных проектах (GGOS и др.) в части международного развития системы ПЗ-90 и МКГС по геодезическому обеспечению системы ГЛОНАСС и в целом по развитию системы ПЗ-90;

- научно-методическое сопровождение работ ФЦП «ГЛОНАСС» на 2012-2020 гг. в части геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС и в целом развития системы ПЗ-90. Координация работ соисполнителей.

На долгосрочный период (до 2020 года)

- научно-методическое сопровождение координации исследований проблемных вопросов геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС в рамках НИР «Развитие» и «Развитие-МО»;

- мониторинг зарубежного и международного опыта развития геоцентрических систем координат и опорных сетей в интересах глобальной навигации;

- научно-методическое сопровождение выполнения целевой ОКР по созданию единой глобальной мониторинговой опорной наземной сети Российской Федерации;

- мониторинг нормативно-правовых и нормативно-технических документов по использованию системы ПЗ-90 во всех отраслевых и иных видах АП, в т.ч., работающих и по другим ГНСС и в составе различных функциональных дополнений ГЛОНАСС и ГНСС;

- мониторинг методик и технологий создания цифровых (электронных) навигационных карт, используемых в АП, с использованием системы ПЗ-90 (на ОЗЭ) на всех видах транспорта, прежде всего, морского, речного и воздушного;

- мониторинг международного сотрудничества в области геоцентрических систем координат, используемых в глобальной навигации;

- научно-методическое обеспечение участия Роскосмоса в международных организациях (ICG и др.) и международных проектах (GGOS и др.) в части международного развития системы ПЗ-90 и МКГС по геодезическому обеспечению системы ГЛОНАСС и в целом по развитию системы ПЗ-90;

- научно-методическое сопровождение работ Федеральной целевой программы «ГЛОНАСС» на 2012-2020 гг. в части геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС и в целом развития системы ПЗ-90. Координация работ соисполнителей.

## 2.2. По 2-му направлению.

В большинстве сфер научно-практической деятельности эффективное использование материалов космических съемок Земли, доставляемых низкоорбитальными космическими аппаратами (НКА) социально-экономического назначения (СЭН) (по международной классификации НКА называются LEO (low Earth orbit)) возможно только в случае их точной координатно-временной привязки в установленной земной системе координат, опирающейся на т.н. специальную опорную наземную сеть (СОНС).

С началом широкого использования для навигации зарубежных КА LEO системы GPS (для чего на КА LEO устанавливается аппаратура спутниковой навигации (ACH) GPS) для координатно-временной привязки материалов космических съемок Земли стали широко использоваться согласованные между собой на сантиметровом уровне системы WGS-84 и ITRS/ITRF.

Геопривязка материалов КА LEO может выполняться как по наземным точкам, связанным между собой координатными определениями и объединенным в СОНС, так и по бортовым измерениям, позволяющим определить положение и ориентацию КА. Реализация обоих способов предполагает создание и/или использование СОНС, согласованных (связанных) с глобальными опорными сетями (ITRF и её частных компонент). Отличительной особенностью пункта СОНС является наличие на него абриса (специального топографического описания), позволяющего опознать пункт СОНС на снимке и выполнить по нему геопривязку.

В настоящее время для геопривязки материалов КА LEO, полученных как на территорию России, так и на зарубежную территорию, широко используются СОНС, согласованные с ITRF, а сама геопривязка осуществляется в WGS-84. Технология одновременной обработки измерений, полученных ACH GPS и на пунктах ITRF и СОНС, привела к созданию режима точного определения местоположения PPP (Precise Point Positioning), а использование средств связи, в т.ч. и

космической, позволяет в режиме реального времени передавать результаты PPP любому потребителю, включая КА LEO, на любые расстояния.

Взаимоувязанные технологии высокоточного определения орбит КА LEO и поддержания и развития СОНС, согласованных с ITRF, в совокупности с другими технологиями наблюдения Земли, позволяют создавать, поддерживать и развивать глобальные модели Земли как динамической системы. Одним из важных элементов создания динамических моделей Земли являются геодинамические исследования Земли, выполняемые развитыми странами и рядом международных организаций, в т.ч. под эгидой ООН.

Развитие СОНС подталкивает к дальнейшему развитию не только ITRF, превращая СОНС и ITRF в единую геодезическую опорную сеть, но и к дальнейшему развитию геодезического обеспечения GPS и навигационно-геодезического обеспечения ненавигационных КА на орбитах различной высоты. По существу, рядом развитых зарубежных стран созданы и активно развиваются новые информационные космические системы, выполняющие задачу навигационно-геодезического обеспечения многих объектов РКТ.

Высшим звеном таких технологий является создаваемая с 2005 года международной Группой по наблюдениям за Землей (ГНЗ) Глобальная система систем наблюдения Земли – ГСНЗ (Global Earth Observing System of Systems – GEOSS) и её основной геодезический элемент - Глобальная геодезическая система наблюдений - ГГСН (Global Geodetic Observing System – GGOS).

Российские технологии, развиваемые на базе ГЛОНАСС и КА СЭН, в ГСНЗ и ГГСН до последнего времени не использовались. Российских георесурсов (пунктов СОНС) на российскую территорию недостаточно для решения современных и перспективных задач по картированию Земли российскими КА СЭНС, а на зарубежную территорию российские георесурсы практически отсутствуют.

Поэтому назрела необходимость проведения исследований проблемных вопросов навигационно-геодезического обеспечения объектов ракетно-космической техники Российской Федерации на базе системы ГЛОНАСС как ядра единой системы КВНО России.