

Современные технологии геодезического обеспечения геофизических исследований. Задачи и проблемы.

А.Г. Прихода, ФГУП «СНИИГТИМС», г. Новосибирск

Геологическое изучение недр базируется на информации об измеренных значениях различных параметров, получаемых от естественных или искусственно возбуждаемых (создаваемых) физических полей, а также о других параметрах, получаемых в процессе геологической, геохимической и других съемок. Значения этих параметров определяется в конкретных точках исследования на земной (водной) поверхности или вблизи нее, а также во внутренних точках геологической среды. Таким образом, образуется совокупность сведений, которые необходимо включить в пространственно-временное поле и получить информацию о свойствах (характеристиках) пространственных объектов, процессах и явлениях, связанных с Землей. Основой пространственного поля является топографо-геодезическое и навигационное обеспечение – комплекс организационных, нормативных, правовых, методических, научно-технических и целого ряда других мероприятий, обеспечивающих, в конечном счете, определение с заданной точностью плановых координат и высот конкретных пунктов, образующих пространственное поле.

В общем виде топографо-геодезические и навигационные обеспечение, включают в себя различные виды работ при наземных, морских и аэрогеофизических съемках.

Традиционные геодезические определения при геолого-геофизических исследованиях, выполняются на земной поверхности путем использования оптико-механических средств (теодолиты, тахеометры, свето- и лазерные дальнометры, нивелиры и другие измерительные средства) и опорной наземной геодезической сети в виде пунктов триангуляции полигонометрии и реперов.

Проведение наземных геодезических измерений требует наличия прямой видимости между смежными или определяемыми пунктами, что в залесенной местности связано с необходимостью рубки просек (визиров), а в пересеченной местности с выбором и установкой пунктов на командных высотах. При этом измеряемые расстояния, как правило, не превышают первых десятков километров. Немаловажное значение, особенно при точных измерениях, имеет наличие оптической видимости, что существенно зависит от погодных условий и неустойчивости приземных слоев атмосферы. Кроме того, большинство высокоточных традиционных геодезических методов не приспособлено для динамических измерений геодезических данных и также мало пригодно для широкомасштабной автоматизации.

С появлением искусственных спутников Земли (ИСЗ) появилась возможность создания постоянно действующих спутниковой орбитальной системы, в которой находятся спутники с постоянно известными (текущими) координатами (аналог наземной опорной геодезической сети). Таким образом, появилась альтернатив-

ная (спутниковая) система определения координат и высот наземных пунктов с использованием в качестве опорных точек мгновенные подстанции (координаты) ИСЗ.

Глобальные навигационные спутниковые системы, в виде искусственных спутников, видимых практически из любой точки планеты и непрерывно передающие сигналы, несущие измерительную информацию, обеспечивают создание пространственного координатно-временного информационного поля, в котором можно постоянно получать сведения о местоположении с высокой точностью в пространстве и с наносекундной точностью значительного времени. Таким образом, появился принципиально новый подход к созданию геоинформационных систем, в которых наполняющие (в нашем случае геофизические) данные могут собираться в цифровом виде и реальном времени, а после этого использоваться для анализа полученной информации.

При спутниковой технологии определения местоположения приходится иметь дело с пространственной линейной засечкой, в которой существенное значение для точности определяемого пункта приобретает форма (геометрия) самой засечки, зависящая от расположения видимых (рабочих) спутников на небосводе и угла возвышения их над горизонтом.

Глобальные навигационные спутниковые системы в совокупности с входящими в них отдельными техническими устройствами являются чрезвычайно сложными и высокоорганизованными системами, хотя для достижения конечной цели в них заложены довольно простые идеи и принципы: определение местоположения путем измерения расстояния до определяемого объекта от исходных эталонных точек с известными координатами.

Имея на поверхности земли эталонные пункты с известными координатами в единой Государственной геодезической системе, а на орбитах околоземного пространства подвижные спутники с мгновенно определяемыми текущими координатами, глобальная спутниковая навигационная система позволяет решать две самостоятельные, но взаимосвязанные задачи (засечки):

- прямая геодезическая засечка позволяет определять текущие значения координат спутника на данный момент времени по измеренным расстояниям между спутником и наземным и эталонными пунктами; тем самым, обеспечивая создание альманаха, т.е. каталога координат подвижных объектов (спутников);

- обратная геодезическая засечка позволяет определять координаты наземного пункта на основе измеренных до него расстояний от нескольких подвижных спутников, мгновенные координаты которых известны.

По сравнению с традиционными геодезическими методами спутниковые технологии обладают следующими основными преимуществами и отличиями:

— возможностью оперативной и высокоточной передачи координат практически на любые расстояния;

— отсутствием требований к взаимной видимости между смежными пунктами;

— высоким уровнем автоматизации проведения полевых и камеральных работ;

— возможностью производства измерений в любое время суток и года вне зависимости от погодных условий;

— координаты спутниковых приемников вычисляются на математических эллипсоидах WGS-84 и ПЗ-90, а не локальной плоскости, например плоскости проекции Гаусса-Крюгера, поэтому после вычисления относительных координат базовой и мобильной станций обычно трансформируют эти координаты в необходимую картографическую проекцию.

Благодаря перечисленным достоинствам, спутниковые технологии в настоящее время, казалось бы, не имеют альтернативы.

В тоже время, очень серьезным недостатком спутниковых методов навигации и определения местоположения является сложность, а иногда и невозможность использования спутниковых приборов (особенно фазовых) в закрытой и полужакрытой местности (в лесных массивах, просеках, горных и всхолмленных районах) из-за экранирования или затухания сигналов, особенно при реализации кинематического метода наземных съемок (например, с использованием автотранспорта) или при аэрогеофизических съемках на малых высотах полета с обтеканием рельефа местности и в горных районах. По упомянутым причинам возникает необходимость дополнительной привязки пунктов наблюдений традиционными методами с предварительным определением исходных направлений, а также комплексирования спутниковых приемников с дополнительными геодезическими средствами измерений.

Как показали исследования при сейсморазведочных работах методами 2D и 3D, на долю непосредственно спутниковой технологии приходится от 10 % до 30 % от общего объема геодезических работ, в зависимости от степени заделанности исследуемой территории.

К существенному недостатку спутниковой технологии следует отнести снижение точности определения высот в 2-3 раза против точности определения координат, в то время как расчетные технологические требования носят обратное соотношение: требования к точности определения высот в 2 раза выше требований к точности определения координат.

Это обстоятельство вызывает необходимость проложения ходов нивелирования или тахеометрических ходов с измерением вертикальных углов.

Для оптимального решения этой проблемы необходимы специальные методики спутниковых наблюдений и вспомогательные технические средства, а также другие технологически совместные методы определения координат и высот. В ряде случаев предлагается использование других принципов измерения высоты, например барометрическое нивелирование. Технология раздельного применения спутниковых приемников и приборов для барометрического нивелирования была опробована и реализована практически с появлением в России

спутниковых приборов.

Однако впервые идею объединения этих приборов в единый конструктивно оформленный комплекс под названием Nave SEIS осуществила Канадская фирма Pulsars Navigation Systems Jens, который был предназначен для геодезического обеспечения сейсморазведочных работ. В основу комплекса положен высокоточный фазовый спутниковый GPS-приемник с радиомодемом и цифровой барометр. Точность определения плановых координат в открытой местности по паспортным данным составила около 0,2 м, а высот около 1 м.

В России впервые разработку таких систем осуществило ИП «Центргеокомплекс». Результатом выполненных исследований явилась разработка на базе пьезорезонансных кварцевых датчиков атмосферного давления и одночастотного OEM системного модуля (плата 12-канального GPS кодового приемника Юпитер германской фирмы Rockwell) геодезического комплекса ИГ-3К (измеритель геодезический трехкоординатный, обеспечивающего определение плановых координат с точностью от 3 м, а высот (превышений) от 1 м.

Российская глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС, как известно, была принята в эксплуатацию распоряжением Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина от 24 сентября 1993 г., когда на орбитах находилось 18 функционирующих спутников. Однако работы с системой ГЛОНАСС в геологической отрасли начались несколько раньше при значительном меньшем (около 13) количестве рабочих спутников.

Так в зимний период 1990-1991 гг. СНИИГГиМСом совместно с Петербургской геофизической экспедицией была проведена авиадесантная и наземная гравиметрические съемки масштаба 1:200000-1:50000 на акваториях Обской и Тазовой губы. Определение координат осуществлялось первым отечественным кодовым (ранцевым) приемником IT129 абсолютным способом с последующим введением поправок, полученных по спутниковым измерениям на пунктах триангуляции. Погрешность определения координат составила около 30,0 м, что вполне отвечало заданным требованиям.

Первым отечественным спутниковым приемником для определения навигационных параметров наземных объектов и пилотируемых летательных аппаратов по сигналам навигационной системы ГЛОНАСС были одноканальный спутниковый приемник А724М-01, разработанный РИРВ и пятиканальный спутниковый приемник А-735, изготовленный Московским КБ «Компас» для Министерства обороны РФ.

Существенное сокращение финансирования, сравнительно короткий (3 года) срок работы на орбите каждого спутника привело к тому, что система ГЛОНАСС утратила большое количество рабочих спутников, и при отсутствии серийного производства аппаратуры потребителей перестала использоваться, в том числе и в геологической отрасли.

Учитывая постоянное функционирование системы GPS и все увеличивающееся количество спутников систем ГЛОНАСС, можно образно выражаясь сказать, что сегодня наша земля окружена густой и постоянно сгущающейся сетью космических объектов (спутников),

МЕНЕДЖМЕНТ В ГЕОФИЗИКЕ МЕТРОЛОГИЯ

непрерывная информация с которых позволяет в любой точке планеты с достаточно высокой (постоянно повышающейся) точностью определять местоположение и скорости передвижения объектов на земной поверхности. Немаловажное значение при проведении геофизических работ имеет фактор точного времени. Так при аэрогеофизических съемках необходима жесткая синхронизация геофизической и навигационно-геодезической аппаратуры; при электроразведке методом «разнесенный вариант» посредством спутников осуществляется синхронизация разнесенных генераторов, с допустимой точностью при работе с многоканальными сейсмолетрическими станциями синхронизация необходима для совместной постобработки информации автономных модулей.

В тоже время получение разносторонней информации, до последнего времени используется крайне ограничено по многим причинам, в том числе из-за значительного технического отставания России от передовых стран.

Прекращение функционирования отечественной глобальной спутниковой системы ГЛОНАСС привело к заполнению отечественного рынка спутниковой аппаратурой различного назначения и точности, а также аппаратурой для определений дифференциальных (корректирующих) поправок, что практически исключает необходимость режимных требований к точности определения координат, тем более – в пределах 10 метров. В тоже время, ряд завозимых в Россию зарубежных спутниковых приемников гражданских потребителей не приспособлены для навигационно-геодезического обеспечения геологоразведочных работ и нуждаются в доработке и адаптации. В этих приборах не учитываются специфические особенности полевой эксплуатации, особенно в экстремальных условиях (резко пересеченной и залесенной местности). При их использовании требуется доукомплектование вспомогательными устройствами сопряжения (интерфейсами) с геофизической и другой геодезической аппаратурой и устройствами синхронизации измерительных комплексов. У приборов, которые предназначены для работы на транспортных средствах, отсутствуют выносные навигационные индикаторы отклонений от линии проектного маршрута, выносные антенно-фидерные устройства и антенные усилители. Информация об отклонении носителя аппаратуры от линии проектного маршрута выдается с опозданием относительно момента определения координат.

Решением Президента и правительства России о реанимации глобальной Российской спутниковой системы ГЛОНАСС открывает весьма далекие перспективы ее более полной реализации. Многие зарубежные фирмы уже давно реализуют в спутниковой аппаратуре совместное использование данных GPS и ГЛОНАСС. Здесь нельзя не отметить, что вся разрабатываемая в настоящее время отечественная аппаратура потребителя ориентирована на совместное использование обеих глобальных систем. Это вполне понятно, т.к. максимальную эффективность навигационных определений, особенно в сложных физико-географических условиях обеспечивает только интегрированная система GPS/ГЛОНАСС. Объединенное навигационное поле систем полного состава

практически исключает наличие зон с неблагоприятными геометрическими факторами, приводящих к ухудшению точности определения координат. Технология работ с избыточным количеством спутников обеспечивает достоверное и надежное координатно-временное обеспечение любых видов и методов геофизических исследований.

Вполне понятно, что более чем 15-летняя задержка в развитии отечественных высокотехнологий и отрицательный результат первого этапа эксплуатации систем ГЛОНАСС нанесли негативный отпечаток на мнение потребителя. Федеральная целевая программа и подпрограммы заключены в очень жесткие временные рамки, а некоторые из них уже укладываются в намеченные сроки. Например, касается поручения Президента Российской Федерации от 18 января 2001 г. № 440 о доведении рабочего состава орбитальной группировки до 18 космических аппаратов к 2007 г. В то время как на 25 февраля 2008 г. функционировало 16 рабочих спутников.

Далеки от реализации планы массового производства конкурентоспособной навигационной аппаратуры различного назначения для потребителя. Пока же предлагается несколько модификаций с тактико-техническими характеристиками ниже зарубежных, даже неуклопываемых столь необходимым внешним вычислительным (управляющим) устройством в виде контроллера. Предлагается делать это по особому заказу при увеличении стоимости в 1,5-2 раза. Однако не следует игнорировать наиболее удачные разработки отечественной спутниковой аппаратуры потребителя. Главное здесь, по нашему мнению, сделать упор на всесторонние натурные испытания разрабатываемой аппаратуры перспективными потребителями уже на стадии опытных образцов с соответствующими предложениями по ее совершенствованию.

Хотелось бы обратить внимание на процедуру подготовительных и вспомогательных работ, которые занимают существенное место в общем объеме геолого-геофизических работ. Не будем останавливаться подробно на основных видах подготовительных работ – рубке просек; строительстве временных дорог для транспортировки габаритного груза и тяжелого транспорта; обустройстве временного жилья и участков для размещения буровых скважин, мест хранения горюче-смазочных материалов и подготовке (при необходимости) вертолетных площадок и т.п. Весь этот, далеко не полный, перечень необходимых подготовительных работ напрямую связан с так называемой «разрешительной системой»; различными нормативными положениями; огромным количеством Федеральных законов, постановлений Правительства РФ и местных органов самоуправления, которые по отдельным позициям или противоречат друг другу, или не доведены до подзаконных актов. В настоящее время насчитывается около 30 таких документов, которые в той или иной мере должны учитываться при планировании и проведении навигационно-геодезического обеспечения и подготовительных работ. Исходя из сказанного, сегодня назрела необходимость на уровне руководства МПР РФ снять имеющиеся противоречия и разночтения и подготовить Руководство по перечню обязательных мероприя-

ятий при подготовке работ по проведению навигационно-геодезического и навигационно-гидрографического обеспечения геофизических работ.

По-существу, в настоящее время навигационно-геодезическое, навигационно-гидрографическое и метрологическое обеспечение работ полностью выпали из реально курируемых МПР России вопросов, хотя оно является начальным и базовым звеном в создании конечной геолого-геофизической продукции.

Анализ научно-технического уровня геодезических средств и методов зачастую показывает несоответствие требований к точности применяемых геодезических методов и имеющихся технических средств. Так, например, используются дорогостоящие фазовые двухчастотные спутниковые геодезические приемники, обеспечивающие потенциальную точность в несколько мм, для работ требующих точность на два порядка ниже. Хотя известно, что завышение точности геодезических работ приводит к их удорожанию, а занижение точности — к снижению качества и достоверности конечного результата сейсмических исследований.

Основными направлениями стандартизации в геологической отрасли в области навигационно-геодезического и навигационно-гидрографического обеспечения должны являться нормативно-техническая документация, определяющая требования к следующим видам продукции, с учетом Федерального Закона «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № 184:

- технические регламенты по содержанию, оценке точности, достоверности и форме представления геодезической информации, включая проектную документацию, применяемые термины, определения, условные знаки и т.п.;

- методы и технические средства выполнения навигационно-геодезических, навигационно-гидрографических и картографических работ.

При этом хотелось бы обратить особое внимание на разработку первоочередных нормативно-технических документов, устанавливающих единый порядок ведения работ:

- контроль за соблюдением правил ведения работ, требований существующих стандартов, наличия сертификатов и свидетельств метрологической аттестации на используемые технические средства и методы;

- единые требования к контролю и приемке навигационно-геодезических, навигационно-гидрографических и картографических работ;

- оптимальный состав работ и применяемых технических средств;

- положение о месте, и содержании контроля геодезических работ в супервайзерской службе при проведении полевых сейсморазведочных исследований;

- методика контроля соблюдения требований к метрологическому обеспечению средств геодезических измерений;

- требования к методике проведения обязательного технологического контроля средств измерения непосредственно перед началом измерений.

Перечисленные выше требования должны быть закреплены «Навигационными стандартами» и стандартами организаций, в качестве которых могут выступить ведущие организации

отрасли и общественные организации типа ЕАГО.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июня 2006 г. № 423 об изменении в федеральную целевую программу «Глобальная навигационная система» от 20 августа 2001 г. № 587 определено в качестве заказчиков и разработчиков программы целый ряд основных министерств и агентств Российской Федерации, среди которых, к сожалению, нет МПР Российской Федерации. Составлен и утвержден ряд подпрограмм Федеральной целевой программы «Глобальная навигационная система», отдельные положения которых представляют значительный интерес для МПР Российской Федерации.

Это вопросы, касающиеся непосредственно видов деятельности организаций МПР России, но имеющие свою специфику, а именно: навигация при геофизических исследованиях на малых высотах полета с использованием подвесных устройств; навигация при вождении речных и морских судов по проектным близко расположенным маршрутам; расстановка, привязка буев, маяков и аппаратуры, в том числе подводной; наземная навигация в труднодоступной местности при использовании автотранспорта и пешеходных переходов.

Отличительной особенностью геодезических работ при геофизических исследованиях в большинстве случаев, как известно, являются условия сплошной заlesenности при шаге съемки 25-50 м и точности определения местоположения (координат и высот) съемочных пунктов не ниже 0,5-1 м. Это не позволяет использовать существующую спутниковую аппаратуру не только в кинематическом, но и в статическом режиме, не прибегая к многочасовым наблюдениям и вспомогательным устройствам.

Отсюда возникают специфические требования к технологиям, техническим и программным средствам и вспомогательным устройствам, в том числе к размещению дифференциальных спутниковых станций, для выполнения спутниковых измерений в сложных физико-географических условиях.

Из сказанного следует, что отсутствие МПР России в качестве заказчика и соисполнителя в Федеральной целевой программе «Глобальная навигационная система» является сугубо отрицательным фактором, учитывая, что кроме геологоразведочных работ в ведении МПР России находятся Государственная лесная служба, Государственная водная служба, Государственная служба экологической безопасности, для которых перечисленные задачи также имеют важное значение.

Началом выхода из создавшегося положения должно быть создание в МПР РФ подразделения, которое обеспечивало бы координацию вопросов отрасли в области пространственных технологий, в задачах технического регулирования, стандартизации, метрологии, навигационно-геодезического обеспечения.

Опорными и рабочими подразделениями этой структуры могли бы служить образованные при ведущих научно-исследовательских институтах научно-методические центры в области инновационных технологий, стандартизации и метрологии по соответствующим направлениям.

МЕНЕДЖМЕНТ В ГЕОФИЗИКЕ МЕТРОЛОГИЯ