

Применение на предприятиях нефтегазовой отрасли геоинформационных систем с использованием данных ДЗЗ и технологии GPS

Антон Даниленко, компания "Прайм Групп"

Большинство технологических объектов предприятий нефтегазовой отрасли имеют пространственное распределение. Поэтому современный подход к автоматизации таких предприятий подразумевает широкое применение геоинформационных систем. Интеграция ГИС с данными дистанционного зондирования Земли и GPS-измерениями позволяет получать оперативную и достоверную информацию при решении многих практических задач – от управления технологическим объектом до обоснования инвестиционных затрат.

Географические информационные системы (ГИС) как область информационных технологий зародились в конце 1960-х годов. Однако масштабное внедрение этих систем сдерживал недостаточный уровень развития вычислительной техники. Только с середины 1980-х годов начался бурный рост этой IT-области, обусловленный небывалыми темпами развития компьютерной индустрии.

Географическая информационная система – программно-аппаратный комплекс, осуществляющий сбор, отображение, обработку, анализ и распространение информации о пространственно распределенных объектах и явлениях на основе электронных карт, связанных с ними баз данных и сопутствующих материалов.

В общем случае ГИС позволяют решать в три класса задач:

1. информационно – справочные;
2. сетевой анализ;
3. пространственный анализ и моделирование.

Фактически ГИС - это информационные системы с географически организованной информацией. В простейшем варианте геоинформационные системы - это сочетание обычных баз данных с электронными картами и планами, то есть мощными графическими средствами. Основная идея ГИС - соединить данные на карте и в обычной базе данных. При этом проявляется однозначное соответствие каждого отдельного векторного элемента на электронной карте с отдельной строкой в таблице БД.

Многие ГИС-аналитики утверждают, что до 80% информации, связанной с деятельностью человека, имеет пространственное распределение и, следовательно, лежит в области компетенции ГИС. Вне пределов ГИС-анализа лежит оставшаяся часть информационного пространства, не имеющая пространственной привязки, например, бухгалтерия предприятия.

В настоящее время наметилось новое направление развития ГИС в качестве переднего интерфейса, интегрирующего такие информационные системы, как СУБД, АСУ ТП, ERP. Особенно это ярко проявляется в предприятиях нефтегазовой отрасли, находящихся на острие развития и внедрения перечисленных информационных систем.

Если рассматривать ГИС по сферам применения, то основными направлениями применения ГИС в предприятиях нефтегазовой отрасли являются следующие:

- Геология и геофизика, разведка недр;
- Проектирование и прокладка трубопроводов;
- Решение сетевых коммуникационных задач;
- Управление имуществом и территориями, контроль за состоянием оборудования и трубопроводов;
- Экология (контроль разливов нефти, оценка ущерба, моделирование и т.п.);
- Управленческие задачи, планирование.

Данные ДЗЗ

Получение и обработка данных для ГИС – наиболее важный и трудоемкий этап создания подобных информационных систем. В настоящее время самым перспективным и экономически целесообразным считается метод получения данных об объектах на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и GPS-измерений.

В широком смысле ДЗЗ – это получение любыми неконтактными методами информации о поверхности Земли, объектах на ней или в ее недрах. Традиционно к данным ДЗЗ относят только те методы, которые позволяют получить из космоса или с воздуха изображение земной поверхности в каких-либо участках электромагнитного спектра.

Достоинства метода ДЗЗ заключается в следующем:

1. Актуальность данных на момент съемки (большинство картографических материалов безнадежно устарели);
2. Высокая оперативность получения данных;
3. Высокая точность обработки данных за счет применения GPS – технологий;
4. Высокая информативность (применение спектральной, инфракрасной и радарной съемки позволяет увидеть детали, не различимые на обычных снимках);
5. Экономическая целесообразность (затраты на получение информации посредством ДЗЗ существенно ниже наземных полевых работ);
6. Возможность получение трехмерной модели местности (матрицы рельефа) за счет использования стереорежима или лидарных методов зондирования и, как следствие, возможность проводить трехмерное моделирование участка земной поверхности (системы виртуальной реальности).

Дистанционные методы характеризуются тем, что регистрирующий прибор значительно удален от исследуемого объекта. При таких исследованиях явлений и процессов на земной поверхности расстояния до объектов могут измеряться от единиц до тысяч километров. Это обстоятельство обеспечивает необходимый обзор поверхности и позволяет получать максимально генерализованные изображения.

В настоящее время выделяют следующие виды съемки для получения данных ДЗЗ:

1. Космическая съемка (фотографическая или оптико-электронная):
 - Панхроматическая (чаще в одном широком видимом участке спектра) – простейший пример черно-белая съемка;
 - Цветная (съемка в нескольких, чаще реальных цветах на одном носителе);

- Многозональная (одновременная, но раздельная фиксация изображения в разных зонах спектра);
 - Радарная (радиолокационная);
2. Аэрофотосъемка (фотографическая или оптико-электронная):
- Те же виды ДЗЗ, что и в космической съемке;
 - Лидарная (лазерная).

Оба вида съемки находят широкое применение в нефтегазовой отрасли при создании ГИС предприятия, при этом каждый из них занимает свою нишу. Космическая съемка (КС), имеет более низкое разрешение (от 30 до 1 м в зависимости от типа съемки и типа КА), но за счет этого охватывает большие пространства. КС используется для съемки больших площадей в целях получения оперативной и актуальной информации о районе предполагаемых геологоразведочных работ, базовой подосновы для создания глобальной ГИС на район разработки полезных ископаемых, экологического мониторинга нефтяных разливов и т.п. При этом используется как обычная монохромная (черно-белая съемка), так и спектрзональная.

Аэрофотосъемка (АФС), позволяет получать изображение более высокого разрешения (от 1-2 м до 5-7 см). АФС используется для получения высоко детальных материалов для решения задач земельного кадастра применительно к арендуемым участкам добычи полезных ископаемых, учета и управления имуществом. Кроме того, использование АФС на сегодняшний день представляется оптимальным вариантом получения данных для создания ГИС на линейно-протяженные объекты (нефте-, газопроводы и т.д.) за счет возможности применения “коридорной” съемки.

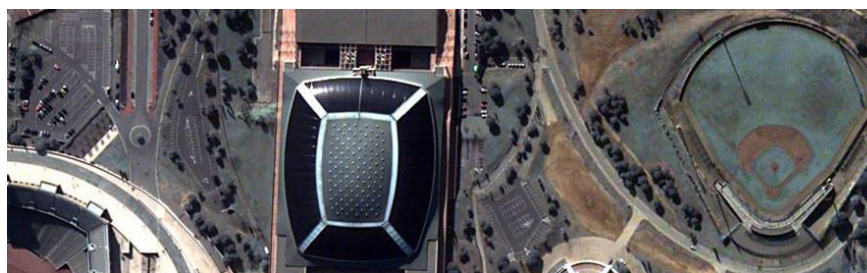
В **табл.1** приведены краткие характеристики основных типов КА ДЗЗ коммерческого использования, применение которых возможно для решения задач по созданию и обновлению ГИС предприятий нефтегазового комплекса. На **фото 1** представлены примеры фотоснимков различного разрешения.

Таблица 1. Краткие характеристики КА для получения данных ДЗЗ коммерческого использования

Название КА	Разрешение панхроматическое	Разрешение многозональное	Размер кадра	Страна
QuickBird 2	0,61 м	2,44 м	16 x 16 км	США
Iconos 2	1 м	4 м	11 x 11 км	США
EROS A1	1,8 м	-	12,5 x 12,5 км	США
КВР - 1000	2 м	-	40 x 40 км	Россия
Spot 5	5 м(2,5 м)	10 м	60 x 60 км	Франция
ТК - 350	10 м	-	200 x 300 км	Россия
Landsat 7	15 м	30 м	170 x 185 км	США

Следует также отметить, что по оценкам экспертов, в ближайшем будущем данные ДЗЗ станут основным источником информации для ГИС, в то время как традиционные карты будут использоваться только на начальном этапе в качестве источника статичной информации (рельеф, гидрография, основные дороги, населенные пункты, административное деление).

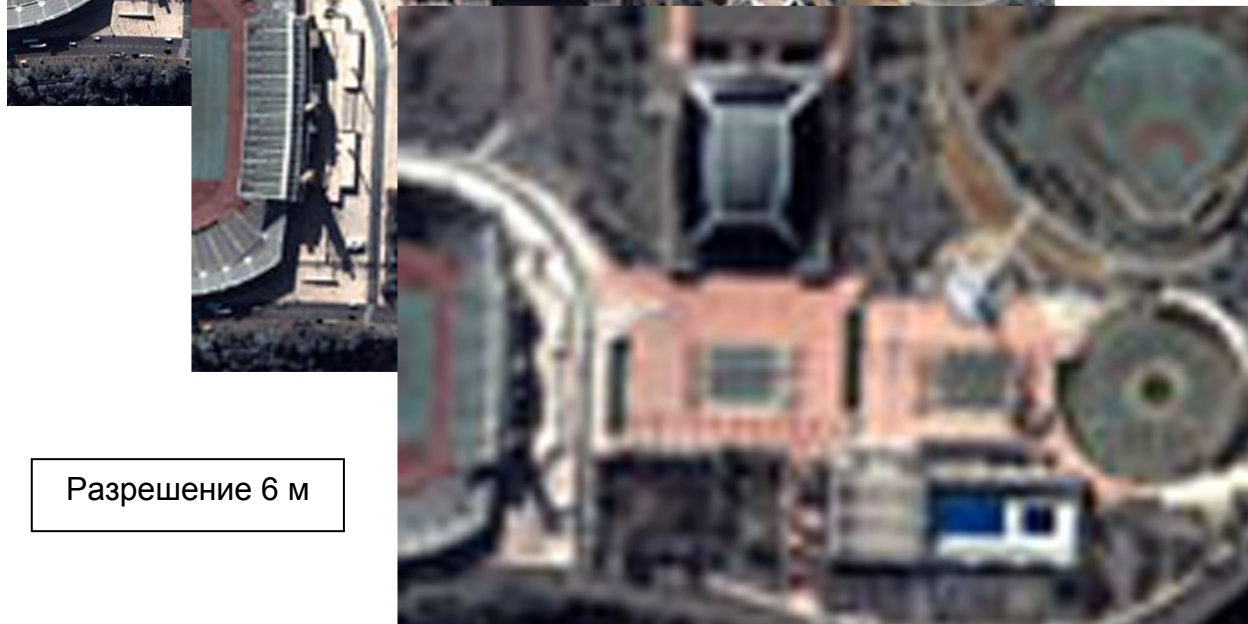
Фото 1. Пример фотоснимков различного разрешения



Разрешение 0,6 м



Разрешение 2 м



Разрешение 6 м

Технологии GPS

В настоящее время наблюдается бурный всплеск применения спутниковых систем, предназначенных для определения параметров пространственного положения объектов. Сегодня применяются две системы второго поколения – американская GPS (Global Positioning System) и российская ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система).

Данные систем глобального спутникового позиционирования (СГСП) применяются в различных (мониторинговые, изыскательские, исследовательские и т.п.) системах, где требуется жесткая пространственно-временная привязка результатов измерений. Основными достоинствами СГСП являются:

- Глобальность;
- Оперативность;
- Всепогодность;
- Точность;
- Эффективность.

О тенденциях развития этих систем можно судить по объему продаж спутниковых приемников GPS/ГЛОНАСС, который удваивается через каждые 2-3

года и, как ожидается по оценкам экспертов, в ближайшие годы возрастет с 8 до \$16 млрд. Этот прогноз базируется в том числе на том, что к 2005-07 гг. планируется развернуть европейскую систему глобального позиционирования – Galileo.

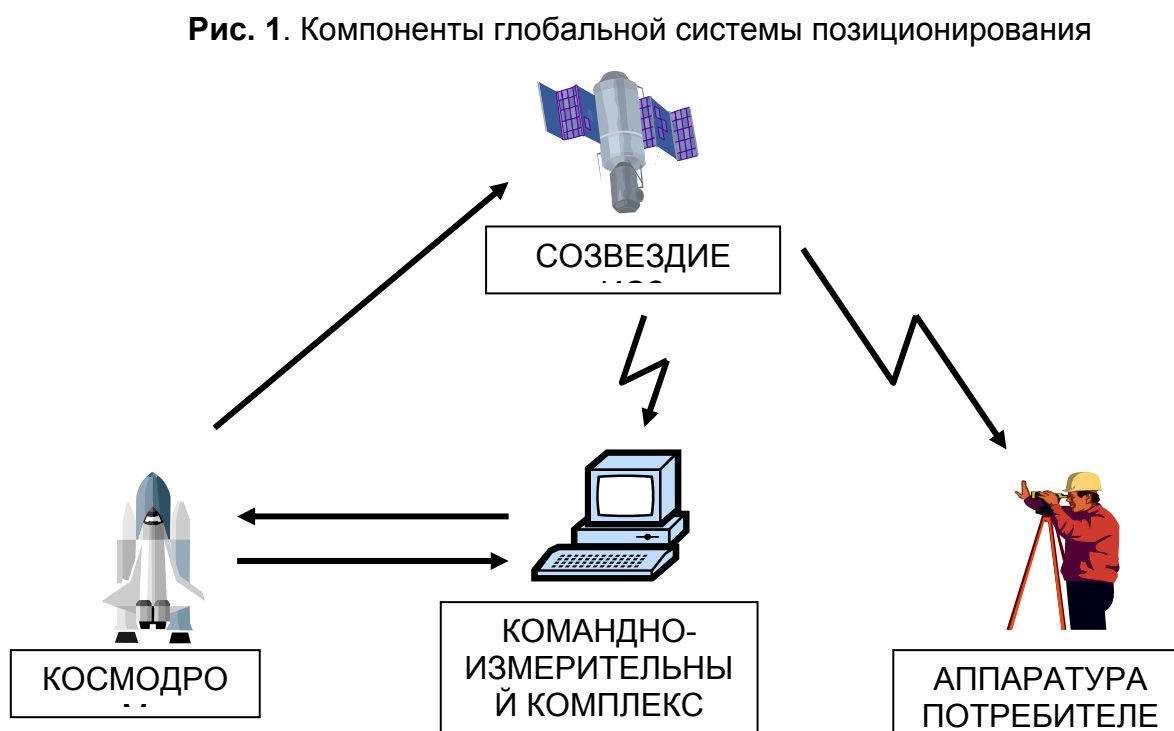
Обе системы – и ГЛОНАСС и GPS – двойного назначения, применяемые как в интересах безопасности собственных стран, так и в гражданских целях. Поэтому в РФ использование спутниковых приемников глобального позиционирования сопряжено с определенными ограничениями.

Основные направления применения спутниковых систем глобального позиционирования при геоинформационном обеспечении предприятий нефтегазового сектора экономики следующие:

- Развитие опорных геодезических сетей всех уровней от глобальных до съемочных, а также проведение нивелирных работ в целях геодезического обеспечения деятельности предприятий;
- Обеспечение добычи полезных ископаемых (открытая разработка, буровые работы и др.);
- Геодезическое обеспечение строительства, прокладки трубопроводов, кабелей, путепроводов, ЛЭП и др. инженерно-прикладных работ;
- Землеустроительные работы;
- Спасательно-предупредительные работы (геодезическое обеспечение при бедствиях и катастрофах);
- Экологические исследования: координатная привязка разливов нефти, оценка площадей нефтяных пятен и определение направления их движения;
- Съёмка и картографирование всех видов – топографическая, специальная, тематическая;
- Интеграция с ГИС;
- Применение в диспетчерских службах;
- Навигация всех видов – воздушная, морская, сухопутная.

В глобальных системах позиционирования выделяют три главные подсистемы (см. **рис.1**):

1. Наземного контроля и управления (НКУ);
2. Созвездия спутников (космических аппаратов - КА);
3. Аппаратуры пользователей (АП).



Подсистема НКУ состоит из станций слежения за КА, службы точного времени, главной станции с вычислительным центром и станций загрузки данных на борт КА. Спутники GPS проходят над контрольными пунктами дважды в сутки. Собранные информация об орбитах обрабатывается и прогнозируются координаты спутников (эфемериды). Эти и другие данные с наземных станций загружаются на борт каждого КА.

Подсистема КА (GPS) состоит из 24 основных спутников и 3 резервных (планируется увеличить эту группировку еще на 18 спутников). Каждый спутник имеет несколько атомных эталонов частоты и времени, аппаратуру для приема и передачи радиосигналов, бортовую компьютерную аппаратуру.

В системе глобального спутникового позиционирования каждый КА выполняет роль отдельного геодезического опорного пункта с известными координатами в текущий момент времени. Координаты измеряемого объекта, на котором находится GPS-приемник определяются методом линейных засечек. Измеренные параметры определяют поверхности положения, в точке пересечения которых находится искомый объект.

Все способы измерения дальностей основаны на определениях времени прохождения радиосигнала от спутника до приемника. В связи с этим точности эталонного времени уделяется повышенное внимание. На каждом КА установлено несколько атомных стандартов частоты, одновременно являющихся стандартами времени. Измерения производятся в так называемом беззапросном режиме, когда передатчик на спутнике работает непрерывно, а GPS-приемник включается по мере надобности.

Точность определения координат при использовании GPS-приемников может варьироваться в широких пределах от нескольких десятков метров до единиц сантиметров и зависит от способов измерений, которые делятся на:

- Абсолютные способы определения геоцентрических координат (автономные, дифференциальные);
- Относительные способы определения пространственных векторов – базовых линий (статические, кинематические).

Наибольшую точность обеспечивают дифференциальные и относительные статические способы. В их основе лежит способ измерения координат с двух станций находящихся друг от друга на относительно небольшом удалении (до 30 км). При этом считается, что на таких расстояниях измерения с двух станций до спутников искажены одинаково. Подобные методы измерений позволяют проводить профессиональные геодезические спутниковые GPS-приемники таких фирм как: Leica (Швейцария), Ashtech (США), Trimble (США) и некоторые другие.

В дифференциальном способе в приемниках должна быть предусмотрена возможность реализации дифференциального режима. Сущность данного метода заключается в следующем. Один приемник ставится на пункте с заранее известными координатами (например опорном пункте геодезической сети). При этом его называют базовой референц-станцией или контрольно-корректирующей. Другой приемник, подвижный, размещается на определяемой точке. Поскольку координаты базовой станции известны, то их можно использовать для сравнения с вновь определяемыми и находить на этой основе поправки для подвижной станции, которые передаются на подвижную станцию по радиоканалу посредством специального передатчика. Мобильная станция, получив дифференциальные поправки, корректирует свои измеренные координаты, тем самым повышая точность измерения.

Наиболее ощутимые выгоды от внедрения идеи исключения погрешностей достигнуты в способах относительных статических измерений. Как и в дифференциальном режиме, аппаратуру устанавливают на двух станциях, например А и В. В статике по разностям, свободным от многих искажений, вычисляют соединяющий эти станции пространственный вектор D:

$$D = (X_B - X_A, Y_B - Y_A, Z_B - Z_A).$$

Базовая станция должна иметь точные координаты, чтобы по измеренным приращениям можно было вычислить координаты остальных пунктов геодезической сети с требуемой точностью. Благодаря измерению приращений координат и применению фазового метода погрешности в результатах определения координат пунктов сведены к нескольким сантиметрам. Эти способы являются основными в геодинамических и важнейших геодезических работах.

Использование тех или иных видов GPS-приемников (см. табл.2) и методов измерений зависит от требований к точности определения координат опорных точек. Нет никакого смысла использовать дорогие геодезические приемники и продолжительные по времени методы измерений для получения координат опорной точки в целях привязки, например, снимков КА Landsat с разрешением 15 (30) м. В этом случае достаточно использовать простейшие недорогие навигационные приемники, обеспечивающие приемлемую точность в 5-20 м. Важно подчеркнуть, что точность всех GPS-приемников зависит не только от длительности проведения отдельных измерений и метода измерений, но и от числа видимых спутников над горизонтом, а также характера местности (равнина или застроенная территория), влияющего на переотражение сигнала.

Таблица 2. Техничко-экономические характеристики основных GPS-приемников

ТТХ	Ashtech (США)		Leica (Швейцария)		Trimble (США)		Sercel (Франция)
	PZ-12	Dimension	SR 299	SR 261	4000 SSE	PRO XL	NR 101
Ср. кв. погрешность	5 мм + 1 мм/км	10 мм + 1 мм/км	5 мм + 1 мм/км	10 мм + 2 мм/км	5 мм + 1 мм/км	0,1-0,2 м	5 мм + 1 мм/км
Кол-во частот	2	1	2	1	2	1	1
Кол-во каналов	12	12	9	6	9	12	9
Время набл. (мин)	До 10	До 20	До 15	До 20	До 15	До 10	До 20
Длина базы (км)	До 300	До 20	До 30	До 20	До 30	До 20	До 25
Вес комплекта	40	20	30	20	16	20	25
Время авт. работы на аккумуляторе	10	10	6	6	8	8	10

Необходимо отметить, что в настоящее время наметилась тенденция к тесной интеграции GPS-технологий и методов получения и обработки данных ДЗЗ, проявляющейся в основном в области аэрофотосъемки. Уже достаточно длительное время при съемочных работах используют аэрофотокамеры некоторых производителей, интегрированные с GPS-приемниками (см. фото 2), которые при фотосъемке местности фиксируют пространственные трехмерные координаты центра проекции каждого кадра. Использование данной технологии по

оценке специалистов позволяет сократить в 20-30 раз число опорных точек, требуемых для фотограмметрической обработки материалов залета, что существенно повышает производительность работ и снижает суммарную стоимость затрат на получение исходных данных.

Фото 2. Аэрофотокомплекс, интегрированный с GPS-приемником



Примеры применения ГИС

В настоящее время уже находит практическое применение на предприятиях нефтегазового комплекса ГИС-технологий интегрированных с данными ДЗЗ и GPS. Приведем конкретные примеры.

1. Группа Компаний BG Transco (Великобритания) отвечает за обслуживание более чем 10000 км подземных газопроводов. Чтобы избежать утечек газа, очень важно профилактическое обслуживание трубопроводов. Сейчас Transco использует несколько методов инспекции, включающие использование информации получаемой с патрульных вертолетов, аэроснимков, полевых топосъемок, традиционных бумажных карт и измерительных приборов для внутреннего обследования труб (PIG). Эти же методы используются для определения местоположения сооружений, необходимого при оценке

потенциально опасных областей вблизи газопровода в случае критических ситуаций.

Для анализа буферных зон в областях с высокой плотностью населения специалисты BG Transco использовали панхроматическое спутниковое изображение с разрешением на местности 1 м. Изображение было привязано по опорным точкам, полученным с помощью GPS-приемника. На изображение была наложена аналитическим методом (по координатам) трасса газопровода и в результате пространственного анализа была вычислена 200-метровая буферная зона потенциального риска и все объекты, находящиеся в ней.

2. РАО «Роснефтегазстрой» планировало постройку магистрального нефтепровода протяженностью 450 км в Ненецком Автономном округе. В рамках проекта решалась задача создания ГИС, обеспечивающей проведение полного пространственного анализа данных при решении как общих, так и частных прикладных задач на всех уровнях – от обоснования инвестиционных затрат до эксплуатации объекта. Использование такой системы позволяло постоянно добавлять новые данные, обновлять и корректировать уже существующие, моделировать и прогнозировать различные производственные процессы, чрезвычайные ситуации и устранение их последствий, отслеживать состояние окружающей среды.

Район исследований является весьма динамичным, там происходят активные эрозионные, склоновые, русловые процессы, развиты термокарстовые явления и абразия морских берегов. Использование данных топографических карт этого региона оказалось невозможным из-за их низкой достоверности, обусловленной существенными вышеназванными изменениями произошедшими с момента издания этих карт. Поэтому в качестве главного источника информации были использованы снимки КА Landsat, позволившие получить наиболее достоверную и оперативную информацию о местности в районе предполагаемой прокладки нефтепровода. На основе цифровой модели рельефа были созданы цифровые модели территории планируемого объекта, выполнены расчеты углов поворота, величины и направления уклонов по трассе нефтепровода.

В целом при проведении технико-экономического обоснования был выполнен следующий комплекс работ:

- Создание базы геоданных на заданную территорию (топография, вектор, ДДЗ);
- Трассирование;
- Согласование проекта и окончательное формирование трассы нефтепровода;
- Лазерное сканирование и формирование на основе полученных данных трехмерной модели местности в целях обеспечения строительства наиболее ответственных участков трубопровода;
- Создание единого информационного поля данных.

В приведенных примерах при создании ГИС применяют комбинированные источники информации: сочетание ДДЗ КА различной детальности, данные GPS-измерений, лазерная и стереосъемка, данные с топокарт и т.п. Все зависит только от требований, предъявляемых к системе. Можно утверждать, что комбинация информации, получаемой с помощью различных средств дистанционного зондирования Земли и данных GPS-измерений позволит получить полную и исчерпывающую информацию о любом объекте наиболее оперативно и достоверно, а также полностью обеспечит все потребности для информационного обеспечения любого проекта, любой системы, любого предприятия.

Устойчивый рост применения геоинформационных технологий на предприятиях нефтегазового комплекса, наметившийся в последнее время, обусловлен не только развитием возможностей самих ГИС, но и тесной интеграцией данных информационных систем с GPS-технологиями и технологиями получения и обработки данных ДЗЗ. Компания «Прайм Групп» применяет комплексный подход к созданию ГИС заказчика, используя все перечисленные методы сбора и обработки информации, осуществляя широкий комплекс услуг по созданию ГИС-решений в областях от экологического мониторинга и проектных работ до применения ГИС в системах управления имуществом и системах по поддержке принятия решений.

Литература

1. Серпинас Б.Б. Глобальные системы позиционирования. М.: ИКФ «Каталог», 2002. – 106 с.
2. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. М.:Картгеоцентр – Геоиздат, 2001. – 228 с.
3. Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ. М.:Картгеоцентр – Геоиздат, 1996. – 344 с.
4. Географические информационные системы в нефтегазовой промышленности. ООО Дата+. 2002 г.
5. Интернет-статья О.Блинковой. Парадная история ГИС. Статья опубликована по адресу http://www.computer-museum.ru/histsoft/gis_hist.htm