

На правах рукописи

Худяков Сергей Степанович

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
ДЛЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Специальность 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной
среды, веществ, материалов и изделий

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Красноярск – 2009

Работа выполнена в ЗАО «Красноярскгеофизика» (г. Красноярск)

Научный руководитель: доктор технических наук
Поздняков Владимир Александрович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Кашкин Валентин Борисович
кандидат технических наук
Савельев Андрей Сергеевич

Ведущая организация: Сибирский научно-исследовательский
институт геологии и минерального сырья
(СНИИГиМС) (г. Новосибирск)

Защита диссертации состоится «18» декабря 2009 года в 14 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.099.05 при ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» по адресу: 660074, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, 26, ауд. УЛК 1-15.

С диссертацией можно знакомиться в библиотеке Сибирского федерального университета по адресу: 660074, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, 26.

Автореферат разослан «17» ноября 2009 года

Учёный секретарь
диссертационного совета
ДМ 212.099.05



Е.А. Вейсов

Актуальность.

Освоение нефтегазовых ресурсов Восточной Сибири, учитывая сложные геологические, географические и экономические условия, требует значительных финансовых затрат, поэтому необходимо их тщательное обоснование, применение наиболее перспективных направлений и современных технологий с точки зрения экономической эффективности планируемых работ. Для обеспечения высокой точности регионального и локального прогнозов и моделирования резервуаров месторождений углеводородного сырья необходимо анализировать огромные массивы постоянно изменяющейся пространственно распределенной информации. Для решения этой задачи необходимо применение современных дистанционных методов исследования перспективных нефтегазоносных территорий, комплексное использование материалов дистанционных, неразрушающих природную среду геолого-геофизических и аэрокосмических методов зондирования Земли и самых совершенных технологий их обработки.

Для многоаспектного анализа геолого-геофизического информационного пространства, эффективного планирования и мониторинга геологоразведочных работ необходимо широкое применение геоинформационных технологий, как одного из наиболее перспективных направлений в деле достижения высокой прибыльности нефтегазовой отрасли, сочетающейся с рациональным природопользованием и неразрушающими методами изучения и контроля природной среды.

Эффективная реализация многократно возросшего потенциала современных, неразрушающих природную среду дистанционных методов исследования нефтегазоносных структур, основывающихся на повышении информативности и точности сигналов регистрирующей аппаратуры, применении самых современных технологий геофизических исследований и совершенных компьютерных систем интерпретации геолого-геофизической информации, возможна при условии максимального использования данных дистанционного зондирования Земли.

Поиск новых и повышение информативности и достоверности существующих методов аналитического и неразрушающего контроля природной среды, определяется необходимостью совершенствования способов обработки материалов аэрофотосъемки и космической съемки.

Разработка и усовершенствование технологий обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ), создание актуальных цифровых моделей

местности (ЦММ) на основе материалов аэрофотосъемки и космической съемки многократно увеличивают достоверность представления о геологическом строении исследуемой территории, минерально-сырьевых ресурсах и рациональной технологии разработки месторождений углеводородного сырья.

Обработка материалов аэрофотосъемки и космической съемки – важнейшая составная часть тематической обработки данных дистанционного зондирования Земли. Операции трансформирования ДДЗ предназначены для преобразования исходных растровых изображений в систему координат заданной картографической проекции.

Решение актуальных задач по качественному геоинформационному обеспечению комплекса геолого-геофизических работ по разведке и освоению месторождений углеводородов, связано с необходимостью усовершенствования существующих, и разработкой и программной реализацией новых алгоритмов и методов обработки ДДЗ, как важнейшего источника информационных данных, неразрушающих природную среду дистанционных методов, обеспечением достоверности полученной информации и оперативного доступа к ней на основе современных геоинформационных технологий.

Научная проблема определяется необходимостью разработки экономически эффективных и оперативных методов геометрической обработки ДДЗ, и создания актуальных и достоверных ЦММ для геоинформационного обеспечения комплекса геолого-геофизических работ по поиску и освоению месторождений углеводородов.

В диссертации **предлагаются технические решения** для оптимизации процессов обработки ДДЗ, путем использования разработанной методики и программного обеспечения, в целях повышения информативности и достоверности результатов, неразрушающих природную среду, аэрокосмических методов дистанционного зондирования Земли.

Объектом исследования настоящей работы являются материалы аэрофотосъемки и космической съемки, служившие в качестве основы для геоинформационного обеспечения геолого-геофизических работ по разведке и освоению нефтегазовых месторождений в Красноярском крае.

Цели исследования – повышение информативности и достоверности существующих, неразрушающих природную среду, дистанционных аэрокосмических методов исследования перспективных нефтегазовых месторождений, путем создания и апробирования методики геометрической

обработки ДДЗ на основе данных пространственной привязки пунктов геофизических наблюдений и цифровых моделей местности.

Основные задачи исследований

Для выполнения поставленной в работе цели, решались следующие задачи:

1. Провести анализ современных космических систем дистанционного зондирования Земли и методов их геометрической обработки для решения широкого круга научных и практических задач при выполнении комплекса геолого-геофизических и экологических исследований при поиске и эксплуатации месторождений углеводородного сырья.

2. Разработать методику создания опорной планово-высотной основы по материалам пространственной привязки пунктов геофизических наблюдений и цифровых моделей местности.

3. Создать алгоритмы и программные модули для создания опорной планово-высотной основы для оптимизации процесса геометрической обработки аэрофотоснимков и космических снимков, позволяющие повысить информативность и достоверность результатов обработки ДДЗ для геоинформационного обеспечения геологоразведочных работ.

4. Создать на основе разработанной методики базу данных опорных планово-высотных пунктов для геометрической обработки ДДЗ.

5. Экспериментально оценить результаты обработки на примере перспективных месторождений углеводородного сырья в Красноярском крае.

Фактический материал и методы исследований

Предлагаемые технические решения поставленных задач основаны на современных достижениях в области геометрической обработки ДДЗ, цифровых фотограмметрических методах трансформирования растровых изображений.

Фактический материал состоит из материалов аэрофотосъемок 2001-2003 г.г., материалов архивной космической съемки среднего пространственного разрешения Landsat-7 ETM+ 2000-2002г.г., материалов космической съемки высокого пространственного разрешения QuickBird 2006-2008 г.г.

В качестве программного обеспечения для цифровой обработки ДДЗ использовался программный комплекс ИТТ ENVI 4.5, для геоинформационного обеспечения MapInfo Professional 8.5, ESRI ArcGis 9.2.

Алгоритмы, программы, базы данных и методика обработки ДДЗ прошли стадию научно-производственного опробования на обширном и разнообразном экспериментальном материале.

На защиту выносятся следующие результаты:

1. Методика создания планово-высотной основы для геометрической обработки ДДЗ, позволяющая существенно снизить затраты на полевые геодезические работы для определения координат опорных наземных пунктов.

2. Методика анализа пространственного положения геофизической сети сейсмических профилей на основе ДДЗ.

3. Комплекс программ для создания базы данных опорной планово-высотной сети для оптимизации процесса геометрической обработки материалов аэрофотосъемки и космической съемки, повышающий информативность и достоверность результатов неразрушающих природную среду аэрокосмических методов дистанционного зондирования Земли.

Научная новизна диссертационной работы состоит из нижеследующего:

1. Впервые предложен метод создания опорной планово-высотной сети для геометрической обработки ДДЗ, на основе комплексного использования данных пространственной привязки пунктов геофизических наблюдений и цифровых моделей местности.

2. Разработаны алгоритмы и программные средства для создания базы данных опорной планово-высотной сети для оптимизации процесса геометрической обработки материалов аэрофотосъемки и космической съемки, позволяющие повысить информативность и достоверность результатов обработки, аэрокосмических методов дистанционного зондирования.

3. Разработаны программные средства для пространственного анализа топологии сейсмических профилей, вычисления и анализа пересечений линейных объектов цифровой модели местности с сейсмическими профилями, формирования файлов пересечений в форматах геоинформационных систем (ARCGIS, MapInfo).

4. Создана на основе разработанной методики база данных опорных планово-высотных пунктов для геометрической обработки ДДЗ на территорию перспективных месторождений углеводородного сырья в Красноярском крае.

Достоверность полученных результатов подтверждена данными полевых топографо-геодезических работ и материалами топографической съемки объектов инфраструктуры обустройства месторождений.

Личный вклад.

Автором разработана методика создания опорной планово-высотной сети для геометрической обработки ДДЗ, на основе комплексного использования

данных пространственной привязки пунктов геофизических наблюдений и цифровых моделей местности.

На основе расчетных формул разработано три численных алгоритма для пространственного анализа топологии сейсмических профилей, вычисления и анализа пересечений линейных объектов цифровой модели местности с сейсмическими профилями:

- алгоритм для проверки принадлежности координат сейсмогеологического объекта заданному полигону;

- алгоритм для создания и обработки файлов координат пересечения сейсмических профилей в пределах заданного полигона, включая: поиск файлов профилей по шаблону; перевод всех файлов в единую координатную зону; создания файлов в форматах геоинформационных систем (ARCGIS, MapInfo); нахождение координат пересечений между профилями; нахождение сейсмических профилей, лежащих внутри либо пересекающих заданный полигон;

- алгоритм для обработки и анализа топологии сейсмических профилей, создания векторных слоев форматах геоинформационных систем (ARCGIS, MapInfo) в проекции «широта-долгота».

На основе разработанной методики создана база данных опорной планово-высотной основы для ортотрансформирования материалов космической съемки высокого пространственного разрешения на территорию пяти перспективных месторождений углеводородного сырья в Красноярском крае.

Практическую значимость представляет разработанная технология и программный комплекс для геометрической обработки ДДЗ на основе данных пространственной привязки пунктов геофизических наблюдений и цифровых моделей местности, и созданная по разработанной методике база данных опорных планово-высотных пунктов на территорию перспективных нефтегазовых месторождений. Материалы диссертационных исследований внедрены и используются в ЗАО «Красноярскгеофизика», в ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть», ООО «Геола» и др.

Разработанная автором методика и комплекс прикладных программ применяются при верификации данных пространственной привязки сейсморазведочных профилей и скважин для выявления и коррекции ошибок в плановом положении, используется для ортотрансформирования материалов космической съемки и создания актуальных цифровых моделей местности для

геоинформационного обеспечения комплекса геолого-геофизических работ по разведке и освоению нефтегазовых месторождений.

Апробация работы

Основные результаты диссертационной работы были представлены и обсуждены на всероссийских и международных научных конференциях (Всероссийская конференция «ГЕОМОДЕЛЬ-2002» (Москва, 2002), EAGE International Conference & Technical Exhibition S-Pb - 2006 (Saint-Peterburg-2006), IX международная научно-практическая конференция и выставка «Геомодель-2007» (Геленджик, 2007), III International Conference Remote Sensing - the Sinergy of High Technologies (Moskow, 2008) и др.)

Публикации

По теме диссертации опубликовано десять печатных работ, из них три статьи в изданиях по списку ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из Введения, трех разделов, Заключения. Содержит 42 рисунка, 10 таблиц, библиографический список использованных источников из 98-и наименований. Общий объем диссертации – 148 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование необходимости и эффективности широкого применения данных дистанционного зондирования, как наиболее информативной составляющей геоинформационного пространства, для решения широкого круга научных и практических задач при поиске и эксплуатации месторождений углеводородов, существенно повышающих эффективность проектирования геологоразведочных работ, описание целей и задач исследований, а также основных научных результатов, полученных автором при подготовке диссертационной работы.

В **главе 1** освещены основные тенденции современного развития геоинформационных технологий, аэрокосмических систем и методов обработки данных дистанционного зондирования при геолого-геофизических исследованиях. Изложены основные принципы построения геолого-геофизического информационного пространства на основе неразрушающих природную среду дистанционных методов зондирования Земли и геоинформационных технологий.

Современное развитие геологии и геофизики, как важной составляющей в области наук о Земле и окружающем ее пространстве, связано с получением и обработкой больших объемов информации. Проблема адекватного и

эффективного восприятия больших объемов пространственно-распределенной информации при принятии тех или иных решений, традиционно решалась путем ее картографического отображения в различных аспектах и интегрированных модификациях, в определенных математических проекциях и тематических условных знаках. Потребность оперативного отображения информации и появление новых компьютерных технологий создания специализированных тематических карт на основе данных дистанционного зондирования (ДДЗ), обеспечило появление новых видов продукции, отличающихся от традиционных карт.

Необходимой основой анализа информационного геолого-геофизического пространства являются географические информационные системы (ГИС), возможности которых полностью соответствуют потребностям практически всех направлений деятельности нефтегазовой отрасли. Современные геоинформационные технологии и методы обработки ДДЗ, успешно применяются для решения широкого круга научных и практических задач при поиске и эксплуатации месторождений углеводородов, позволяют повысить эффективность проектирования и производства геологоразведочных работ.

В аспекте прикладного назначения, неразрушающие природную среду аэрокосмические и наземные системы дистанционного зондирования используются для получения, обработки и анализа информации, которая потом может использоваться практически во всех сферах. К таким задачам относятся экологическая оценка состояния окружающей среды (мониторинг источников загрязнения, мониторинг атмосферы, мониторинг вод суши морей и океанов, мониторинг почв, фоновый мониторинг), создание и обновление топографических карт, выделение геологических структур и разломов и т.п.

Следует отметить, что неразрушающие природную среду космические системы дистанционного зондирования существенно информативнее, чем наземные и аэрофотосъемочные, так как позволяют получать в близком к реальному режиму времени многоаспектную пространственно-распределенную информацию с любым пространственным разрешением и широчайшем диапазоне излучений. Это позволяет создавать колоссальное количество комбинаций изображений земной поверхности, порой самые неожиданные для визуального восприятия.

Космические сканирующие системы, являясь системами аналитического и неразрушающего контроля природной среды, по сравнению с

аэрофотосъемочными системами, имеют большую обзорность изображения или, иначе говоря, имеют существенно (на порядки) большую площадь сканирования территории, комплексное отображение всех компонентов геосферы, возможность регулярно повторять съемку, возможность получения информации для объектов, недоступных для изучения другими средствами.

Широкое применение ГИС и цифровых моделей местности становится нормой в практике планирования, проектирования, научного сопровождения геологоразведочных работ, при приемке полевых материалов, обработке, интерпретации и обобщении результатов геолого-геофизических исследований.

Использование цифровых моделей местности существенно улучшает качество и оперативность многоаспектного анализа геолого-геофизической информации, по своей сути, изначально являющейся пространственно-распределенной информацией. Модель геоинформационного пространства основанная на объектно-ориентированном принципе, дает максимально приближенную к естественной, связь геоинформационных систем с реальным миром, расширяет возможности по наращиванию требуемых функций системы и границ объектного мира.

Интеграция объектно-ориентированной модели ГИС с ДДЗ обеспечивает логичное и естественное решение связи атрибут-вектор-растр, так как не имеет различий между атрибутивной и пространственной составляющей. В основе этой модели - объект, который может поддерживать множественные связи с другими объектами данного пространства.

Уникальные свойства ДДЗ - их высокая детальность, одномоментный по времени охват большой площади сканируемого участка земной поверхности, возможность многократного получения повторных снимков или, иначе говоря, оперативный мониторинг любых, в том числе и труднодоступных территорий.

Следует отметить особые достоинства радиолокационной съемки, так как радиоволны, почти не поглощаясь, в то же время свободно проходят через облачность и туман, радиолокационная съемка может выполняться независимо от метеоусловий и времени суток. Современные компьютерные технологии в тематической картографии позволяют создавать карты повышенной информационной емкости по сравнению с традиционными картами. Перспективным направлением в технологии создания цифровых тематических карт на основе ДДЗ является применение цифровой фотограмметрии. Применение цифровых технологий при обработке материалов аэрокосмических съёмок

приводит к тому, что технологическая цепочка от обработки ДДЗ до создания оригинала тематической топографической карты является непрерывным процессом, т.е. может выполняться на одном и том же оборудовании одним специалистом.

Учитывая современное состояние информационных технологий в целом, можно с уверенностью констатировать тот факт, что развитие геоинформационных технологий, новые разработки в области неразрушающих природную среду дистанционных методов зондирования земной поверхности, совершенствование систем сбора, хранения и обработки информации - определяют современные тенденции создания интеллектуальных систем комплексной интерпретации результатов геолого-геофизических исследований.

Данные дистанционного зондирования активно применяются для решения разнообразных научно-исследовательских и прикладных задач при разведке и эксплуатации месторождений минерального сырья, благодаря уникальным возможностям съёмочных систем, таких как – обзорность, регулярность съёмки, высокое пространственное и радиометрическое разрешение и т.п.

В главе 2 представлен обзор неразрушающих природную среду систем дистанционного зондирования и методов обработки ДДЗ среднего и высокого пространственного разрешения, приведены общие сведения о методах цифровой обработки ДДЗ. Предложена технологическая схема для создания и обновления цифровых тематических карт по материалам аэрофотосъёмки и космической съёмки.

Одним из основных аспектов использования ДДЗ в современных геоинформационных технологиях является тематическое картографирование. Широкое использование материалов аэрофотосъёмки и космической съёмки в тематической картографии – продиктованное временем и необходимое условие для оперативного создания цифровых тематических карт, уникальных по информационной емкости, по сравнению с традиционными картами.

Самым сложным этапом в обработке ДДЗ является процесс трансформирования снимков. Под трансформированием обычно понимают установление однозначного соответствия между координатами объекта на снимке и на топографической карте или плане.

При геометрической обработке ДДЗ большое влияние на точность трансформирования оказывает алгоритм или граф обработки, который рекомендуется разрабатывать с учетом особенностей снимков. Для любого вида

трансформирования необходима планово-высотная подготовка снимков для наиболее точного определения параметров трансформирующих функций, говоря проще, необходимы опорные точки, для которых известны координаты на снимке и на местности (или карте).

Полевое определение координат опорных точек геодезическими методами с использованием современных систем глобального позиционирования (GPS-систем) - самый надежный и точный способ, но и существенно более затратный, так как выполняется в процессе полевых геодезических работ.

При трансформировании снимков без учета геометрии используются различные аппроксимирующие функции. Точность данного способа зачастую не удовлетворительна, и, кроме того, требует большого количества опорных точек. Одним из вариантов трансформирования снимков без строго учета геометрии снимка является способ подбора комбинации некоторых математических моделей, которые аппроксимируют отображающие функции. В этом способе формулы более сложные, чем при аппроксимации полиномами, но все же более просты, чем в случае строгого учета геометрии. Современные цифровые методы фотограмметрической обработки снимков обеспечивает создание принципиально новых эффективных технологий, позволяющих получать как стандартные виды продукции — цифровые карты, планы различного назначения, ЦМР, цифровые фотопланы и ортофотопланы и т.п., так и принципиально новые виды продукции, например, трехмерные модели местности, информацию для оперативного мониторинга и т.д. Если смещение точек за рельеф больше допустимого, то выполняется цифровое ортотрансформирование ДДЗ, говоря иначе, ортотрансформирование снимков – есть преобразование растровых данных снимка в ортогональную проекцию. Цифровой снимок представляет собой матрицу чисел. Числами (элементами) матрицы будут величины яркости каждого элемента (пикселя) изображения, т.е. цифровой снимок состоит из пикселей, следовательно, положение каждого пикселя соответствует положению его яркости в матрице \mathbf{A} ($\sum p_{i,j}$):

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{k1} & P_{k2} & \dots & P_{kn} \end{pmatrix} \quad (1.1)$$

где \mathbf{p} – числа яркости, \mathbf{i} и \mathbf{j} показывают номер строки и столбца, где располагается пиксель с яркостью $\mathbf{p}_{i,j}$, таким образом цифровой снимок полностью

описывает само изображение, т.е. геометрическую и фотометрическую информацию об объектах отображенных на снимках.

Точность цифрового изображения зависит от точности и качества исходного фотоизображения, а так же зависит от геометрических и фотометрических характеристик сканирующего устройства.

Две основные характеристики сканера, определяющие точность цифрового изображения – это разрешение при сканировании и точность позиционирования. Таким образом, на цифровом снимке положение пикселя характеризуется номером строки и столбца. Цифровое трансформирование можно выполнить прямым либо обратным путем, т.е. существует прямое и обратное трансформирование. При прямом трансформировании по координатам точек исходного снимка вычисляют координаты точек горизонтального снимка, таким образом, осуществляют прямой переход $x, y \rightarrow x^0, y^0$ по формулам аналитического трансформирования (1.2)

$$\begin{aligned} x^0 &= -f \frac{a_1(x - x_0) + a_2(y - y_0) - a_3f}{c_1(x - x_0) + c_2(y - y_0) - c_3f} \\ y^0 &= -f \frac{e_1(x - x_0) + e_2(y - y_0) - e_3f}{c_1(x - x_0) + c_2(y - y_0) - c_3f} \end{aligned} \quad (1.2)$$

Для вычисления x^0, y^0 необходимо знать элементы внутреннего ориентирования x_0, y_0, f и угловые элементы внешнего ориентирования, или иначе говоря, при прямом трансформировании элемент матрицы $A - p_{i,j}$ исходного снимка получит на трансформированном снимке новое положение в матрице. На практике чаще используют обратное трансформирование. Из формул обратной связи координат точек снимка и местности имеем:

$$\begin{aligned} x - x_0 &= -f \frac{x^0 a_1 + y^0 e_1 - fc_1}{x^0 a_3 + y^0 e_3 - fc_3} \\ y - y_0 &= -f \frac{x^0 a_2 + y^0 e_2 - fc_2}{x^0 a_3 + y^0 e_3 - fc_3} \end{aligned} \quad (1.3)$$

x^0, y^0 - координаты точки на горизонтальном снимке.

Вычислив координаты x, y , элементу трансформированного изображения x^0, y^0 присваивают яркость исходного изображения P с координатами x и y .

Из цифровых трансформированных снимков создается ортофотоплан или ортофотомозаика, на рисунке 1 приведен фрагмент ортофотоплана, созданного по разработанной в рамках диссертационной работы технологии.



Рис. 1 - Фрагмент ортофотоплана, созданного на основе обработки материалов космической съемки высокого разрешения по разработанной методике (точками отмечены пикеты сейсмических профилей, использовавшиеся в качестве исходной основы для ортотрансформирования космоснимка

В главе 3 приведено описание разработанной автором методики трансформирования данных дистанционного зондирования на основе материалов пространственного положения пунктов геофизических наблюдений и ЦММ. Приведены результаты практической апробации разработанной технологии.

Геометрическое трансформирование материалов аэрофотосъемки и космической съемки – важнейшая составная часть тематической обработки данных дистанционного зондирования Земли. Операции трансформирования ДДЗ предназначены для преобразования исходных растровых изображений в систему координат заданной картографической проекции.

Основополагающей идеей данной технологии является создание базы данных планово-высотной сети опорных точек, являющихся основой для геометрической обработки ДДЗ. Опорная сеть создается на основе данных пространственного положения пунктов геофизических наблюдений (ПГН) и

цифровой модели местности (ЦММ) посредством разработанных автором программных модулей.

Начиная с 70-годов на территории Восточной Сибири проводились, и особенно интенсивно проводятся в последнее время, региональные и локальные геофизические работы по созданию сети сейсмического профилирования. На данный момент в базе данных сейсмического профилирования ЗАО «Красноярскгеофизика» содержатся сведения о более чем 10 тысячах сейсмических профилей, общей протяженностью около миллиона погонных километров, состоящих, в свою очередь, из 200 миллионов пикетов, определенных в трехмерной системе координат. Сейсмические профили представляют собой прямолинейные просеки, уверенно распознаваемые на материалах космической съемки среднего (Landsat 7), и тем более высокого (QuickBird, GeoEye и т.п.) пространственного разрешения.

Пересечения сейсмических профилей между собой и характерные узловые точки могут служить планово-высотной основой для геометрической обработки материалов аэрофотосъемки и космической съемки, и создания ортотрансформированных ДДЗ. Точки пересечения сейсмических профилей и контуров, хорошо распознаваемых на снимке линейных объектов ЦММ, созданных на основе изданных крупномасштабных топографических карт масштаба 1:25000 и 1:50000 (линейные объекты гидросети, линии электропередач, трубопроводы, дороги, просеки) также могут быть использованы в качестве исходных опорных точек. Таким образом, плотность сети опорных точек для геометрического трансформирования ДЗЗ может достигать нескольких десятков точек на квадратный километр исследуемой территории.

Как указывалось выше, для процесса геометрического трансформирования ДДЗ необходима база данных опорных точек, в случае двумерного трансформирования (без учета влияния на изображение рельефа) – в плоской системе координат, для трансформирования с учетом влияния на изображение рельефа (ортотрансформирования) – в трехмерной системе координат. Как правило, создание сети опорных точек - процесс наиболее трудоемкий и сложный, он требует времени и значительных финансовых затрат на полевые работы для определения координат опорных наземных пунктов. При выполнении полевых геофизических работ по созданию сети сейсмического профилирования, обязательно производится планово-высотная привязка пикетов сейсмических профилей, координаты этих точек являются основой для создания базы данных

опорной сети по разработанной автором методике, которая используется в процессе геометрической обработки ДДЗ. На рисунке 2 приведена блок-схема, отражающая основные элементы разработанной технологии.

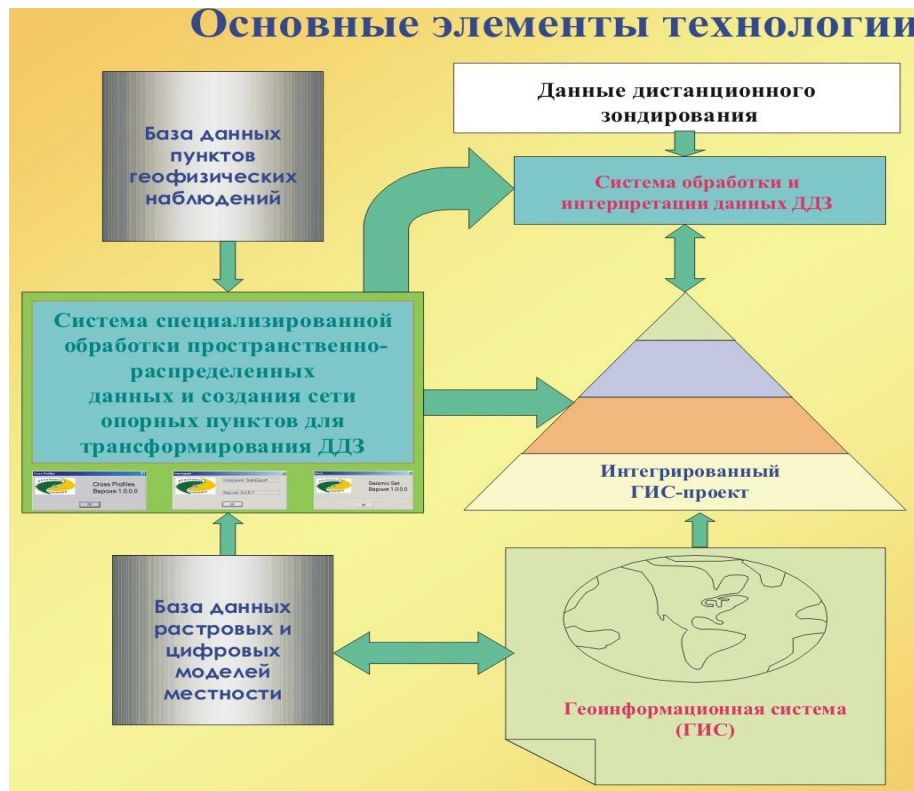


Рис. 2 - Основные элементы технологии трансформирования данных дистанционного зондирования на основе материалов пространственной привязки пунктов геофизических наблюдений и цифровых моделей местности

Ключевым моментом технологии является создание базы данных планово-высотной сети опорных точек, являющихся основой для геометрической обработки ДДЗ. Опорная сеть создается на основе данных пространственного положения пунктов геофизических наблюдений (ПГН) и цифровых моделей местности. База данных ПГН представляет собой особым образом структурированную информацию под управлением СУБД. В качестве системы обработки и интерпретации данных аэрофотосъемки и космической съемки может служить любой программный комплекс для обработки ДДЗ.

База данных цифровых моделей местности состоит из цифровых топографических и тематических карт, цифровых материалов крупномасштабных топографических съемок, созданных по известным технологиям.

Система специализированной обработки пространственно-распределенной информации для трансформирования ДДЗ, включает в себя три основных

программных модуля для анализа, коррекции и создания базы опорных точек пересечения сейсмических профилей и контуров линейных объектов ЦММ, созданных на основе изданных крупномасштабных топографических и тематических карт и материалов топографических съемок объектов инфраструктуры. Ниже приводится краткое описание функций созданных программных модулей «Seis Export», «Seismic Set», «Cross Profiles».

Созданные алгоритмов программные модули решают следующие основные задачи:

1. Анализ топологии сети сейсмического профилирования;
2. Вычисление и анализ точек пересечения сейсмических профилей в трехмерном координатном пространстве;
3. Вычисление и анализ пересечений сейсмических профилей с линейными объектами ЦММ;
4. Создание массива точек опорной планово-высотной сети для ортотрансформирования изображений ДДЗ в геоцентрической системе координат;
5. Создание файла цифровой модели рельефа (ЦМР) для формирования растровой модели рельефа;
6. Создание файла точек опорной планово-высотной сети для ортотрансформирования изображений ДДЗ в системе координат растрового изображения снимка;
7. Формирование базы данных опорной планово-высотной сети в форматах геоинформационных систем.

ДДЗ, получаемые в результате обработки по предлагаемой методике, представляют собой трансформированное, масштабированное растровое изображение объектов местности, и являются основой для создания и обновления цифровых тематических карт и решения научно-исследовательских задач при поиске и эксплуатации месторождений углеводородов. Фактически являясь растровой топографической картой соответствующего масштаба и точности, они служат объективной основой для проектирования геолого-геофизических работ, выполнения экологических мероприятий, согласования и отвода земельных участков под строительство объектов инфраструктуры месторождений.

Заключение

Основные результаты работы можно сформулировать в следующих выводах:

- Современные космические системы получения данных дистанционного зондирования представляют уникальную возможность для геоинформационного обеспечения геологоразведочных работ и экологических мероприятий при поиске и эксплуатации месторождений углеводородного сырья;
- Разработанные алгоритмы и программные модули обеспечивают оперативное и объективное представление данных дистанционного зондирования в виде цифровых ортоисправленных растровых изображений;
- Комплексное использование результатов обработки ДДЗ по разработанной технологии позволяет снизить финансовые и трудовые затраты при выполнении геологоразведочных работ по поиску и эксплуатации месторождений углеводородов.

Дальнейшее развитие исследований, начатых в диссертационной работе, состоит в усовершенствовании методики обработки ДДЗ, создании методики и программного комплекса по экологическому и геодинамическому мониторингу месторождений углеводородов.

Список работ автора по теме диссертации

По списку ВАК:

1. Худяков С.С., Поздняков В.А., Ефимов А.С. Интегрированные геолого-геофизические модели на основе объектно-ориентированной геоинформационной системы // Геофизика (Технологии сейсморазведки) №1, 2002, с.80-84.

2. Худяков С.С., Поздняков В.А., Ефимов А.С. Анализ планово-высотного положения сети сейсмических профилей на основе обработки данных дистанционного зондирования земли // Геофизика (Технологии сейсморазведки), №2, 2004. С.35-37.

3. Поздняков В.А., Худяков С.С. Методика обработки данных космической съемки на основе базы данных планово-высотного положения пунктов геофизических наблюдений // Геофизика (Технологии сейсморазведки), №3, 2009. С.83-86.

В других изданиях:

4. Худяков С.С., Поздняков В.А., Ефимов А.С., Лапушов А.В. Перспективы применения объектно-ориентированной ГИС «СОТО» в нефтегазовом комплексе // Третья всероссийская выставка-конгресс «Нефть и газ». - Томск, 2002.

5. Худяков С.С., Лапушов А.В., Ефимов А.С., Поздняков В.А. Совершенствование геоинформационных технологий на основе универсальной объектно-ориентированной ГИС // Всероссийская конференция «ГЕОМОДЕЛЬ-2002». - М., 2002.

6. Худяков С.С., Поздняков В.А. Перспективы создания и обновления цифровых баз геолого-геофизической информации на основе ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования Земли / Материалы конф. «Проблемы нефтегазоносности Сибирской платформы». – Новосибирск: СНИИГГиМС. - 2003. - С.130-133.

7. Худяков С.С., Поздняков В.А., Ефимов А.С. Возможности новых ГИС-технологий для мониторинга земельных, минеральных и биологических ресурсов / В сб. «Новые технологии и методы изучения и освоения природных ресурсов Эвенкии». - Тура: ЭвУПР, 7-10 июля 2003. - С.76-79.

7. Худяков С.С., Поздняков В.А., Козиков В.Ю. Перспективы использования данных дистанционного зондирования земли и цифровых моделей местности при проведении геолого-разведочных работ на нефть и газ // Материалы всероссийской научно-практической конф. «Пути повышения эффективности геологоразведочных работ на нефть и газ в Восточной Сибири и республики Саха (Якутия) 1-3 марта 2006». – Новосибирск: СНИИГГиМС. - С. 215-218.

8. Поздняков В.А., Ефимов А.С., Худяков С.С. Повышение информативности сейсморазведки на основе объектно-ориентированной технологии // Сб. докладов семинара Тюмень, ЕАГО «Возможности и проблемы обработки и интерпретации результатов сейсморазведочных работ». – Тюмень: ТО ЕАГО, 14-15 марта 2006. - С. 36-43.

9. Hudiakov S.S., Pozdniakov V.A. Analysis technology for position of profile shooting network and wells on the basis of earth remote sensing // Abstracts EAGE International Conference & Technical Exhibition, Saint Peterburg, 16–19 October 2006. P233, 4pp.

10. Худяков С.С., Поздняков В.А. Методика оценки и контроля пространственного положения пунктов геодезических наблюдений на основе геоинформационных технологий / Тез. докл. IX международной научно-

практической конф. и выставки «Геомодель-2007». Геленджик: EAGE, 16–21 сентября 2007. - С.31-32.

11. Khudyakov S.S., Pozdnyakov V.A., Khudyakov L.M. Procedure for EDS Processing Based of Geodeting Coupling Date for Array Stations // Abstracts II International Conference Remote Sensing - the Sinergy of High Technologies. М.: SOVZOND, 16-18 April 2008. OS60.

12. Худяков С.С., Поздняков В.А., Козиков В.Ю. Программа для ЭВМ Seismic Set / Свид. № 2005610688 от 23.03.05. М.: Федеральная Служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2005.

13. Худяков С.С., Поздняков В.А., Козиков В.Ю. Программа для ЭВМ Cross Profiles / Свид. № 2005610689 от 23.03.05. М.: Федеральная Служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2005.

14. Худяков С.С., Поздняков В.А., Козиков В.Ю. Программа для ЭВМ Seis Export / Свид. № 2005610690 от 23.03.05. М.: Федеральная Служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2005.

Худяков Сергей Степанович

Методика обработки данных дистанционного зондирования Земли
для геоинформационного обеспечения
геолого-геофизических исследований

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 12.11.2009. Заказ № 27

Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии ЗАО «Красноярскгеофизика»
660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 24-в
Тел. (3912) 591-743