# Комплексная космическая и наземная диагностика участка нефтепровода «Монги-Погиби» на о. Сахалин

# В.К. Шухостанов, А.Г. Цыбанов, К.Ю. Ленский

Отделение «Диагностика и безопасность техносферы», РАЕН, 119991, Москва, Ленинский проспект, 6 E-mail: <u>v-p@diatech.ru</u>

На территории острова Сахалин проведен комплекс работ по космической и наземной системной диагностике нефтепровода «Монги-Погиби» ОАО «НК "Роснефть-Сахалинморнефтегаз"» протяженностью 71,6 км. Т.о. была получена информация о реальном техническом состоянии нефтепровода «Монги-Погиби» из разных независимых источников. В работе проводится оценка корреляции данных космической и наземной диагностики. В процессе сравнения этих данных объясняются причины возможных расхождений.

### Введение

В 2005 году на территории острова Сахалин проведен комплекс работ по космической и наземной системной диагностике участка магистрального нефтепровода «Монги-Погиби» ОАО «НК «Роснефть – Сахалинморнефтегаз» протяженностью 71,6 км.

Космическая диагностика выполнена на базе архивного снимка с системы Landsat-7, имеющей 8 спектральных каналов, пространственные и спектральные характеристики которых приведены в Таблице 1.

Канал	Спектральный диапазон, (мкм)	Пространственное разрешение, (м)	
1 (Blue)	0,45-0,52	28,5	
2 (Green)	0,53-0,61	28,5	
3 (Red)	0,63-0,69	28,5	
4 (NIR)	0,78-0,90	28,5	
5 (SWIR)	1,55-1,75	28,5	
6 (TIR)	10,40-12,50	57	
7 (SWIR)	2,09-2,35	28,5	
8 (Panhrom)	0,52-0,90	14,25	

Таблица 1. Спектральные и пространственные характеристики сенсора ETM+ (Landsat-7)

Для увеличения пространственного разрешения каналов №1 - №7 было проведено их синтезирование (слияние) с панхроматическим каналом №8. В результате этой операции пространственное разрешение всех каналов повысилось до 14,25 м.

Целью космической диагностики было решение следующих задач:

- 1. Провести космическую трассодиагностику.
- 2. Выявить объекты естественного и искусственного происхождения в коридоре трассы нефтепровода.
- 3. Провести анализ растительного окружения и коррозионной активности грунтов.
- 4. Провести анализ рельефа местности и оценить влияние рельефа на нефтепровод.
- 5. Проведение линеаментного анализа.
- 6. Оценить общее состояние нефтепроводов по результатам космической диагностики.

После проведения космической диагностики независимо от нее выполнен комплекс работ по наземной системной диагностики. Эти работы позволили установить реальное техническое со-

стояние нефтепровода без вмешательства в технологический режим и без изменения режимов транспортировки нефти.

# Космическая и наземная трассодиагностика нефтепровода

Процедура проведения космической трассодиагностики основывалась на выявлении трассы нефтепровода во всех синтезированных спектральных каналах независимо друг от друга. При этом все спектральные каналы показали хорошую выявляемость трассы. Информация по выявляемости трассы в различных спектральных каналах космоснимка Landsat-7 приведена в Таблице 2.

Канал	Выявляемость трассы, %			
1 (Blue)	97,0			
2 (Green)	98,2			
3 (Red)	99,6			
4 (NIR)	96,6			
5 (SWIR)	98,1			
6 (TIR)	92,6			
7 (SWIR)	98,2			
8 (Panhrom)	97,6			

Таблииа 2.	Выявляемость	трассы	no	спектральным	каналам
				r	

Результаты выявления трассы нефтепровода по всем спектральным каналам с применением элементов моделирования были объединены в суммарную трассу.

Наземная топогеодезическая диагностика трассы нефтепровода проводилась путём обхода с целью определения фактического положения оси нефтепровода, определения координат крановых узлов, задвижек, отводов, врезок, километровых знаков и мест пересечения нефтепровода с дорогами, сторонними трубопроводами, кабелями и другими коммуникациями, ЛЭП, естественными и искусственными преградами. Нахождение фактического положения оси трубопровода проводилось с помощь высокоточной токово-топографической и навигационной систем.



Рис. 1. Результаты сравнения космической и наземной трассодиагностики

Результаты сравнения космической и наземной трассодиагностики показаны на рисунке 1. Следует отметить хорошую корреляцию результатов этого сравнения. Отклонения трассы, выявленной по космоснимкам от реальной трассы, составляют до 30 м в плане на основной части трассы. Это приемлемая точность для снимков подобного пространственного разрешения и геометрической точности. Тем не менее, выявлено 14 мест достаточно больших расхождений – от 32 м до 170 м. На рисунке 1 эти места отдельно вынесены и увеличены.

Как видно из рис. 1, расхождения наблюдаются, в основном, в «вершинах» - местах поворотов трассы. Эта ошибка связана, в первую очередь, с неточным дешифрированием и погрешностями моделирования. Для решения этой проблемы в дальнейшем совместно с Landsat-7 для неявно выявляемых участков следует использовать космические снимки сверхвысокого разрешения – такие как Ikonos и QuickBird.

#### Анализ растительного окружения и коррозионной активности грунтов

Оценка растительности в коридоре трассы нефтепровода проведена на основе базы данных SPOT-4-VEGETATION (Рис. 2). Анализ базы данных SPOT-4 с использованием информации Landsat-7 позволил устойчиво выделить 6 классов. В том числе были обнаружены болота, мари и участки с открытой водой, расположенные около и пересекающие исследуемый нефтепровод. В итоге определены 3 потенциально опасных места с повышенной коррозионной активностью грунтов, в которых возможны процессы дефектообразования. Эти участки обозначены на рисунке 2 черным цветом.



Рис. 2. Анализ растительного окружения и коррозионной активности грунтов по отношению к данным наземной диагностики

Проведенная наземная системная диагностика выявила множество дефектов на нефтепроводе. Результаты наземной диагностики нанесены на нефтепровод (Рис. 2) в виде плотности дефектов (темные цвета обозначают высокую плотность дефектов). На рис. 2 наблюдается достаточно хорошее совпадение результатов космической и наземной диагностики для участков повышенной коррозионной активности грунтов №1 и №2. На участке №3 результаты хуже, но на этом участке по данным ультразвуковой толщинометрии обнаружен коррозионный износ стенки нефтепровода с потерей толщины 20 %.

Таким образом, в целом корреляция космических и наземных исследований в данном виде анализа удовлетворительная.

# Оценка рельефа местности в коридоре трассы исследуемого нефтепровода по данным наземной и космической диагностики

Резкие изменения рельефа являются одним из осложняющих факторов, влияющих на работу нефтепровода. Так, при остановке перекачки статическое давление может быть значительным на одной стороне участка по отношению к другой за счёт большой разности высот.

В качестве исходных данных для анализа рельефа местности в коридоре трассы использовалась информация радарной радиолокационной интерферометрии. На основе этих данных первоначально была получена сеть опорных точек. Эта сеть была визуализирована по высотам в градациях различных цветов для получения предварительной цифровой модели местности. На полученную модель наложена трасса исследуемого нефтепровода для предварительной оценки местности коридора трассы нефтепровода (Рис. 3).

По предварительным измерениям выявлено 2 участка в коридоре трассы нефтепровода с максимальной высотой относительно уровня моря (Рис. 3).



Рис. 3. Визуализированная цифровая модель рельефа на основе данных радарной радиолокационной интерферометрии

Для более подробного исследования сеть опорных точек была интерполирована в непрерывную поверхность методом Обратно Взвешенных Расстояний (OBP). В итоге расчета была получена непрерывная растровая поверхность исследуемой местности с разрешением 15 м в плане, что соответствует пространственному разрешению используемого космического снимка. Используя эту поверхность в качестве источника высот в космическом снимке Landsat-7, была создана трехмерная модель высокого разрешения исследуемой местности (Рис. 4).



Рис. 4. Трехмерная модель исследуемой местности, визуализированная космическим снимком Landsat-7

Пространственное разрешение полученной модели (15 м в плане) позволило провести подробный расчет высоты трассы исследуемого участка нефтепровода относительно уровня моря. Под трассой нефтепровода в данном случае понимается земная поверхность, находящаяся над нефтепроводом.

Уточнены участки с перепадом высот местности, которые могут оказать дополнительные нагрузки на нефтепровод. На рис. 5 приведены трехмерные модели этих участков с указанием координат характерных точек (наибольшая и наименьшая высота).



Рис. 5. Трехмерная модель участков с перепадом высот

При проведении наземной диагностики участки с перепадами высот были обнаружены и локализованы с большей точностью. Полученная информация использовалась при определении мест шурфовок.

Таким образом, оценка рельефа местности в рамках космической диагностики является неотьемлемым этапом перед комплексом наземных работ для получения достоверной и точной информации по оценке рельефа местности.

#### Линеаментный анализ исследуемой территории

Линеаментный анализ представляет собой один из независимых методов диагностики технического состояния нефте- и газотранспортных систем и их окружения.

Результатом линеаментного анализа является карта участков повышенной тектонической нагрузки исследуемой территории, представляющая собой потенциально опасные участки развития современных геологических процессов, на которых возможно неблагоприятное напряженнодеформированное состояние трубы, подтопление, уменьшение глубины заложения.

Методика проведения линеаментного анализа включает в себя следующие основные этапы:

- 1. Анализ архивных материалов исследований предыдущих лет (геологические, тектонические, геофизические карты).
- 2. Автоматизированный линеаментный анализ космических спутниковых снимков на территорию исследования.
- 3. Многомерный статистический анализ.

Входными данными для линеаментного анализа являются данные аэрокосмической съемки в видимом, инфракрасном диапазонных, данные радиолокационной съемки, данные аэрогравитационной и аэромагнитной съемок. Чем больше данных (измерений) участвуют в многомерном статистическом анализе, тем объективнее будут результаты анализа. Все входные данные должны иметь одинаковую размерность (размер ячейки сети наблюдений должен быть одинаков по всем измерениям).

В данном исследовании применялись: карта магнитного поля, карта гравитационного поля, тектоническая карта, геологическая карта, карта разломов, карта рельефа и космические снимки Landsat 5 TM (каналы №1, №4 и №6).



Рис. 6. Сравнение результатов линеаментного анализа с результатами наземной диагностики В процессе анализа архивных материалов определяется характер тектонических нарушений, основные направления их простирания. Так как на результаты расчета влияет антропогенная составляющая – инфраструктурные объекты (дорожная сеть, ЛЭП, коридоры коммуникаций и трубопроводных систем и др.) не характеризующие повышенную тектоническую нагрузку, проводится пошаговое загрубление исходных данных с целью генерализации и устранения влияния антропогенных факторов.

Далее в процессе автоматизированного анализа строятся карты изолиний плотностей линеаментов по заданным направлениям.

Заключительным этапом является построение комплексной карты повышенной тектонической нагрузки (Рис. 6).

В процессе линеаментного анализа было выявлено 10 участков повышенной тектонической нагрузки на нефтепроводе.

Сравнение результатов наземного диагностического обследования с результатами линеаментного анализа показало среднюю корреляцию. Из рисунка 6 видно, что места концентрации дефектов не всегда совпадают с местами повышенной тектонической нагрузки. Это означает, что в данном случае геологические процессы, происходящие на территории прохождения трассы нефтепровода, протекают достаточно медленно и не влияют заметно на техническое состояние нефтепровода (тем более на коррозионное состояние). Тем не менее, для полноценного диагностического обследования процедуру линеаментного анализа рекомендуется проводить всякий раз, когда идет речь о техническом состоянии нефтепровода на сейсмически активной территории.

#### Выводы

Анализ результатов комплекса работ по космической и наземной системной диагностики участка нефтепровода «Монги – Погиби» показал хорошую согласованность этих работ и выявил некритические расхождения.

Точность космической трассодиагностики приемлема для космических снимков подобного пространственного разрешения и геометрической точности. Для увеличения точности выявления трассы следует применять ортотрансформированные снимки более высокого пространственного разрешения на проблемных участках.

Корреляция космических и наземных исследований по анализу коррозионной активности грунтов и рельефа местности удовлетворительная. Подобные исследования могут с успехом применяться как предварительные и оценочные, которые впоследствии будут уточнены комплексом наземных диагностических работ.

Сравнение результатов наземного диагностического обследования с результатами линеаментного анализа в данном случае показало среднюю корреляцию. Это объясняется, в первую очередь, тем, что природа дефектов, выявленных наземной диагностикой, в основном, коррозионная. Глобальные геологические процессы в данном случае проходят достаточно медленно и не оказывают заметное влияние на техническое состояние исследуемого нефтепровода.

Подводя итоги можно сказать, что космическая диагностика, проведенная перед комплексом основных наземных диагностических работ, позволяет экономить как время, так и прочие затраты. Полученная предварительная информация об исследуемом объекте и территории позволяет эффективно распределять ресурсы и планировать дальнейшие работы. Зачастую космическая диагностика является единственным источником информации, на которую можно положиться. Некоторые виды работ, проводимых в рамках космической диагностики (например, трассодиагностика) с успехом могут заменить или существенно облегчить наземное диагностическое обследование.