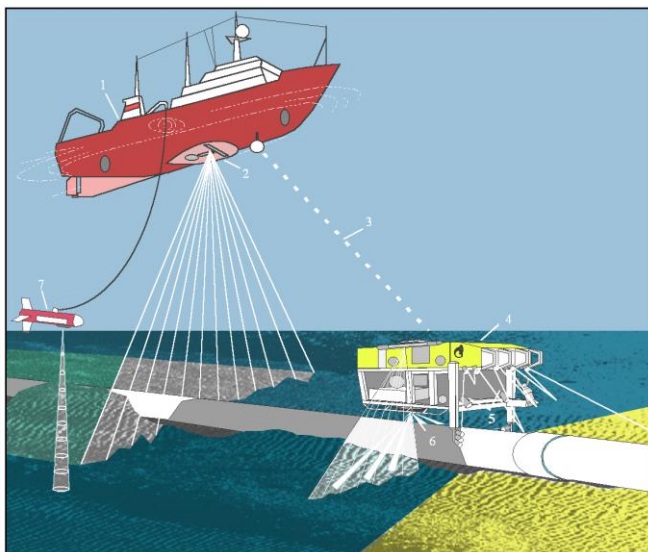


# Применение интегрированных геоинформационных технологий для мониторинга состояния глубоководного участка газопровода "Голубой поток"

*В.С. Вовк, М.Е. Рыков, ОАО "Газпром", Москва,  
А.Н. Блинков, ЗАО "Интари", С-Петербург*

Морская трубопроводная газотранспортная система "Голубой поток" должна обеспечить подачу российского газа в Турцию в объеме до 16 млрд. куб. м в год. Основная ее часть, протяженностью около 400 км, будет проложена по дну Черного моря от пос. Джубга до Самсуна на глубинах более 2000м.



*Рис.1. Проведение инспекции подводного трубопровода*

газопровода "Голубой поток" рассматривается, как взаимосвязанный комплекс следующих организационно-технических мероприятий:

- контроль за проведением изысканий и создание геоинформационной базы результатов изысканий трассы газопровода,
- контроль за укладкой газопровода и качеством выполнения основных технологических операций при его строительстве,
- регулярное обследование технического состояния газопровода в ходе его эксплуатации,
- анализ информации о состоянии трубопровода с целью оценки возможности поддержания проектных режимов его эксплуатации и планирования профилактических работ.

**Контроль изысканий и создание геоинформационной базы данных.** Контроль качества изысканий и сбор исходной информации о состоянии трассы газопровода выполнялся специалистами - супервайзерами ОАО "Газпром", которые постоянно присутствовали на судах, выполнявших предварительные и детальные изыскания трассы газопровода. Для изучения фактического состояния трассы и анализа воздействия на газопровод различных факторов окружающей среды ЗАО "Интари", по заказу ОАО "Газпром", разработало прикладную геоинформационную базу данных, в которую помещены все доступные на настоящий момент первичные и обработанные результаты предварительных изысканий. Общий объем

информации, хранящейся в базе данных, составляет около 6 Гигабайт. Структура базы данных реализована в виде двух взаимодействующих модулей: геоинформационной системы Caris и системы управления базами данных Microsoft SQL Server 6.0.

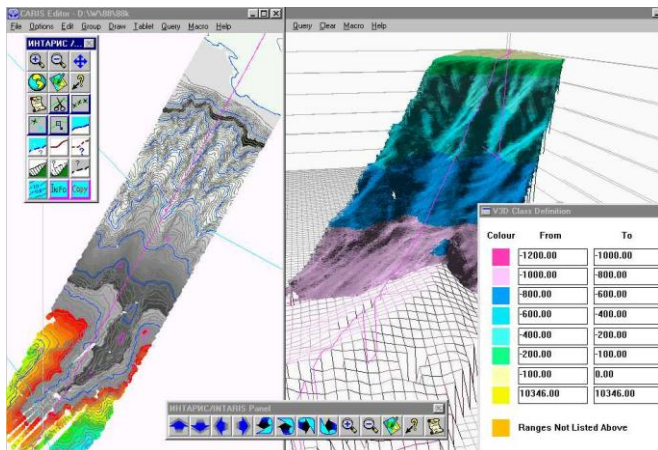


Рис. 2. Результат запроса к базе данных изысканий (Российский прибрежный участок)

Геоинформационная система Caris обеспечивает хранение, обработку и отображение распределенных послойно пространственных данных, в состав которых входят:

- батиметрические карты морского дна по трассе,
- карты геологического строения дна,
- гидроакустические изображения дна и сейсмоакустические разрезы,
- схемы трассы газопровода с

обозначением дистанционных пикетов,

- места отбора проб грунта и гидрологических станций,
- береговая черта с элементами навигационной карты (кабели, якорные стоянки, навигационные знаки),
- зоны предполагаемых геологических опасностей (оползни, потоки осадков, выходы природного газа),
- дополнительная информация (дублирующие данные глубин и альтернативная интерпретация грунтов).

Система управления базами данных обеспечивает эффективное хранение и обработку атрибутивной информации, в том числе:

- первичных батиметрических данных в формате XYZ,
- таблиц с текстовой и цифровой информацией, относящейся к отображаемому объекту или полигону,
- данных о температуре и солености воды,
- описаний проб грунта дна,
- текстов отчетов.

Инструментальные средства геоинформационной базы данных позволяют:

- провести обработку, численный анализ и инженерные расчеты с использованием всех имеющихся результатов изысканий и подготовить требуемую информацию в виде карт, графиков и таблиц,
- реконструировать внешний вид трассы с расположенными на ней элементами газопровода и рассмотреть любой ее участок с различных направлений и в любом масштабе.

**Анализ особенностей природных условий на трассе газопровода.** Большой перепад глубин и разнообразие геологического строения морского дна вдоль трассы газопровода определяют различный характер тех негативных факторов, которые будут оказывать

доминирующее влияние на его техническое состояние в различных зонах. К ним можно отнести:

- нестабильность системы "грунт-труба",
- напряженно-деформированное состояние трубы, вызванное ее провисанием при пересечении "ущелей" и "пиков" в рельефе дна,
- то же вызванное размывом и эрозией грунта дна под трубой,
- то же вызванное смещениями трубы по воздействию оползней и мутьевых потоков,
- вибрации свободных пролетов трубы, индуцированные подводными течениями,
- коррозионные процессы.

Для предварительной оценки значимости этих факторов был проведен геоморфологический анализ морского дна вдоль российской части трассы газопровода, из которого, в частности, следует, что на российском шельфе и материковом склоне эрозионные процессы наиболее интенсивны в так называемых транзитных зонах - областях резкого изменения геологического строения морского дна. Для различных участков трассы оценена мощность аккумулятивных потоков, характеристики неоднородностей рельефа трассы типа "ущелей" и "пиков", распределения крутизны склонов.

Полученные результаты подтверждают, что с точки зрения воздействия негативных факторов окружающей среды различные участки газопровода будут находиться в существенно разных условиях, что должно учитываться при разработке технологической схемы и регламента проведения мониторинга его технического состояния. При этом оптимизации подлежат как состав контролируемых параметров, так и периодичность и степень детальности обследования.

**Технология мониторинга технического состояния.** Для внешнего обследования глубоководного участка газопровода планируется использовать привязной телеуправляемый подводный аппарат (ROV). В процессе обследования ROV будет двигаться вдоль трассы газопровода на небольшом расстоянии от трубы и выполнять различные виды съемки газопровода и замеры параметров, необходимые для оценки его технического состояния.

Анализ условий на трассе газопровода позволяет определить следующий состав базового оборудования, предполагаемого к установке на ROV:

1. Комплект видеокамер для осмотра открыто лежащих на поверхности дна участков газопровода с целью обнаружения зон эрозии и размыва грунта, наносов и навалов грунта, погружения трубы в грунт, провисаний трубы, смятий и деформаций оболочки трубы, повреждения или потери опор, весовой изоляции или элементов электрохимической защиты.
2. Многолучевой эхосонар для съемки рельефа трассы и измерения планово-высотного положения открытых участков газопровода с целью определения длины пролетов, величины изгибов и провисаний, сдвигов в горизонтальной плоскости, что необходимо для выполнения расчетов напряженно-деформированного состояния в зонах нарушений его ложа.
3. Сканирующий гидроакустический профилограф для измерения планово-высотного положения участков трубопровода, находящихся под грунтом дна, проложенных в траншее, заиленных, занесенных или погрузившихся в илы.

Кроме того, в ходе внешнего обследования с помощью специальных датчиков должны измеряться уровень вибраций свободно висящих участков газопровода, уровень защитного потенциала, температура наружной поверхности стенки трубы и другие параметры.

Сопоставление результатов внешнего обследования состояния газопровода с информацией, получаемой методами внутритрубной диагностики, будет являться основой для выработки рекомендаций по предельным и оптимальным режимам транспортировки газа.



Рис.3 Сюрвейерное судно «Академик Голицын» выполняет операции с ROV (фотомонтаж)

компания-оператор, имеющая необходимый опыт обследования глубоководных инженерных сооружений. В последующем ОАО "Газпром" планируется перейти к выполнению этих работ собственными силами.

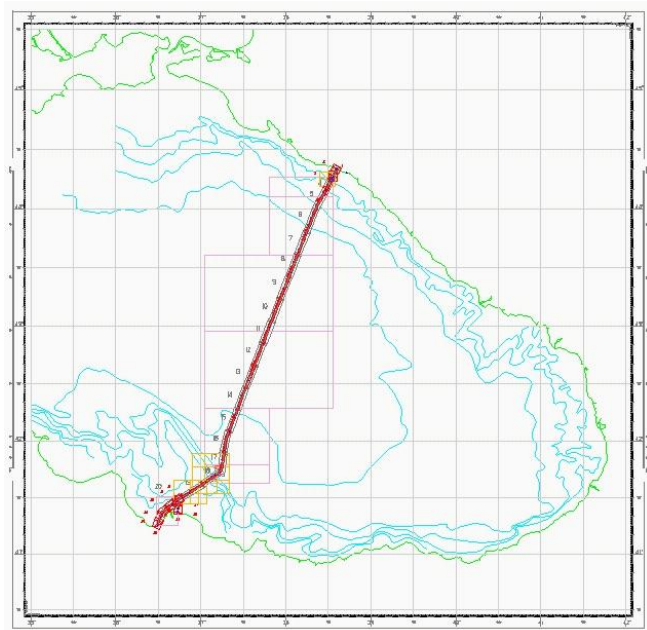


Рис.4. Трасса морского участка трубопровода «Голубой поток»

SCADA). В процессе обработки будет учитываться фоновая и историческая информация о газопроводе, полученная на предшествующих этапах проекта (данные о состоянии трассы, рабочий проект, результаты исполнительной съемки).

Конечным результатом этого анализа должны быть:

- текущая оценка и прогноз технического состояния газопровода,
- рекомендации, необходимы для определения оптимальных и предельных режимов перекачки газа,
- планы и проекты технического обслуживания трубопровода и его повторной диагностики.
- Основными пользователями ГИС «Голубой поток - Море» будут:

В качестве судна-носителя ROV планируется использовать принадлежащее ОАО "Газпром" научно-исследовательское судно "Академик Голицын", для чего в настоящее время проводится его модернизация, включающая установку системы динамического позиционирования, систем спутниковой и подводной навигации, бортового вычислительного комплекса, средств космической связи. На начальном этапе эксплуатации для управления собственно ROV будет привлечена

Комплексная геоинформационная система по проекту. Ядром системы мониторинга газопровода будет являться комплексная геоинформационная система по проекту, так называемая ГИС "Голубой поток - Море". Данная ГИС должна обеспечивать оперативное формирование и использование информационной модели морского участка газопровода - единой, хорошо управляемой, легко доступной базы всех существующих данных по газопроводу, окружающей его среде и истории его эксплуатации.

В этой ГИС будут храниться, обрабатываться и анализироваться все первичные данные, получаемые в ходе эксплуатации газопровода (результаты внешних обследований, данные внутритрубной диагностики, оперативная информация, поступающая из системы



- компании, ведущие эксплуатацию и техническое обслуживание газопровода;
- научные и проектные организации ОАО “Газпром”;
- органы управления ОАО “Газпром”;
- консалтинговые и страховые компании.

**Основные этапы перспективных работ.** Для того, чтобы реализовать рассмотренный подход к организации производственно - технологического мониторинга морского участка газопровода "Голубой поток" с целью обеспечения эффективного контроля его состояния ОАО Газпром” планирует до начала строительства выполнить следующие первоочередные работы:

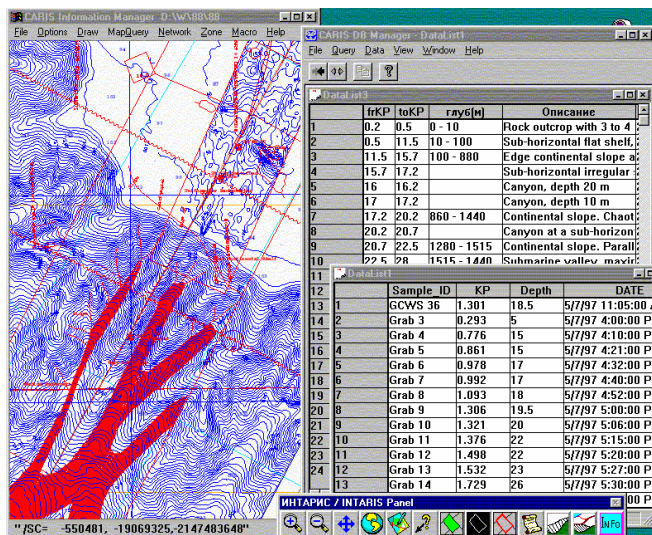


Рис.6. Отображение данных по трассе морского участка трубопровода «Голубой поток»

- создать полномасштабную геоинформационную систему и обеспечить ввод в нее всех имеющихся и вновь получаемых данных по проектируемому газопроводу,
- разработать технический проект оборудования ROV комплексом сюрвейерного оборудования для инспекции газопровода, технологическую схему и регламент его применения,
- закупить сюрвейерное оборудование, выполнить его системную интеграцию и смонтировать на судне “Академик Голицын”,

- подготовить эксплуатирующий персонал, создать тестовый полигон в районе строительства и в опережающие сроки провести комплексную отработку технологии мониторинга.

Это позволит с начала строительных работ обеспечить проведение независимого контроля их выполнения с использованием сюрвейерного судна "Академик Голицын", что будет способствовать повышению качества строительства газопровода. В последующем решение этих вопросов будет способствовать эффективной и безопасной эксплуатации морского участка газопровода, своевременному планированию и проведению на нем необходимых профилактических работ.

Настоящий выпуск журнала посвящен вопросам применения геоинформационных систем в строительстве и эксплуатации наземных и подводных трубопроводов.

Представленные статьи рассматривают различные аспекты применения ГИС для управления такими сложными пространственно-распределенными объектами, каковыми являются магистральные трансконтинентальные трубопроводы. На протяжении всего жизненного цикла этих объектов – от изысканий до консервации – ГИС используются для решения трех основных задач: сбора, хранения и интерпретации технологической и природоресурсной информации, анализа и прогнозирования состояния трубопровода, поддержки принятия управляющих решений. Находящийся в единой ГИС-среде полный, достоверный, легко управляемый набор сведений о трубопроводе является ключевым элементом управления качеством проекта, контроля материальных ресурсов и достижения, как конечной цели, его высокой экономической эффективности.

Вопросам сбора оперативной природоресурсной информации о состоянии морского дна посвящена статья «Долговременный мониторинг подводных землетрясений и окружающей среды глубоководных районов» японских специалистов. Формально она не имеет прямого отношения к геоинформатике, однако она очень показательна в контексте задач получения ГИС-информации реального времени в высокосейсмичных зонах, подобных по своим геолого-тектоническим условиям морскому участку трассы трубопровода «Голубой поток».

Статьи «Проект «Голубой поток»: единая геоинформационная база данных как основа технологического проектирования и эксплуатации морских газопроводов» и «Применение интегрированных геоинформационных технологий для мониторинга состояния глубоководного участка газопровода «Голубой поток» представляют концепцию применения ГИС-технологий в строительстве и эксплуатации газопровода «Голубой поток», который является крупнейшим реализуемым в настоящее время проектом ОАО «Газпром» и предназначен для транспортировки природного газа в Турцию по дну Черного моря. Эти статьи представляют особый интерес прежде всего широтой и комплексным характером постановки задач геоинформационного обеспечения крупных проектов, что может стимулировать разработку и предложение новых наиболее адекватных подходов для их решения. Пример разработки специализированной геоинформационной системы для управления данными изысканий по проекту газопровода «Голубой поток» приведен в работе «Геоинформационная система Marine Pipeline Studio».

В статье «3С алгоритм геоморфологического анализа морского дна» описан опыт применения численных методов для оценки зон повышенного геориска на трассах подводных трубопроводов и кабелей. Эти алгоритмы могут использоваться для выявления экологически уязвимых зон при строительстве и эксплуатации трубопровода.

Статья белорусских специалистов «Геодезическое обеспечение сети магистральных трубопроводов республики Беларусь» посвящена топографо-маркшейдерским изысканиям коридоров трубопроводов России. В работе «Применение геоинформационных технологий для проектирования объектов добычи и транспорта ямальского газа» описывается опыт разработки специализированной информационной системы по объектам добычи и транспорта ямальского газа «СИС-Ямал».

О том, как начать разработку ГИС для строительства и эксплуатации трубопроводов опираясь на уже существующие в компании информационные технологии – такие, как системы управления электронным документооборотом, САПР или организационно – экономическая система SAP R/3 – рассказывается в статье «Как начать разработку ГИС для трубопровода». Концептуальным вопросам применения геоинформационных технологий в нефтегазовой промышленности посвящена статья ведущего специалиста компании Chevron «Использование ГИС в нефтяной индустрии».

Применению ГИС в системах управления надежностью трубопроводного транспорта посвящены статьи «Использование геоинформационных технологий при риск-анализе трубопроводов» и работа «Опыт создания системы оценки рисков на основе информационной модели трубопровода».

В заключение необходимо отметить, что журнал не охватывает, и не может охватить все элементы сложной мозаики, которая составляет картину применения ГИС в управлении сложными трубопроводными системами, но, как мы надеемся, дает основные контуры решаемых в этой области задач и проблем. Редакция планирует продолжить эту тему и сконцентрировать свои усилия на освещении целостной картины использования ГИС в данной области.

Ольга Блинкова

## СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМА НОМЕРА:  
ГИС В УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ  
ТРУБОПРОВОДНЫМИ СИСТЕМАМИ

**Ю.А. Горяинов, В.И. Резуненко, В.Е. Брянских, И.В. Мешерин, А.С. Федоров, Б.А. Фейгин, А.Н. Блинков**  
ПРОЕКТ «ГОЛУБОЙ ПОТОК»: ЕДИНАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА ДАННЫХ КАК ОСНОВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКИХ ГАЗОПРОВОДОВ ..... 6

**В.С. Вовк, М.Е. Рыков, А.Н. Блинков**  
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ГЛУБОКОВОДНОГО УЧАСТКА ГАЗОПРОВОДА «ГОЛУБОЙ ПОТОК» ..... 11

**Дэвид М. Фрай**  
КАК НАЧАТЬ РАЗРАБОТКУ ГИС ДЛЯ ТРУБОПРОВОДА ..... 14

**Вильям Н. Уоли**  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В НЕФТЯНОЙ ИНДУСТРИИ ..... 17

**А.С. Цвешинский, В.С. Тужижкин, Б.В. Архипов, В.В. Солбаков, Н.Н. Михайлов, А.А. Воронцов, Л.В. Шершнева, Г.И. Дубиков**  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТА ЯМАЛЬСКОГО ГАЗА: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ..... 22

**Х. Момма, Н. Фудживара, Ш. Сузуки**  
ДОЛГОВРЕМЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ПОДВОДНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГЛУБОКОВОДНЫХ РАЙОНОВ ..... 26

**Соломонов А.А., Мкртычян В.В., Бондарук Н.Ф., Пигин А.П.**  
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ..... 30

**Т. Бакирова**  
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ INTERGRAPH ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ..... 33

**Б.М. Малибашев**  
ПРИМЕНЕНИЕ DGPS RTCM ДЛЯ ВЫНОСА В НАТУРУ БУРОВЫХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ ПРИ НАЗЕМНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ..... 34

**И.Р. Межуев**  
ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА MARINE PIPELINE STUDIO ..... 36

**О.А. Блинкова**  
«3С» АЛГОРИТМ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МОРСКОГО ДНА ..... 38

**Дэвид Олом**  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РИСК-АНАЛИЗЕ ТРУБОПРОВОДОВ ..... 42

**И.Р. Махкин, В.А. Нашубский**  
ОПЫТ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТРУБОПРОВОДА ..... 46

Intergraph и Bentley объединяют усилия для расширения рынков и увеличения экономического потенциала ..... 50  
Национальная картографическая корпорация в новое тысячелетие с новыми планами ..... 52