

В.Г. Чигир («Газпромэнергодиагностика»)

В 1961 г. окончил МГУ им М.В. Ломоносова. С 2004 г. работает в ООО «Газпромэнергодиагностика», в настоящее время – главный специалист отдела «Диагностика газопромысловых объектов».

С.А. Егурцов («Газпромэнергодиагностика»)

В 1980 г. окончил РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. В настоящее время – первый заместитель генерального директора ООО «Газпромэнергодиагностика»

М.В. Фокеева («Газпромэнергодиагностика»)

В 2005 г. окончила МГУ им М.В. Ломоносова. С 2004 г. работает в ООО «Газпромэнергодиагностика», в настоящее время – инженер 3-й категории отдела «Диагностика газопромысловых объектов».

В.А. Горбатов («Газпромэнергодиагностика»)

В 1959 г. окончил МИИГАиК. С 2007 г. работает в ООО «Газпромэнергодиагностика», в настоящее время – инженер 2-й категории отдела «Диагностика газопромысловых объектов».

Применение материалов дистанционных съемок для диагностики технического состояния трубопроводов в северных районах

Изучение многолетнего опыта эксплуатации трубопроводов в северных районах позволяет утверждать, что многие повреждения и отказы линейной части трубопроводного транспорта вызваны негативным взаимодействием (механическим или тепловым) технических объектов и природных комплексов при формировании трубопроводных природно-технических систем в процессе строительства и эксплуатации трубопроводов. Неблагоприятные взаимодействия вызывают возникновение напряженно-деформированного состояния в отдельных сечениях трубопровода и образование локальных дефектов и потенциально опасных участков на нем.

Аэрокосмические методы широко используются при изучении Земли, прежде всего ее поверхности. Перспективность использования материалов дистанционных съемок в целях повышения надежности трубопроводных природно-технических систем бесспорна. В практике комплексной диагностики состояния таких систем в северных районах имеется немало примеров плодотворного сочетания аэрокосмической и наземной информации [1-3].

Среди основных направлений использования материалов плановых дистанционных аэро- и космических съемок при комплексных диагностических обследованиях состояния трубопроводов в северных районах можно отметить следующие:

- ландшафтное (геоэкологическое) дешифрирование материалов дистанционных съемок и ландшафтное (техно-геоэкологическое) картографирование трасс трубопроводов;
- разработка легенд и составление на ландшафтной основе схематических карт трубопроводных природно-технических систем с пикетной привязкой трасс трубопроводов к выделенным на картах (схемах) ландшафтным (техно-геоэкологическим) контурам;
- выявление деструктивных экзогенных процессов, в том числе и техногенного генезиса (переформирование русел рек и озерных котловин, овражная эрозия, термокарст, солифлюкция, сплывы, речные наледи и др.);
- оценка технического состояния обвалования трубопроводов с пикетной привязкой к местности в

- связи с ландшафтными экзогенными условиями;
- определение изменений планового положения трубопровода, длины деформированных участков и величины отклонения трубопровода от его проектного положения;
 - определение изменений вертикального положения трубопроводов по косвенным признакам (наличие термокарстового озера, состояние пригрузов, всплытие трубопровода и т. д.);
 - обнаружение всплывших и размытых участков трубопроводов на заторфованных междуречьях, в руслах и на поймах рек;
 - выявление затопления и подтопления трасс трубопроводов в местах подпруживания поверхностного и внутригрунтового стока;
 - оценка территории и трасс трубопроводов, установление соответствия (несоответствия) фактического положения трубопровода проектной и исполнительной документации;
 - определение и оценка оптимальности компоновки линейных сооружений в коридоре коммуникаций в связи с ландшафтными особенностями территории;
 - оценка соблюдения регламента безопасного расстояния между смежными (соседними) нитками нефтегазотранспортных систем;
 - оценка соблюдения регламента безопасного расстояния между автодорогами и трубопроводами нефтегазотранспортных систем;
 - оценка соблюдения регламентов пересечения трубопроводов с авто- и железными дорогами, реками и другими трубопроводами;
 - выявление незаконных переездов через трубопроводы и несанкционированных врезок;
 - оценка инженерной (конструктивной) компенсации продольных и горизонтальных перемещений трубопровода в процессе эксплуатации;
 - оценка качества инженерного дренажа (обустройство водопропусков) на заболоченных участках трасс; и т.д.

Факторы природной среды, влияющие на техническое состояние трубопроводов, по существу, являются природными процессами, одни из которых имеют повсеместное распространение, а другие – строго локализованы в соответствии с ландшафтными особенностями прилегающей территории.

В зависимости от ландшафта виды воздействия природных процессов имеют большое разнообразие и проявляются через:

- заболачивание (заторфовывание) и обводнение территории;
- эрозийные и абразионные процессы;
- размывающую деятельность талых и паводковых вод;
- пучение и просадку льдистых грунтов;
- морозобойное растрескивание грунтов;
- склоновые процессы (оползни, сльвы, солифлюкцию и др.).

Перечисленные процессы могут усугубляться вследствие их техногенной (вторичной) интенсификации на трассах трубопроводов. В особенности это касается вторичного заболачивания, образования термокарстовых просадок и усиления эрозийного размыва. При этом возможна парагенетическая связь некоторых процессов, при которой развитие одного процесса влечет за собой усиление другого. Подобное может наблюдаться, например, в долинах малых водотоков, на участках распространения сильнольдистых просадочных грунтов, примыкающих к руслу. Термокарстовая осадка этих грунтов в основании газопровода вызывает изменение его высотного положения и попадание в результате этого в сферу воздействия талых и паводковых вод, что, как правило, не предусматривается проектом.

Во всем многообразии взаимодействий, по-разному проявляющихся в зависимости от способов прокладки трубопроводов и характера отклонения от строительных норм и правил в периоды строительства и эксплуатации, природные процессы вызывают к жизни сложные механизмы повреждений и отказов трубопроводов. Изучение этих механизмов дает ключ к пониманию причин, обусловивших современное техническое состояние трубопроводов.

Комплексную диагностику технического состояния трубопроводов в северных районах по этой причине целесообразно выполнять на ландшафтной основе. При таком подходе возможно вскрытие цепочки причин и следствий отрицательного воздействия на трубопроводы окружающей природной среды и наоборот, что делает возможным правильный выбор мер по предупреждению неблагоприятного развития потенциально опасных участков в процессе эксплуатации линейных объектов трубопроводного

транспорта (повышению надежности функционирования трубопроводных систем).

Техническое состояние трубопровода представляет собой совокупность свойств, подверженных изменению в процессе строительства и эксплуатации трубопровода, характеризующихся в определенный момент времени признаками, установленными нормативно-технической документацией. Признаки технического состояния трубопровода могут иметь качественные и (или) количественные значения, постоянно изменяющиеся во времени, и в совокупности определять техническое состояние трубопровода.

Диагностический признак (параметр) – признак (параметр) объекта диагностирования, используемый в установленном порядке для определения технического состояния объекта.

Совокупность технических состояний, удовлетворяющих (не удовлетворяющих) требованиям, определяющим исправность или работоспособность трубопровода, образует соответствующие виды технического состояния трубопровода. Различают следующие виды технического состояния: исправность и неисправность, работоспособность и неработоспособность.

Дефектом является каждое отдельное несоответствие трубопровода установленным требованиям. Термин «дефект» связан с термином «неисправность», но не является его синонимом. Неисправность, как было указано выше, является определенным состоянием трубопровода. Имея дефекты, тру-

бопровод может находиться в неисправном, но работоспособном состоянии. Появление дефекта не означает наступление отказа.

Повреждение – это событие, заключающееся в нарушении исправного или неисправного работоспособного состояния трубопровода вследствие внешних воздействий, не предусмотренных или превышающих уровни, установленные нормативно-технической и (или) проектной документациями.

Отказом является событие, заключающееся в нарушении работоспособности трубопровода. Отказ может быть полным, когда в итоге трубопровод становится полностью неработоспособным, и частичным, когда неработоспособное состояние трубопровода наступает частично.

Дефекты трубопровода могут возникнуть по причине брака при выполнении строительно-монтажных работ, его повреждения на этапе строительства или эксплуатации, в результате чего трубопровод становится неисправным.

В 1994–2007 гг. в нашей работе для оценки технического состояния трубопроводов в северных районах и их ландшафтного положения использовались преимущественно черно-белые аэрофотоснимки (и простые фотосхемы на их основе), а также (эпизодически) цифровые аэроснимки, полученные неспециализированной цифровой фотокамерой. Параметры аэрофотосъемки и технические характеристики применяемого оборудования приведены в таблице.

Параметры аэрофотосъемки и технические характеристики применяемого оборудования

Аэросъемка (выборочная) (1994, 1999 и 2005 гг.)	Аэросъемка (выборочная) цифровая (2001 г.)
Аэрофотоаппарат 41/10: – фокусное расстояние объектива 100 мм; – формат кадра 18x18 см Аэрофотопленка черно-белая, изопанхром, тип 42	Фотоаппарат Nikon E 950
Средняя высота полета 1 км	Средняя высота полета 1 км
Средний масштаб первичного изображения 1:10 000	Заданное аппаратурное разрешение 1600x1200 элементов
Среднее аппаратурное разрешение: – системы объектив – пленка (по миру высокого контраста) 30-40 лин./мм; – по малоконтрастным объектам ландшафта 1-2 м	Среднее разрешение по малоконтрастным объектам ландшафта 0,5-1,0 м

Материалы аэрофотосъемки преимущественно использовались для следующих целей:

- получения информации об объектах исследования путем комплексного полевого и камерального дешифрирования состояния ландшафтов вдоль трасс трубопроводов по методу ключевых (эталонных) участков и трубопроводных трасс в целом;
- как основа для обобщения материалов наземных наблюдений и измерений объектов контактными методами с их пикетной привязкой к местности и, наоборот, местности к трубопроводам.

Информационные возможности таких аэрофотоснимков и фотосхем в целом хорошо известны. Наш многолетний опыт их использования позволил уточнить и конкретизировать их дешифровочные свойства применительно к узкоотраслевой (нефтегазовой) специализации. По результатам этого опыта можно заключить, что эти материалы позволяют решить многие вопросы комплексной диагностики технического состояния трубопроводов в северных районах, прежде всего, трубопроводов большого диаметра (1420 и 1020 мм).

В 2007-2008 гг. по договору с компанией «Совзонд» были получены материалы космических съемок со спутника QuikBird с целью их апробации для решения задач диагностики состояния трубопроводов.

Данные космической съемки содержали цифровое мультиспектральное изображение в видимом и ближнем ИК-диапазоне электромагнитного излучения, выполненное со средней высоты полета (орбиты) 450 км со средним аппаратным разрешением 2,4-2,8 м (2007 г.) и 0,6-0,7 м (2008 г.).

Для цветных синтезированных изображений (полученных в 2007 г.) была выполнена геометрическая и радиометрическая коррекция с заявленным разрешением на местности 2,01 м. Эти данные прошли полевую информационную поверку. В 2008 г. были получены космические изображения с разрешением 0,63-0,72 м. Поскольку они были получены после завершения полевого сезона, то полевой информационной поверки пока не получили.

Небольшая практика использования этих космических снимков является пока общеоценочной и предварительной.

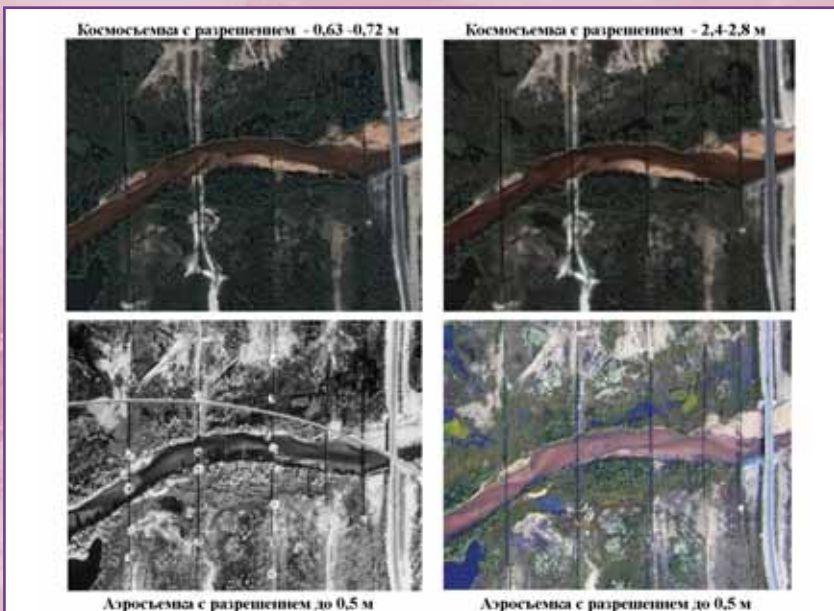


Рис. 1. Воздушный переход трубопроводов различного диаметра через реку Арка-Тонга-Лова

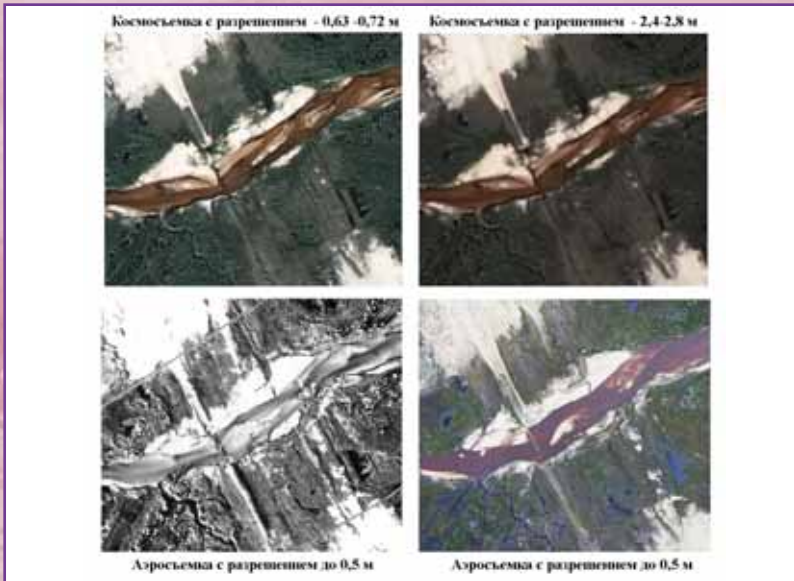


Рис. 2.
Подводный переход трубопроводов диаметром 1420 мм через реку Арка-Есета-Яха

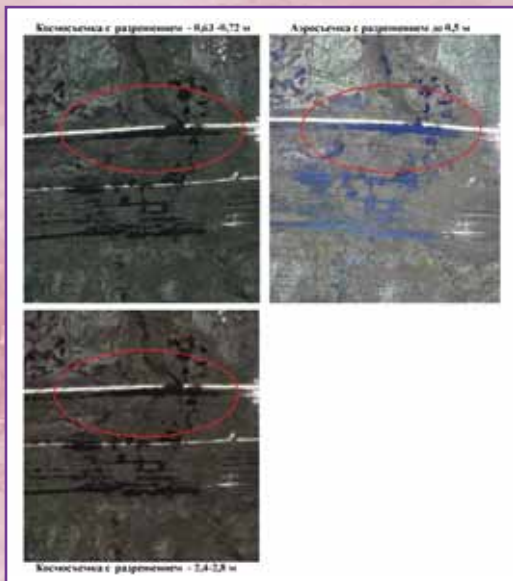


Рис. 3.
Деформированный участок трубопровода диаметром 1420 мм

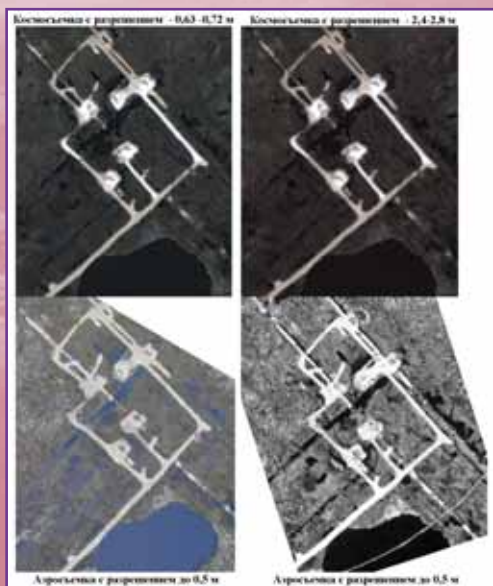


Рис. 4.
Площадка крановых узлов

Преимущество применения материалов космических съемок состоит в следующем:

- возможность получения информации об объектах исследования путем комплексного (полевого и камерального) дешифрирования по методу ключевых (эталонных) участков и коридоров трубопроводов целиком;
- обеспечение полного охвата территории всего месторождения, а не только коридоров трубопроводов, как в случае использования данных аэрофотосъемки;
- возможность использования космических изображений как основы для обобщения материалов наземных наблюдений и измерений объектов контактными методами и их пикетной привязки к местности.

На рис. 1-4 проиллюстрированы возможности применения аэрофотосъемочных и космических материалов для комплексной диагностики трубопроводов в северных районах. Приведенные на рис. 1 первые три трубопровода имеют диаметр 1420 мм, остальные – 1020 мм. На рис. 2 виден размытый в русле реки трубопровод и чугунные кольцеобразные пригрузки на нем. На рис. 3 деформированный участок трубопровода проходит в термокарстовом техногенном озере, образовавшемся в полосе подпруживания поверхностного стока сопровождающей трубопровод автодорогой. На нем также видны седловидные пригрузки на трубопроводе.

Сопоставляя информационные возможности использованных аэрофотосъемочных и космических материалов для диагностики состояния трубопроводов, следует отметить следующее.

- Аэросъемочные и космические данные позволяют:
- выполнить районирование ландшафтов в ранге групп урочищ, достаточное для комплексной диагностики, в том числе привязки к местности (к пикетам) выявленных повреждений и дефектов трубопровода;
 - распознать деструктивные процессы, в первом приближении оценив их интенсивность и степень опасности для трубопровода;

- оценить состояние обвалования трубопровода с разделением его на целесообразные типы [3];
- оценить некоторые признаки технического состояния трубопровода (рис. 1 и 2), за исключением космических снимков с разрешением на местности 2,01 м;
- обнаружить и оценить величину опасных плановых деформаций со стрелой выброса более 3 м (рис. 3), за исключением космических снимков с разрешением на местности 2,01 м;
- обнаружить пригрузки на всплывших участках трубопроводов (рис. 2 и 3), а также крановые узлы (рис. 4), за исключением космических снимков с разрешением на местности 2,01 м.

Космические снимки с разрешением на местности 0,6 м позволяют обнаружить опоры на воздушных переходах трубопроводов через водотоки, оказавшиеся в воде в связи с техногенным переформированием русел рек (рис. 1).

На данном этапе исследований пока не достаточно статистики для оценки реального разрешения элементов ландшафта и трубопроводных систем на материалах разных видов съемок. Необходима более широкая апробация материалов космических съемок высокого разрешения.

Список литературы

1. Хренов Н.Н., Егурцов С.А. Применение аэрокосмических методов для диагностики трубопроводных геотехнических систем и мониторинга окружающей среды. – М.: ИРЦ Газпром, 1996. – 181 с.
2. Чигир В.Г., Хренов Н.Н., Егурцов С.А., Степаненко А.И. Динамика геотехносистем и диагностика состояния газопроводов Севера // Строительство трубопроводов. – 1997. – Май-июнь. – С. 5-7.
3. Ланчаков Г.А., Степаненко А.И., Егурцов С.А., Марахтанов В.П., Чигир В.Г., Великоцкий М.А., Фокеева М.В. Диагностическое обследование состояния обвалования северных газопроводов // Обз. инф. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2008. – 96 с.