

### **А.Н. Бриллиантов** («ЭКОНГинжиниринг»)

В 1973 г. окончил Московский институт электронного машиностроения. В настоящее время – генеральный директор ООО «ЭКОНГинжиниринг». Кандидат технических наук.

### **А.В. Глотко** («ЭКОНГинжиниринг»)

В 1999 г. окончила Московский государственный университет природообустройства. В настоящее время – заместитель технического директор ООО «ЭКОНГинжиниринг». Кандидат технических наук.

### **Г.Д. Жуков** («ЭКОНГинжиниринг»)

В 1970 г. окончил Ленинградский ордена Красного Знамени механический институт. В настоящее время – технический директор ООО «ЭКОНГинжиниринг». Кандидат технических наук.

### **И.Н. Каргаполова** («ЭКОНГинжиниринг»)

В 2002 г. окончила МГУ им. М.В.Ломоносова. В настоящее время – главный гидролог ООО «ЭКОНГинжиниринг». Кандидат географических наук.

## **Использование данных ДЗЗ для мониторинга русловых процессов и диагностики технического состояния подводных переходов магистральных трубопроводов**

Повышение достоверности прогноза деформаций русел рек на участках пересечения их линейными инженерными сооружениями, такими как подводные переходы магистральных трубопроводов, является наиболее актуальной задачей как на стадии предпроектных изысканий, так и в период эксплуатации объекта.

В настоящее время при анализе русловых процессов и оценке опасности их развития (размыва инженерных сооружений) привлекаются данные дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Их использование в сочетании с ГИС-технологиями позволяет заполнить информационные «белые пятна», связанные с отсутствием картографического материала и трудоемкостью геодезической и гидрографической съемок.

Компанией «ЭКОНГинжиниринг» при проведении мониторинга русловых процессов на подводных пе-

реходах магистральных трубопроводов были использованы данные ДЗЗ из космоса в дополнение к проводимым наземным инженерным изысканиям.

Основными направлениями применения данных ДЗЗ на водные объекты для анализа русловых процессов и определения опасности их проявления являются:

**1. Определение характера рельефа поймы, типов растительности, степени заболоченности, морфометрических параметров пойменных проток и старичных озер.** Актуально для рек с труднопроходимыми пойменными участками значительной протяженности, которые не могут быть сняты с необходимой точностью при проведении наземных изыскательских работ.

**2. Анализ особенностей гидрологического режима реки и ее поймы.** Данные работы проводятся с целью определения границ затопления

поймы при прохождении высоких паводковых вод, характера функционирования рукавов и проток в разные фазы водного режима.

Ниже приведен пример сопоставления синтезированных цветных изображений со спутника QuickBird (США) русла и поймы реки Оби (рис. 1) в

(меженный период 2008 г.), было уточнено положение береговой линии и выделены постоянно действующие протоки, пересекающие технические коридоры магистральных трубопроводов, а также определены границы различных типов растительности.

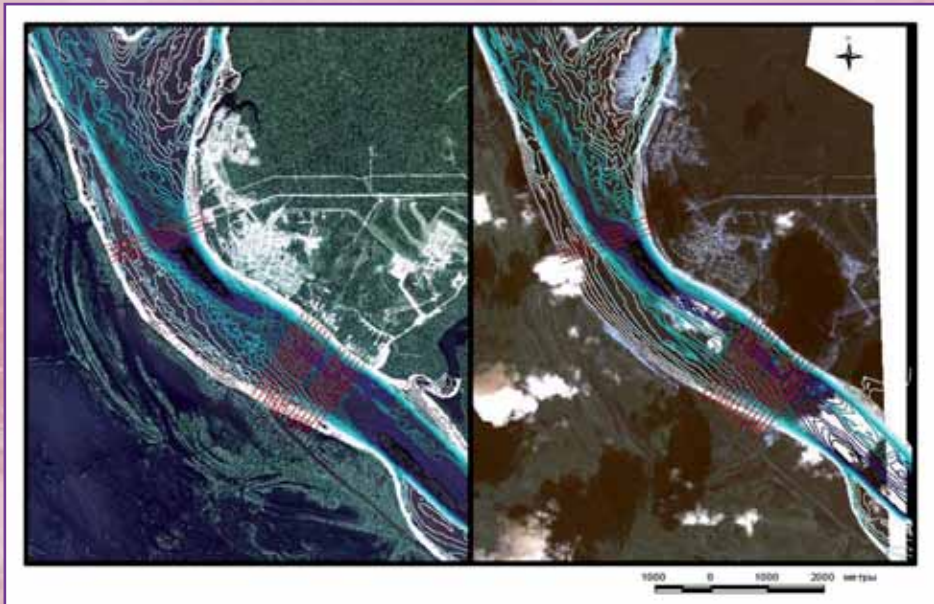


Рис. 1. Участок русла и поймы р. Оби в разные фазы водного режима: половодье на 17.07.2007 г. (слева); межень на 24.09.2008 г. (справа)

половодье (17.07.2007) и в межень (24.09.2008). Снимки были заказаны на период проведения полевых изысканий и привязаны по опорным точкам, координаты которых были получены при помощи спутниковых систем глобального позиционирования. На снимки нанесены горизонтали рельефа русла (ниже уреза воды) по результатам съемок 2007 и 2008 гг.

Снимок, сделанный в период продолжительного половодья 2007 г., позволил определить границы затопления поймы.

По изображению, сделанному при низкой воде

### 3. Оценка горизонтальных (плановых) деформаций русла.

Экспертная оценка русловых процессов наиболее эффективна с использованием космических снимков, сделанных в разное время, как на предпроектной стадии, так и при эксплуатации инженерного объекта, что позволяет оценить динамику русел рек за последние десятилетия и сделать прогноз их дальнейшего развития.

Своевременное выявление опасного гидрологического явления обеспечивает бесперебойное функционирование линейных сооружений, пересекающих водные объекты. В то время как недоучет

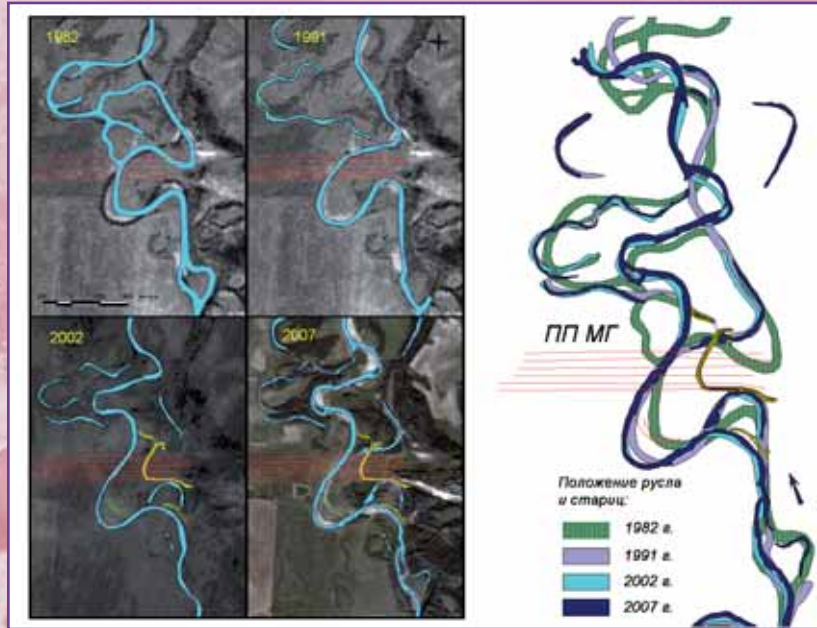


Рис. 2. Оценка плановых (горизонтальных) смещений русла по топографической карте (1982 г.), космическим снимкам SPOT-2 (05.10.1991), IRS-1D (27.09.2002) и ALOS (27.09.2007). Желтым и зеленым цветом обозначены берегозащитные и «руслорегулирующие» сооружения



Рис. 3. Состояние оголенных участков трубопроводов на космических снимках 2006 г. (QuickBird) и 2008 г. (WorldView-1). Красным цветом нанесены оголенные участки трубопроводов

динамики русел рек при проектировании трасс переходов приводит к разрывам трубопроводов, опор ЛЭП и мостов в период эксплуатации. Особенно часто проблемы возникают в руслах слабоустойчивых рек, где деформации русла наиболее интенсивны. Здесь скорость плановых деформаций может составлять до нескольких метров в год.

На рис. 2 приведен пример изменения меандрирующего русла полугорной реки Тулвы (Пермский край), где при больших уклонах и скоростях течения происходит интенсивное наращивание изгиба излучин. Для анализа были подобраны и сопоставлены материалы разных

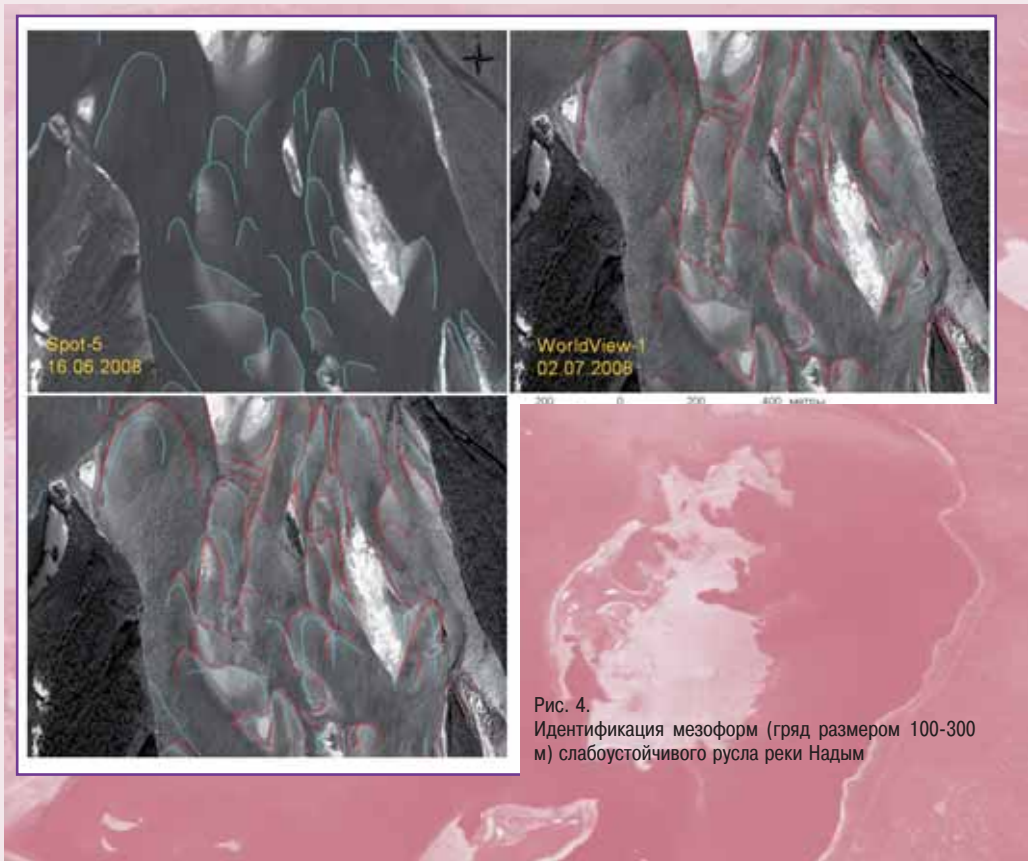


Рис. 4.  
Идентификация мезоформ (гряд размером 100-300 м) слабоустойчивого русла реки Надым

лет: топографическая карта (1982 г.), панхроматические изображения со спутников SPOT-2 (Франция) (1991 г.) и IRS-1D (Индия) (2002 г.), а также синтезированное цветное изображение со спутника ALOS (Япония) (2007 г.). Привязка изображений проводилась по опорным точкам. Русло реки оцифровывалось, и выполнялась оценка его развития за последние 25 лет. Полученные результаты позволили определить скорости размыва берегов. Максимальная скорость достигала 10 м/год. Это стало причиной размыва подводных переходов магистральных трубопроводов в пойменной части, что вызвало необходимость проведения комплекса «русловыправительных» мероприятий, включающих спрямление излучин, устройство дамб обвалования и укрепление берегов.

**4. Мониторинг состояния инженерных сооружений.** Использование изображений с высоким пространственным разрешением позволяет оценить техническое состояние наблюдаемого объекта, оперативно выявить опасные тенденции развития руслового процесса.

Строительство и эксплуатация подводных переходов магистральных трубопроводов, как и других инженерных сооружений, вносят изменения в рельеф речного русла и поймы. Далее, в процессе эксплуатации, они подвергаются воздействию со стороны реки. На рис. 3 представлен пример наблюдения за состоянием оголенных участков трубопроводов на одной из пойменных протоков реки Надым. Сопоставление снимков QuickBird и WorldView-1 (США), сделанных с разницей в два го-



да, показало изменение длин оголенных участков трубопроводов, связанных с плановым смещением русловых форм в период прохождения весеннего половодья.

**5. Определение динамики смещения донных гряд вдоль русла рек.** Для неглубоких песчаных русел рек, где учет движения мезо- и микрогряд (среднего и мелкого размера) традиционными методами (съемкой русла, в том числе гидролокационным) не представляется возможным, целесообразно привлечение повторной космической съемки.

Подобные исследования актуальны для рек, переносящих большое количество песчаных наносов в грядовой форме, таких как реки северной части Западной Сибири и Европейской территории России. Смещение мезоформ вниз по течению обуславливает перепады глубин амплитудой до 3 м и более, что определяет крайнюю изменчивость рельефа дна и интенсивность как плановых, так и вертикальных деформаций. Это определяет высокую степень

опасности для любых инженерных сооружений, пересекающих реку или находящихся в непосредственной близости к берегам.

Возможности современных оптических систем, которыми оснащены спутники ДЗЗ, позволяют представить информацию о мезоформах русла под водой на глубине до 4 м, о микроформах – до 1-2 м. На рис. 4 представлен пример переформирования донных форм и определение скорости смещения отдельных гряд на реке Надым. По результатам сопоставления и расчета средняя скорость движения гряд вниз по течению составляет 1,5-2 м/сутки в меженный период.

Накопленный опыт внедрения космических данных ДЗЗ для мониторинга русловых процессов позволяет оптимизировать инженерные изыскания, избежать ошибок при выборе трассы пересечения линейных сооружений с водными объектами, повысить достоверность прогноза русловых процессов для эффективной эксплуатации и защиты от размывов подводных переходов.



Общество с ограниченной ответственностью  
**"ЭКОНГинжиниринг"**

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ    ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ    ПРОГНОЗ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

- Проведение инженерно-геодезических и инженерно-гидрометеорологических изысканий с применением современных технических средств.
- Анализ морфологии и динамики русел рек с использованием передовых технологий и научного подхода.
- Компьютерное моделирование деформаций дна и прогноз развития руслового процесса.
- Оценка опасности гидрологических процессов и разработка рекомендаций по защите инженерных сооружений.



На правах рекламы

Россия, 109387, Москва, ул. Летняя, д.6, строение 1 тел/факс: 8 (499) 722 7330, E-mail: mail@econg.ru. www.econg.ru