



ЦЕНТР ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



**Новые технологии мониторинга  
природных/техногенных воздействий  
на объекты инфраструктуры на основе  
данных радиолокационного ДЗЗ**

*Милосердов В.В.*

# «Центр Геомаркетинговых Исследований»

Независимая российская компания, ведущая собственные научные разработки и предоставляющая широкий спектр технологически завершенных продуктов в геоконсалтинге по направлениям:

- геомаркетинг;
- дистанционный мониторинг;
- геоинформационные системы.



ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Технология обработки РЛ данных



ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

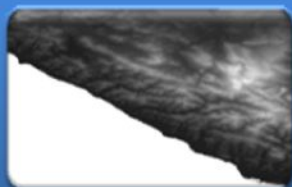
# Исходные данные РЛ съемки

- пространственное разрешение,
- частота (длина волны),
- поляризация сигнала,
- время съемки и интервал между съемками,
- геометрия съемки.



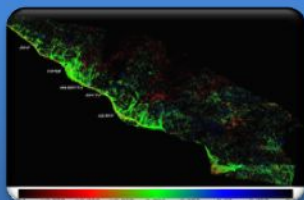
ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Интерферометрический блок



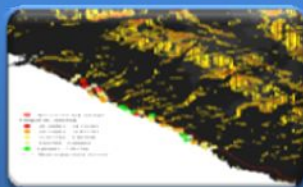
InSAR (интерферометрия для построения ЦММ)

- ЦММ
- Карты склонов



DInSAR (дифференциальная интерферометрия)

- Дифференциальные интерферограммы
- Карты смещений
- Схемы критических деформаций



PSInSAR

(интерферометрия с постоянными отражателями)

- Скорости медленных деформаций
- Временные ряды

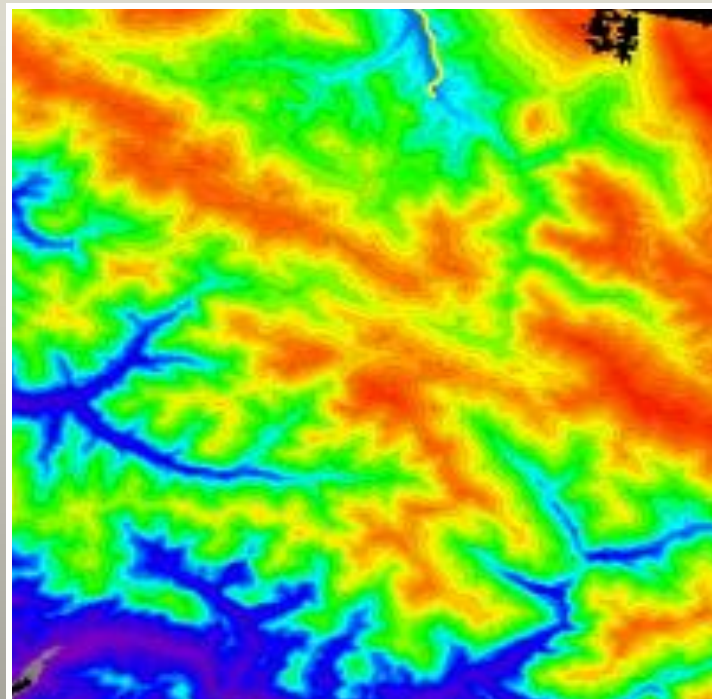


ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Интерферометрический блок цифровая модель местности

Цифровая модель местности,  
полученная по данным ERS-1/2  
(тандемная съемка)

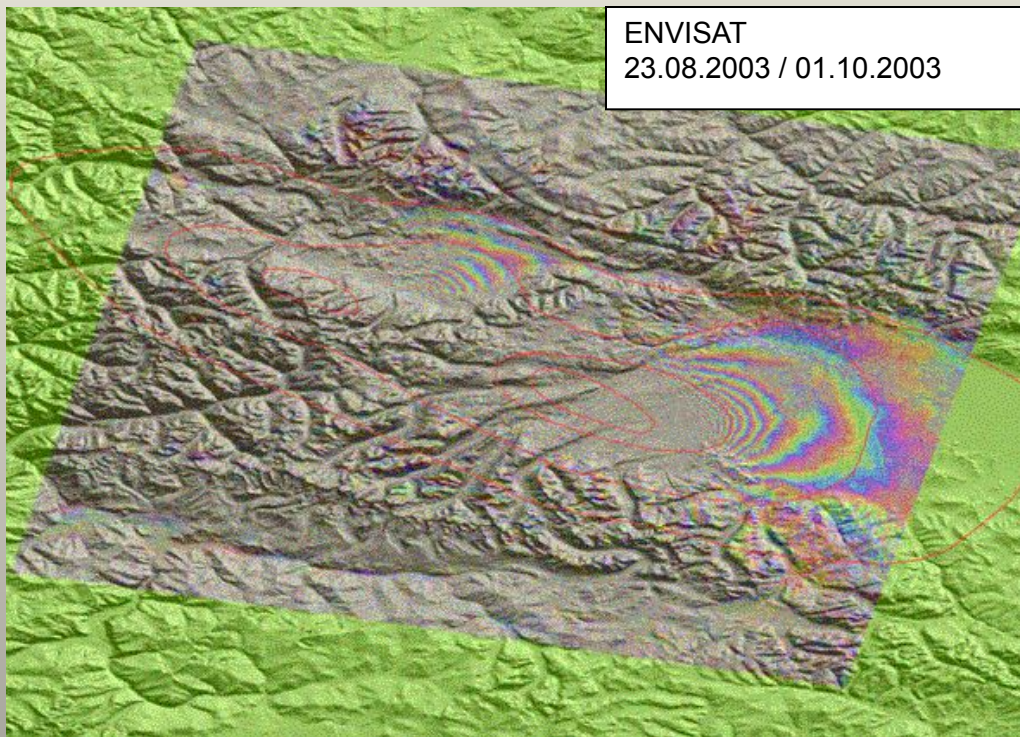
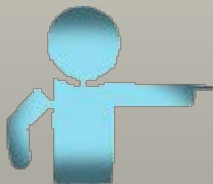
Размер ячейки 20x20 м  
Точность по высоте 25 м



ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Интерферометрический блок дифференциальная интерферограмма

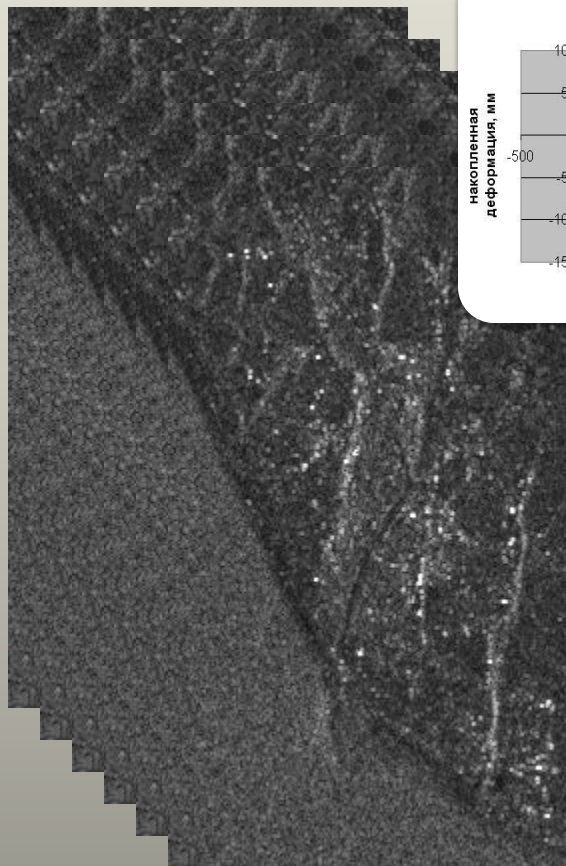
Дифференциальная  
интерферограмма,  
полученная по  
данным ENVISAT с  
использованием  
ЦММ SRTM



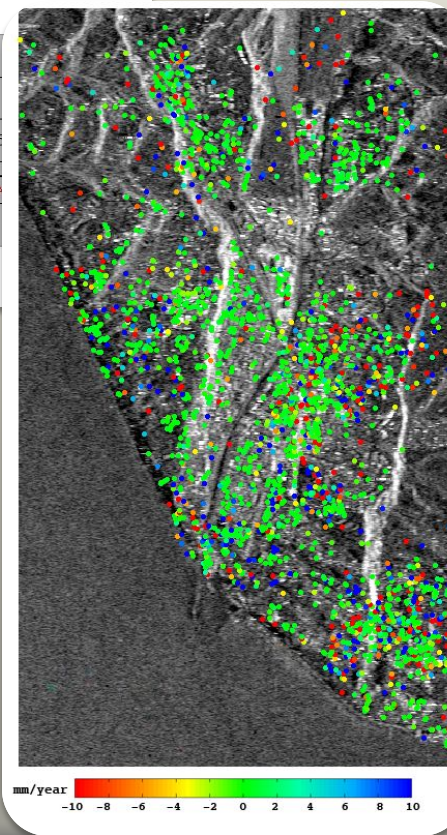
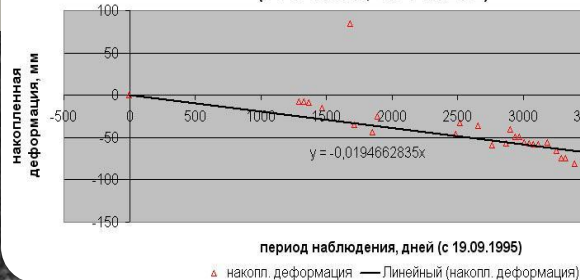
ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ



# Интерферометрический блок интерферометрия с постоянными отражателями

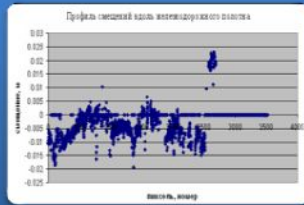


Профиль накопленной деформации за период с 19.09.1995 - 31.10.2006  
скорость деформации  $V = -6.9$  мм/год  
( $44^{\circ} 3'10.60''N$ ,  $39^{\circ} 7'22.21''E$ )



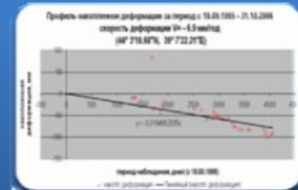
ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Аналитический блок



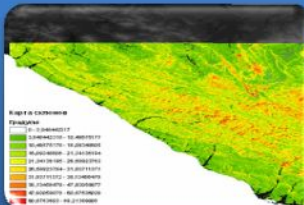
## Критические деформации

- Оценка точности и достоверности
- Ранжирование по опасности



## Прогнозирование

- Статистический анализ временных рядов
- Комплексный анализ с учетом соседей



## Карта склонов

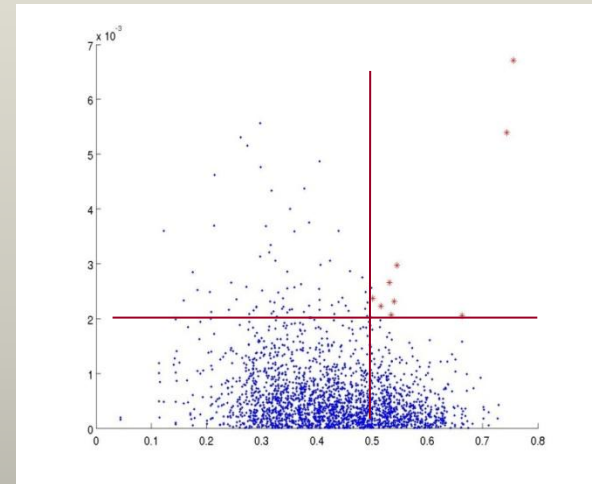
- Ранжирование по опасным зонам



ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Аналитический блок метод критических деформаций

**Цель метода:** указать участки в зоне прохождения линейной структуры, на которых с большой достоверностью произошли значительные (*критические*) деформации земной поверхности



**Критерий:** Если относительный сдвиг между соседними пикселями превышает заданное пороговое значение, и когерентность в заданной окрестности выше заданного значения, то в зоне между пикселями имеет место *критическая деформация*



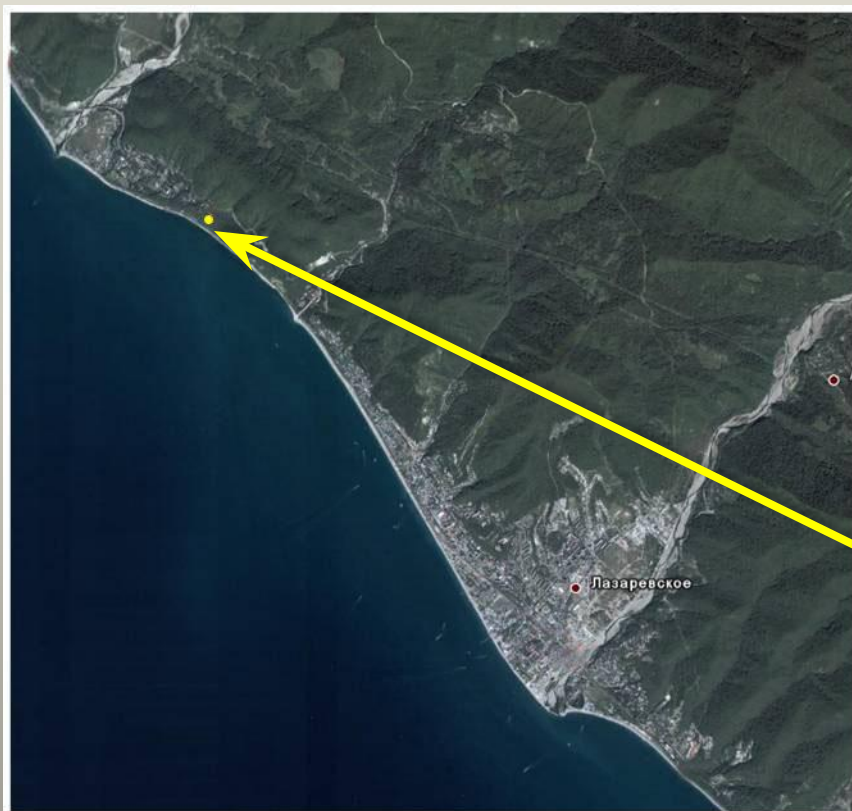
ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Аналитический блок метод критических деформаций

## Преимущества метода:

- Отсутствие влияния глобальных смещений поверхности (например, движения тектонических плит)
- Устойчивость к возможной постоянной и линейной компоненте в ошибке оценки смещений при реализации метода дифференциальной интерферометрии
- Устойчивость к ошибке развёртки фазы. Методу не требуется точно восстановленная карта смещений, достаточно дифференциальной интерферограммы.

# Выявленные критические деформации



Сход вагонов с рельсов в результате оползня в июне 2005 г. близ п. Аше



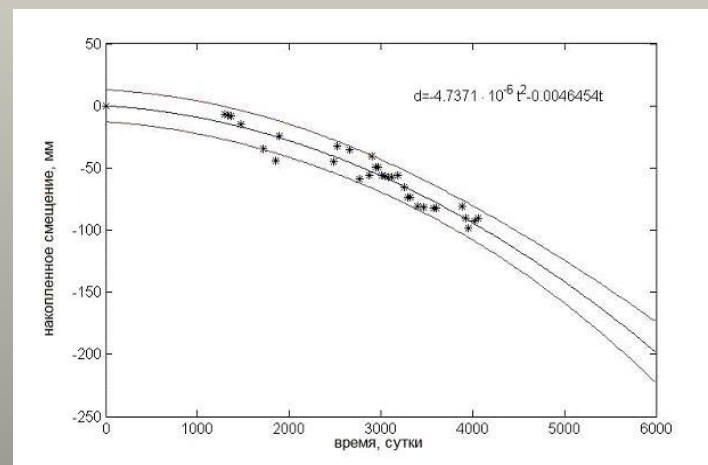
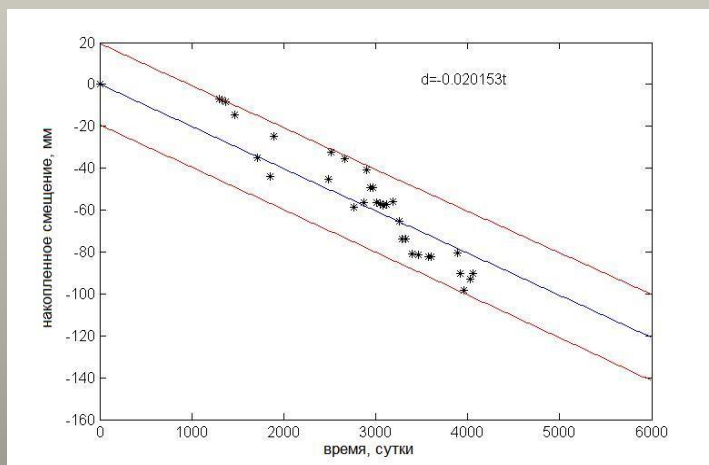
ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Аналитический блок прогнозирование статистическое

**Цель:** по истории наблюдений проанализировать динамику развития смещений и предсказать с заданной достоверностью дальнейшее развитие процесса смещений

**Методы прогноза:**

- *линейная модель* – постоянная скорость смещения
- *нелинейная модель* – смещения с непостоянной скоростью



ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Аналитический блок

## прогнозирование статистическое

### Возможности прогнозирования:

- Получать статистические оценки для скоростей (ускорений) смещений
- Строить прогнозные доверительные интервалы заданного уровня доверия для смещений для определённого момента в будущем
- Оценивать прогнозные горизонты для прогнозирования с заданным уровнем точности и достоверности
- Оценивать статистическую значимость коэффициентов модели. В частности, проверять гипотезы о равномерности или ускоренности процесса смещений.
- Оптимизировать планирование будущих съёмок с возможностью построения прогнозов с заданной точностью и с заданным прогнозным горизонтом



ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Аналитический блок прогнозирование экспертное

## Основные этапы:

1. Подготовка к разработке прогноза;
2. Комплексный анализ ретроспективной информации (количественной и качественной);
3. Определение наиболее вероятных вариантов развития;
4. Контроль реализации прогноза и корректировка прогноза

## Типы прогнозов:

- Стабильный
- Неблагоприятный
- Негативный



# Аналитический блок

## выходные продукты

1. Картосхема опасных и потенциально опасных участков;
2. Параметры деформационных процессов (скорость, масштаб);
3. Прогнозы развития

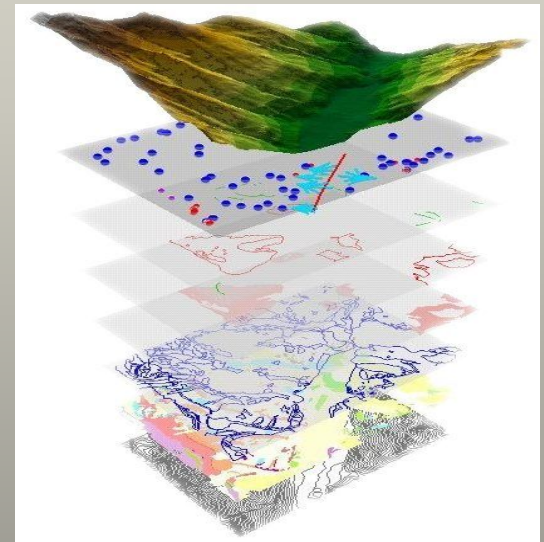


Выходные продукты могут быть представлены в виде ГИС и технологического отчета

# ГИС

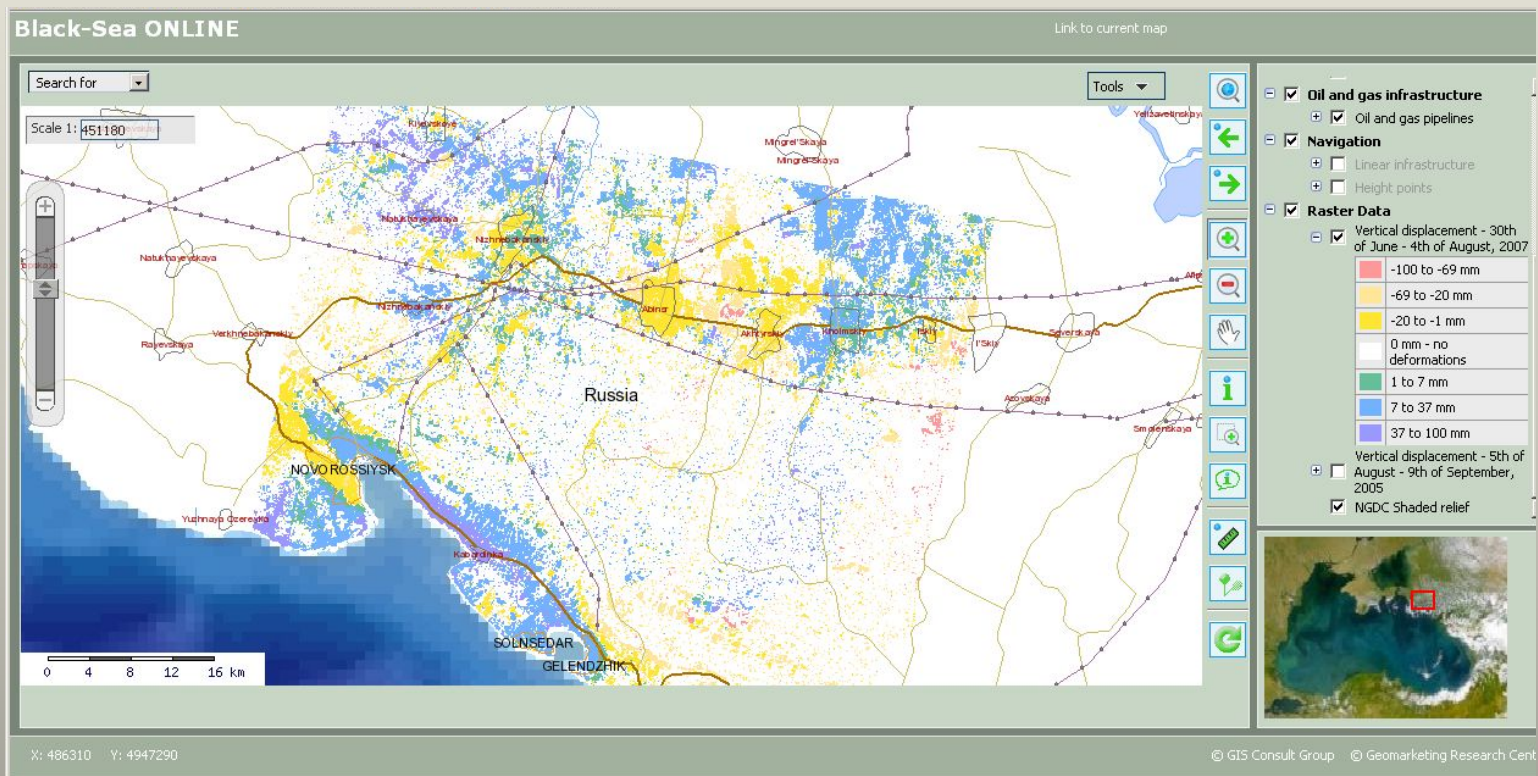


+ прогнозы, в т.ч.  
экспертные –  
атрибутивная  
информация в ГИС



ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Web-ГИС: Геопортал



Пример представления результатов: [www.BlackSea-online.com](http://www.BlackSea-online.com)

# Направления внедрения

Технология мониторинга опасных деформационных техногенных/природных процессов может быть применена для объектов инфраструктуры следующих отраслей:

- **Нефтегазовой;**
- **Транспортной;**
- **Инженерно-строительной.**



ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

# Направления внедрения нефтегазовая отрасль

Непрерывный мониторинг деформаций земной поверхности в районах месторождений и пролегания нефте- и газопроводов необходим для:



- Последующего внедрения технологии в систему маркшейдерского мониторинга;
- Принятия обоснованных решений по эксплуатации существующих объектов;
- Рационального планирования размещения новых объектов.

# Направления внедрения объекты транспортной инфраструктуры

Оперативный мониторинг деформаций земной поверхности под объектами транспортной инфраструктуры позволяет:



- Сопоставлять полученные результаты с данными наземных наблюдений и их комплексно анализировать;
- Создавать картосхемы воздействий повышенного риска;
- Разрабатывать рекомендации по проведению плановых ремонтов и организации движения на опасных участках.

# Направления внедрения инженерно-строительные объекты

Регулярный мониторинг деформаций земной поверхности в местах интенсивной застройки позволяет



- Получать объективную информацию о состоянии областей будущей застройки
- Своевременно принимать меры по предупреждению аварийных и чрезвычайных ситуаций и разрушению объектов в местах наибольших деформаций
- Оптимально планировать месторасположение новых объектов, включая разводку коммуникационных сетей

# Экономическая эффективность

- Максимально автоматизированный процесс обработки и анализа в одном программном средстве (*экономия временных и материальных ресурсов*)
- Отсутствие необходимости в привлечении профессиональных кадров
- Оптимальное планирование будущих съемок (*возможность минимизации затрат до начала проведения работ*):

- для построения прогнозов с заданной точностью и с заданным прогнозным горизонтом (с учетом имеющегося архивного временного ряда)

- для обработки по различным методикам, включая методы InSAR, DInSAR, PSInSAR



ЦЕНТР  
ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ



**GRC**



ЦЕНТР ГЕОМАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

129366, Москва, Россия  
ул. Дубнинская, д. 53 корп. 3  
Тел./факс +7 (495) 153-89-92

Web: [www.geoconsulting.ru](http://www.geoconsulting.ru)  
[info@geoconsulting.ru](mailto:info@geoconsulting.ru)

