

# КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ



Компания «Совзонд» выполняет проекты по разработке и внедрению аппаратно-программных технологических комплексов (АПТК) для информационного обеспечения деятельности предприятий горнодобывающей промышленности. Проекты включают три основных компонента:

- ♦ Автоматизированную систему получения любых видов пространственных данных на заданную территорию.
- ♦ Передовые алгоритмы обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).
- ♦ Систему управления пространственными данными в единой геоинформационной среде, на основе которой интегрируются дополнительные фактические, статистические и полевые данные.

Важнейший источник пространственной информации — космические снимки. Однако в последнее время все активнее используются данные аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов, воздушное и наземное лазерное сканирование, мобильные картографические комплексы и другие способы получения пространственных данных.

#### ➔ Преимущества космической съемки

- ♦ **Оперативность** – для получения актуальных снимков необходимо менее суток с момента выполнения съемки.
- ♦ **Периодичность** – множество спутников на орбите объединены в группировки, это дает возможность максимально сократить периодичность повторной съемки заданного участка (вплоть до 1 суток при благоприятных условиях).
- ♦ **Пространственный охват** – производительность спутников позволяет охватывать съемкой большие площади, что обеспечивает единовременный контроль за всем районом работ.
- ♦ **Объективность** – самая достоверная информация о фактическом состоянии территории и происходящих на ней процессах.
- ♦ **Комплексность** – использование космической съемки как базового информационного источника обеспечивает решение широкого круга прикладных задач в горнодобывающей отрасли.

Есть ряд направлений в процессе добычи полезных ископаемых (каменно- и бурого угольные разрезы, карьеры по добыче руд цветных металлов, золота, алмазов и т. п.), в которых целесообразно использование космических снимков :

#### ➔ 1. Эффективное управление производственными процессами для снижения производственных издержек:

- ♦ Актуализация пространственных данных (топографических и тематических карт) в зависимости от интенсивности происходящих изменений.
- ♦ Инвентаризация объектов инфраструктуры (зданий и сооружений, техники, вспомогательных промышленных объектов), определение границ расположения объектов недропользования (карьеров, хвостохранилищ, терриконов, отвалов).
- ♦ Выявление изменений линейных и площадных объектов через заданный промежуток времени.

- ◆ Среднесрочный мониторинг хода добычи в целях стратегического планирования.
- ◆ Пространственная оптимизация горнодобывающей инфраструктуры – анализ существующих транспортных путей, расположения кабелей, трубопроводов, промышленных объектов.

## ➔ 2. Промышленная безопасность объектов добычи и переработки полезных ископаемых:

- ◆ Наблюдение за смещениями и деформациями земной поверхности в районе карьеров с применением методов радарной интерферометрии (миллиметровая точность измерений).
- ◆ Наблюдение за состоянием зданий и сооружений, транспортных путей, трубопроводов по оптическим снимкам, выявление признаков негативных процессов (стенки отрыва, просадки, промоины).
- ◆ Мониторинг охранной зоны, выявление фактов нерегламентированного антропогенного воздействия (несанкционированная добыча, разрушение построек, вывоз оборудования и т. п.).

## ➔ 3. Экологический мониторинг, оценка воздействия на окружающую среду, выявление техногенно спровоцированных и естественных изменений ландшафта:

- ◆ Мониторинг состояния экосистем на прилегающей территории, выявление зон угнетения и деградации растительности.
- ◆ Картографирование участков техногенных нарушений почвенно-растительного покрова.
- ◆ Мониторинг состояния водоемов по косвенным признакам: наличию взвешенных веществ, цвету, разрушению берегов.
- ◆ Выявление и картографирование зон заболачивания, обводнения и подтопления, поиск выходов грунтовых вод.
- ◆ Мониторинг развития эрозионных процессов: оврагов, промоин, оползаний и просадок грунта.
- ◆ Мониторинг рекультивационных работ: контроль проведения технического и биологического этапа, оценка состояния растительности на восстановленных территориях.

Разработка полного технологического цикла космического мониторинга осуществляется на основе современного и производительного программно-аппаратного обеспечения, предназначенного для обработки и анализа космических снимков, геоинформационного анализа и визуализации.

Результатами выполненных работ являются продукты тематической обработки данных, картографические и табличные материалы в электронном виде, отчеты и аналитические записки, которые могут быть использованы в производственной деятельности горнодобывающих предприятий.

Кроме того, возможно внедрение разработанных технологий в деятельность заказчика, консалтинг и обучение специалистов заказчика практическим вопросам использования методов ДЗЗ.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ



Из всего многообразия способов ДЗЗ из космоса для эффективного решения задач в горнодобывающей отрасли целесообразно применение оптико-электронной и радарной съемки с высоким и сверхвысоким пространственным разрешением.

Сейчас орбитальная группировка космических аппаратов ДЗЗ насчитывает сотни единиц, съемка Земли ведется непрерывно. Появились орбитальные системы целевого назначения, группировки малых спутников. Особое место по качеству и точности данных занимают спутники сверхвысокого пространственного разрешения: до 30 см (оптико-электронные спутники) и 25 см (радарные аппараты).



*Угольный разрез «Уртуйский», Приаргунское производственное горно-химическое объединение на космическом снимке ГеоEye*



*Территория горнодобывающих работ ОАО «Беларуськалий» на дифференциальной интерферрограмме, созданной на основе снимков со спутников COSMO-SkyMed*



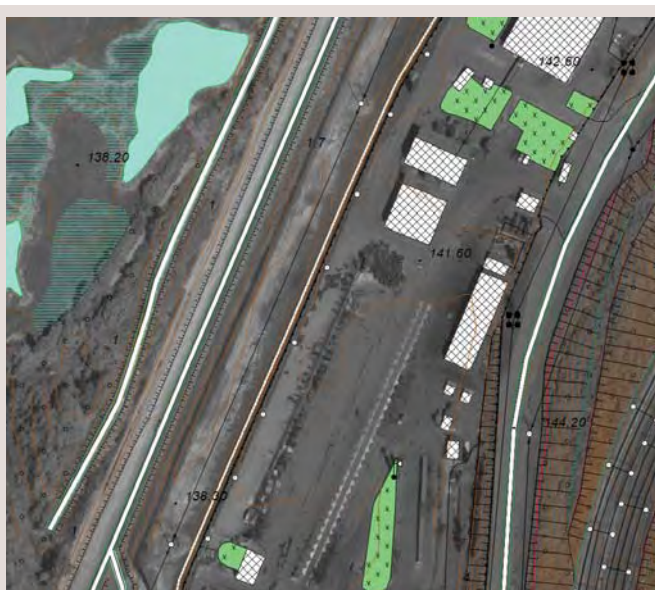
## СОЗДАНИЕ И ОБНОВЛЕНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ РАЗРАБОТОК ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

➔ При создании и обновлении плано-картографической основы территорий разработок полезных ископаемых используются следующие технологии получения пространственной информации:

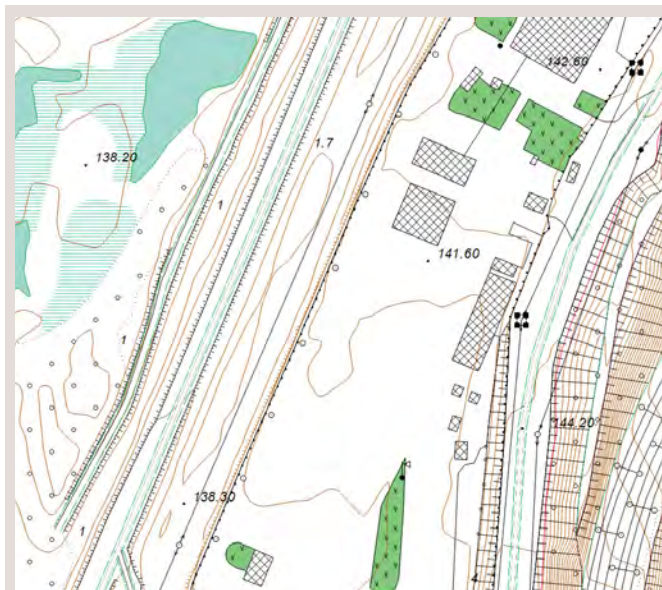
- ♦ космическая стереосъемка;
- ♦ радиолокационная космическая съемка;
- ♦ высокоточная тахеометрическая съемка;
- ♦ высокоточное нивелирование;
- ♦ лазерная съемка.



Фрагмент космического снимка WorldView-1



Векторизация объектов содержания карты



Фрагмент созданной векторной карты

## ПРОЕКТ КОМПАНИИ «СОВЗОНД»

## ОКАЗАНИЕ КОМПЛЕКСА УСЛУГ ПО СОЗДАНИЮ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОСНОВЫ НА ТЕРРИТОРИЮ ЛЕБЕДИНСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

## ➔ Заказчик

ОАО «Лебединский горно-обогатительный комбинат».

## ➔ Цель проекта

Создание комплекса геопространственной основы на территорию карьера, горнообогатительного комбината, прилегающей территории перспективного развития ОАО «Лебединский ГОК».

## ➔ Выполненные работы

- ♦ Стереосъемка территории площадью 270 кв. км с пространственным разрешением 0,5 м со спутника GeoEye.
- ♦ Полевая привязка плано-высотного обоснования с применением GPS-оборудования Epoch-25.
- ♦ Создание стереомодели, ортофотоплана и цифровой модели рельефа в виде горизонталей с высотой сечения 1 м на указанную территорию (СКО=0,3 м).
- ♦ Карта М 1:5000 в формате Mapinfo.

## ➔ Результаты

Полученный в результате выполнения работ комплекс геопространственной основы позволяет проводить мониторинг территории ОАО «Лебединский ГОК» и планировать дальнейшее развитие предприятия.



Совмещение векторной карты М 1:5000 с ортотрансформированным космическим снимком





Фрагмент карты М 1:5000, составленной по космическим снимкам на территорию Лебединского ГОК

Отзывы наших клиентов



**В. И. Трапезников**  
 Главный маркшейдер  
 ОАО «Лебединский ГОК»

« Маркшейдерская служба комбината стремилась свести имеющиеся в нашем распоряжении пространственные данные, представленные в разных форматах, в том числе и в аналоговом виде, в единое геоинформационное пространство. В результате тесного сотрудничества специалистов компании «Совзонд» и маркшейдерской службы ОАО «Лебединский ГОК» эта работа была успешно выполнена. ГИС-технологии и данные дистанционного зондирования Земли предоставляют большие возможности для планирования дальнейшего развития производства горно-обогатительных комбинатов. »



## КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СМЕЩЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И СООРУЖЕНИЙ

Своевременный мониторинг смещений и деформаций земной поверхности и сооружений с применением методики интерферометрической обработки серий спутниковых радарных изображений необходим для предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Данная технология, будучи интегрированной в систему маркшейдерско-геодезических наблюдений, позволяет определять смещения и деформации земной поверхности и сооружений с точностью вплоть до нескольких миллиметров.

### ➔ Преимущества метода

- ♦ Регулярная независимая дистанционная оценка смещений по всей площади снимка.
- ♦ Для расчета смещений используется массив спутниковых данных, полученных с космических аппаратов с определенной периодичностью (до нескольких раз в месяц).

### ➔ Задача

- ♦ Регулярное получение информации о смещениях и деформациях земной поверхности и сооружений дистанционными (космическими) методами.

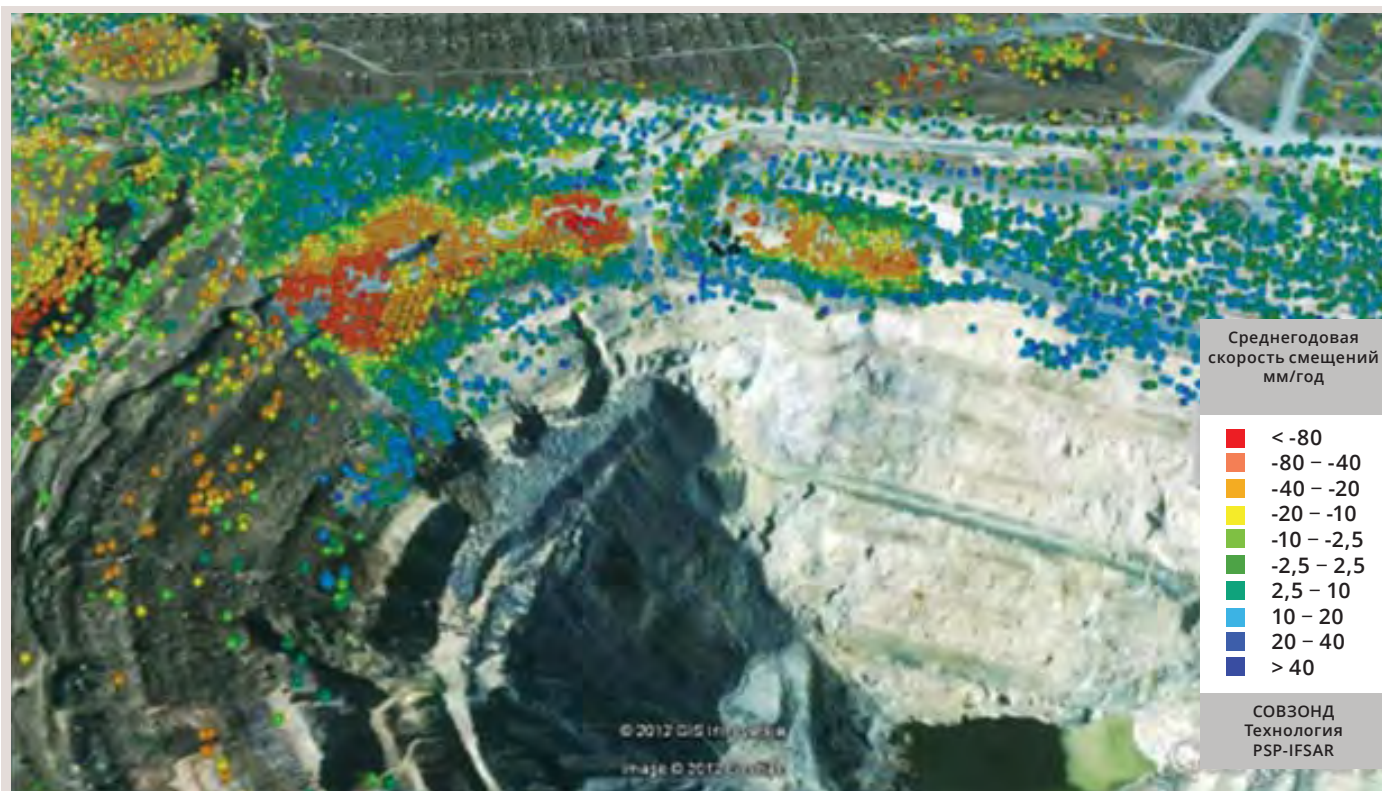
Этапы работ по космическому мониторингу смещений и деформаций

### ➔ 1. На этапе планирования и заказа целевой многопроходной радарной космической съемки получаем исходный массив радарных данных для дальнейшего расчета по ним карт смещений и деформаций земной поверхности и сооружений.

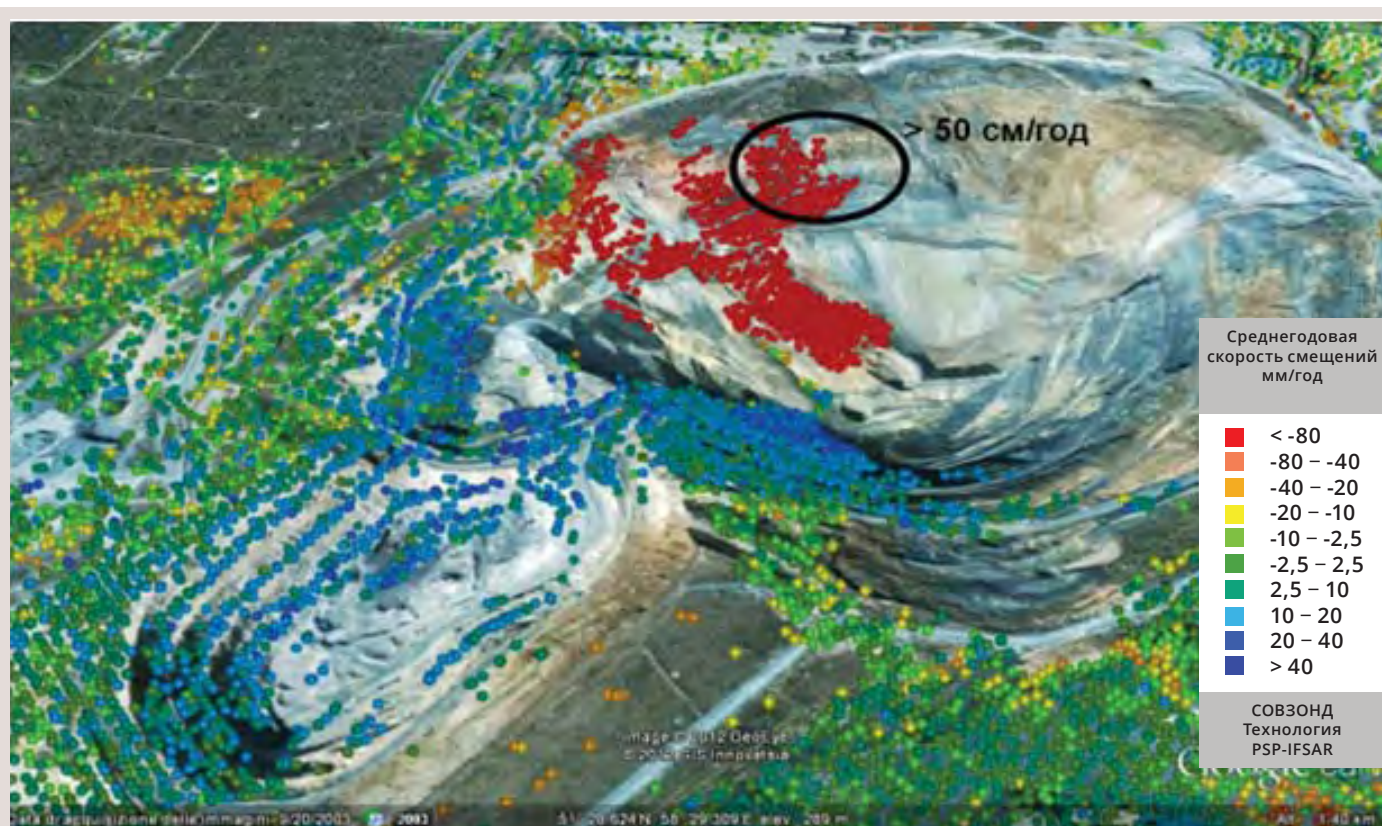
**Результаты по завершению этапа:** 30 радарных съемок территории интереса за 30 различных дат. Период времени, за который должны быть набраны эти 30 съемок, минимально может составлять от 5–6 месяцев (оптимальный бесснежный период года с апреля по октябрь, можно осуществлять мониторинг интенсивных смещений до 1 м в год) до нескольких лет (подходит для мониторинга смещений и деформаций сооружений в городах, где смещения не слишком интенсивные).

### ➔ 2. На этапе интерферометрической обработки данных многопроходной радарной космической съемки проводится расчет карт смещений и деформаций земной поверхности и сооружений из исходного массива данных 30-проходной радарной съемки.

**Результаты по завершению этапа:** карты смещений и деформаций земной поверхности и сооружений по состоянию на каждую дату съемки в векторных и растровых форматах в электронном виде, сопровождаемые техническим отчетом. Карта смещений представляет собой массив точек — постоянных рассеивателей радарного сигнала, в атрибутах которых — смещения в миллиметрах в направлении луча радара по состоянию на каждую дату съемки относительно даты первой по порядку съемки. Дополнительно может быть рассчитана карта вертикальных смещений. В случае съемки в двойной геометрии (30 съемок на восходящем витке орбиты и 30 съемок на нисходящем витке орбиты), можно получить и вертикальную, и горизонтальную (в направлении Запад-Восток) компоненты смещений. При отсутствии или небольшом количестве растительности на территории дополнительно возможна площадная обработка по методу SBAS, дающая на выходе растровые файлы смещений (в пикселе — значение смещений в миллиметрах) и изолинии смещений.



Массив точек — постоянных рассеивателей радарного сигнала, определенных на карьере №2 Гайского месторождения (Оренбургская обл.) по результатам 30 съемок с радарных спутников COSMO-SkyMed-1-4. Зеленые точки — стабильные, от желтого цвета к красному — возрастающие оседания, от голубого цвета к синему — поднятия. Для каждой точки известны смещения в миллиметрах по состоянию на каждую дату съемки относительно даты первой по порядку съемки



Массив постоянных рассеивателей радарного сигнала, определенных в районе карьеров №1 и №3 Гайского месторождения (Оренбургская обл.). Выявлен очаг интенсивных оседаний амплитудой до 0,5 м в год над районом подземной добычи из-под карьера №1 (красные точки вверху рисунка), «утягивающий» за собой близлежащую автодорогу и сооружения промплощадки (оранжевые и красные точки к северо-западу от карьера). Синие точки, отбивающиеся от уступов бортов карьера №3, соответствуют поднятиям земной поверхности над внутренним отвалом (подземные полости от добычи руды заполняются породами-хвостами, в которые затем закачивается цементная смесь, которая, застывая, набухает и вызывает обратное поднятие земной поверхности)



## ПРОЕКТ КОМПАНИИ «СОВЗОНД» КОСМИЧЕСКИЙ РАДАРНЫЙ МОНИТОРИНГ СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ЖЕЗКАЗГАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

### ➔ Заказчик

ТОО «Корпорация Казахмыс» (Республика Казахстан).

### ➔ Цель проекта

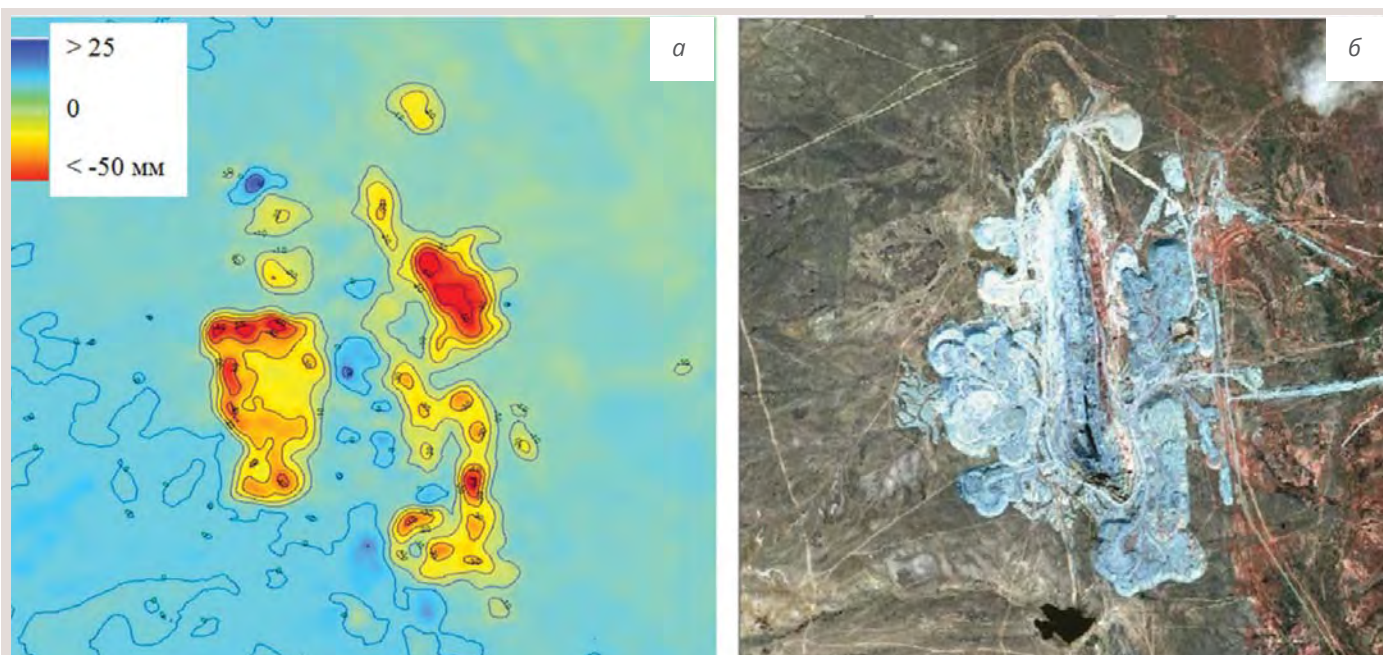
Ежемесячное получение информации о смещениях и деформациях земной поверхности и сооружений над Жезказганским месторождением медной руды по данным космических радарных съемок Radarsat-2 за период с 2011 по 2014 г.

### ➔ Выполненные работы

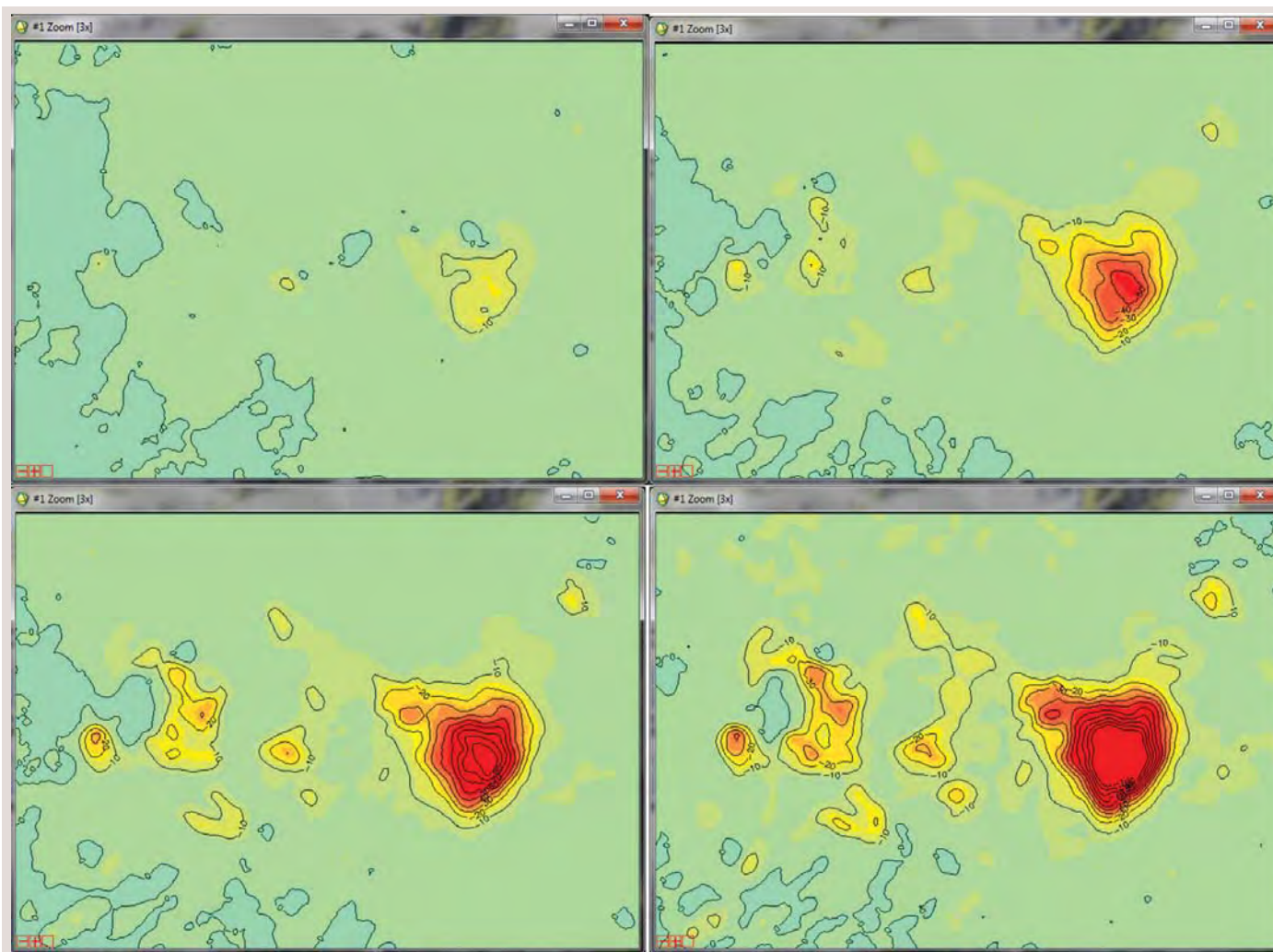
- ♦ 45-проходная космическая радарная съемка территории Жезказганского месторождения со спутника RADARSAT-2 в период с января 2011 по декабрь 2013 г. (в 2014 г. съемки продолжены).
- ♦ По итогам интерферометрической обработки каждой из 45 радарных съемок ежемесячно заказчику поставлялись карты смещений земной поверхности и сооружений с субсантиметровой точностью.
- ♦ По двум стереопарам снимков с радарного спутника TerraSAR-X построена актуальная на 2011 г. опорная цифровая модель рельефа.
- ♦ Заказчику поставлено программное обеспечение ENVI-SARscape для интерферометрической обработки данных радарных съемок.
- ♦ Проведены 3 курса обучения специалистов заказчика интерферометрической обработке радарных снимков по методам PS и SBAS в программном обеспечении ENVI и SARscape.

### ➔ Результаты

- ♦ Карты смещений земной поверхности в форматах GeoTIFF и в изолиниях (формат \*.shp), а также оформленные в формате \*.pdf.
- ♦ Технические отчеты.



Очаги оседаний в районе рудника Итауыз в условном цветовом кодировании (а) и оптический снимок на тот же участок (б). В основном оседания приурочены к отвалам горных пород



Развитие оседаний над участком № 81 Анненской шахты Восточного рудника

## Отзывы наших клиентов



### В. А. Мансуров

Руководитель  
геотехнического управления  
ТОО «Корпорация Казахмыс»

« Космический радарный интерферометрический мониторинг позволил нам выявить район оседаний вблизи Анненского и Восточного рудников, где в 2004 и 2006 гг. произошли обрушения. Дело в том, что на поверхности в этом районе не были заложены профильные геодезические линии из-за находящегося рядом карьера и отвалов на поверхности. Также этот район не был покрыт в достаточной мере сетью сейсмического мониторинга. Систематический анализ материалов космического радарного мониторинга позволил проконтролировать развитие оседаний над этим районом и их взаимосвязь с горными работами. Развернутая сеть временных реперов, нацеленных по данным радарных наблюдений, на отвалах горных пород показала, что происходит оседание земной поверхности, вызванное подземной добычей, а не деформацией отвалов. Поэтому работы на участке № 81 Анненской шахты в октябре 2012 г. были прекращены, и была разработана программа подземного мониторинга деформаций и разрушений этого участка массива горных пород. Технология радарного интерферометрического мониторинга показала высокую эффективность, ее применение полностью себя оправдало. »



## ПРОЕКТ КОМПАНИИ «СОВЗОНД» КОСМИЧЕСКИЙ РАДАРНЫЙ МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ БОРТОВ КАРЬЕРОВ ОАО «ГАЙСКИЙ ГОК»

### → Заказчик

ОАО «Гайский горно-обогатительный комбинат».

### → Цель проекта

Мониторинг смещений и деформаций бортов и уступов карьеров Гайского меднорудного месторождения, зданий и сооружений промплощадки и хвостохранилищ, а также прилегающего города Гай по данным космических радарных съемок.

### → Выполненные работы

- ♦ 30-проходная космическая радарная съемка территории Гайского месторождения со спутников COSMO-SkyMed-1-4 с апреля по октябрь 2012 г.
- ♦ Интерферометрическая обработка 30 радарных съемок по методам интерферометрии парных постоянных отражателей (PSP-IfSAR), а также по методу серий малых базовых линий (SBaS). Использовались программное обеспечение — ENVI, SARscape, ArcGIS, PSP-IfSAR.

### → Результаты

- ♦ Поставлены карты смещений и деформаций сооружений с миллиметровой точностью и земной поверхности с сантиметровой точностью.
- ♦ Выявлены 2 млн. точек на площади 100 кв. км (около 20 тыс. точек на кв. км), являющихся постоянными (устойчивыми) отражателями радарного сигнала, определяемыми на местности в процессе интерферометрической обработки серий радарных снимков.
- ♦ Для каждого из отражателей рассчитаны смещения в миллиметрах по состоянию на дату каждой из 30 съемок, сделанных в период с апреля по октябрь 2012 г. (смещения отсчитываются относительно даты первой по порядку съемки).
- ♦ Дополнительно произведена обработка 30 радарных снимков по методу интерферометрии SBaS, дающему чуть менее точные, но более равномерно пространственно распределенные данные о смещениях.
- ♦ Заказчик получил сопоставленные между собой результаты интерферометрии парных постоянных рассеивателей и интерферометрии SBaS.

### Отзывы наших клиентов

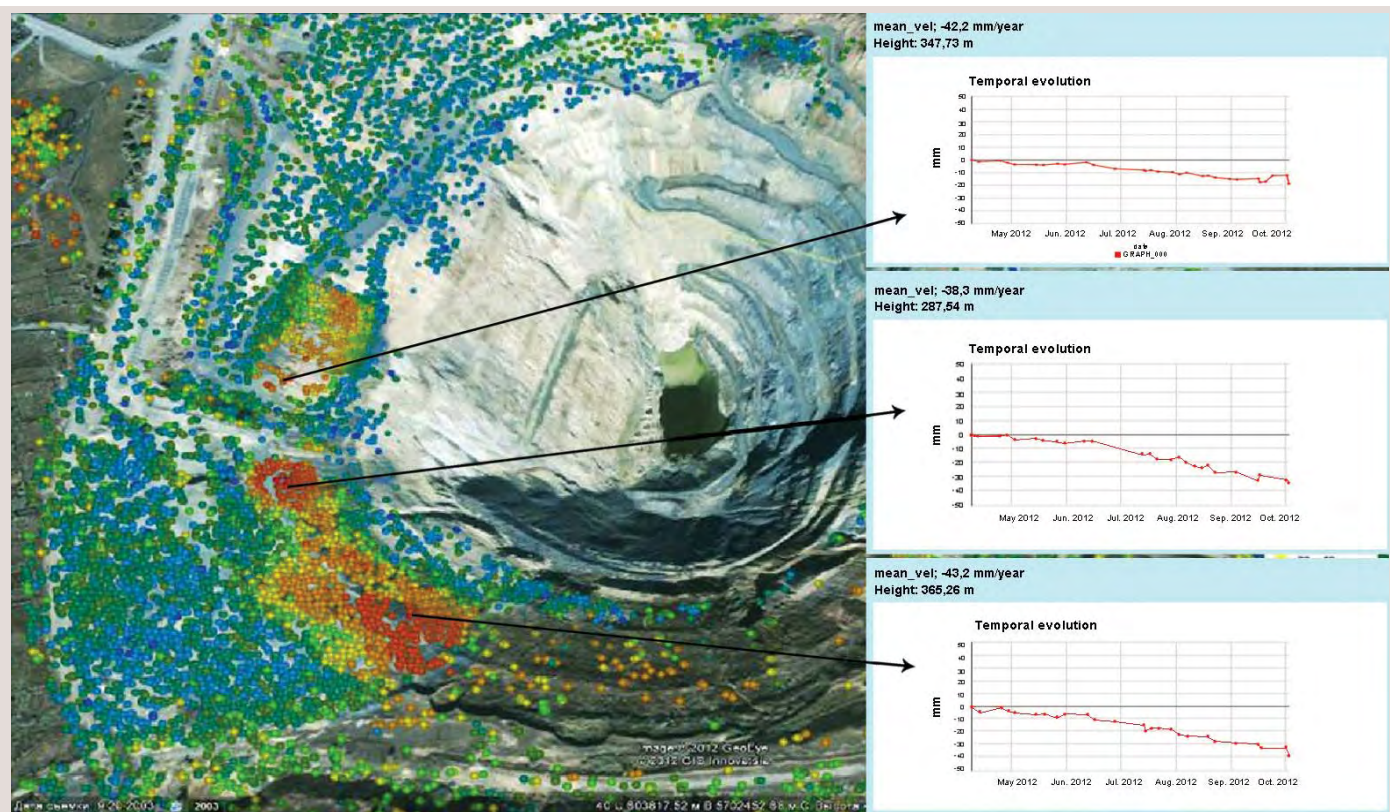


**В. А. Горбунов**

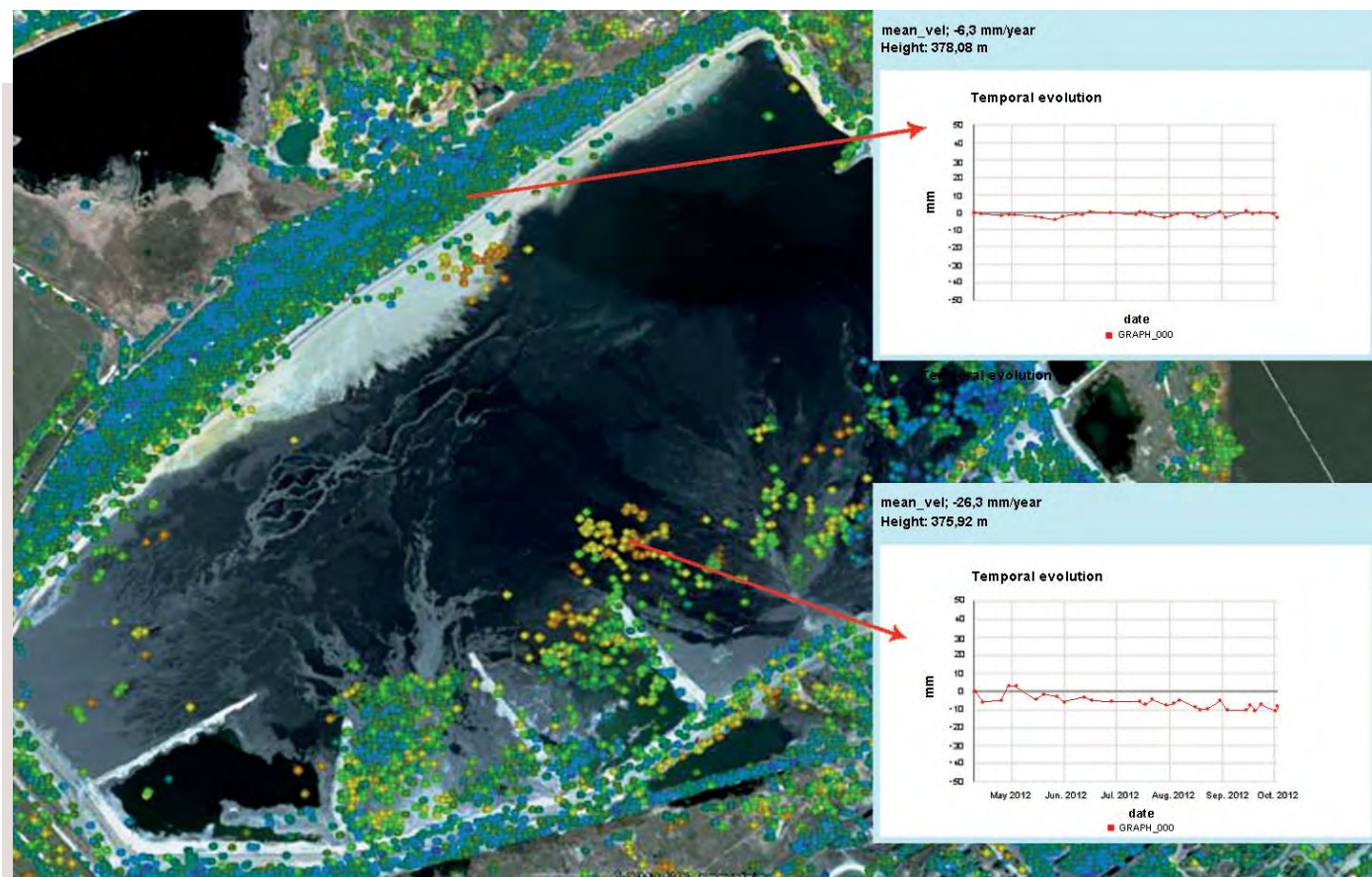
Главный маркшейдер  
ОАО «Гайский ГОК»

«*Технология радарной интерферометрии доказала свою эффективность в качестве дополнения к традиционным инструментальным наблюдениям за смещениями. Точность интерферометрического замера смещений была подтверждена наземными наблюдениями на промышленной площадке предприятия. При этом непосредственно в зоне интенсивных деформаций бортов карьера №1, где наземных наблюдений не проводилось, была получена новая информация о смещениях и деформациях. Полученные результаты позволяют рекомендовать технологию радарной интерферометрии к внедрению на горнодобывающих предприятиях в качестве одного из методов наблюдений за смещениями и деформациями земной поверхности и сооружений.*»





Зеленые точки — стабильные, от желтого цвета к красному — возрастающие оседания, от голубого цвета к синему — поднятия. Для каждой точки известны смещения в миллиметрах по состоянию на каждую дату съемки относительно даты первой по порядку съемки



Хвостохранилище. Тренд смещений гидротехнических сооружений хвостохранилища близок к нулю (приведена динамика для одной типовой точки). Хвосты на некоторых участках уплотняются (точки желтого и оранжевого цвета). Приведена динамика одной из точек, оседающих со скоростью до 1 см за апрель — октябрь 2012 г. Фоновая подложка — оптический снимок из Google Earth



## КОСМИЧЕСКИЙ РАДАРНЫЙ МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ БОРТОВ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА УРТУЙСКИЙ

Проект выполнен совместно с Иркутским государственным техническим университетом.

### ➔ Заказчик

ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение».

### ➔ Цель проекта

Проверка возможности космического радарного мониторинга деформаций, бортов карьера с высокой точностью на примере угольного разреза Уртуйский.

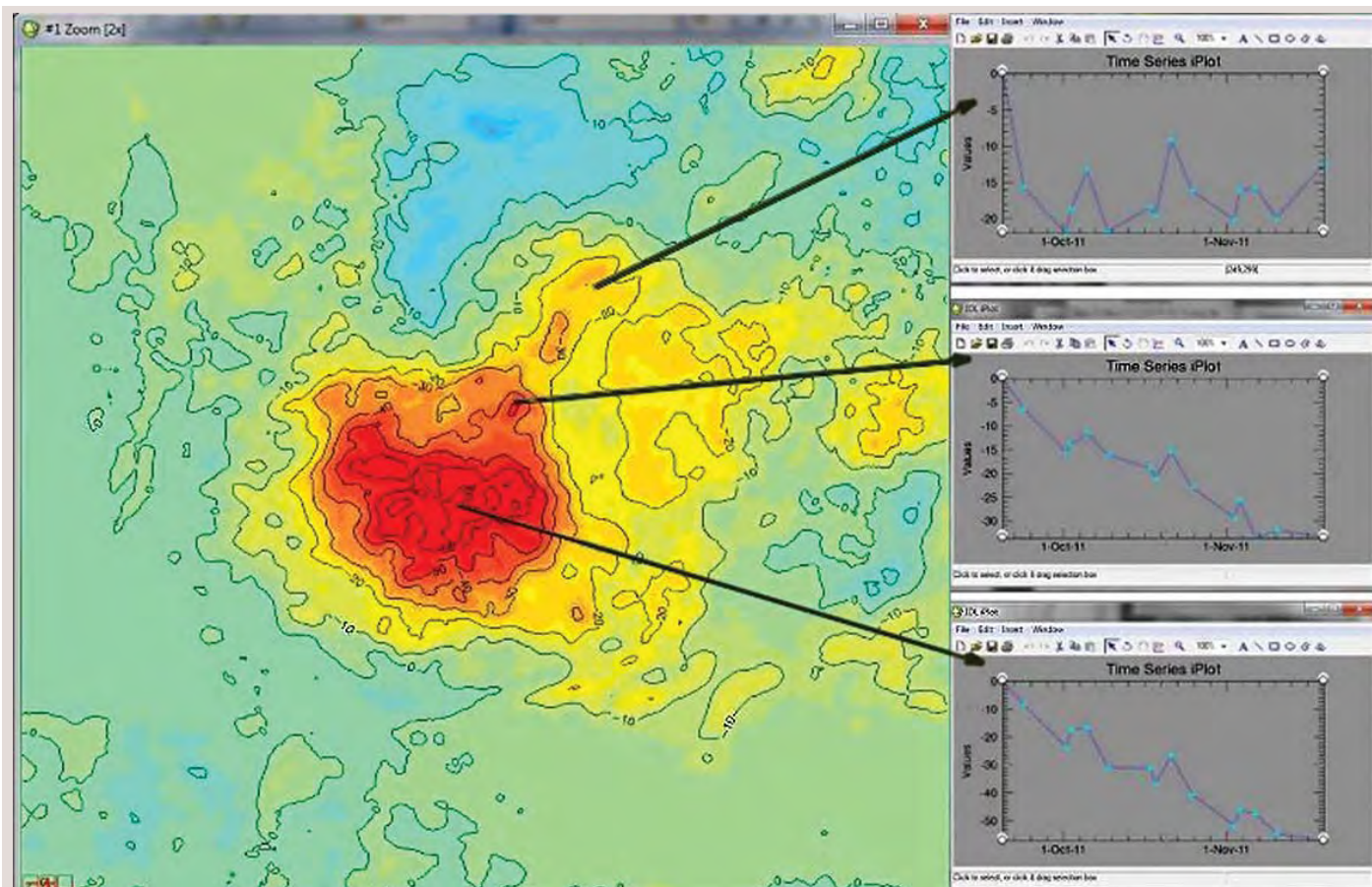
### ➔ Выполненные работы

- ♦ Интерферометрическая обработка данных 15-проходной радарной съемки Уртуйского угольного разреза по методике интерферометрии SBAS в программном комплексе SARscape с применением трехмерной развертки фазы. Всего было обработано 15 пар снимков.
- ♦ Построены интерферограммы и дифференциальные интерферограммы для каждой из пар в автоматизированном режиме. Выполнена фильтрация интерферометрической фазы, расчет когерентности и развертка фазы (для ряда пар — трехмерная развертка в координатах «азимут – наклонная дальность – время»).
- ♦ На выходе были рассчитаны смещения земной поверхности на каждую дату съемки, результирующая карта смещений и файл точек — постоянных рассеивателей радиолокационного сигнала.

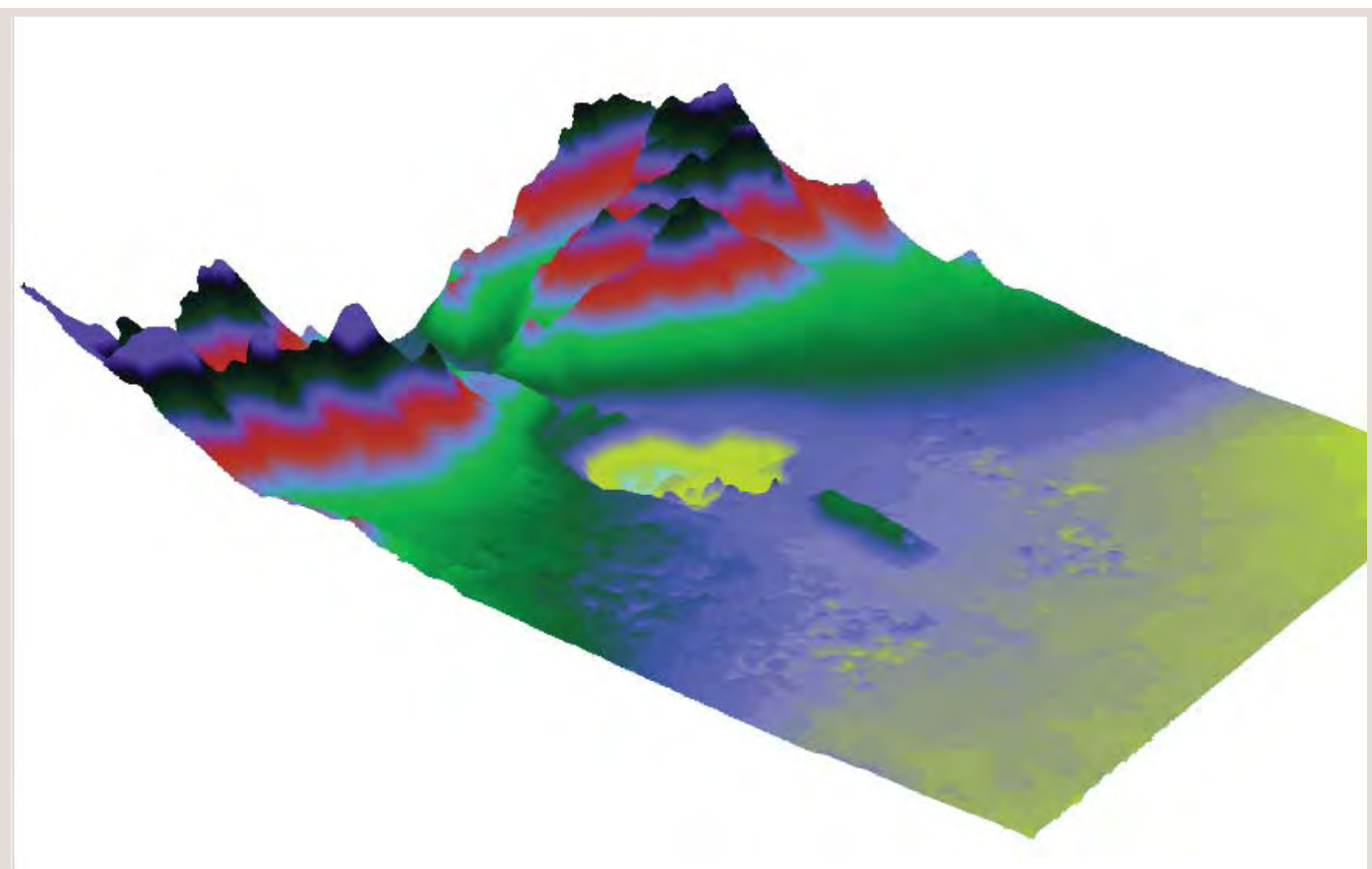
### ➔ Результаты

- ♦ Анализ смещений бортов угольного карьера по результатам выполнения 15 съемок со спутников COSMO-SkyMed в X-диапазоне длин волн.
- ♦ Построена ЦММ с шагом матрицы 10 м, превосходящая по детальности в 9 раз ЦММ SRTM, показана динамика развития карьера с 2000 по 2011 г.
- ♦ По составленной карте смещений и деформаций бортов карьера за период радарных съемок COSMO-SkyMed (сентябрь–ноябрь 2011 г.) выявлены несколько очагов оседаний, один очаг поднятия земной поверхности в разных частях карьера.
- ♦ Выявлен наиболее крупный по площади и по амплитуде зарегистрированных оседаний участок в юго-западной части карьера. Деформации достигают 6 см за период в 2 месяца.

Полученные результаты показали, что при частоте съемок порядка 6-8 раз в месяц, даже на незастроенной территории удается поддерживать когерентность фаз радарных съемок за разные даты на необходимом для выполнения обработки уровне.



Уртуйский разрез. Основной очаг оседаний и графики смещений для нескольких точек



Уртуйский разрез. Трехмерное отображение ЦММ, рассчитанной по данным COSMO-SkyMed на территорию карьера Уртуйский и прилегающих территорий



## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИИ РАЗРАБОТОК ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Использование космических снимков для экологического мониторинга позволяет добиться полного единовременного охвата всей территории производственного объекта, а дистанционные методы дают возможность провести экологическую оценку не только в пределах отдельных пунктов наблюдений, но и на любом выбранном участке.

### ➔ Направления использования данных ДЗЗ для экологического мониторинга территории разработок полезных ископаемых

- ◆ Мониторинг и картографирование инфраструктуры недропользования (разрезов, карьеров, отвалов, хвостохранилищ).
- ◆ Изучение динамики негативных процессов в районах добычи (карст, просадки земной коры, подтопления, заболачивание).
- ◆ Выявление и картографирование участков загрязнения почв.
- ◆ Мониторинг загрязнения водных ресурсов.
- ◆ Мониторинг экологически опасных объектов горнодобывающего комплекса.
- ◆ Выявление участков деградации растительности (гари, погибшие лесные насаждения, участки ветровалов, участки усыхания растительности, воздействия насекомых и др.).



Изменение полигонального объекта – строительство рудника «Мир», граница объекта обозначена красным: а) снимок QuickBird, 2004 г.; б) снимок GeoEye-1, 2014 г.



ПРОЕКТ КОМПАНИИ «СОВЗОНД»  
КОСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СОСТОЯНИЕ  
ЭКОСИСТЕМ ОКРЕСТНОСТЕЙ ГОРОДА МИРНОГО (РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ))

➔ Заказчик

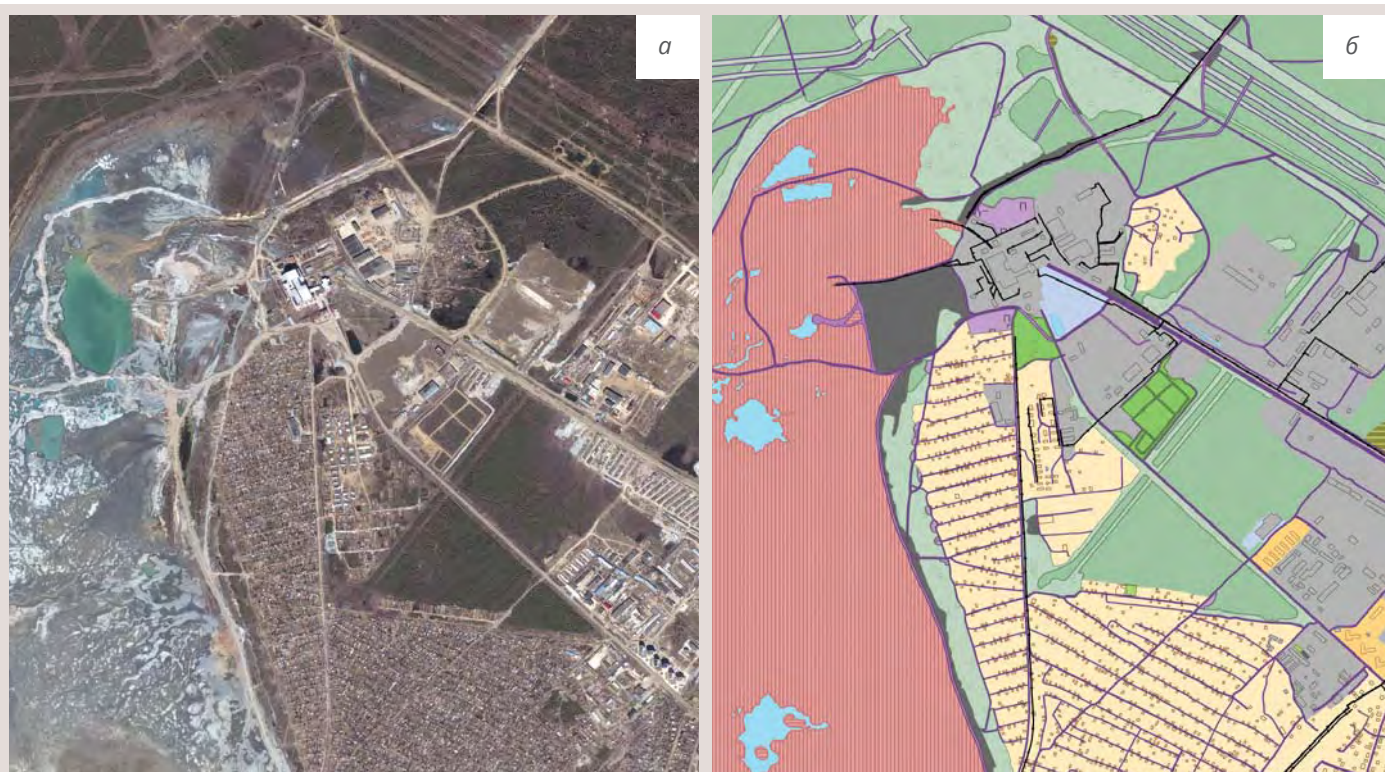
Мирнинский ГОК АК «АЛРОСА».

➔ Цель проекта

Обнаружение фактов негативного антропогенного воздействия на состояние экосистем в районе города Мирного на основе данных ДЗЗ для повышения ситуационной осведомленности при принятии управленческих решений, а также для достижения устойчивого развития окружающей среды.

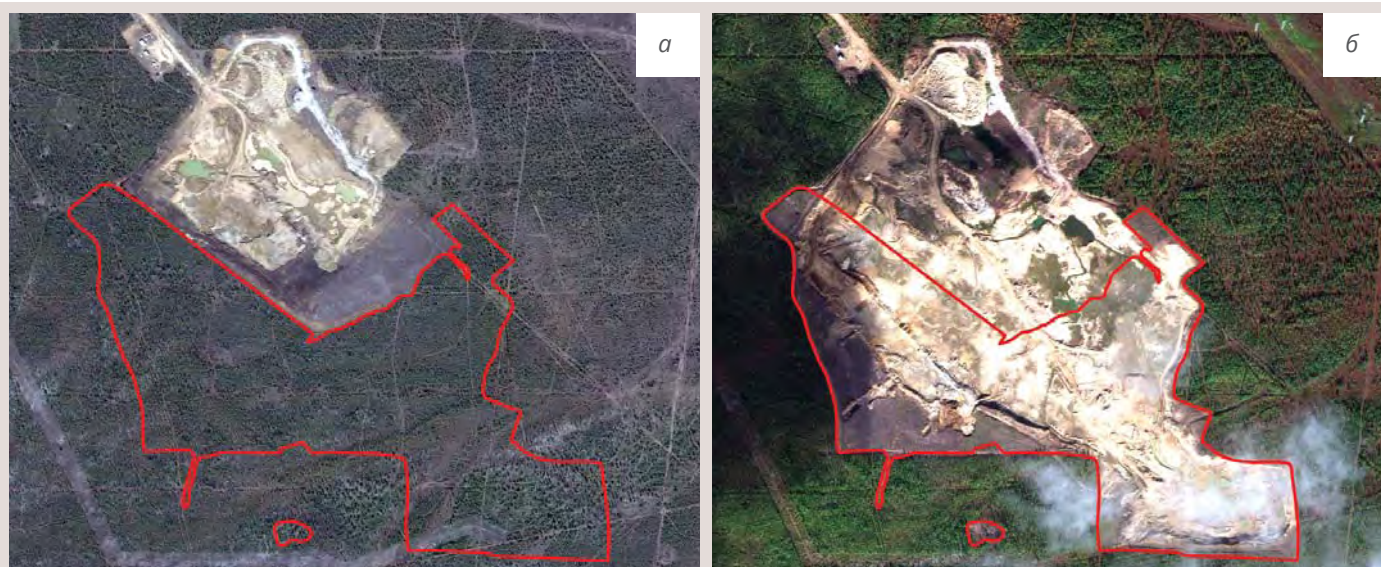
➔ Выполненные работы

- ◆ Поставка данных оперативной и архивной космической съемки на территорию, прилегающую к городу Мирному.
- ◆ Создание базовой плано-картографической основы (БПКО) М 1:10 000.
- ◆ Создание серии тематических картографических произведений по результатам обработки данных космической съемки:
  - выявление изменений площадей экосистем и антропогенных объектов (объекты недропользования, дороги, участки сейсмопрофилей, здания, сооружения);
  - определение границ расположения объектов недропользования (карьеров, хвостохранилищ, терриконов, отвалов);
  - картографирование экологического состояния водоемов;
  - обнаружение участков водопроявления и обводненности территории;
  - выявление изменений почвенно-растительного покрова на основе дистанционного анализа биомассы;
  - картографирование деградации лесной растительности.



а) снимок QuickBird; б) пример оформления итоговой БПКО

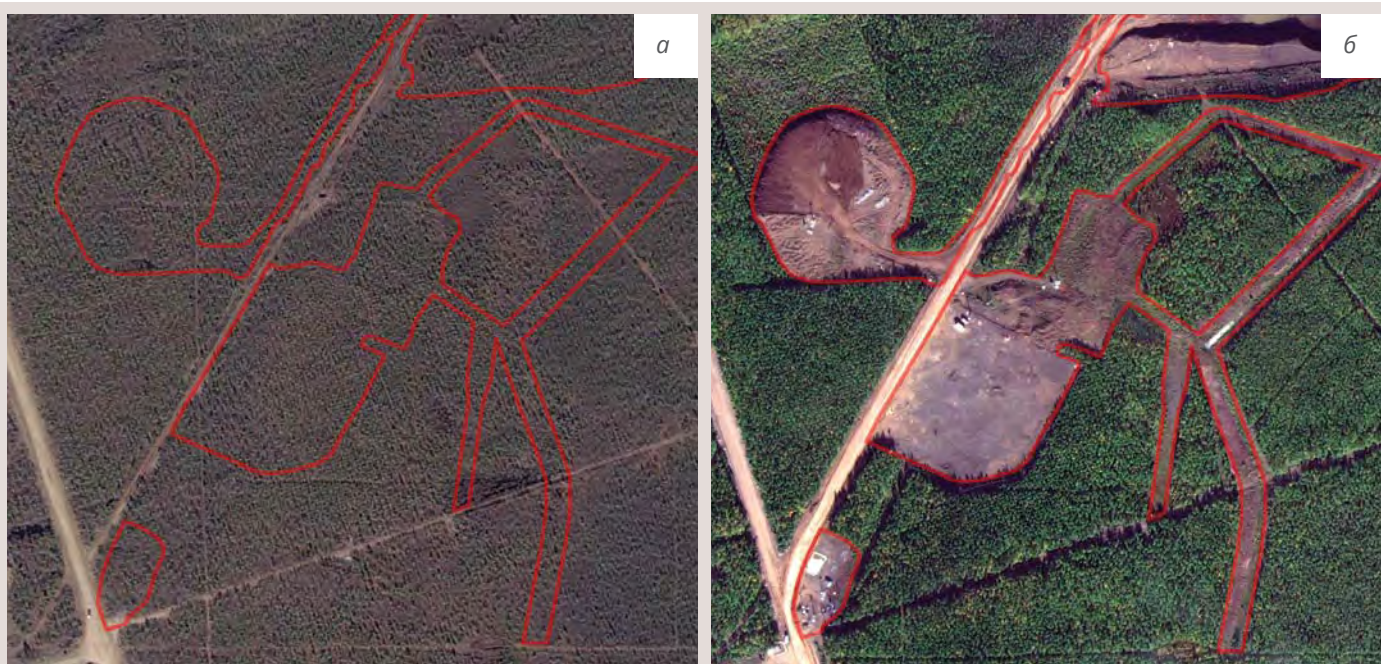




Увеличение площади разработки карьера «Прикарьерный»: а) снимок QuickBird, 2004 г.; б) снимок GeoEye-1, 2014 г.

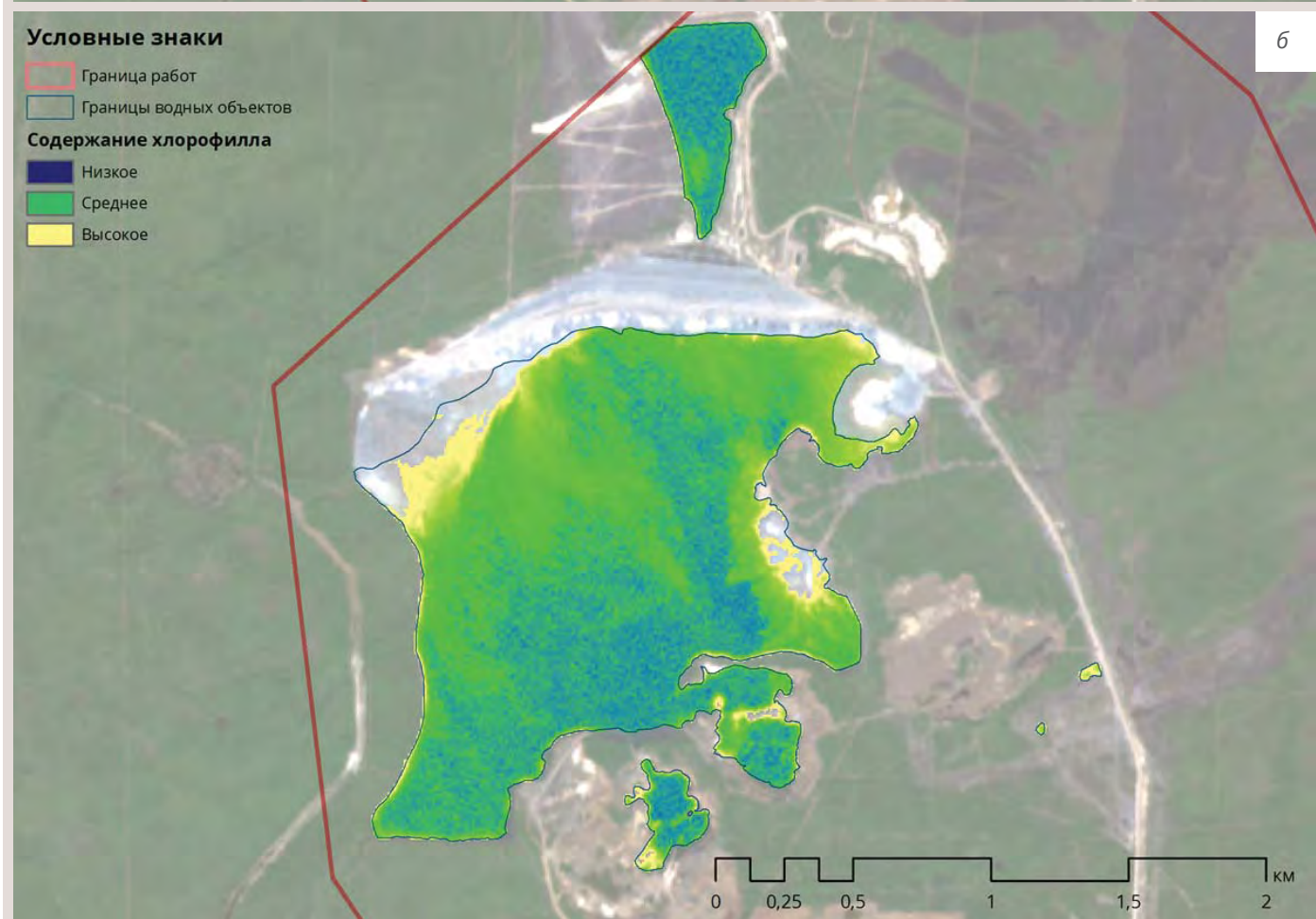
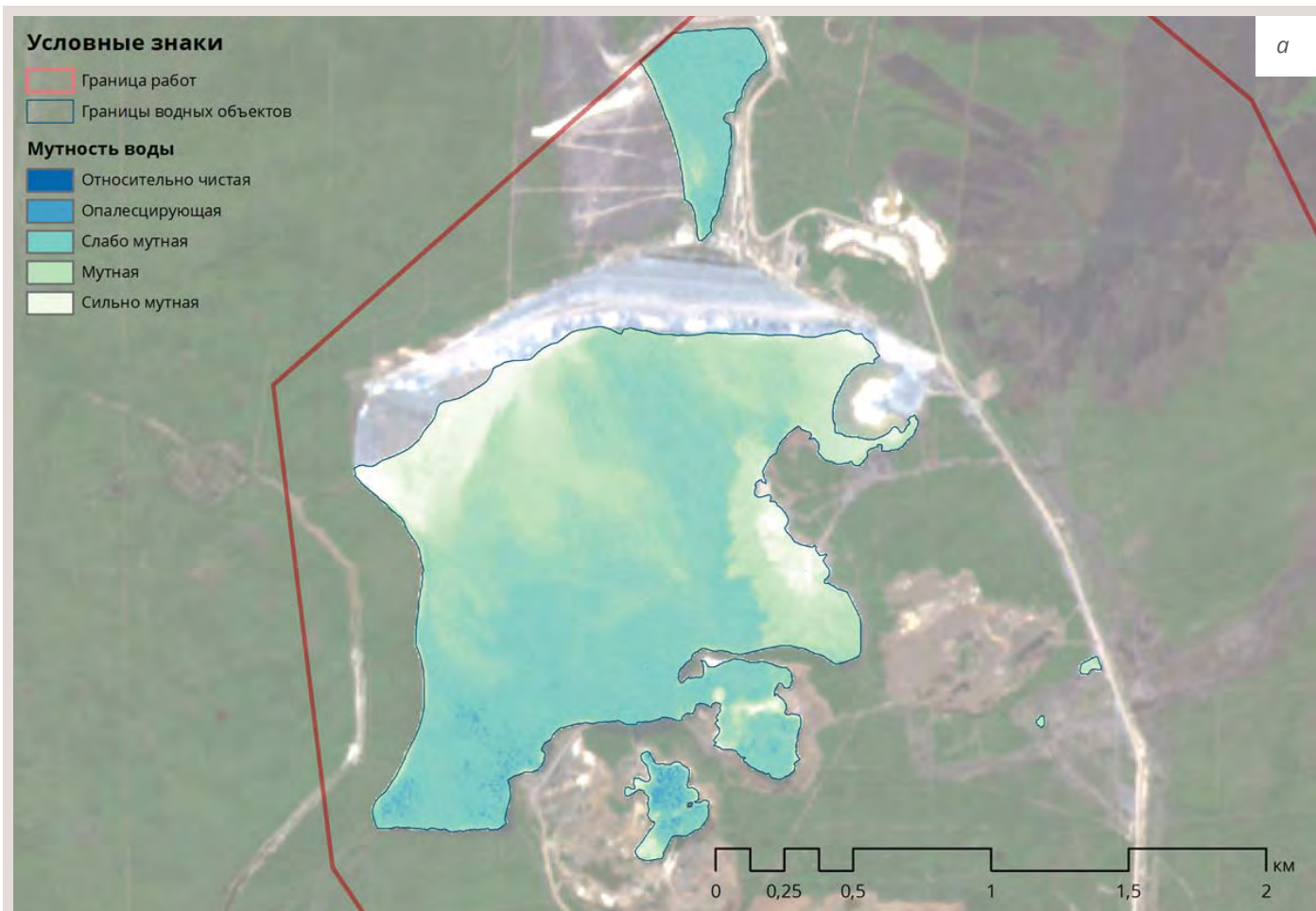


а) снимок QuickBird, 2004 г.; б) снимок GeoEye, 2014 г.; в) картосхема деградации растительного покрова



Обнаружение участков сведения растительного покрова: а) снимок QuickBird, 2004 г.; б) снимок GeoEye, 2014 г.





Хвостохранилище фабрики № 3: а) картосхема мутности воды; б) картосхема содержания хлорофилла в воде

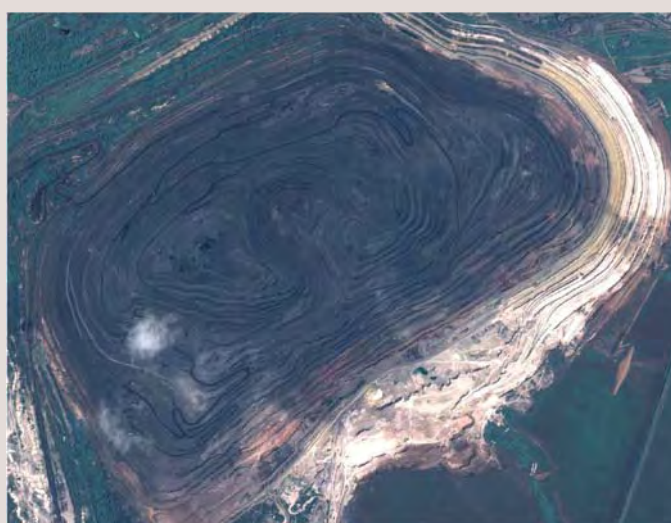


## СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА И МОНИТОРИНГ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

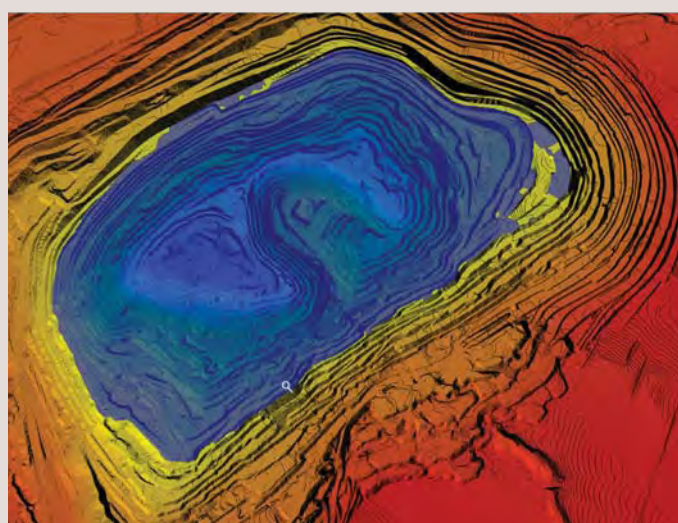
Цифровые модели рельефа с успехом используются для мониторинга земляных работ, расчета объемов отработанной породы и т. д. Источниками исходных данных для создания ЦМР служат:

- данные стереосъемки (в том числе космической);
- данные воздушного и наземного лазерного сканирования;
- данные радарной съемки.

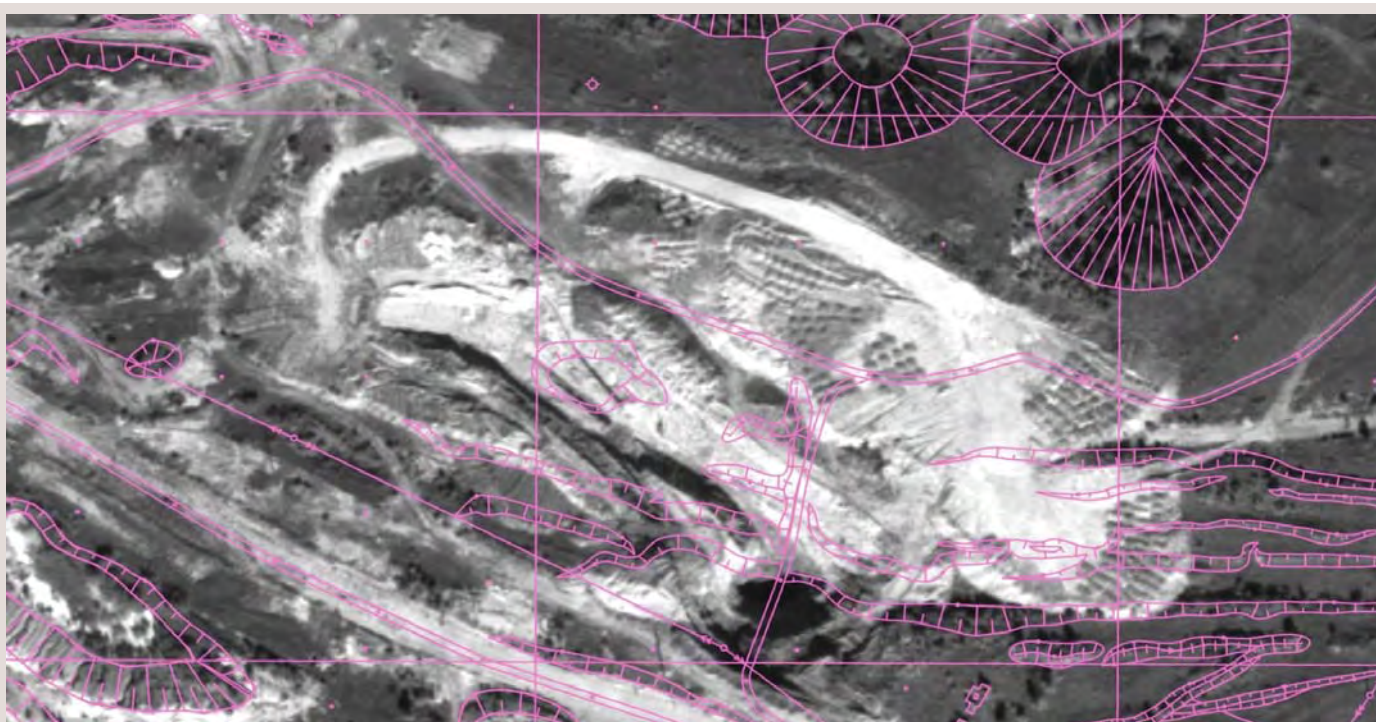
Точность позиционирования объектов на снимках со спутников сверхвысокого разрешения без полевой привязки сопоставима с точностью карты М 1:10 000. Но после построения ЦМР по привязанным в поле стереопарам расхождения относительно планово-высотной опоры по высоте составляют 0,5 м.



Космический снимок карьера добычи Лебединского ГОК. Спутник GeoEye (разрешение 50 см)

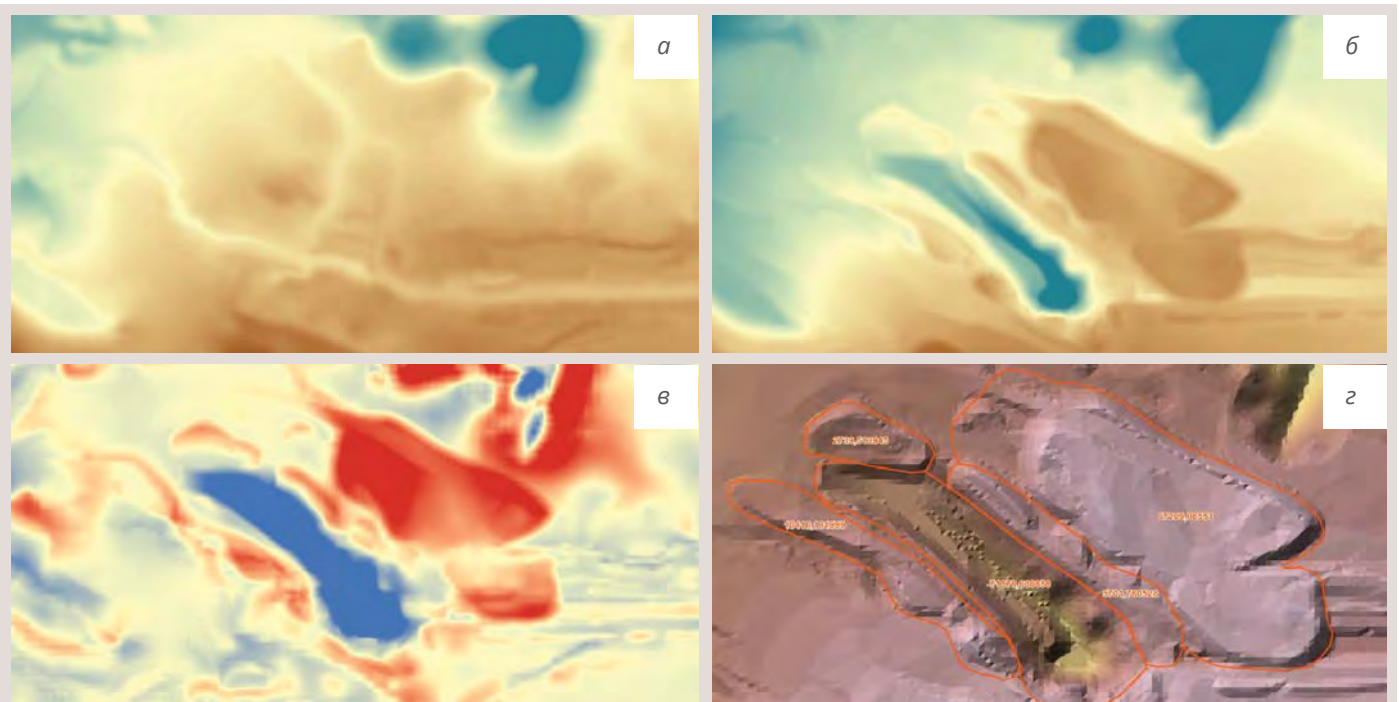


Цифровая модель рельефа карьера добычи Лебединского ГОК



Космический снимок WorldView-2, 2010 г. с результатами геодезической съемки, 2008 г.





Мониторинг разработки нового карьера: а) ЦМР, 2008 г.; б) ЦМР, 2010 г.; в) оценка изменений путем математической операции – вычитания; г) расчет объемов, TIN-модель, 2012 г.

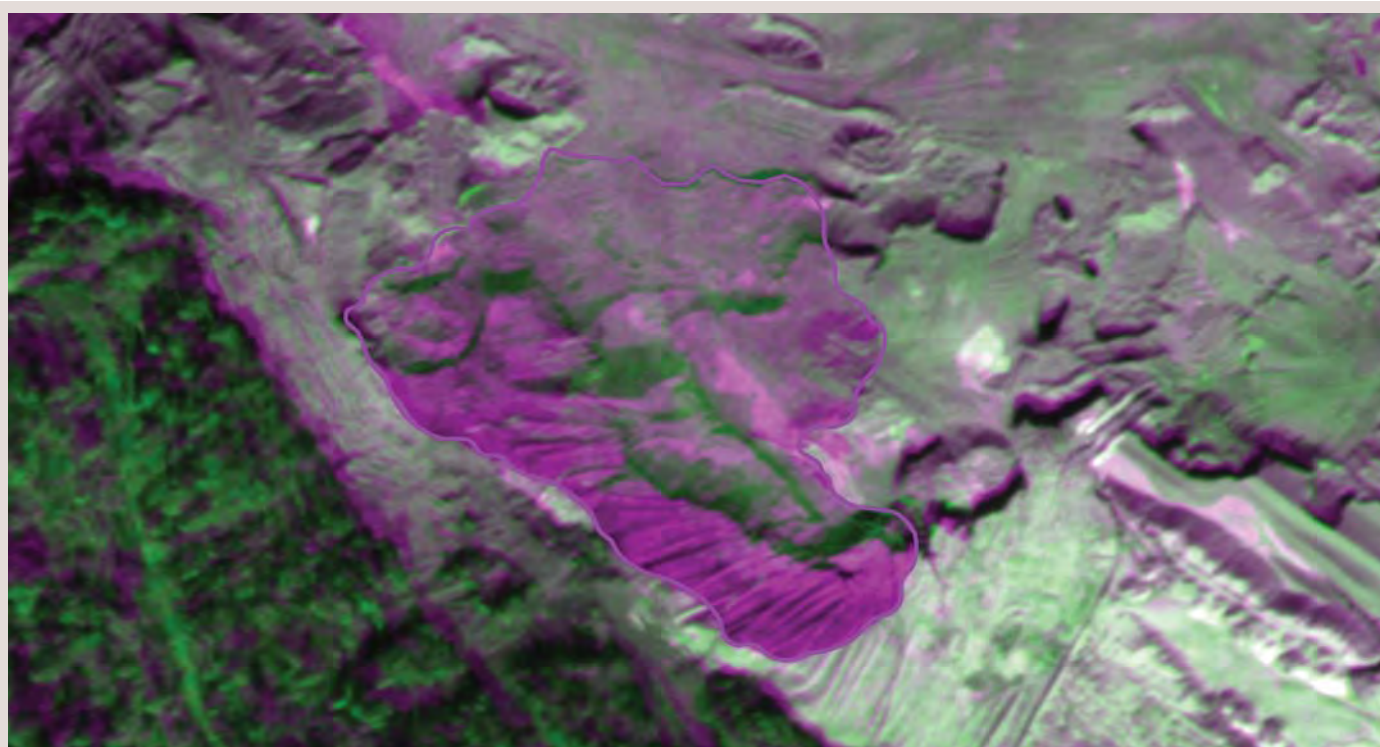


Мониторинг разработки нового карьера: а) WorldView-2, 16.06.2010 г.; б) WorldView-2, 08.07.2010 г.; в) Композит

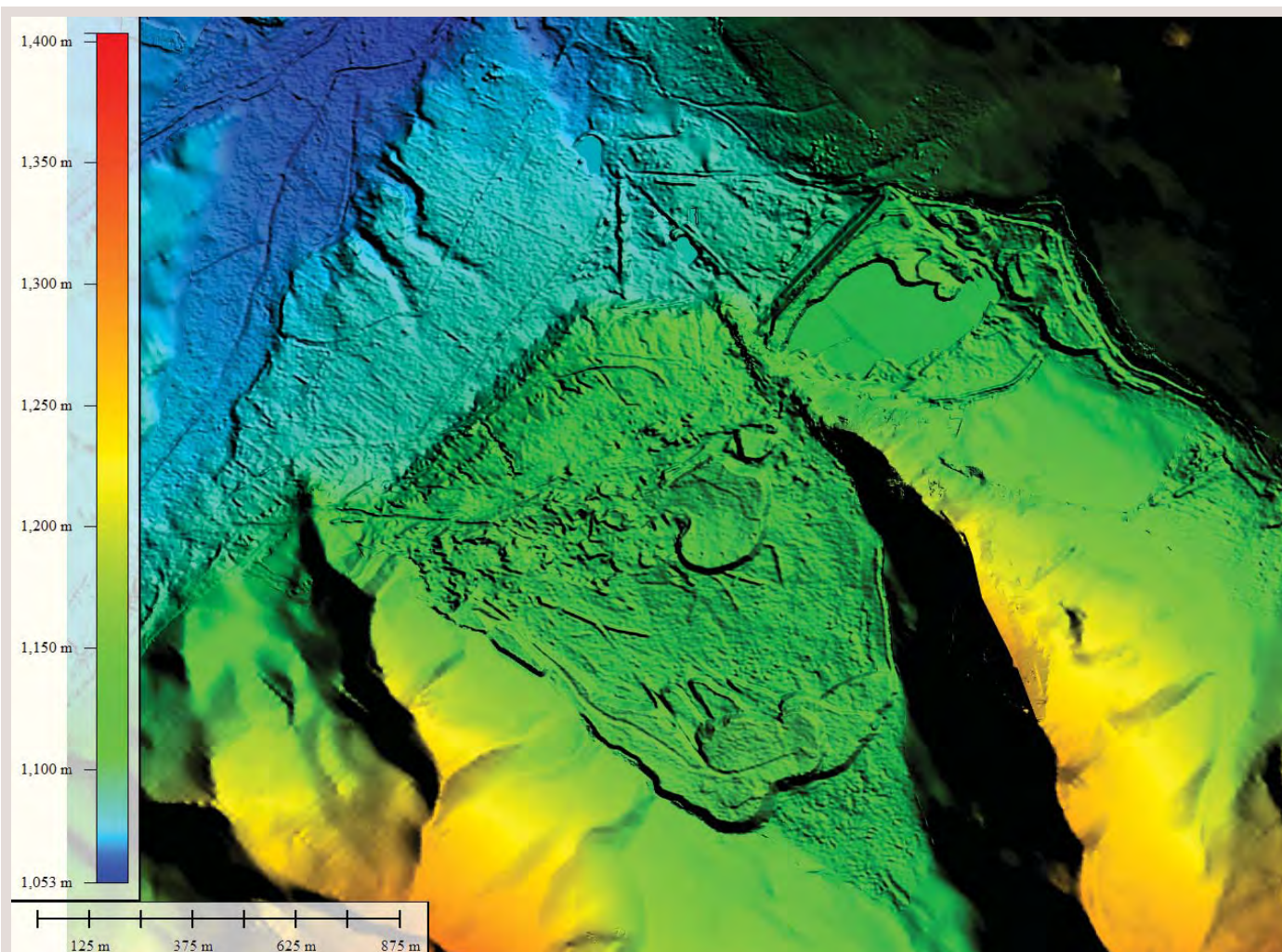


Расчет объема выработки





Рекультивация отвала - пример выемки грунта. Мультивременной композит, изменения выделены красным цветом



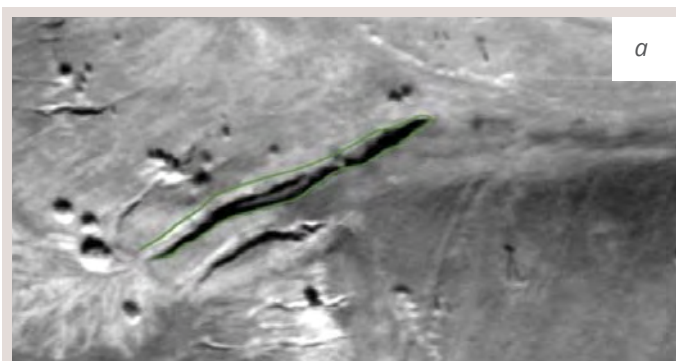
Цифровая модель рельефа рекультивируемого отвала, созданная по стереоснимкам от 14.08.2014 г.



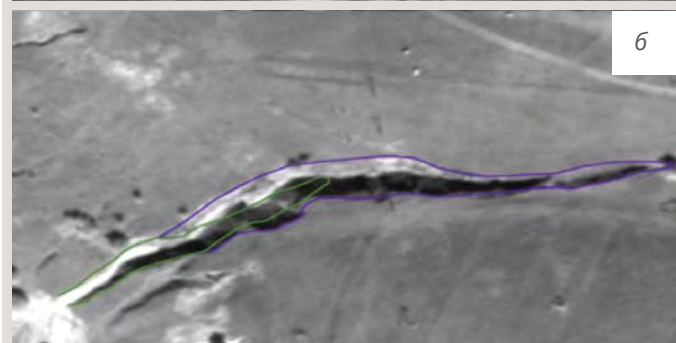
## МОНИТОРИНГ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТ

Важным видом мониторинга является наблюдение за развитием эрозионных процессов на рекультивированных карьерах и отвалах.

Изменения выявляются на разновременных композитах, а количественные показатели рассчитываются с использованием цифровых моделей рельефа.



а



б

Мониторинг развития овражной эрозии на склоне отвала:  
а) образование оврага, 2008 г.; б) развитие оврага, 2010 г.

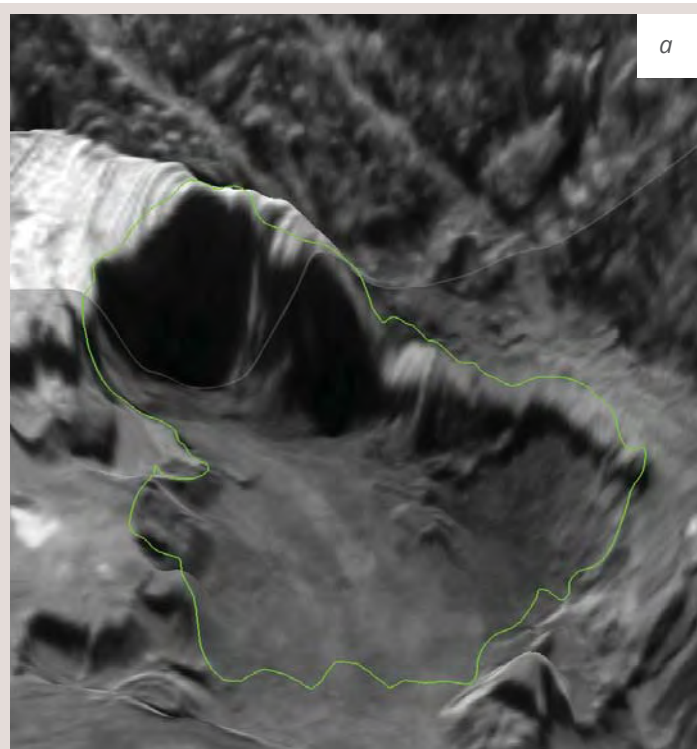


а



б

Расчет количественных показателей растущего оврага:  
а) матрица высот (DEM); б) поверхность TIN



а



б

Образование выемки грунта с августа по сентябрь 2014 г. объемом 32 187,7 куб. м



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОФОТОСЪЕМКИ И ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

## АЭРОФОТОСЪЕМКА (ВКЛЮЧАЯ АЭРОФОТОСЪЕМКУ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ)

Аэрофотосъемка — один из самых эффективных методов получения геопространственных данных для информационного обеспечения производственных процессов в недропользовании благодаря высокой точности (до нескольких сантиметров на пиксель) и качеству изображений. Аэрофотосъемка производится с самолета, вертолета и других воздушных летательных аппаратов с помощью специальных камер и прочих сенсоров. Аэрофотосъемка зачастую дополняет космическую съемку для получения более детальных изображений отдельных объектов и территорий.

### ➔ Основное преимущества

- ♦ Высокая визуальная информативность.
- ♦ Высокие измерительные качества благодаря лазерной локации.
- ♦ Наклонные аэрофотоснимки обеспечивают лучшее распознавание объектов и их свойств.



*Перспективный аэрофотоснимок*

В настоящее время для проведения оперативной аэрофотосъемки территории объектов горнодобывающей промышленности чаще всего используется съемка с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Реже используется аэрофотосъемка в сочетании с воздушным лазерным сканированием.

Следует отметить, что производители БПЛА поставляют не только сами летательные аппараты, но и специализированные комплексы, включающие в себя наземные средства управления и программное обеспечение для обработки данных.





*Аэрофотосъемка с беспилотного летательного аппарата*

➔ **Аэрофотосъемка, включая съемку с БПЛА, позволяет получить цифровые снимки очень высокого разрешения. В зависимости от типа используемой фотокамеры можно решать следующие задачи информационного обеспечения производства:**

- ♦ автоматизированное получение ортофотопланов с пространственным разрешением до нескольких сантиметров;
- ♦ создание фотореалистичных цифровых 3D-моделей территории;
- ♦ мониторинг чрезвычайных ситуаций и их последствий, контроль хода аварийно-восстановительных работ;
- ♦ анализ и оценка динамики изменений местности;
- ♦ производственно-экологический мониторинг;
- ♦ тепловизионная съемка.

Компания «Совзонд» проводит аэрофотосъемку в видимом и инфракрасном диапазоне на территории деятельности горнодобывающих предприятий для создания ортофотопланов М 1:1000, 1:2000, 1:5000. Разрешение аэрофотосъемки в зависимости от масштаба — от 15 до 40 см.



## ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ

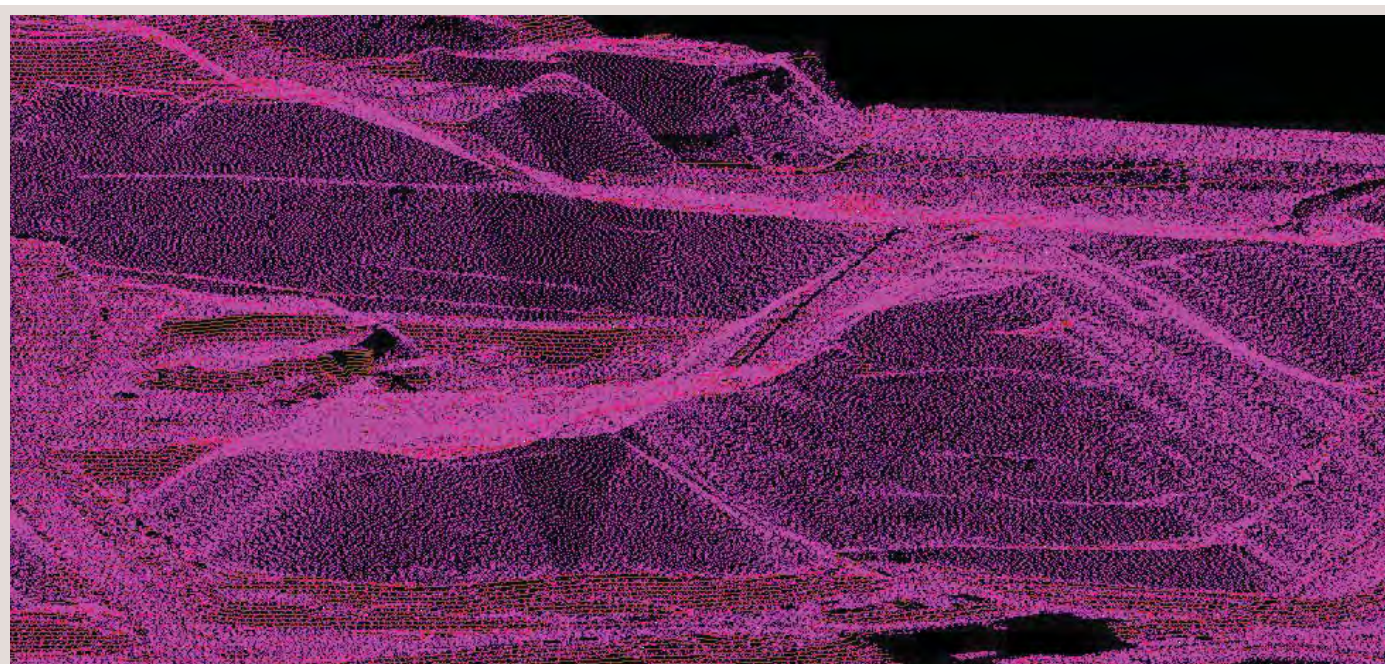
Для картографирования территории и создания 3D-моделей объектов горнодобывающих предприятий компания «Совзонд» использует технологию воздушного, наземного и мобильного лазерного сканирования. Воздушное лазерное сканирование применяется для высокоточного картографирования линейных и площадных объектов в М 1:500–1:2000. Технологии наземного и мобильного лазерного сканирования используются для получения очень детальных 3D-моделей объектов М 1:50 и топографических планов М до 1:500.

### ➔ Основные преимущества

- ◆ Стоимость съемки и моделирования объектов ниже, чем при использовании классических технологий примерно в 3 раза.
- ◆ Совокупная скорость съемки и обработки данных, полученных лазерным сканированием, в несколько раз быстрее обычной геодезии и аэрофотосъемки.
- ◆ Точность лазерного сканирования сравнима с точностью наземной геодезии и гораздо выше точности аэрофотосъемки.
- ◆ Растительность, дымка и ночное время не являются помехами для ведения работ.

### ➔ Лазерное сканирование в горнодобывающей промышленности наиболее эффективно используется для:

- ◆ Проведения инженерных изысканий на территории новых месторождений (освоении новых участков).
- ◆ 3D-моделирования карьеров и оценки объемов перемещенной породы.
- ◆ Высокоточной съемки сооружений, цехов ГОК, прилегающих территорий для проектирования и реконструкции.
- ◆ Мониторинга смещений земной поверхности.
- ◆ Оперативной оценки и съемки при ЧС.
- ◆ Виртуальном моделировании территорий добычи и переработки для презентационных целей.



Лазерное сканирование карьера для создания точной модели рельефа



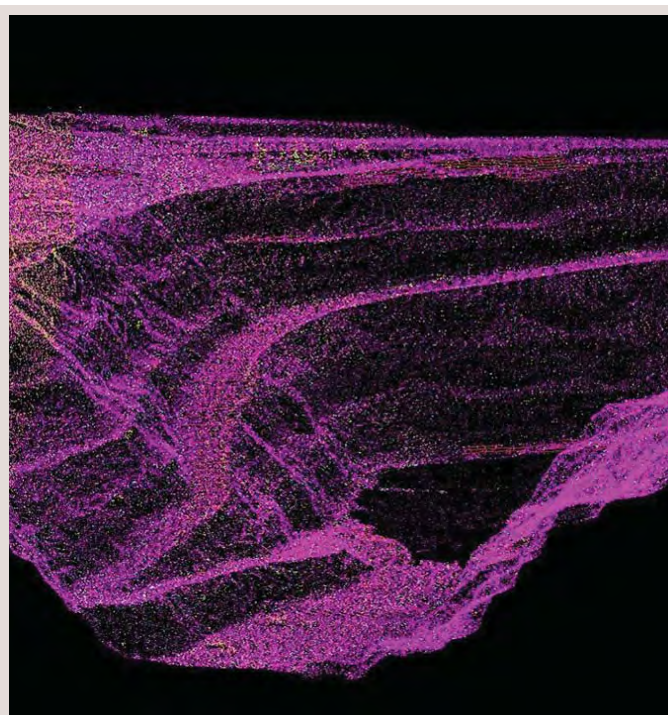
## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И АЭРОФОТОСЪЕМКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ И ПРЕДПРОЕКТНЫХ РАБОТ

На стадии проведения изыскательских и предпроектных работ производится воздушное лазерное сканирование и цифровая аэрофотосъемка. Охват — карьеры, открытые разрезы, территории обустройства месторождений и иные площадные объекты с площадью отдельного объекта не менее 20 кв. км. Съёмка ведется для картографирования в М 1:500, 1:1000 или 1:2000, сечение рельефа — от 0,5 до 1 м. Параллельно производится аэрофотосъемка с разрешением 7–20 см.

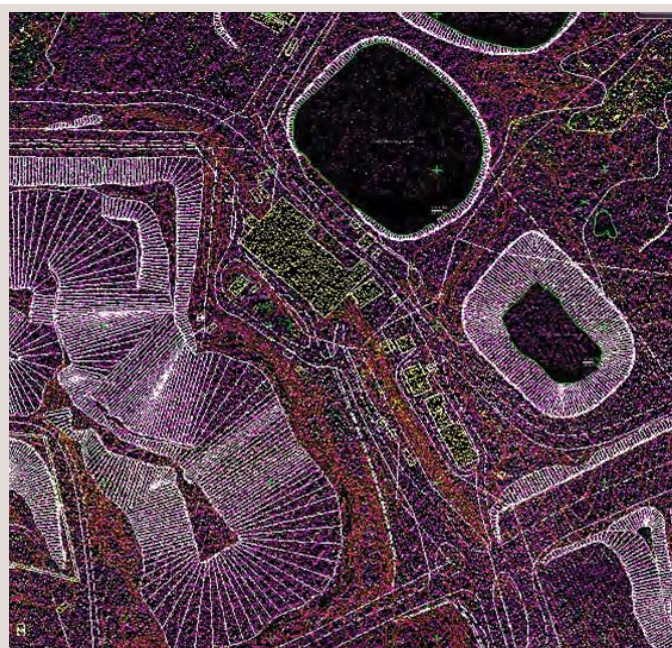
### → Этапы работ



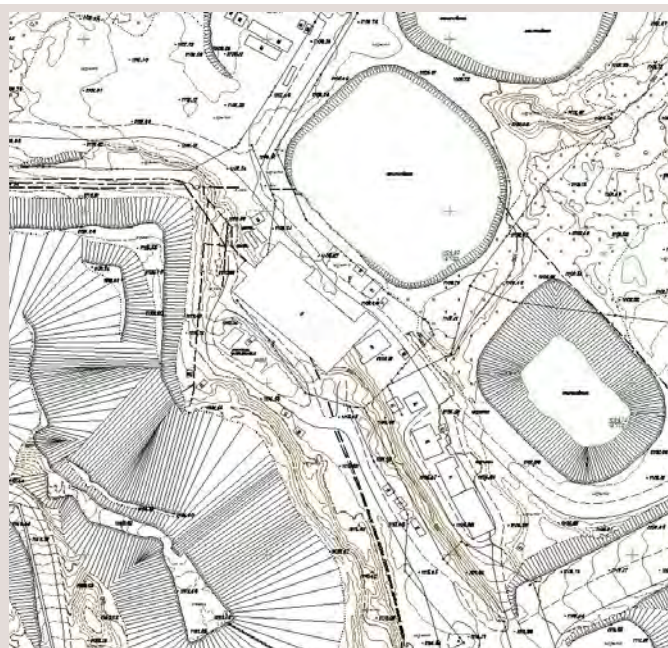
1. Создание ортофотоплана по аэрофотосъемке



2. Создание точной цифровой модели рельефа по результатам лазерного сканирования



3. Совмещение ортофотоплана с данными лазерного сканирования



4. Создание топографических планов М 1:500–1:2000

**СОЗДАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ  
ГИС ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ  
ОТРАСЛИ**

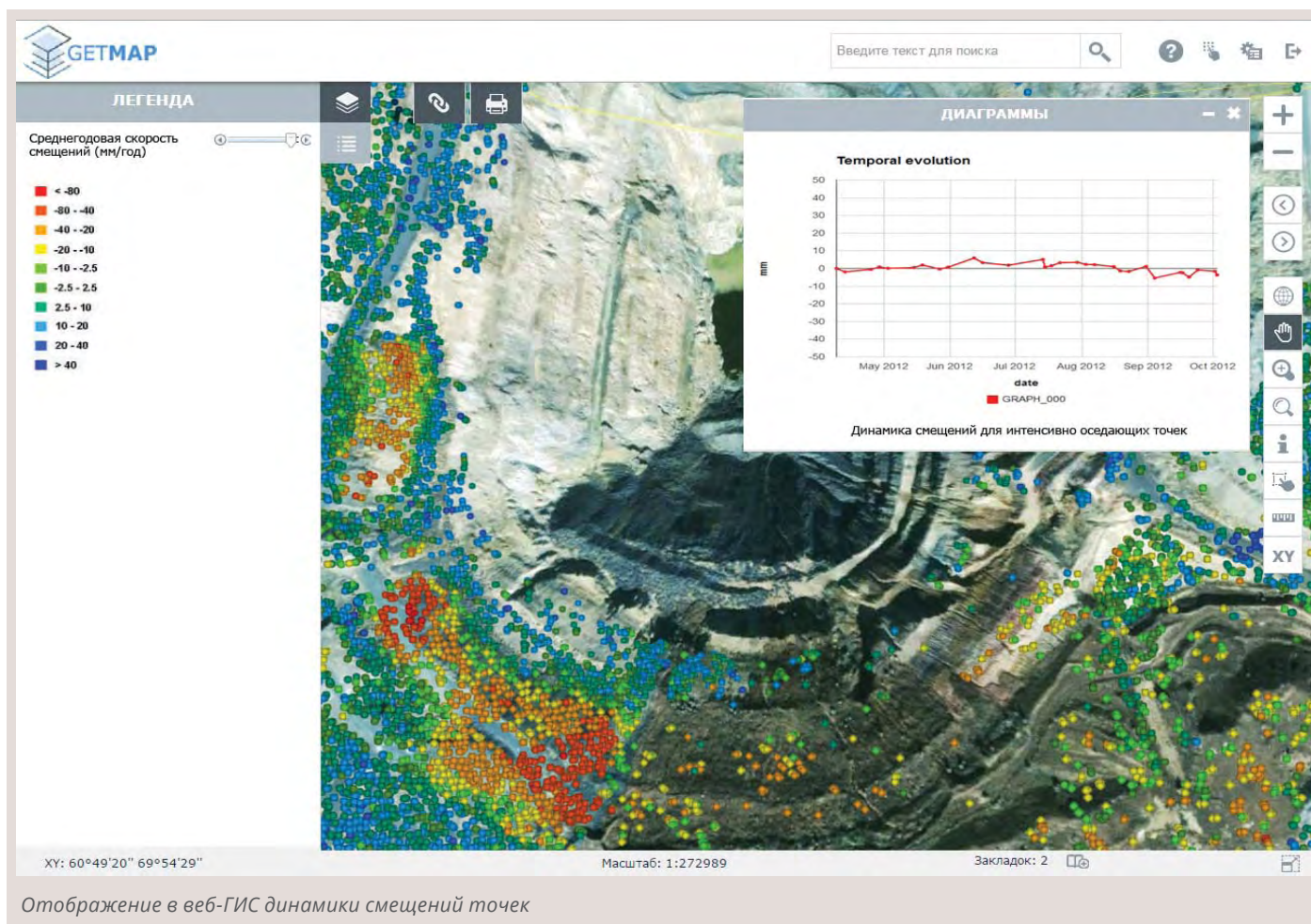


## СОЗДАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЕБ-ГИС

Создание веб-ГИС позволяет обеспечить эффективный доступ к актуальной и точной пространственной информации об объектах недропользования. Вместо разрозненной информации об эксплуатируемых объектах, доступной отдельным пользователям через специализированные приложения, предприятие получает единую систему с удобным доступом к картам, таблицам, документам для всех заинтересованных пользователей.

### ➔ Возможности веб-ГИС

- ♦ Доступ через веб-браузер к комплексной информации об объектах недропользования.
- ♦ Отображение геопро пространственной основы, тематических карт и космических снимков.
- ♦ Просмотр и редактирование данных об объектах инфраструктуры.
- ♦ Визуализация изменений состояния зданий и сооружений, транспортных путей, охранных зон, объектов недропользования.
- ♦ Выполнение атрибутивных и пространственных запросов к данным.
- ♦ Бизнес-анализ показателей деятельности предприятий горнодобывающей отрасли в разрезе месторождений, фабрик, шахт с визуализацией результатов анализа на карте.
- ♦ Формирование текстовых и графических отчетов по добыче и переработке полезных ископаемых.
- ♦ Интеграция с другими информационными системами предприятия.



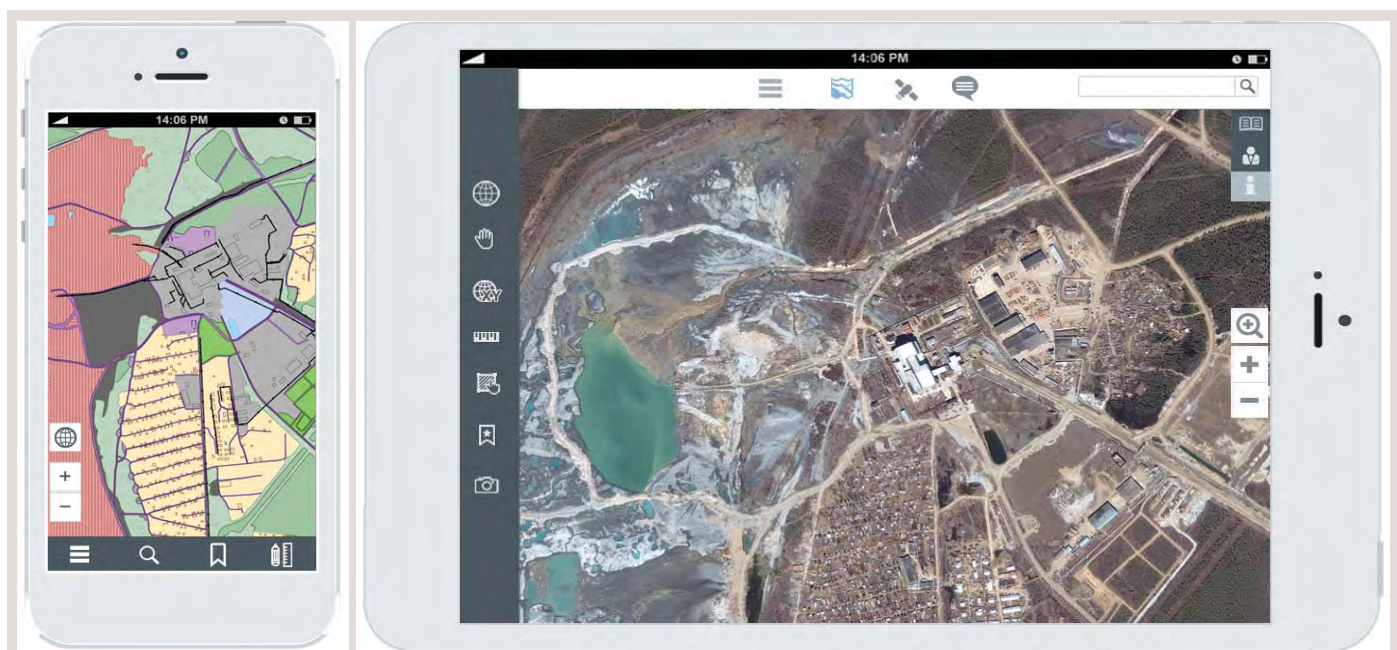
Отображение в веб-ГИС динамики смещений точек

## СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ГИС-ПРИЛОЖЕНИЙ

Мобильные ГИС-приложения для смартфонов и планшетов позволяют получать доступ к информации об инфраструктуре объектов горнодобывающего предприятия, непосредственно на месторождении, в офлайн- или онлайн-режиме, а также синхронизировать изменения с корпоративной веб-ГИС.

### → Возможности мобильных ГИС-приложений

- ♦ Отображение многослойных карт и снимков.
- ♦ Пространственный и атрибутивный поиск.
- ♦ Отображение информации об объектах.
- ♦ Поддержка геолокации.
- ♦ Поддержка работы с адресной книгой и звонками.
- ♦ Просмотр и добавление связанных документов и фото.
- ♦ Ввод и редактирование данных.
- ♦ Построение маршрутов.
- ♦ Экспорт карты.
- ♦ Синхронизация изменений.



Мобильное приложение для смартфона и планшета



**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
И АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ  
ДАННЫХ**

## БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Съемка с БПЛА в последнее время становится более востребованным источником пространственной информации. Компания «Совзонд» поставляет БПЛА, обладающие улучшенными тактико-техническими характеристиками в своем классе и позволяющие охватывать значительные территории за один полет (до 100 кв. км.).



➔ Аппараты можно оснастить современной съемочной и стабилизирующей аппаратурой, а также разнообразными сенсорами для мониторинга окружающей среды.

Данное оборудование позволяет решать следующие задачи:

- ◆ автоматизированное получение ортофотопланов с пространственным разрешением до нескольких сантиметров и М 1:1000, ЦМР;
- ◆ мониторинг ЧС, контроль хода аварийно-восстановительных работ;
- ◆ анализ и оценка динамики изменений местности;
- ◆ производственно-экологический мониторинг.

## МОБИЛЬНЫЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Развитие систем спутникового позиционирования GPS/ГЛОНАСС, лазерной локации, инерциальных систем и цифрового фотографирования привели к появлению в последние 5–6 лет одного из наиболее инновационных направлений в картографии — мобильного лазерного картографирования.



➔ Мобильный картографический комплекс функционирует на основе технологии лазерного сканирования и включает в себя лазерные сканеры, несколько фотокамер видимого диапазона, высокоточную систему спутникового позиционирования, инерциальную систему и одомер.

Мобильный картографический комплекс позволяет осуществлять съемку природных и техногенных объектов, таких как:

- ◆ карьеры в М 1:500 (определение объемов перемещенной породы, отбивка бровок, профили, съемка скальных выходов);
- ◆ борты склонов, где возможны опасные инженерно-геологические процессы.



## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

При выполнении комплексных проектов компания «Совзонд» поставляет специализированное интерактивное оборудование для анализа и визуализации данных.

➔ Оборудование позволяет:

- ◆ Визуализировать пространственные данные, тексты, таблицы, видеоизображения и графические объекты, в том числе 3D для оперативного обзора и понимания.
- ◆ Вводить данные в режиме реального времени для принятия оперативных решений.
- ◆ Синхронизировать работу многих специалистов посредством использования сети для быстрого и принятия решений.
- ◆ Использовать справочную информацию и метаданные для лучшей организации работы.
- ◆ Быстро собирать и анализировать информацию из удаленных источников.
- ◆ Визуально оценивать текущие и исторические данные для точного определения и понимания тенденций изменений.



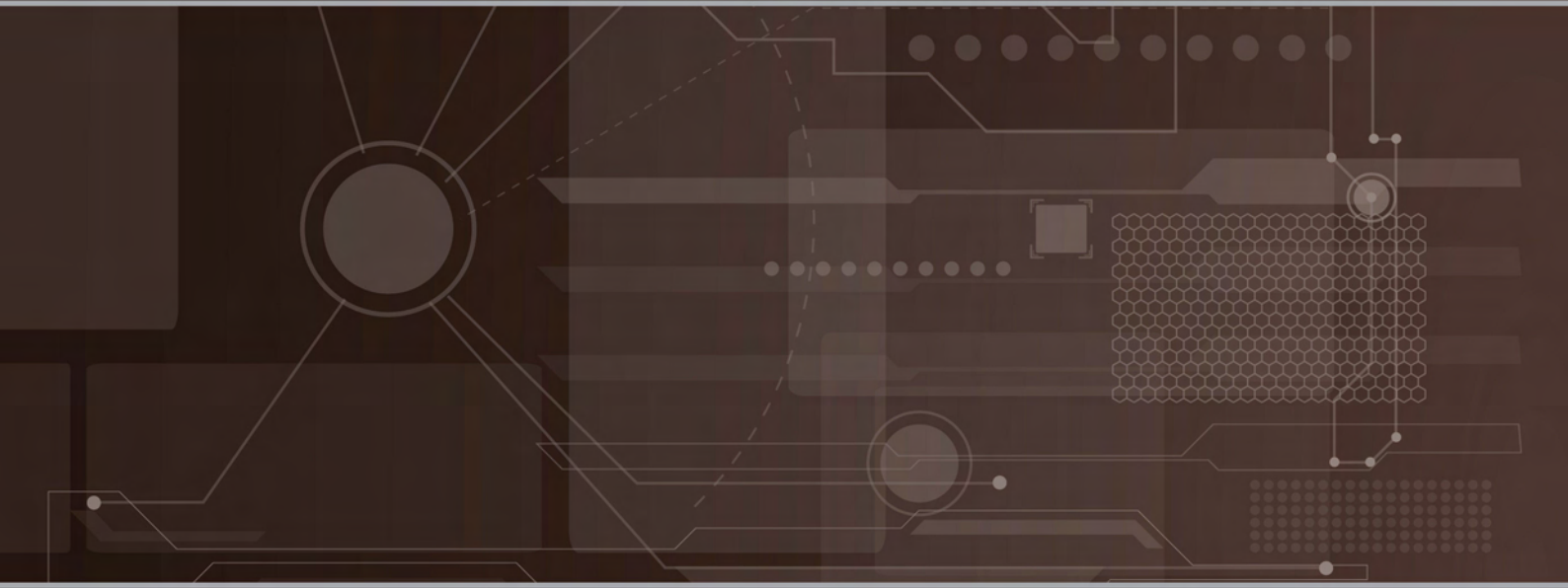
➔ **Программно-аппаратный комплекс (ПАК) TTS** — специализированный цифровой информационный дисплей, гарантирующий максимально реалистичное изображение благодаря высокому разрешению, большей яркости и контрасту. Дисплей оснащен инфракрасной сенсорной multitouch-панелью с защитным стеклом. ПАК TTS может оснащаться встроенным внешним персональным компьютером, а также роботизированной электрической стойкой, позволяющей устанавливать дисплей на необходимой для работы высоте и под любым удобным углом наклона.



➔ **Интерактивный монитор** — цифровой экран, оснащенный инфракрасной сенсорной multitouch-панелью с защитным стеклом, которая крепится в вертикальном положении. Интерактивные мониторы поставляются в нескольких диагоналях (от 22 до 85 дюймов) для любых интерактивных решений.



➔ **Видеостена** — система объединенных между собой экранов, предназначенных для демонстрации больших изображений. Площадь видеостены подбирается в соответствии с требованиями заказчика и может составлять десятки и даже сотни квадратных метров. Каждый экран или видеомодуль является независимым устройством.



115563, Москва, ул. Шипиловская, 28А  
Тел.: +7 (495) 988-7511, 988-7522  
Факс: +7 (495) 988-7533  
E-mail: [sovzond@sovzond.ru](mailto:sovzond@sovzond.ru)  
Web-site: [www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)

ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ

