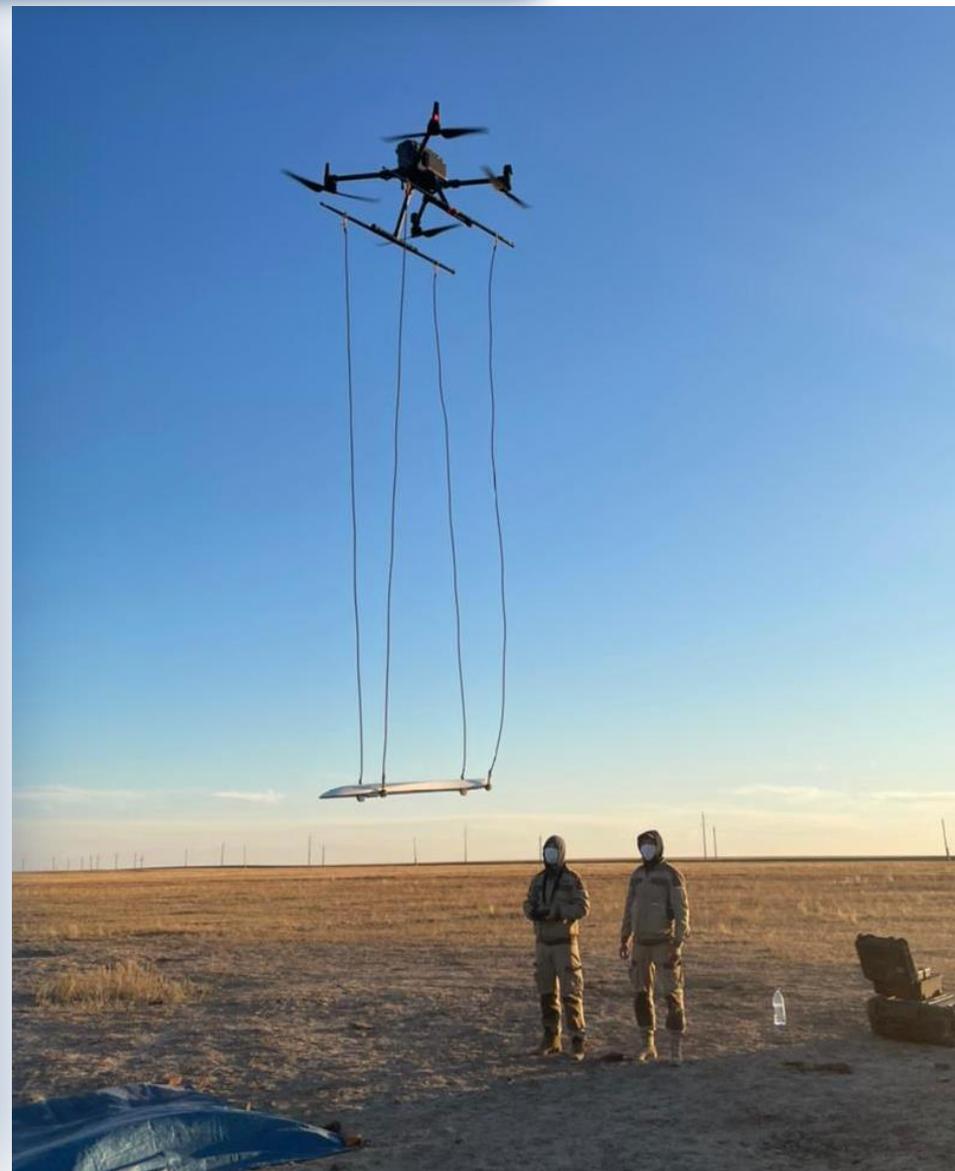




# Геофизическая съемка с использованием БПЛА

# Геофизическая съемка с использованием БПЛА

БПЛА, оснащенные дополнительными датчиками, представляют собой технологический прорыв в дистанционных геофизических исследованиях. Они хорошо подходят для картирования месторождений полезных ископаемых и трубопроводов, проведения исследований НРБ, подземной инфраструктуры, заброшенных скважин и других задач. Многие из этих миссий проводятся в отдаленных районах с пересеченной местностью, где ограниченные запасы и опасные условия могут поставить под угрозу традиционные методы аэрогеофизики или наземной съемки. Обеспечивают повышенную безопасность операций, снижают расходы и упрощают поддержку и логистику.



# Геофизическая съемка с использованием БПЛА

## Преимущества

1. Дешевле наземной и аэросъемки
2. Точное следование рельефу
3. Дистанционные наблюдения – нет влияния поверхностных неоднородностей, меньше влияния техногенных помех
4. Выполняется поставленная геологическая задача
5. Возможность выполнять съемки любых масштабов, включая микромагнитные
6. Возможность выполнять съемки как на маленьких площадях, так и на больших
7. Обследование больших труднодоступных площадей в 10 раз быстрее обычной магнитной съемки
8. БПЛА удовлетворяют требованиям безопасности



# Магнитометр для установки на БПЛА



## MagArrow

Передовая аппаратура компании GEOMETRICS (USA)

Простоту использования магнитометра MagArrow в полевых условиях обеспечивает отсутствие внешних подключений, прибор снабжен собственным блоком GPS, Wi-Fi и накопителем данных. Корпус устройства представляет собой легкую аэродинамическую гондолу из углеродного волокна. Батареи можно заменить прямо во время работы. Все функции прибора доступны через интерфейс веб-браузера. Встроенные датчики IMU (акселерометр и гироскоп) допускают применение всего набора алгоритмов компенсации данных и устранения девиационных составляющих поля создаваемых платформой. Магнитометр MagArrow легко устанавливается на беспилотных ЛА самых разных модификаций. Частота взятия отсчетов 1000 Гц синхронизируется с встроенным блоком GPS – это позволяет системе функционировать независимо от БЛА и его программного обеспечения. Благодаря такой высокой частоте взятия отсчетов, съемку можно производить на скорости до 15 м/с, при этом отсчеты берутся через каждый 1 см.



**GEOMETRICS**  
Simplify your search

[www.geometrics.com](http://www.geometrics.com)

**GEOMETRICS INC.** 2190 Fortune Drive, San Jose, California 95131, USA  
Тел.: 408-954-0522 • Факс: 408-954-0902 • Email: [sales@geometrics.com](mailto:sales@geometrics.com)

# Революционная технология магнитометрических датчиков

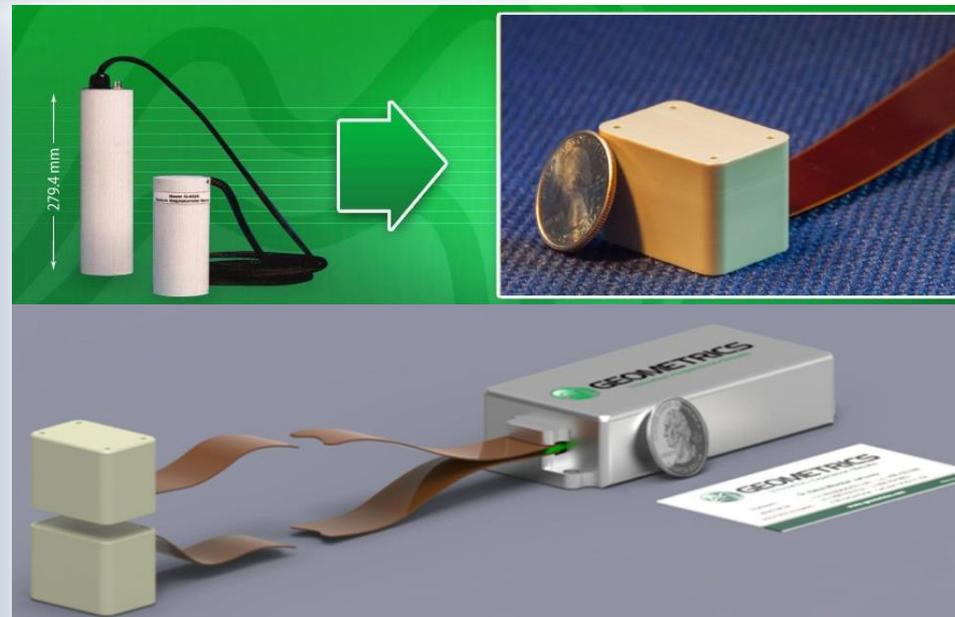


## Магнитометр MFAM

Модуль MFAM компании Geometrics представляет собой цезиевый магнитометр полного поля с лазерной накачкой и имеет цифровой интерфейс для легкой интеграции с модульными измерительными платформами.

### ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА

- Модульная архитектура.
- Высокая производительность – высокая частота отсчетов и низкий уровень шума!
- Работа с низким энергопотреблением, продолжительная работа от батареи меньшего размера.
- Нет мертвых зон!



### ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Вся оптика, без радиочастотного загрязнения или помех
- Диапазон поля: полная шкала, от 20000 до 100000 нТл.
- Цифровое разрешение: 32-битный выход магнитометра, цифровое разрешение 50 футов / наименьший значащий бит.
- Скорость выходных данных: непрерывное измерение; 1000 Гц.

# Простой, мощный, надежный магнитометр

**Рабочий диапазон:** от 20 000 до 100 000 нТ.

**Допустимый градиент** 10 000 нТ/м.

**Мертвая зона:** Нет

**Шум / Чувствительность:**  $< 0,02 \text{ нТ}/\sqrt{\text{Гц}}_{\text{rms}}$ .

**Частота взятия отсчетов:** 1000 Гц.

Синхронизация импульсами 1PPS с GPS.

**Пропускная способность:** 400 Гц

**Курсовая погрешность:**  $\pm 5 \text{ нТ}$  при полном развороте на  $360^\circ$ .

**Выход:** Вывод данных по Wi-Fi 2,4 ГГц.

**GPS:** Стандартная точность 1 м.

**Регистратор данных:** Встроенный.

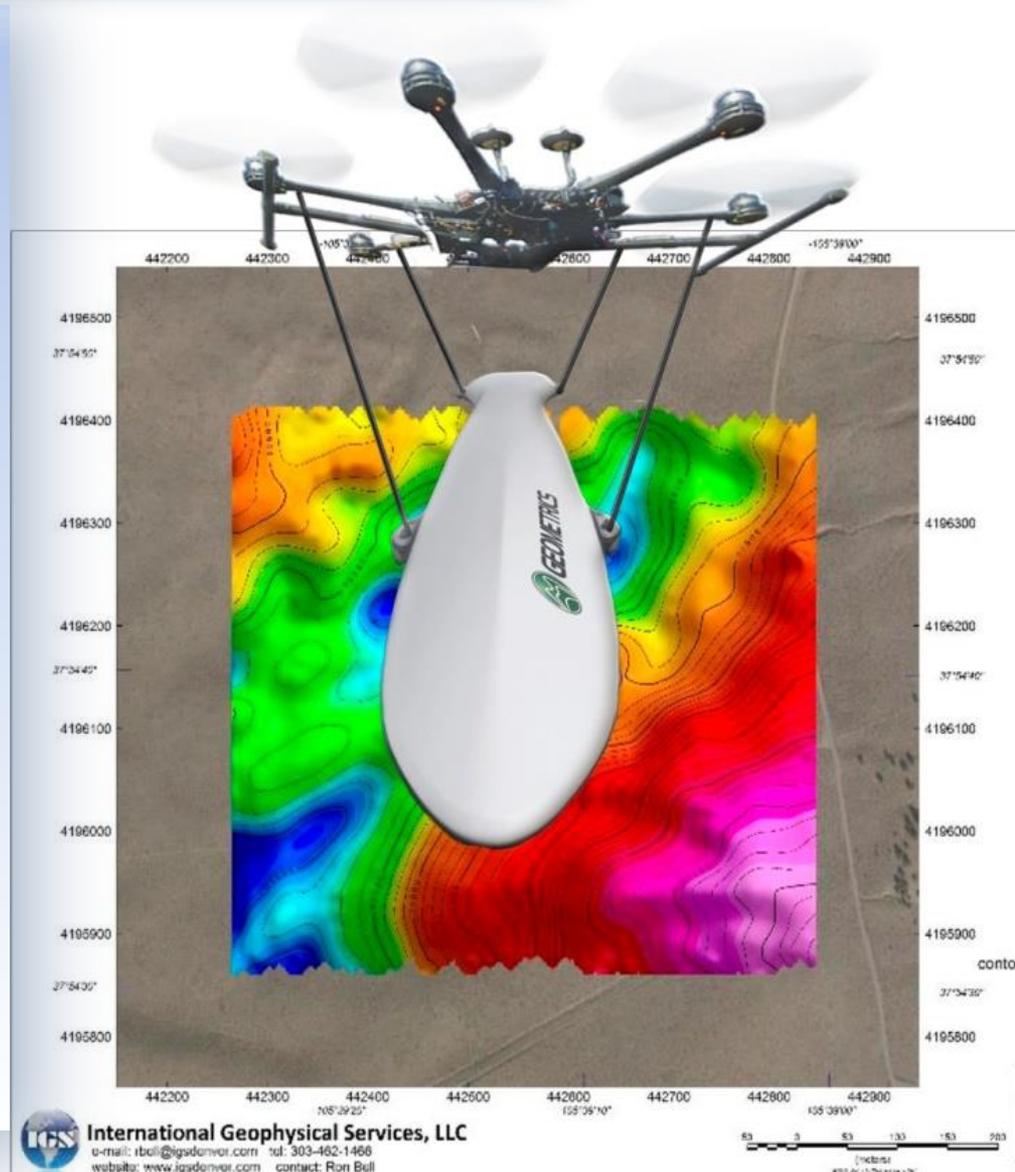
**Накопитель данных:** Карта памяти Micro SD, 32 Гб, класс скорости U3.

**Скачивание данных:** По Wi-Fi 2,4 ГГц.

**IMU:** Bosch BMI160 Accel/Gyro – скорость взятия отсчетов 200 Гц. Компас Insentek – частота взятия отсчетов 100 Гц.

**Полный вес:** 1 кг без батарей.

**Длина:** 1 м



## Несущая платформа

БПЛА модель **DJI Matrice 300 RTK** – промышленный квадрокоптер нового поколения, разработанный с использованием современных авиационных систем. Максимальное время полета составляет 55 минут, а максимальная передача сигнала 15 км. Благодаря искусственному интеллекту это высокопроизводительный дрон с улучшенной системой передачи сигнала и невероятно надежный для выполнения съемочных полетов.

- степень защиты IP45 (см. ниже расшифровку) — устойчивость к пыли/дождю/снегу, рабочий температурный диапазон от -20°C до +50°C.
- полезная нагрузка до 2,7 килограмма
- два аккумулятора с системой самонагрева, позволяющей расширить диапазон работы дрона до -20 градусов.
- дублирующиеся системы безопасного полета: 2 × барометра, 2 × компаса, 2 × АКБ, 6 × пар визуальных датчиков и столько же инфракрасных



# Точное отслеживание дроном рельефа

**Система SkyHub – это набор аппаратных и программных средств, направленный на расширение возможностей БПЛА для выполнения съемок.**

- Получение данных из внешнего оборудования.
- Получение параметров полета из контроллера.
- Запись, обработка и анализ полетных данных.
- Расширенная диагностика БПЛА.
- Расширенные сценарии управления полетом БПЛА.

**Комплект TTF (True Terrain Following) позволяет дрону точно следовать за рельефом местности во время полета на низких и постоянных высотах над уровнем земли (до 1 метра), основываясь на данных, полученных от лазерного или радиолокационного высотомера.**

- Лазерный высотомер: Attollo WASP-200, или
  - Радиолокационный высотомер: Nanoradar NRA24.
- Nanoradar NRA24 – компактный радиолокационный высотомер сантиметрового диапазона. Полоса частот 24GHz-ISM вместе с достоинствами точности измерений 2 см, небольшого размера, высокой чувствительности, небольшого веса и стабильности характеристик.

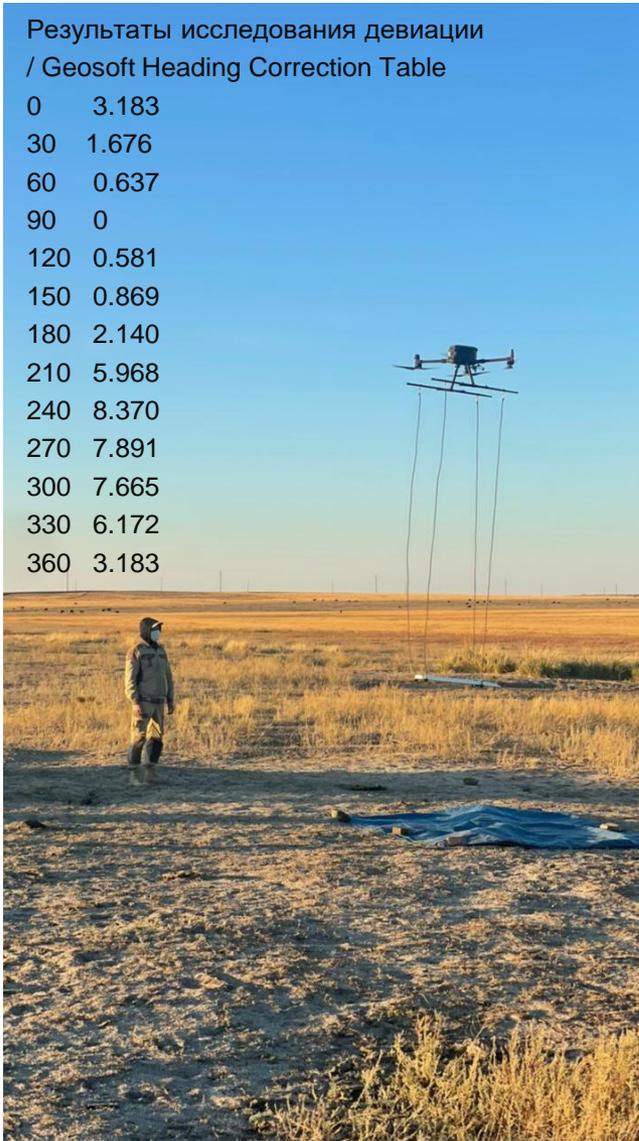




# Работы в Актюбинской области

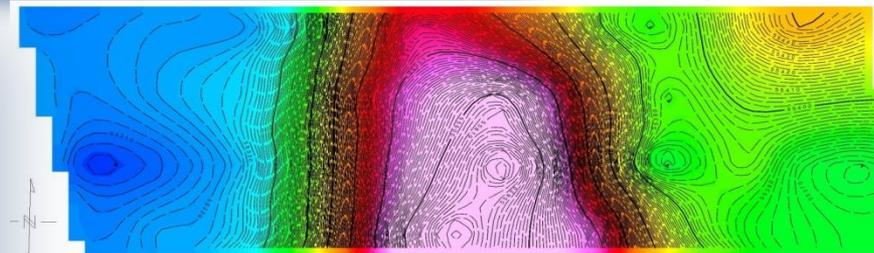
Результаты исследования девиации  
/ Geosoft Heading Correction Table

0	3.183
30	1.676
60	0.637
90	0
120	0.581
150	0.869
180	2.140
210	5.968
240	8.370
270	7.891
300	7.665
330	6.172
360	3.183

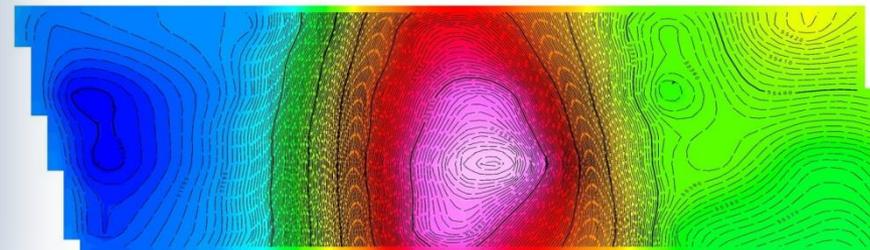


## СРАВНЕНИЕ ДАННЫХ СЪЕМКИ МАГНИТОМЕТРОВ GSM-19 И MAGARROW

Для сравнения и увязки материалов, наземных и измерений и измерений с дроном выполнены 2 участка съемки, над аномалиями. Данные подтвердили корректность и повторяемость первичных данных и помогли полностью увязать магнитное поле выполненное разными способами.



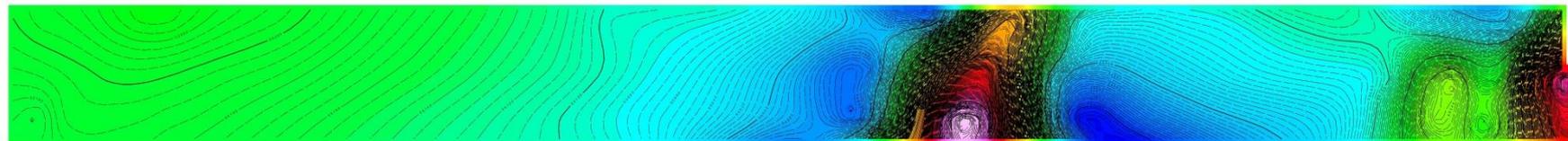
Участок 1  
Карта магнитного поля TMI  
данные наземной съемки



Участок 1  
Карта магнитного поля TMI  
данные съемки с MagArrow



Участок 2

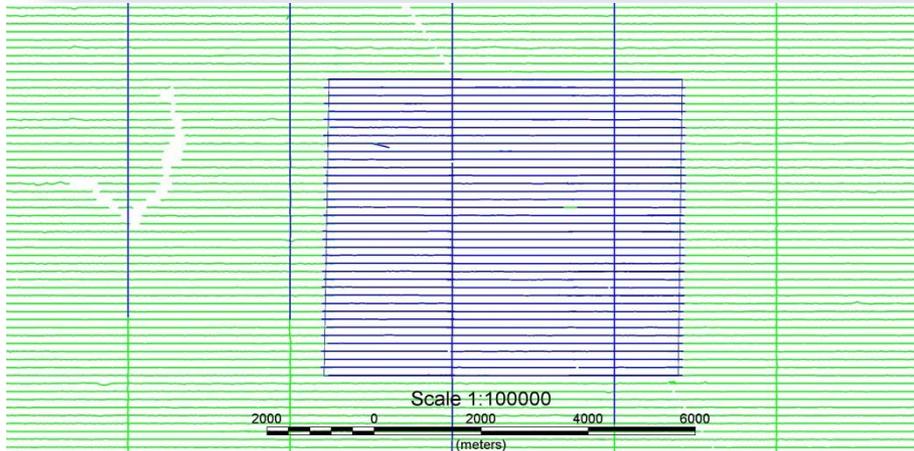


Участок 2  
Карта магнитного поля TMI  
данные наземной съемки

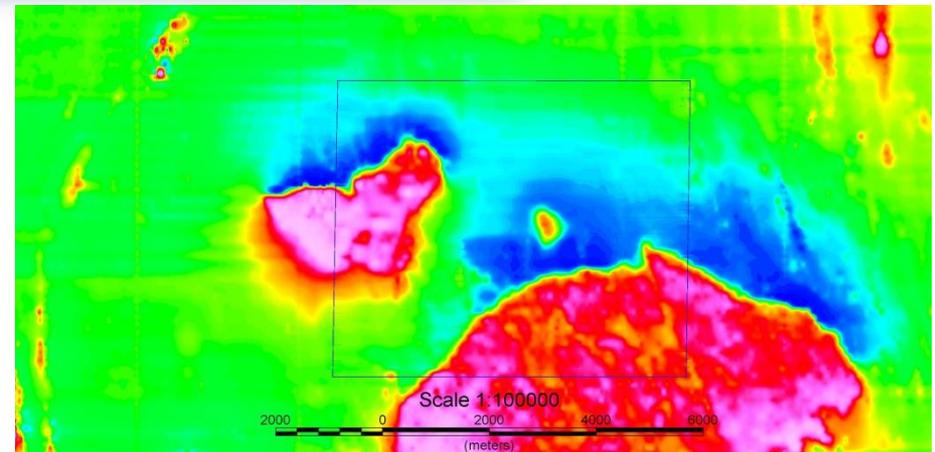
TMI  
nT

TMI  
nT

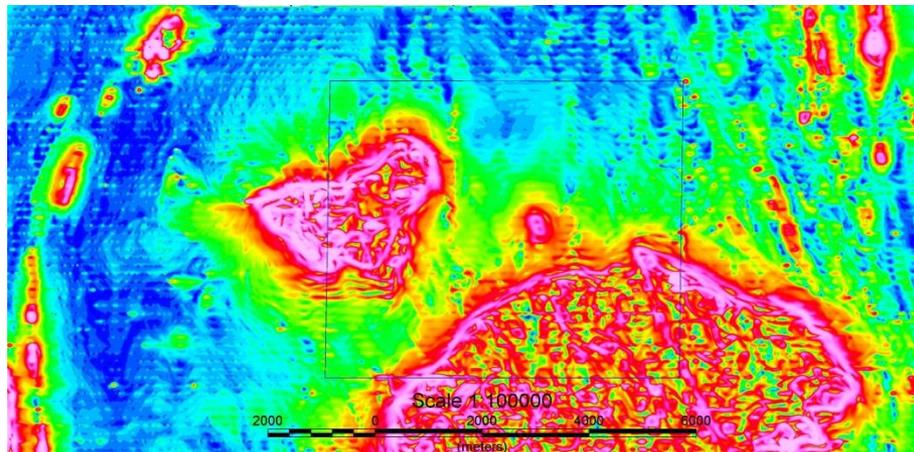
# Работы в Актюбинской области



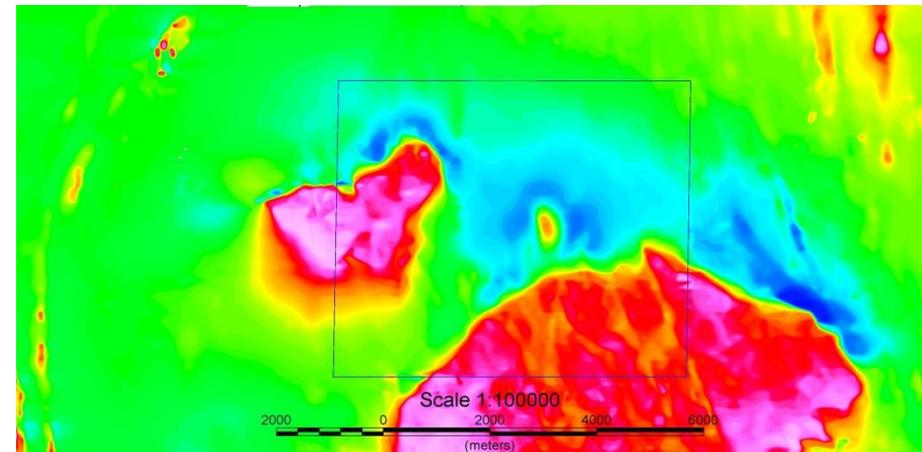
План профилей участка обследования (зеленые профили – наземная съемка, синие – MagArrow)



Карта первичных данных магнитного поля

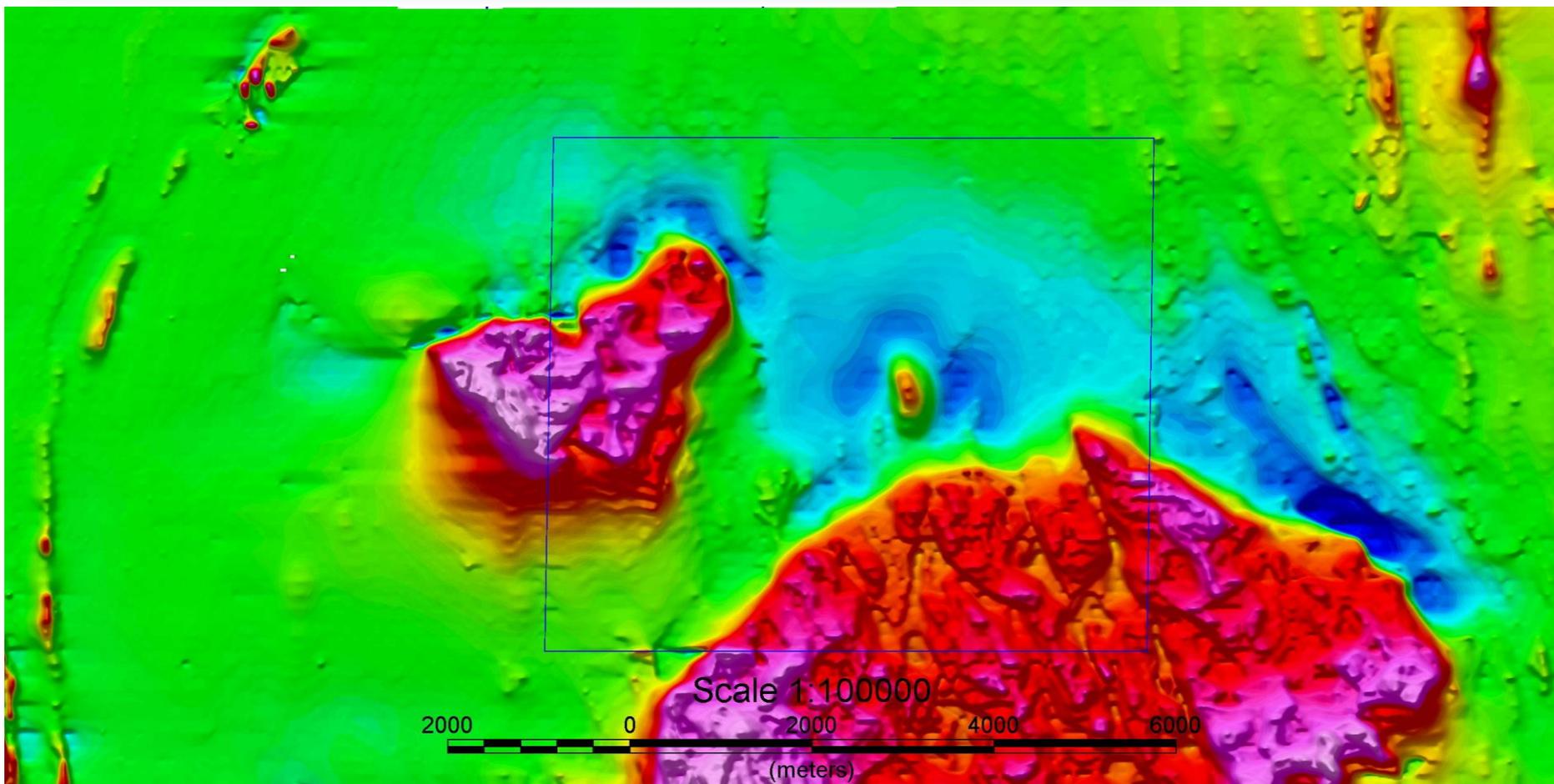


Карта Аналитического Сигнала (AS) магнитного поля TMI



Карта магнитного поля TMI

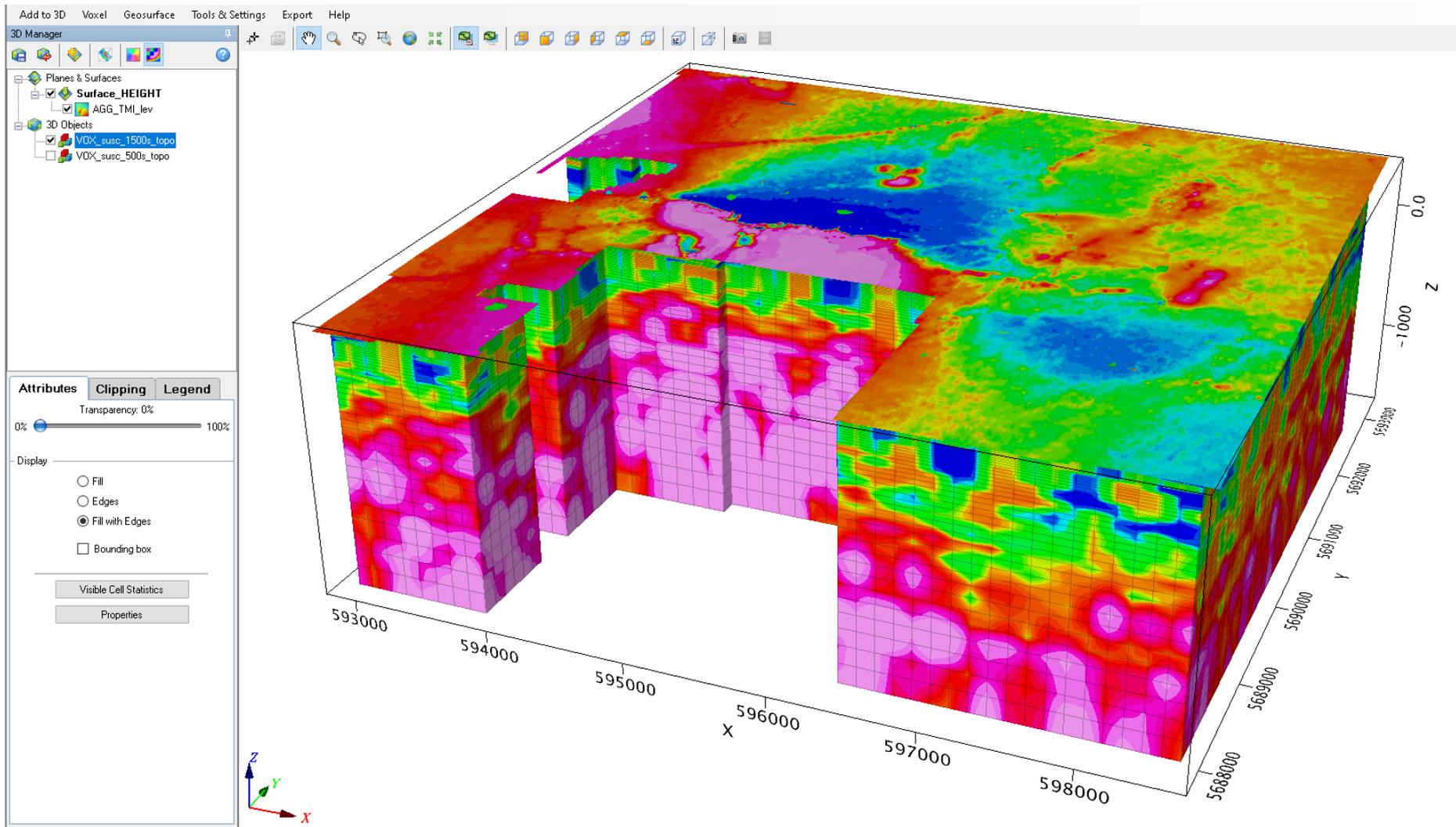
## Работы в Актюбинской области



Фрагмент итоговой карты магнитного поля ТМІ в светотеневой палитре (синим полигоном выделена площадь выполненная с MagArrow)

# Работы в Актыбинской области

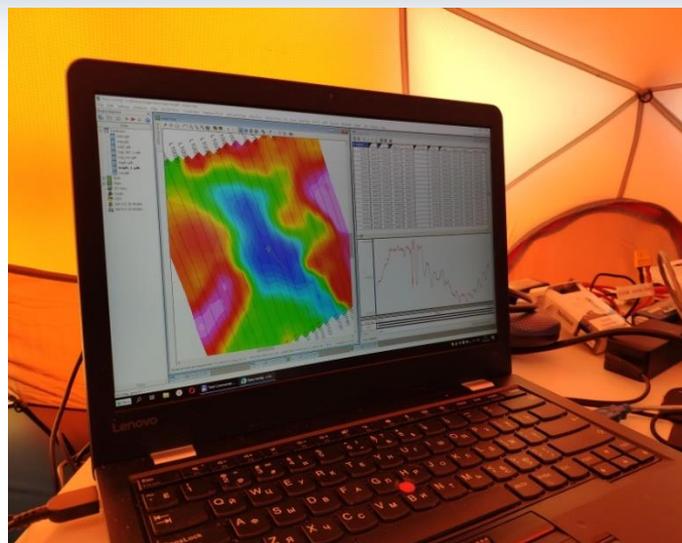
По результатам магнитной съемки были выполнены 3D инверсии VOXI Earth Modeling и построены 3D модели геологической среды



# Съёмка с MagArrow в Гренландии



В 2019 году в составе экспедиции проекта Arctic Hot Point компания Geometrics провела исследования с MagArrow на дроне DJI Matrice 600PRO в сложно доступном районе Гренландии. В этих районах невозможна ни пилотируемая, ни пешеходная съемки. В тяжелой арктической полевой обстановке, сложном рельефе и суровых метеорологических (ветер и температура) условиях система работала безотказно. Для получения высокоточных детальных магнитных данных съемка проводилась с обтеканием рельефа при высоте датчика 1,5-2 м. Съемка была успешно выполнена, точность съемки составила 0,3 нТл. Была отработана методика проведения детальной съемки, алгоритмов компенсации данных и устранения девиационных составляющих, а также полная обработка данных. Точность и детальность отдельных аномалий была заверена наземным магнитометром-градиентометром GSM-19.



# Съёмка MagArrow в высокогорных условиях

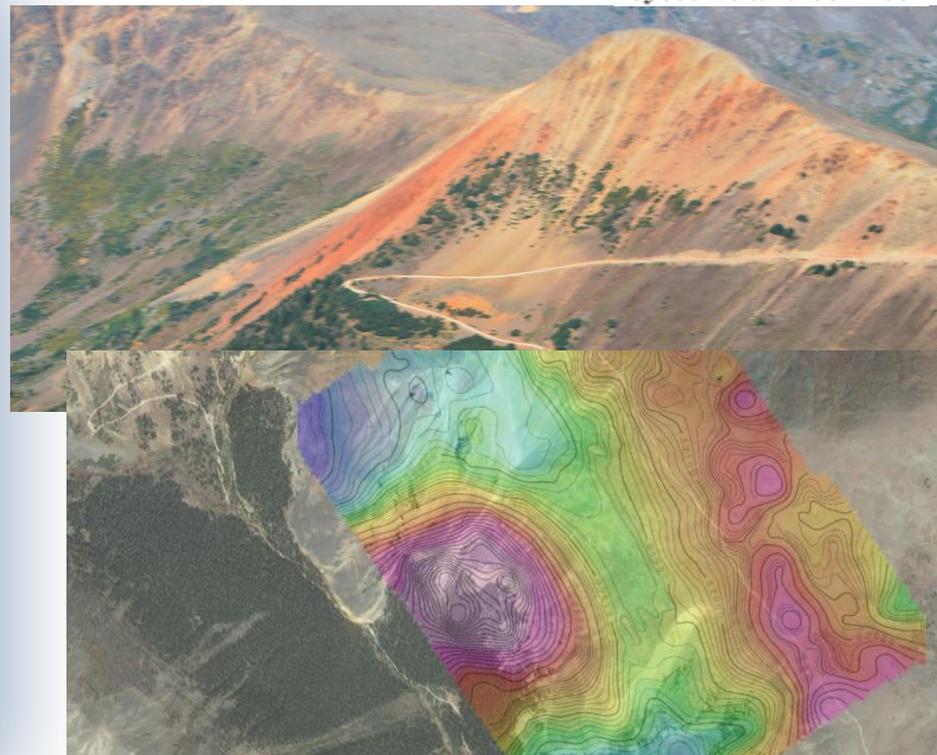


## Получение магнитометрических данных на крутом высокогорном хребте и создание карты магнитного поля (ТМГ) для разведки полезных ископаемых в Колорадо.

Считалось, что площадь на скальном хребте высоко в горах Rocky Mountains может содержать месторождения порфириновой меди. Подтвердить присутствие этого ценного рудного тела было трудно из-за сложных условий. Выступающие обнажения и сильный ветер делали это место слишком опасным для пилотируемых самолетов. Пешеходная съемочная полевая бригада теоретически могла нести магнитометр, но это заняло бы месяцы или годы, ставя под угрозу персонал и получая некачественный результат. Две съемки были успешно выполнены без травм персонала или повреждения оборудования.

В конце каждого вылета БПЛА приземлился, и данные магнитометра, а также данные GPS от датчика и данные GPS/IMU дрона обрабатывались геофизиком.

Компания Juniper Unmanned обработала эти данные вместе со своим партнером International Geophysical Services для создания карт магнитного поля (ТМГ) для обеих площадей съемки. Аномалии на этих картах указывали на возможное присутствие медно-порфириновых отложений. Интерпретации этих карт не были обнародованы, но клиент выразил огромное удовлетворение миссией магнитометра MagArrow.



## Спектрометрический детектор для БПЛА MS-1000 UAS

Спектрометр Medusa Radiometrics MS-1000 UAS - легкий и надежный, полностью автономный, объединяющий сбор, обработку и хранение данных в единую встроенную систему.

Система состоит из сцинтилляционного детектора на основе CsI, подключенного к специализированному блоку обработки спектра. Данные спектрометра постоянно регистрируются и объединяются с GPS и высотомером.

- Высокая чувствительность
- Легкий и прочный карбоновый корпус
- Сцинтиллятор CsI с повышенной стабильностью
- Запись полного спектра
- Автоматическая стабилизация усиления
- Расчет конкретных нуклидов в режиме онлайн



# Medusa Radiometrics MS-1000 UAS



Кристалл CsI, другие типы кристаллов по запросу  
Отдельный блок обработки спектра, включающий:

- 2048 каналов MCA,
- HV источник питания или кремниевый ФЭУ
- Стабилизация спектра
- Данные по нуклидам

Встроенная память для хранения данных

Беспроводное соединение через WIFI

Питание от батареи

Встроенная регистрация данных

Настройка, контроль и просмотр данных во  
встроенном веб-сервисе

Корпус: углеродное волокно

Торцевые крышки: анодированный алюминий

Разъем: 8-контактный LEMO M-series

Температура: от -400C до +850C

Водонепроницаемый: защита IP68

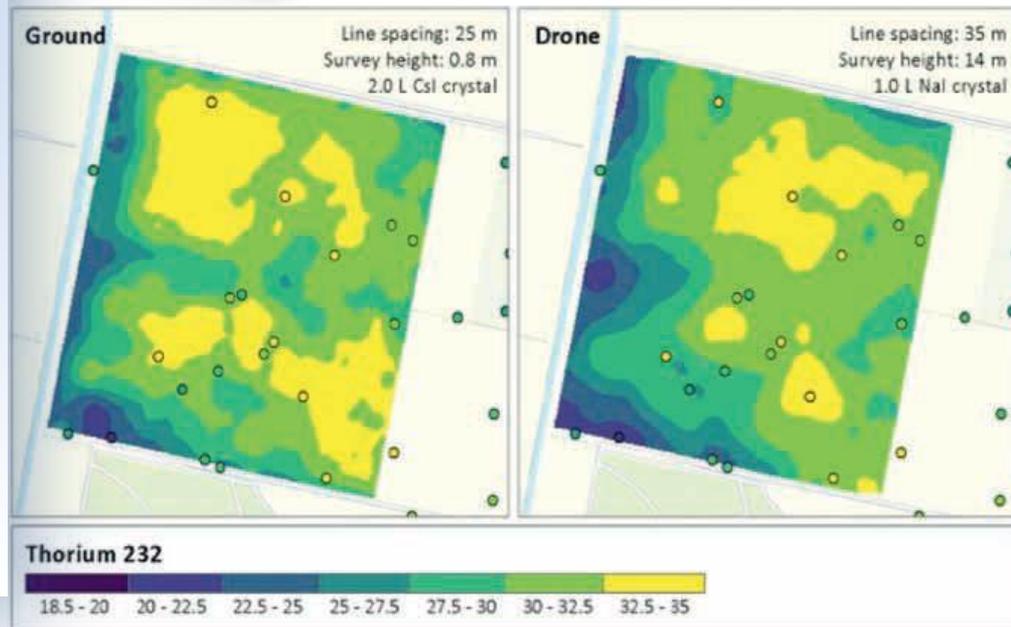
Входная мощность: 9-18 В или 9-35 В

Потребляемая мощность: макс. 6 Вт

Скорость сбора данных: до 10 Гц

Емкость хранения данных встроенная 4 ГБ,  
расширяется до 32 ГБ.

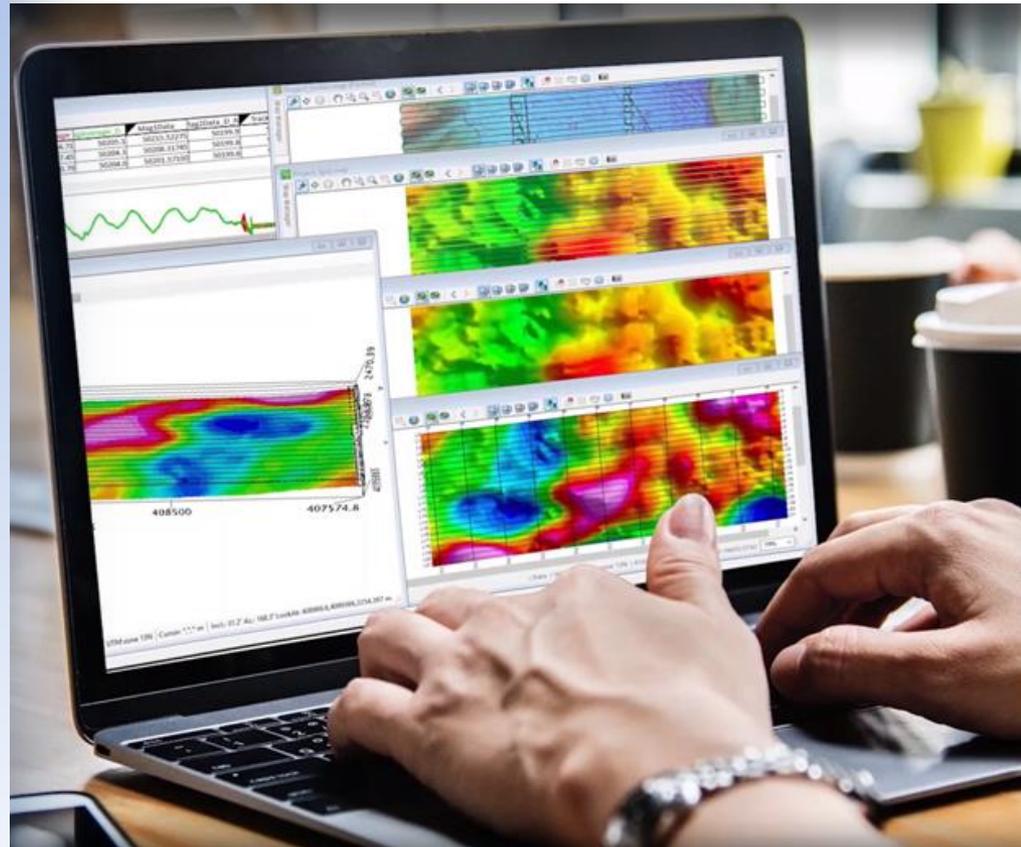
Размер: 120 мм  $\varnothing$  x 400 мм Вес: 7000 г (CsI)



## Программное обеспечение Oasis montaj

Oasis montaj с модулем для БПЛА является комплексным инструментом для планирования и обработки бортовых магнитных исследований с беспилотных аппаратов. Модуль охватывает весь рабочий процесс БПЛА, включая планирование съемки и вылета, импорт данных, обработку данных, объединение данных, увязку по секущим. Намечаются наиболее практичные места взлета/посадки для каждого рейса, соответствующие правилу прямой видимости Visual line of sight (VLOS). Удаление шума из данных. Коррекции: за магнитные вариации, IGRF, девиация, запаздывание, а также удаление прерывистости.

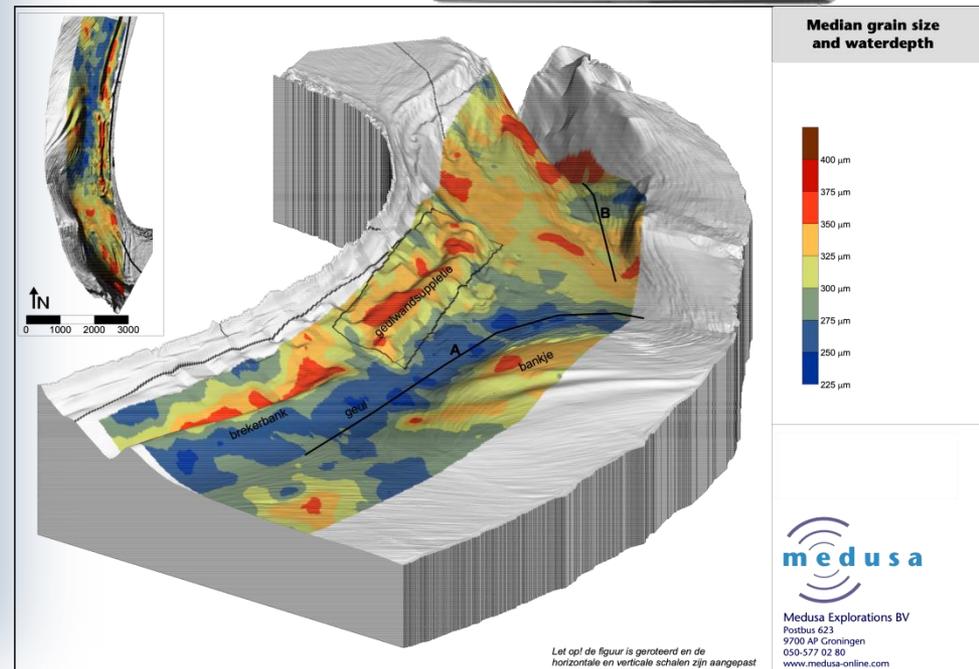
Далее возможно выполнение интерпретаций, любых трансформант, моделирование, инверсии и создание качественных карт, 3D видов, отчетов и представление данных/интеграция обработанных данных БПЛА с другими типами геонаучными данными.



# Программное обеспечение Gamman и Gammabase

Набор инструментов, позволяющих эффективно автоматизировать анализ больших серий спектров гамма-излучения, полученных в ходе геофизических исследований.

Программное обеспечение содержит реализацию метода анализа полного спектра (FSA) для определения концентраций нуклидов, разработанного Medusa Explorations BV в сотрудничестве с Центром передовых радиационных технологий Университета Гронингена (Нидерланды) и стандартного метода МАГАТЭ. Данных AGRS корректируются в зависимости от высоты, радона и космического излучения.

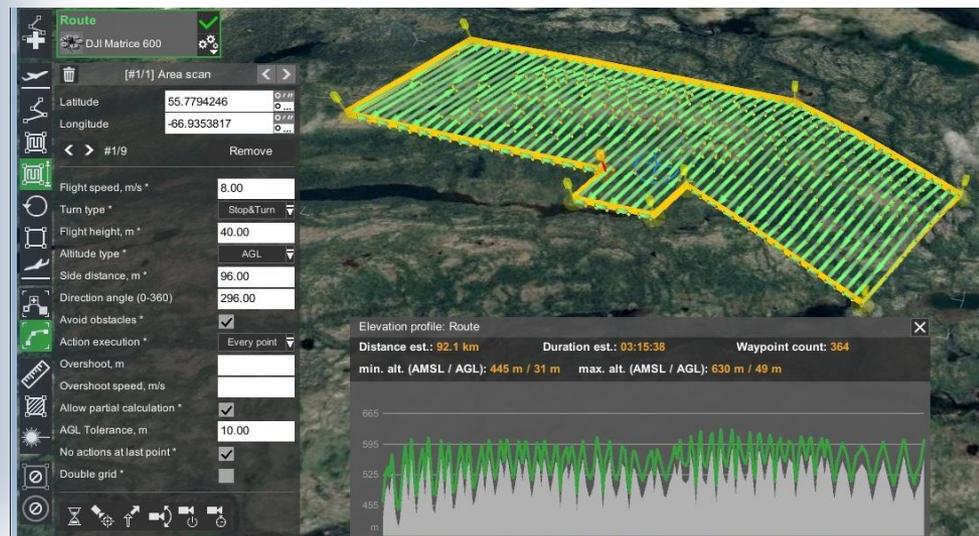


# Программное обеспечение UgCS Pro

Полеты на малой высоте, для получения высококачественных данных требуют передовых навыков управления БПЛА, надежного оборудования и профессионального ПО для планирования и безопасного управления дроном во время полета близко к земле.

**Программное обеспечение UgCS Pro** – лучший в мире планировщик полетных заданий в геофизических целях. Создан для автоматизирования планирования миссий дронов.

- Поддерживает цифровой рельеф и файлы KML.
- Планирование облета любой площади участка и удобные для выполнения миссии.
- Позволяет контролировать каждый элемент полета (положение подвески, скорость, ориентация).
- Возможность кэширования карты и работы в местах где отсутствует доступ к интернету.
- Полный контроль выполнения полетного задания дронами при помощи ноутбука. Пульт используется только в качестве радиомодема для связи с геодезическим БПЛА. Вся информация на большом экране ноутбука!
- В конце каждого галса, есть возможность выбор типа поворота – остановка и дальнейший полет или поворот по дуге. Поворот по дуге позволяет качественно увеличить время полета на одном аккумуляторе.
- Различные типы исследований - путевые точки, линейная, круговая, периметр, сканирование территории



# Другие варианты геофизического оборудования для дронов

## Магнитометры



## Спектрометры



## Георадары



## Эхолот



## Газовый детектор





**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

## **ООО АГТ СИСТЕМС**

**Россия 125445 г.Москва, ул Смольная, д 24а, офис 1420**

**Тел 8(495)232-07-86**

**e-mail [sales@agtsys.ru](mailto:sales@agtsys.ru)**

**[www.agtsys.ru](http://www.agtsys.ru)**