

Большие проблемы малой аэрогеофизики

В.С.Цирель (ФГБУ «ВСЕГЕИ»; АО «НПП «Радар ММС») при участии:
В.Г.Анцева (АО «НПП «Радар ММС»), **А.И.Атакова (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)**
Д.А.Гоглева (ГК «Геоскан»), **Н.А.Гребенкина (ФГБУ «ВИМС»)**,
Д.Я.Капштана (ГК «Геоскан»), **В.В.Короткова (ФГБУ «ВИМС»)**,
А.Н.Орехова (Томский политехнический университет),
А.В.Паршина (ООО «Геоинформационные Технологии», ИГХ СО РАН, ИРНТУ);
А.К.Ржевской (ФГБУ «ВИМС»), **А.Е.Семенова (ГК «Геоскан»)**,
С.В.Черкасова (Гос. геол. музей им. В.И.Вернадского, РАН)

КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ГЕОЛОГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НЕДР
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РАЗВЕДОЧНОЙ ГЕОФИЗИКИ
ВИРГ-РУДГЕОФИЗИКА

ISSN 0435-3374

ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА

ВЫПУСК

100

Издается с 1957 года

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
1995

АЭРОМЕТОДЫ

© Коллектив авторов, 1995

УДК 550.83:550.814

**В. П. ВОРОБЬЕВ, В. А. ГЛАГОЛЕВ, В. Н. КИРСАНОВ, А. С. НАХАБЦЕВ,
В. В. ФИЛИМОНОВ, В. С. ЦИРЕЛЬ, (ВИРГ-Рудгеофизика)**

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ДЕТАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основными этапами геологического изучения являются обзорные, региональные и детальные геологоразведочные работы. Если два первых этапа широко используют аэрогеофизическую информацию (в западной практике на нее приходится от 50 до 85% затрат на геофизические работы), то детальные исследования как у нас, так и за рубежом в настоящее время находятся вне сферы применения аэрометодов. Между тем, в практическом отношении это — наиболее важный и дорогостоящий этап, завершающий подготовку территорий к технической эксплуатации: добыче полезных ископаемых, строительству зданий и сооружений, землеустроительным работам и пр.

ПЕРВАЯ ЗАРУБЕЖНАЯ ПУБЛИКАЦИЯ ПО БЕСПИЛОТНОЙ АЭРОГЕОФИЗИКЕ

Macnae James Design specifications for a geophysical unmanned air vehicle assembly (GUAVAS), 1995. SEG Expanded Abstracts. Vol. 14. P. 375 – 376.

Информация о Международном научно-исследовательском проекте «AMIRA» (Australian Mineral Research Association Limited)

ОСНОВНОЕ ДОСТОИНСТВО:

ОТСУТСТВИЕ РИСКА ГИБЕЛИ ЭКИПАЖА

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ:

Освоение аэрогеофизикой приповерхностного слоя путем проведения измерений на предельно малой высоте с увеличением детальности съемки

РЕШАЕМЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ:

- выделение рудоконтролирующих факторов и структур;
- детальное изучение рудных полей;
- поиски всех видов месторождений твердых полезных ископаемых;
- детальное исследование нефтегазовых структур платформенного типа, соляных куполов;
- локальные поиски пресных вод.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ:

Экономическая эффективность: по зарубежным оценкам съемка с БПЛА дешевле съемки с пилотируемых носителей в 2 -2.5 раз

Три тенденции развития БПЛА, ожидаемые в 2019 г. (по зарубежным материалам)

1. **Прогресс в создании нормативно-правовой базы:** ужесточение правил использования БПЛА в развлекательных целях и облегчение условий для коммерческого использования. Для коммерческих целей разрешено пролетать за пределы прямой видимости и разрешены полеты над местами жизнедеятельности людей (это говорит о многом!).

2. **Консолидация рынка:** отрасль безопасности и обороны будет и впредь оставаться лидером производства аппаратных платформ и программного обеспечения; они же будут определять индустрию производства БПЛА для невоенных целей. Вместе с тем, коммерческим компаниям необходимо иметь четкие экономически эффективные решения для своих вариантов использования БПЛА.

3. Среди вопросов логистики зарубежные авторы выделяют **развитие революционной аэродинамики и электродвигателей**, с тем, чтобы электрический беспилотник мог летать на большие расстояния (т.е. имел большее время функционирования).

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО БПЛА-СЪЕМКАМ

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ

СОГЛАСОВАНО:



МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ МАЛОВЫСОТНОЙ АЭРОМАГНИТНОЙ СЪЕМКИ

Москва 2018

Редакционная коллегия:

Аксенов С.А., Руднев А.В.

Машковцев Г.А., Гребенкин Н.А.,
Алтунин О.В.

Составители:

Паршин А.В.

Цирель В.С.

Ржевская А.К.

Федеральное Агентство по недропользованию
(Роснедра)

Федеральное государственное бюджетное
учреждение «Всероссийский научно-
исследовательский институт минерального сырья
им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»)

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт геохимии
им. А.П. Виноградова Сибирского отделения
Российской Академии Наук (ФГБУН ИГХ СО РАН) /
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Иркутский национальный исследовательский
технический университет» (ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»)

АО «Геологоразведка»

Федеральное государственное бюджетное
учреждение «Всероссийский научно-
исследовательский институт минерального сырья
им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»)

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель Руководителя
Федерального агентства по
недропользованию



С.А. Аксенов

2018 года ✓



103720 613106
№ 04-18/34-пр
от 21.02.2018

ПРОТОКОЛ №

совещания в Управлении геологии твердых полезных ископаемых по итогам проведенных ФГБУ «ВИМС» опытно-методических работ и рассмотрению «Методических рекомендаций по выполнению квази наземной аэромагнитной съемки», подготовленных ФГБУ «ВИМС» совместно А.В. Паршиным (ИГХ СО РАН / ИРНТУ) и В.С. Цирелем (ФГУНПП «Геологоразведка»)

г. Москва

21.02. 2018 г.

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Руднев А.В. –	начальник Управления геологии твердых полезных ископаемых;
Никитин С.Е. -	заместитель начальника Управления геологии твердых полезных ископаемых;
Локтина И.А. -	заместитель начальника Управления геологии твердых полезных ископаемых;
Андросова Г.Б. -	начальник отдела геологии твердых полезных ископаемых;
Земской Г.В. -	заместитель начальника отдела геологии твердых полезных ископаемых;
Киселева А.А. –	главный специалист-эксперт отдела геологии твердых полезных ископаемых.

ОТМЕТИЛИ:

Результаты проведенных опытно-методических работ на БПЛА превосходят традиционные аэро- и наземные магнитометрические исследования по информативности, экономической эффективности и производительности.

Разработанные «Методические рекомендации» по использованию БПЛА при проведении крупномасштабной магнитной съемки позволяют рекомендовать к применению данный метод при геологическом изучении недр.

В то же время, название «квазиназемная съемка» является не совсем корректным и не отражает сути метода. Возможным корректным названием является «*маловысотная* аэромагнитная съемка».

РЕКОМЕНДОВАЛИ:

1. Изменить название метода на «*маловысотную* аэромагнитную съемку» и название документа на «Методические рекомендации по выполнению *маловысотной* аэромагнитной съемки».

2. Одобрить результаты опытно-методических работ ФГБУ «ВИМС» по выполнению *маловысотной* аэромагнитной съемки.

3. Одобрить «Методические рекомендации по выполнению *маловысотной* аэромагнитной съемки», а также сам метод маловысотной аэромагнитной съемки с применением БПЛА, как наиболее рациональный метод магниторазведки при геологическом изучении недр.

Начальник Управления геологии
твердых полезных ископаемых



А.В. Руднев

Секретарь

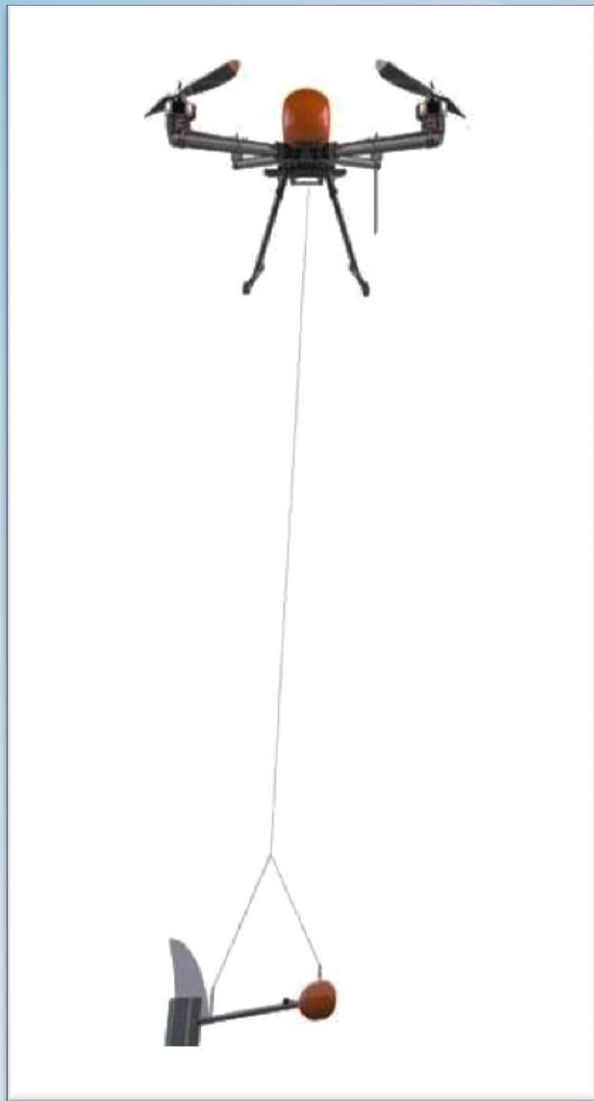


Г.Б. Андросова

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	3
Введение	5
Термины, сокращения и определения	6
1. Роль и место маловысотной аэромагнитной съемки в структуре ГРП	9
2. Общие представления о комплексе для маловысотной аэромагнитной съемки	11
3. Масштабы, плотность сети измерений и точность съёмки.....	13
4. Этапы организации и проведения съёмок	18
5. Основные вопросы методики маловысотной аэромагнитной съемки	20
5.1 Учет геомагнитных вариаций	20
5.2. Служба времени	21
5.3 Опытнo-методические работы на участке	22
5.4 Топографo-геодезическое и навигационное обеспечение	23
6. Общие рекомендации по выполнению съёмок	28
Литература	31

ГРУППА КОМПАНИЙ «ГЕОСКАН»

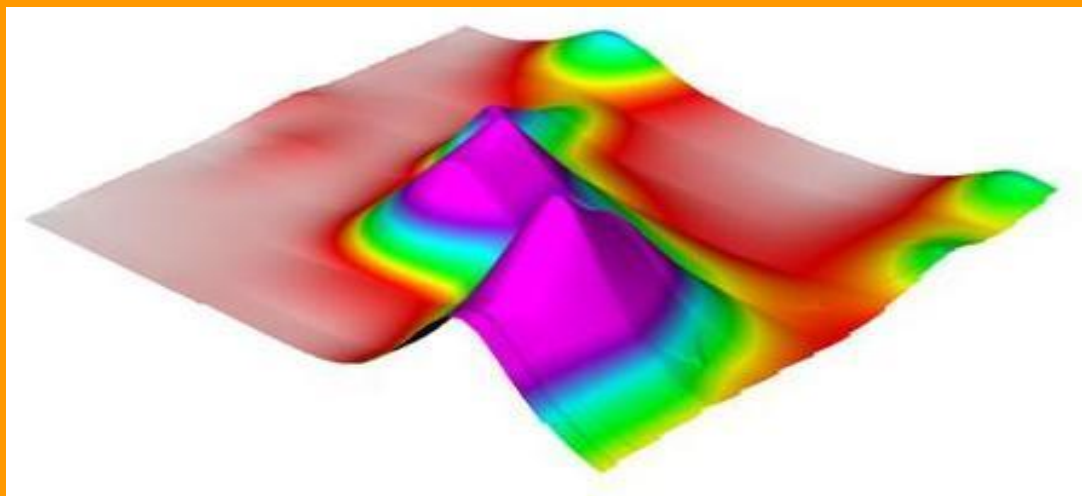


**Квадрокоптер GEOSCAN – 401
с магнитометром
на трос-кабеле**

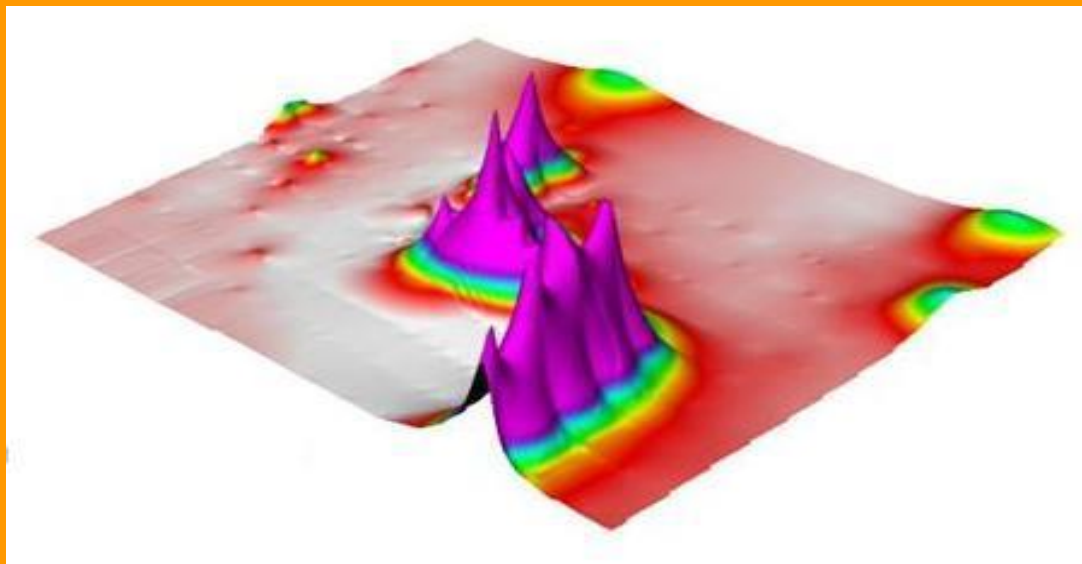
Характеристика комплекса GEOSCAN

Характеристика	Значение
Квадрокоптер	
Взлетная масса, кг	до 8
Масса полезной нагрузки, кг	до 2
Радиус действия по радиоканалу, км	до 70
Высота полета над уровнем моря, м	до 5000
Диапазон скоростей, км/ч	0-45
Крейсерская скорость, км/ч	36
Продолжительность полета, мин	до 50-60
Навигация	GPS/ГЛОНАСС
Магнитометр	
Ориентационная погрешность, нТл	$\pm 0,3$
Диапазон измерения поля, нТл	20.000-100.000
Частота повторения измерений, Гц	1000
Масса, кг	1,4
Габаритные размеры, мм	1200x200x100
Рабочий диапазон температур, °C	-20 +40
Время работы в автономном режиме, ч	не менее 1,5

Сопоставление результатов наземных и низкополетных измерений



**БПЛА – съемка
комплексом
GEOSCAN - 425 ,
высота 100 м; 2017 г.**



Наземная съемка

Вертолетный аэромагнитный комплекс



1



2

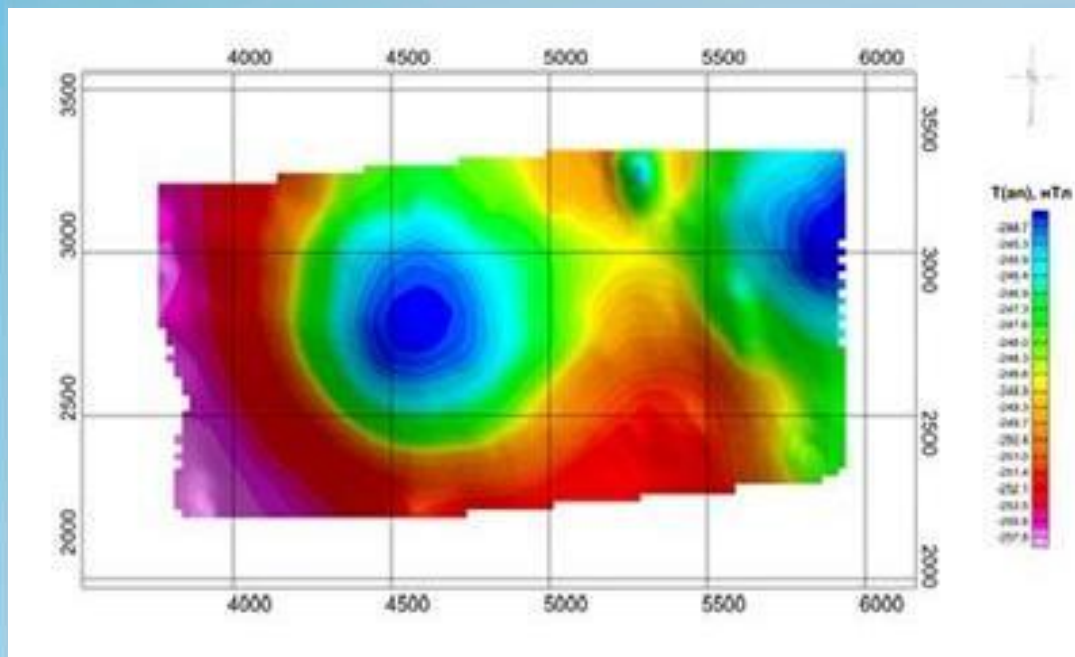


3

1 – вертолет с магнитометром на стенде;
2, 3 – вертолет с магнитометром в полете

Характеристики вертолетного аэромагнитного беспилотного комплекса

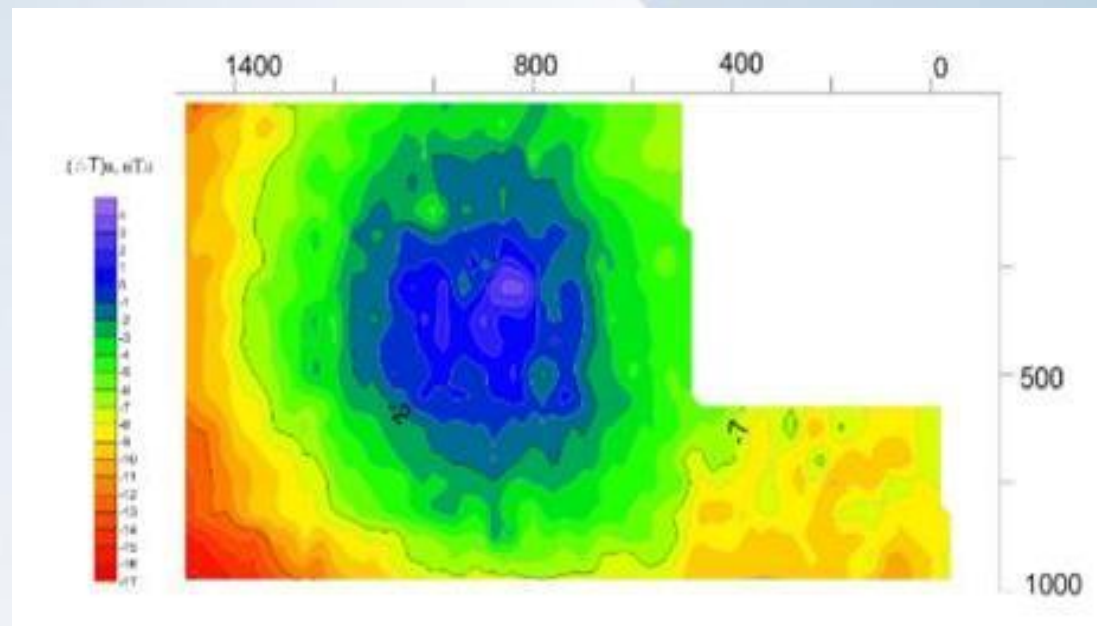
Характеристики	Значения
БПЛА	
Взлетная масса, кг	до 35
Масса целевой аппаратуры, кг	до 8
Радиус действия (по радиоканалу), км	60
Высота полета, м	до 1000
Продолжительность полета, час	до 2
Диапазон скоростей полета, км\час	0 – 70
Крейсерская скорость, км\час	60
Навигация	GPS\ГЛОНАСС
Магнитометр	
Чувствительность, нТл	0,01
Диапазон измерения, нТл	от 20×10^3 до 100×10^3
Ориентационная погрешность, нТл	менее 0,5
Систематическая погрешность, нТл	до 2,5
Напряжение питания, В	21-35
Потребляемая мощность, Вт	15
Габаритные размеры, мм	120x120
Рабочий температурный диапазон, °С	от – 40 до +50



А

**А – БПЛА-вертолетная
съемка;**

**Б - наземная
пешеходная съёмка**



Б

**Результаты
магнитометрических
измерений**

**ООО «Геоинформационные Технологии»,
ИГХ СО РАН, ИРНТУ**

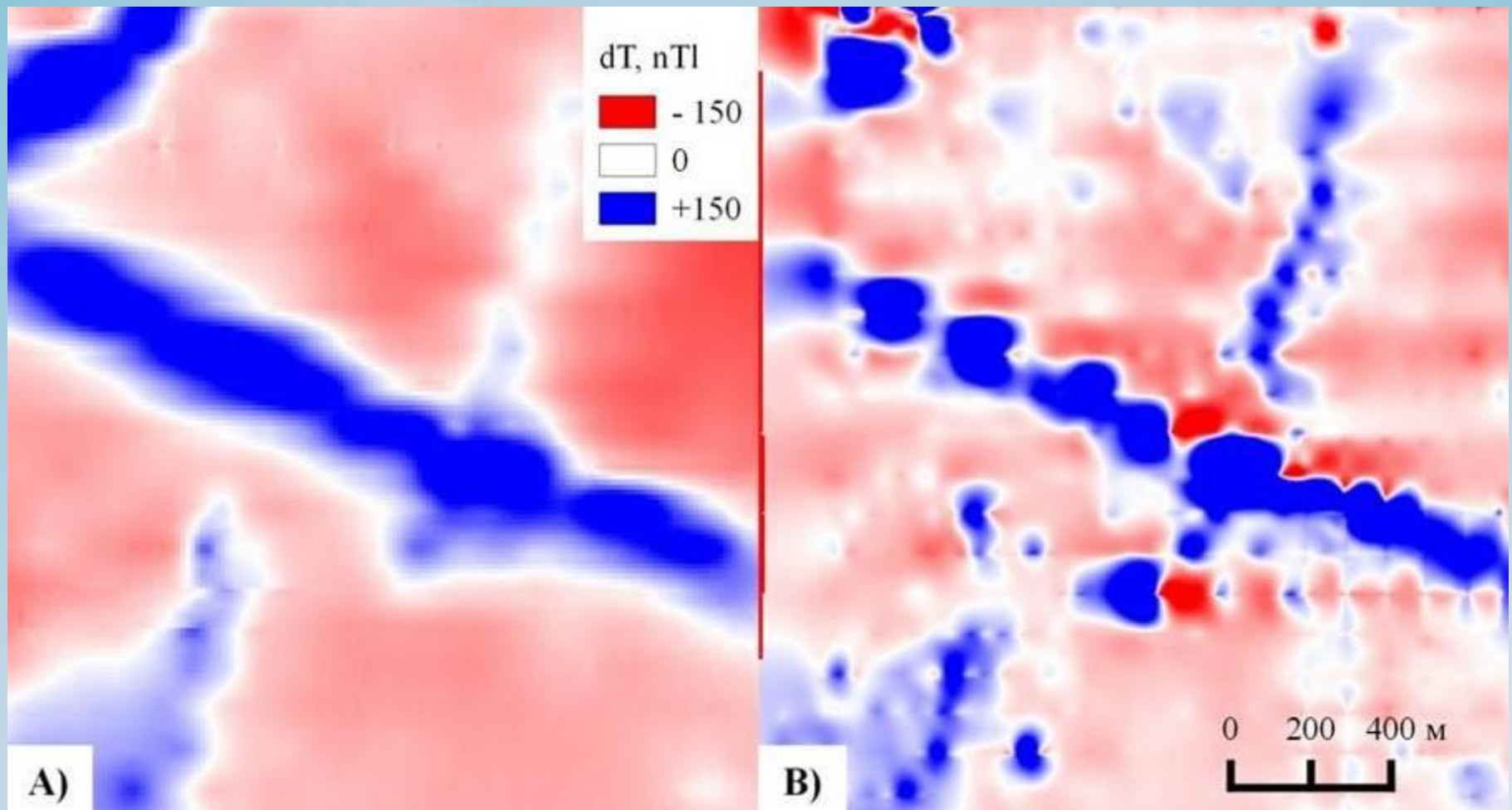


Комплекс SibGIS UAS в полете

Характеристики аэромагнитного беспилотного комплекса SibGIS UAS

Характеристики	Значения
Тип БПЛА	Шести – или восьмивертольный коптер
Взлетная масса, кг	20
Радиус действия (по радиоканалу), км	10
Высота полета, м	До 3400
Продолжительность полета, час	До 35 мин
Диапазон скоростей полета, км\час	0 – 50
Крейсерская скорость, км\час	35
Навигация	GPS\ГЛОНАСС\Beidou
Магнитометр	
Масса, кг	2
Измеряемая величина	Модуль полного вектора
Частота измерений, Гц	8
Подавление помех	Датчик буксирится на кабель-троссе, виброразвязка, магнитное экранирование

Сопоставление результатов наземных и приземных измерений



- A)** БПЛА-съемка комплексом SibGIS UAS,
высота 70 м; 2017 г.
- В)** Наземная съемка; 2015

Магниторазведка

Характеристики БПЛА



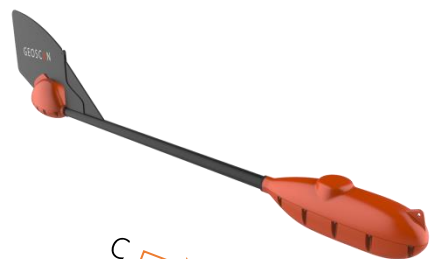
Канада, 2016

Наименование	Самолет GEM Monarch
Фирма-разработчик	GEM Systems Inc., Канада
Полезная нагрузка, кг	3.7
Радиус действия, км	80
Продолжительность полета, ч	1.5
Крейсерская скорость, км/ч	70

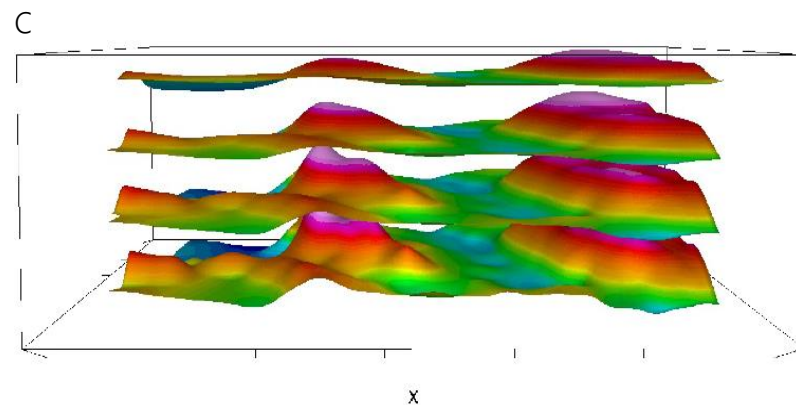
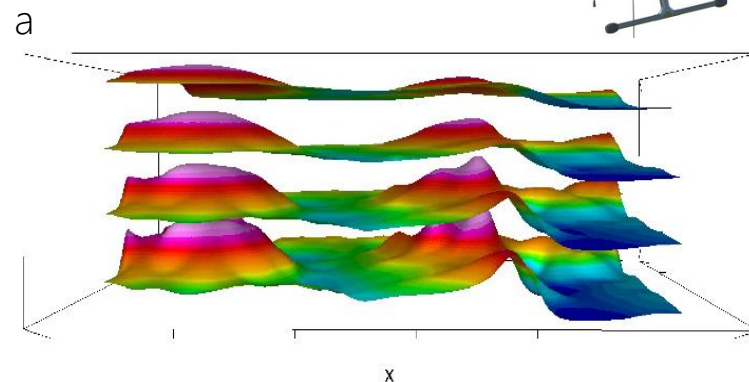
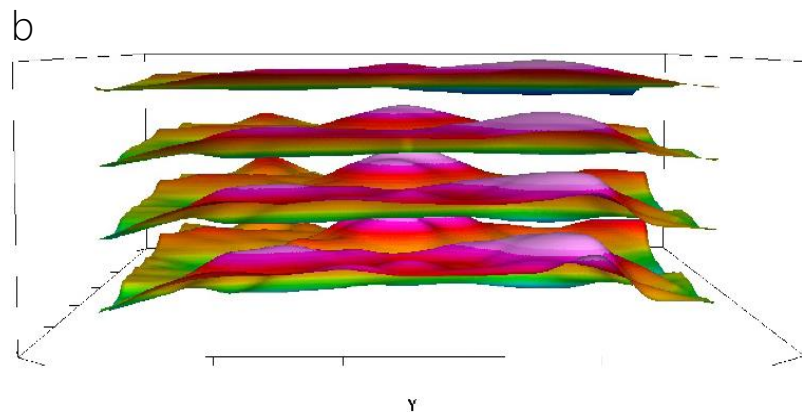
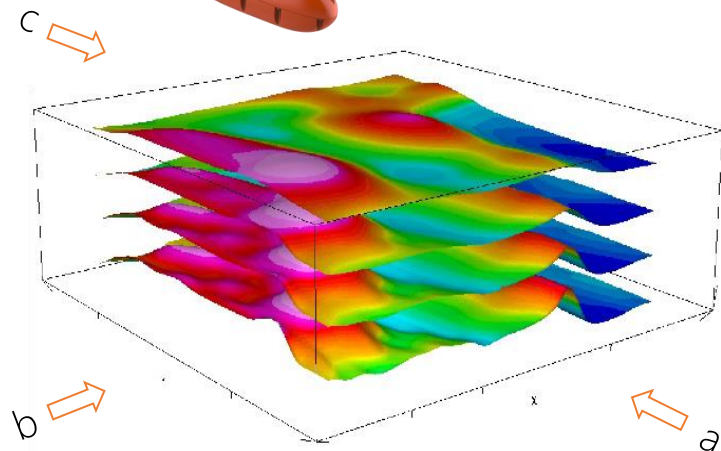
Характеристики датчика

Наименование	Магнитометр GSMP-35U
Фирма-разработчик	GEM Systems Inc., Канада
Чувствительность, нТл/√Гц	0.0003
Точность, нТл	±0.02

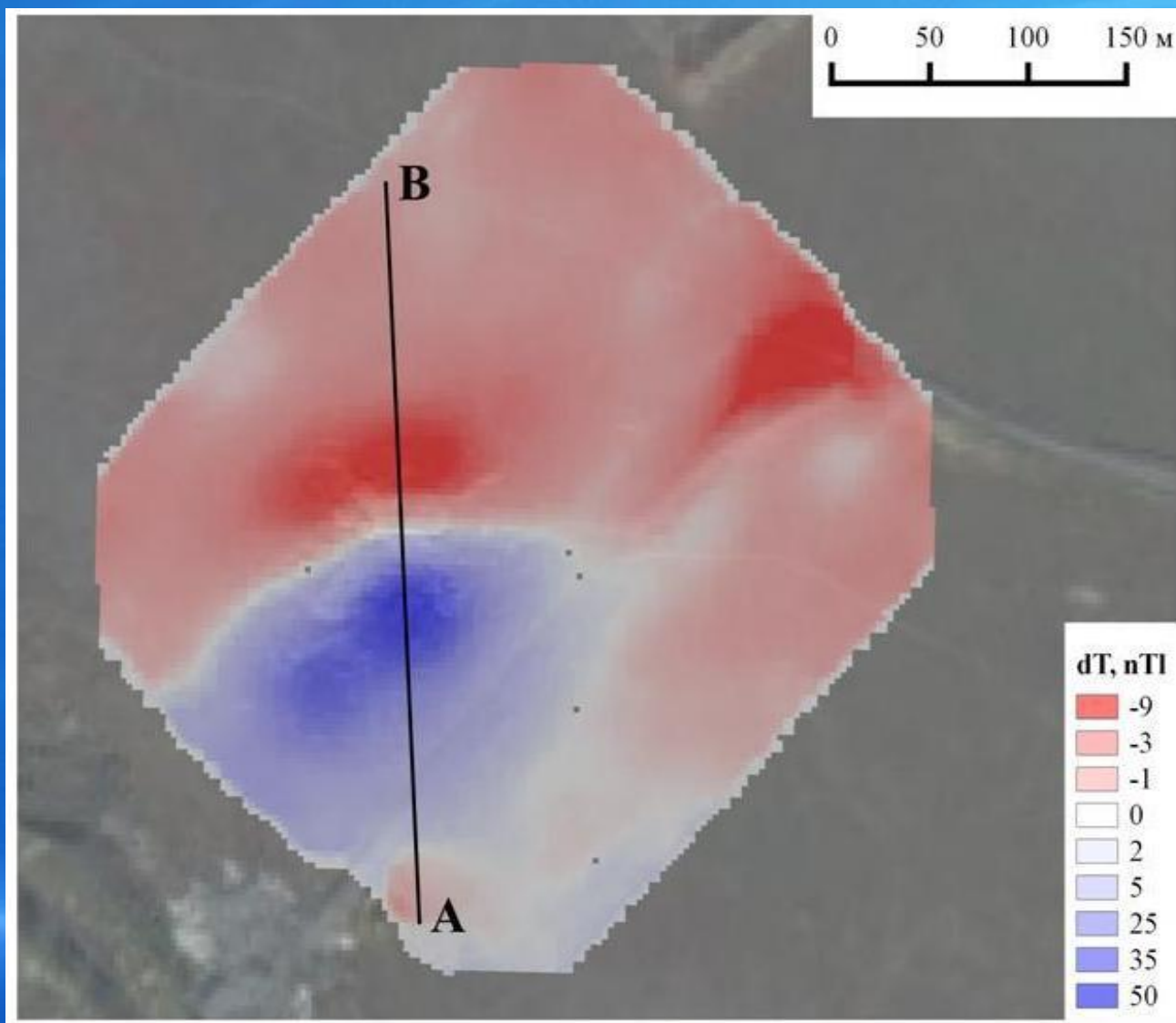
Многоуровневые магнитные измерения



Обеспечивают более точное определение формы и положения интересующего объекта.



Поиски техногенных месторождений железа



Результаты беспилотной аэромагнитной съемки масштаба 1:1 000

Влияние беспилотных низковысотных съемок на стадийность ГРР с точки зрения Роснедра (2016)



В будущем – при широком развитии беспилотной аэрогеофизики – эта стадийность может выглядеть следующим образом: комплексная аэрогеофизика (включая беспилотную) и скважинная геофизика; таким образом этап наземных геофизических работ (наиболее времяемкий и дорогостоящий) исключается полностью.

Коротков и др. Инновационные технологии прогнозирования, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых. «Минеральное сырье». Серия методическая. Москва, 2016, 56 с. ISBN 978-5-9906776-3-0

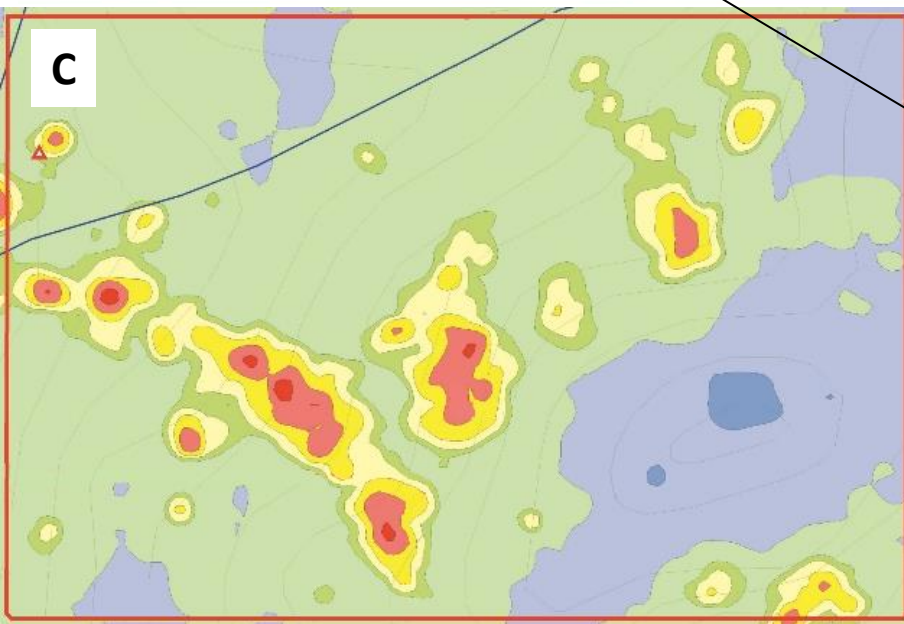
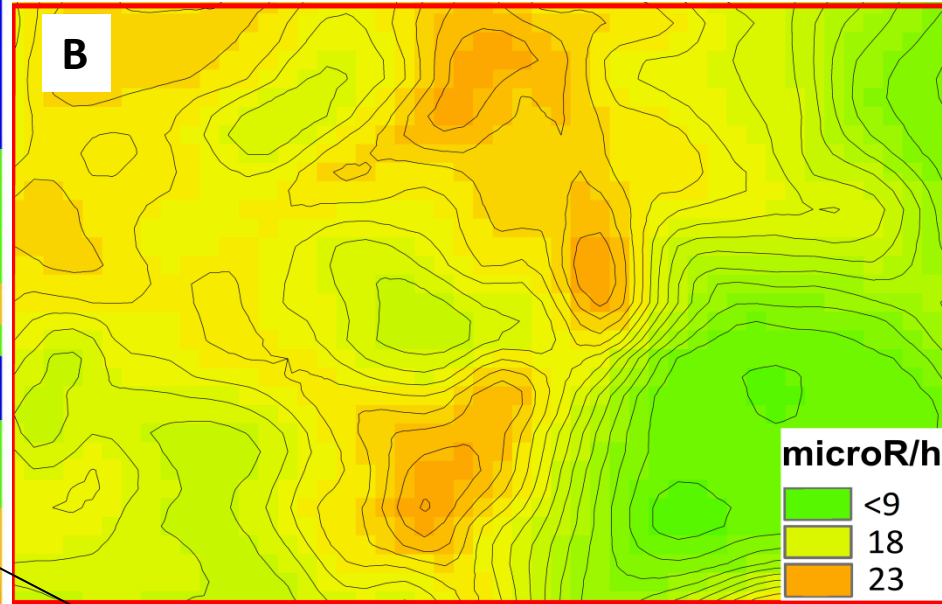
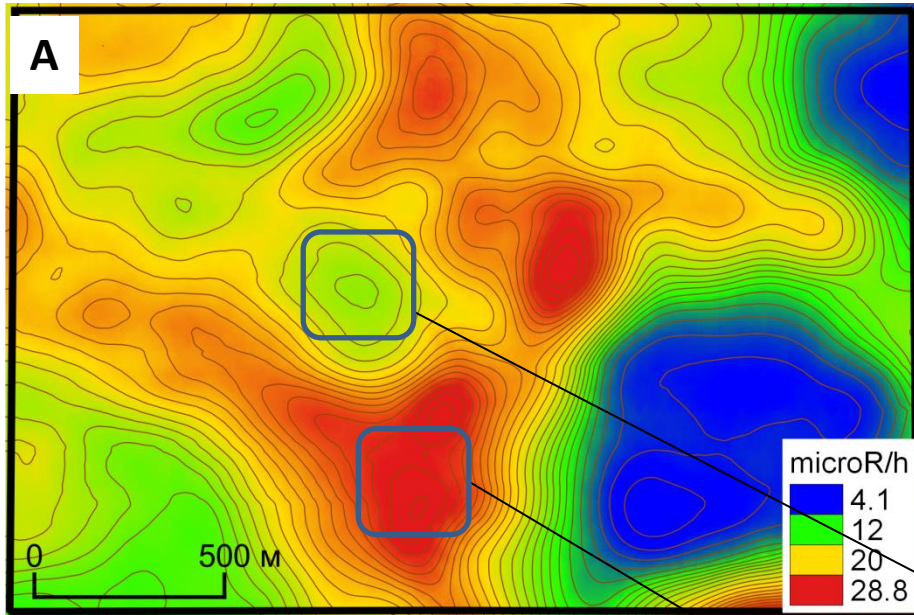
БПЛА-гамма-съемка



Детектор	CsI(Tl/Na)
Размер, мм	80x80, 63x63, 40x40, 40x80, 30x70
Энергетическое разрешение по Cs137	от 7%
Частота измерений, гц	0.5 (интегральный) 5 (полный спектр)
Пространственная привязка	Встроенный GPS
Варианты методики	Зависание, осреднение



Гамма-съемка



U 3
Th 10
K 2%

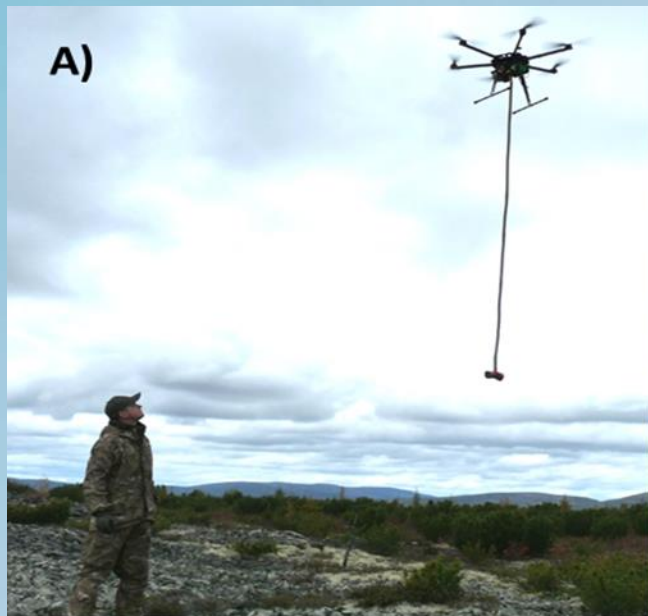
U 4
Th 15
K 3%

A - беспилотная гамма-съемка комплексом SibGIS UAS (2017), высота 70 м.

B - традиционная вертолетная съемка (2015), высота 120 м?

C - наземная съемка (Отчет..., 2015);

Варианты современных беспилотных носителей



- A) SibGIS UAS
(Паршин, 2015);
- B) SkyLance
(Cunningham, 2016);
- C) MagDrone R3
(SENSYS, 2017);
- D) UAV-MAG (Pioneers
Exploration, 2017).

Задача - выделить универсальные методические позиции, задающие общие «рамки», соблюдение которых при корректно работающем комплексе любой конструкции обеспечит получение достоверных данных, а в случае нарушений в работе комплекса или в технологии съемки - даст возможность обнаружить недостатки.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!