

Низкочастотная аэроэлектроразведочная система EM-4Н

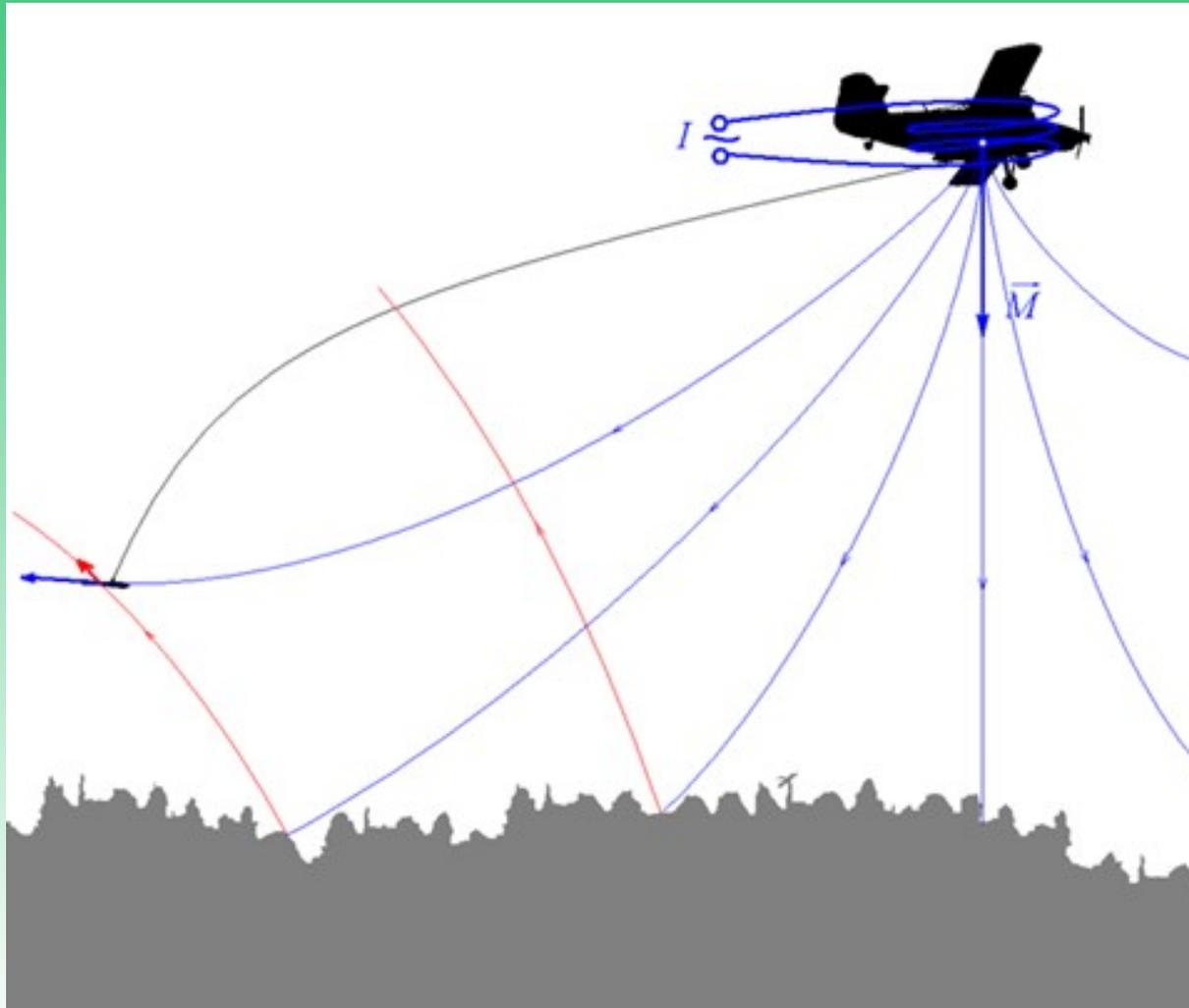
ЗАО «Геотехнологии»



Конфигурация системы

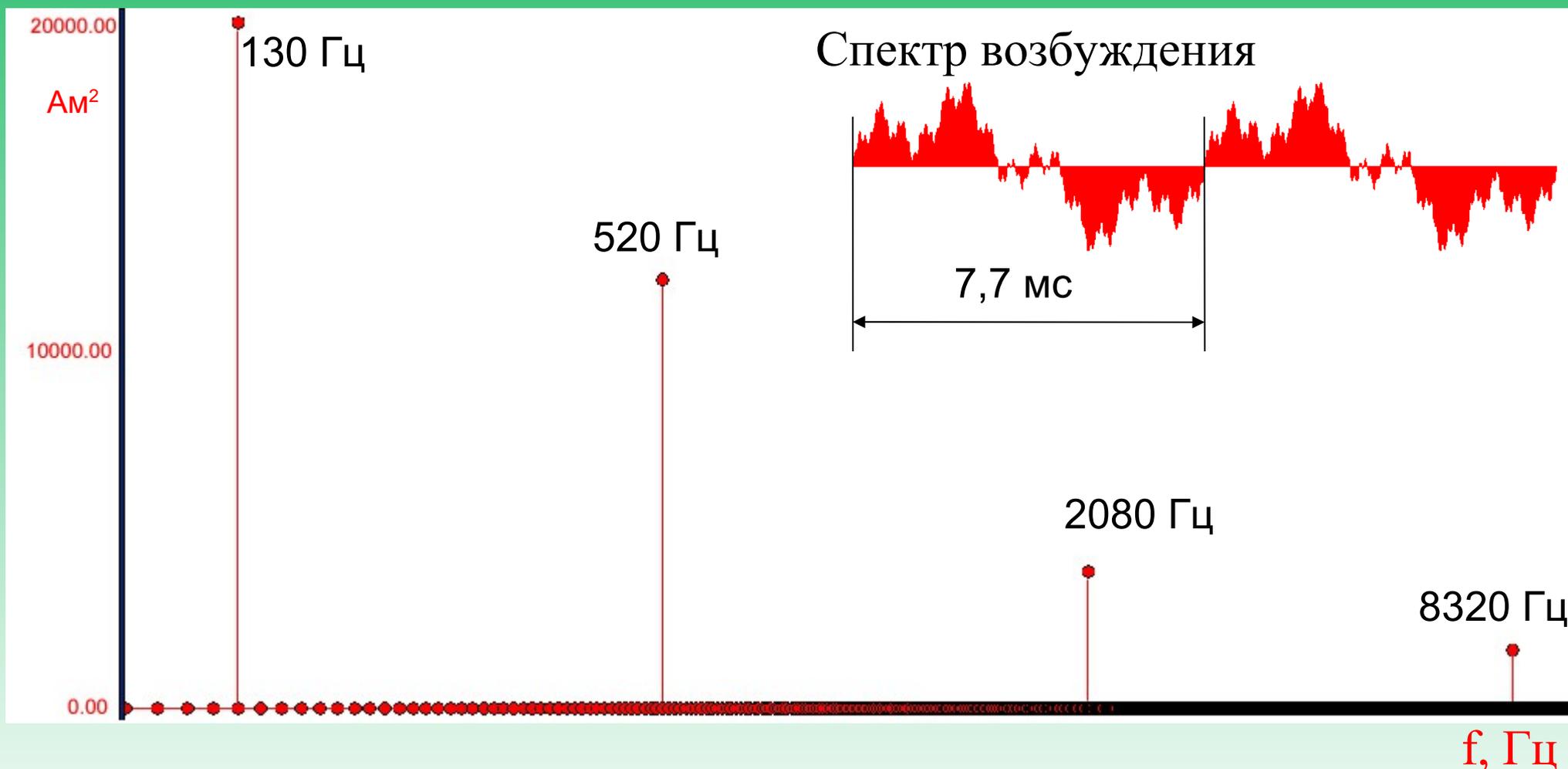
На фюзеляже летательного аппарата в горизонтальной плоскости устанавливается передатчик переменного магнитного поля - многовитковая петля.

Трехкомпонентный индукционный датчик магнитного поля устанавливается в буксируемую гондолу. Длина буксировочного трос-кабеля — 70м. Конструктивно датчик выполнен так, чтобы все три компоненты вектора переменного магнитного поля измерялись в одной и той же точке.



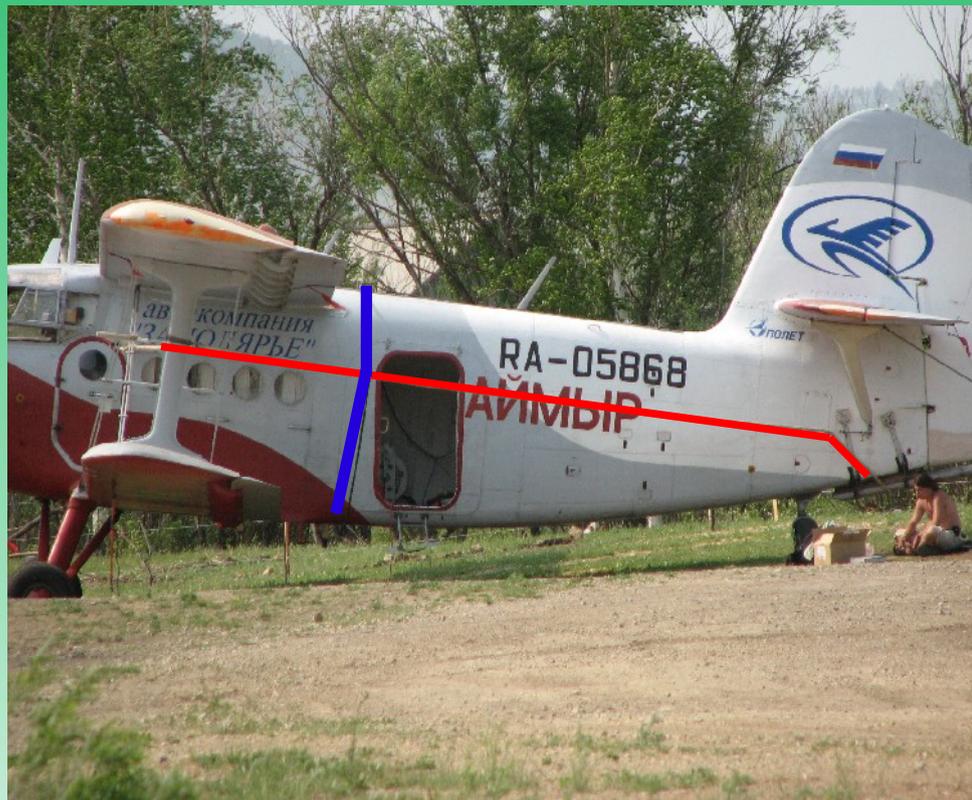
Сигналы возбуждения ЕМ-4Н

Ток в петле передатчика представляет собой сумму сигналов синусоидальной формы на четырех рабочих частотах — 130, 520, 2080 и 8320 Гц. Амплитуда на низкой частоте составляет около 20000 Ам², на каждой следующей частоте амплитуда падает в 2-2,5 раза.



Метод компенсации

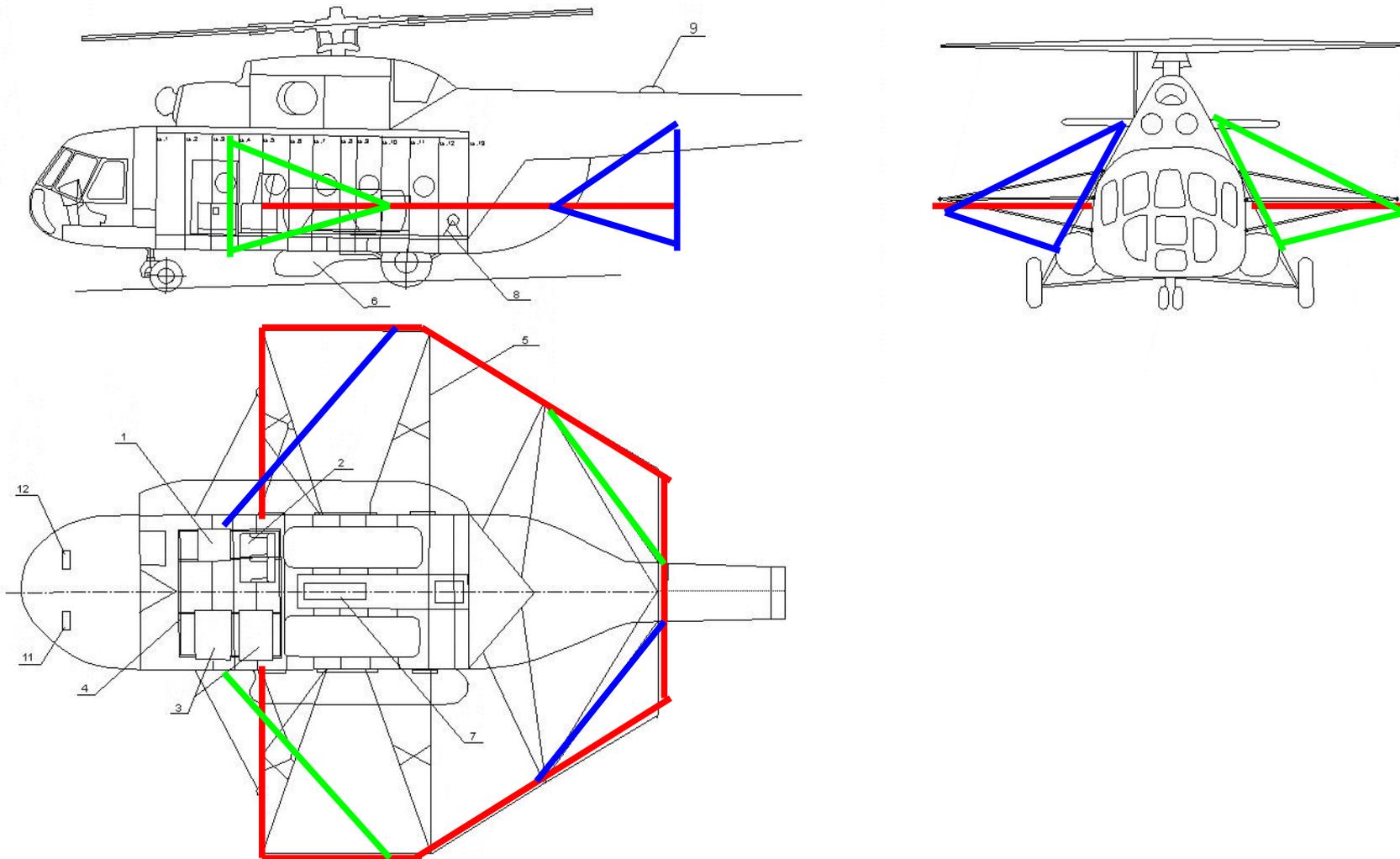
Чтобы исключить влияние проводящих свойств летательного аппарата-носителя, на его борту устанавливаются дополнительные компенсирующие диполи. Возможна работа с одним или с двумя диполями. Первый вариант удобно устанавливать на самолете.



Установка на самолете. Момент основного диполя направлен вертикально вниз, момент компенсирующего диполя лежит в горизонтальной плоскости и направлен вдоль фюзеляжа.

Метод компенсации

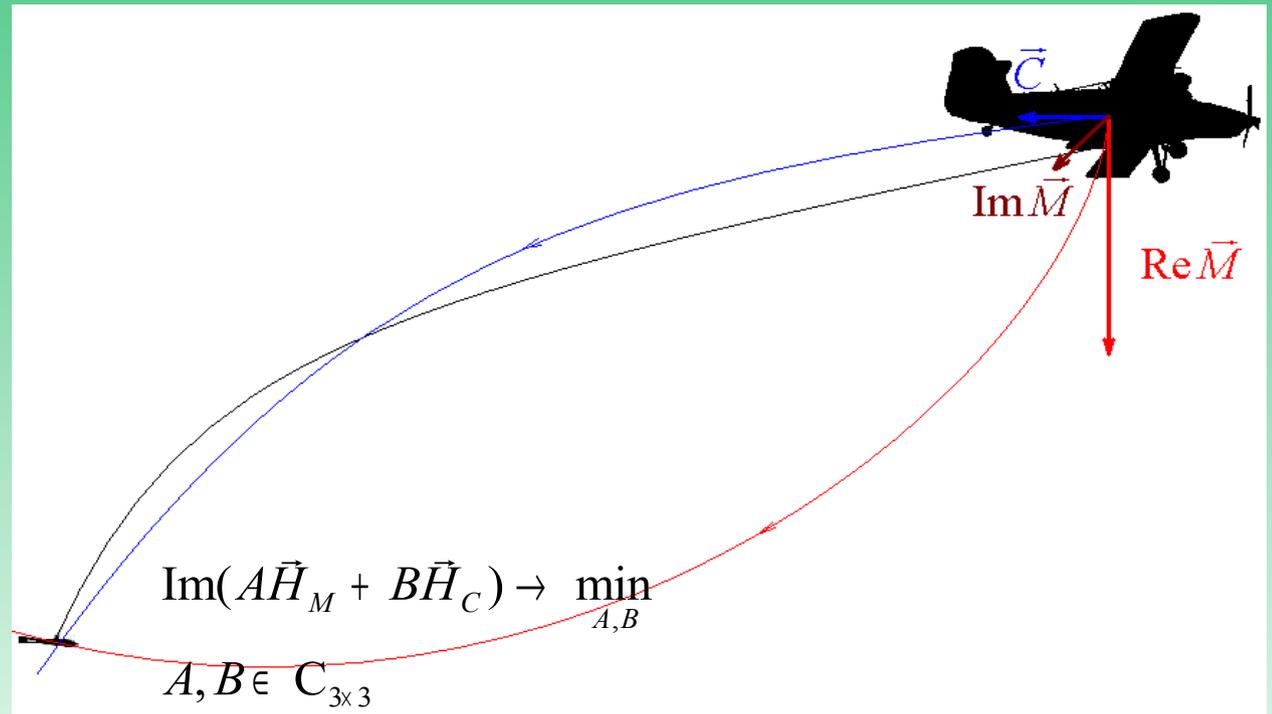
Установка на вертолете. Каждый компенсатор образуется парой петель, расположенных симметрично в передней и в задней частях фюзеляжа. В результате моменты основного и компенсирующих диполей образуют тройку линейно независимых векторов.



Метод компенсации

Компенсация проводится на высоте порядка 500 метров. В результате синфазные компоненты измеренных векторов поля, отнесенные к току в петле генератора на соответствующей частоте, совпадают с точностью 0,01%, а квадратурные компоненты равны нулю с той же точностью. С уменьшением высоты появляются квадратурные компоненты и расхождение синфазных компонент, что обусловлено наличием соответствующих компонент в поле отклика.

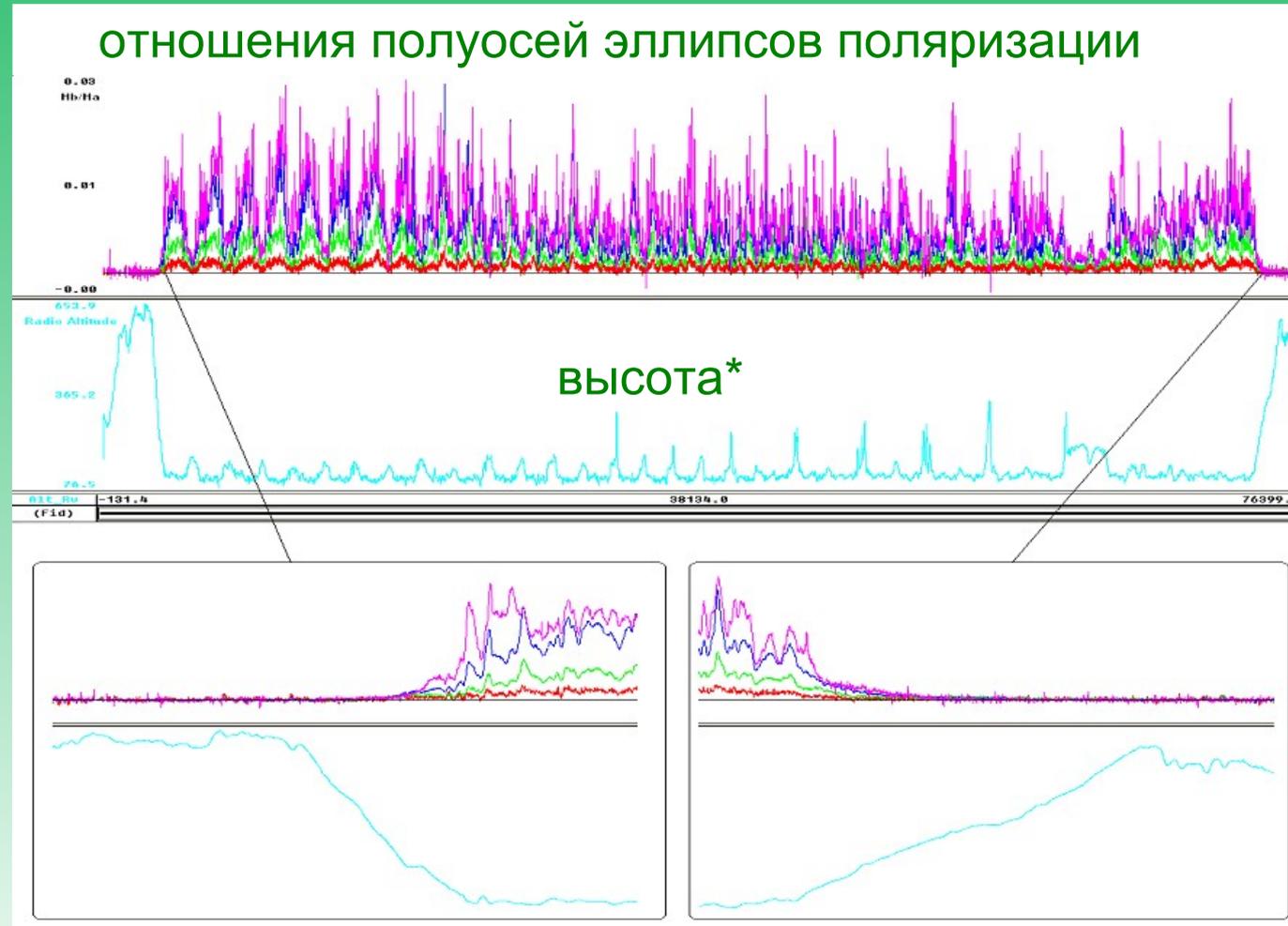
Сигналы компенсирующих диполей используются также для определения взаимного расположения и ориентации петель передатчика и приемника, что делает возможным определение полного отклика, т.е. синфазной и квадратурной его компоненты, с погрешностью около 1% при интервале осреднения около 0.5с.



Стабильность системы

Компенсацию необходимо проводить 2 раза за вылет: в начале и в конце. Точность компенсации держится на протяжении всего вылета, который может продолжаться 5 и более часов.

Полный вылет, более 5 часов



от начала...

...и до конца

* высота меняется от 650 метров в зонах калибровки (в начале и в конце вылета) до 120 метров при съемке

Измерения

Измерения полных векторов активной (мнимой) и реактивной (действительной) компонент магнитного поля позволяют определять кажущееся сопротивление посредством обращения следующего уравнения:

$$H_r^i(l, -h_2) = \frac{M}{4\pi} \int_0^\infty e^{-n_0(h_1+h_2)} \frac{n_1 - n_0}{n_1 + n_0} J_1(n_0 l) n_0^2 dn_0$$
$$H_z^i(l, -h_2) = -\frac{M}{4\pi} \int_0^\infty e^{-n_0(h_1+h_2)} \frac{n_1 - n_0}{n_1 + n_0} J_0(n_0 l) n_0^2 dn_0$$
$$n_1 = \sqrt{n_0^2 - i\omega\mu_0\sigma}$$

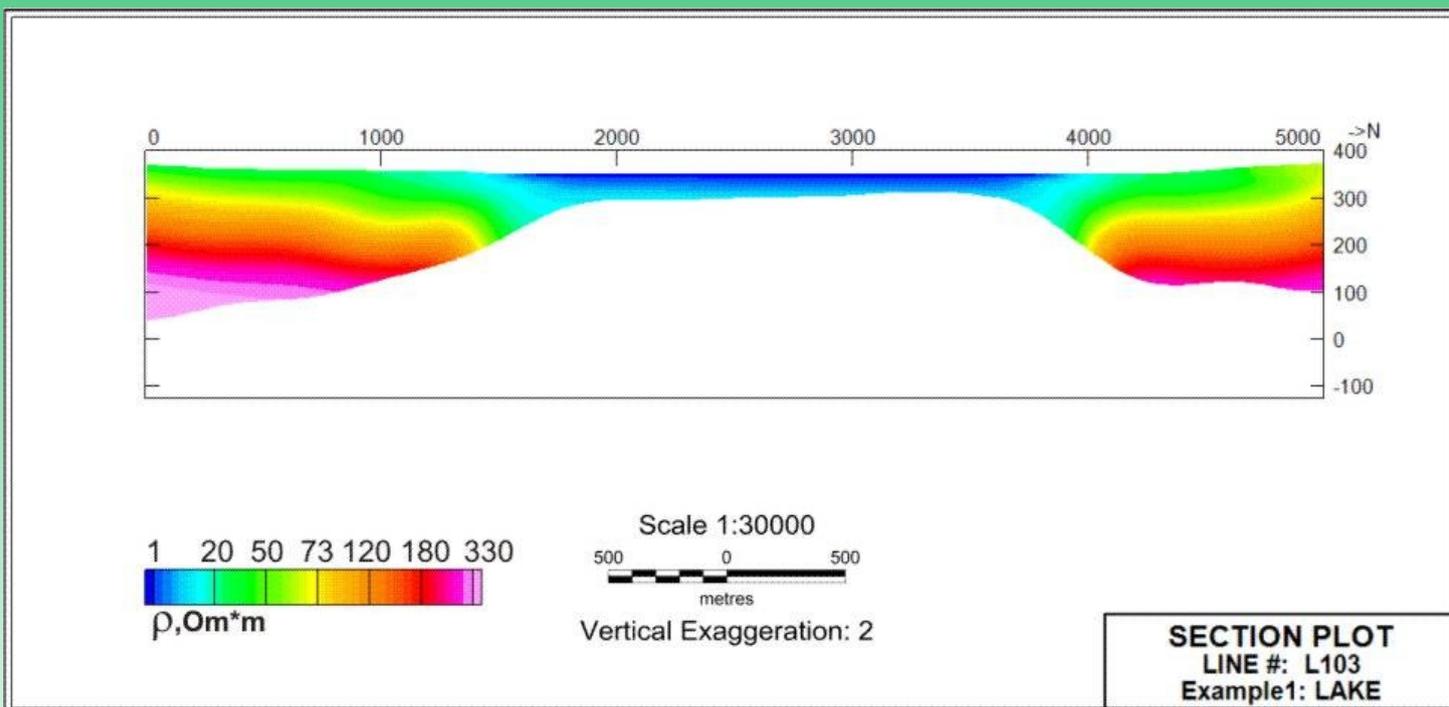
где H_z^i — вертикальная компонента поля отклика, l — горизонтальное смещение приемника относительно передатчика, h_1, h_2 — высоты передатчика и приемника, M — момент диполя возбуждения на частоте ω , J_0 — функция Бесселя 1-го рода 0-го порядка, σ — эффективная проводимость, μ_0 — магнитная проницаемость вакуума.

Все необходимые величины, в том числе взаимная ориентация приемника и передатчика, также измеряются системой EM-4H.

Результаты работы EM-4Н

Результатом первичной обработки данных EM-4Н являются четыре карты кажущегося сопротивления и разрезы кажущегося сопротивления.

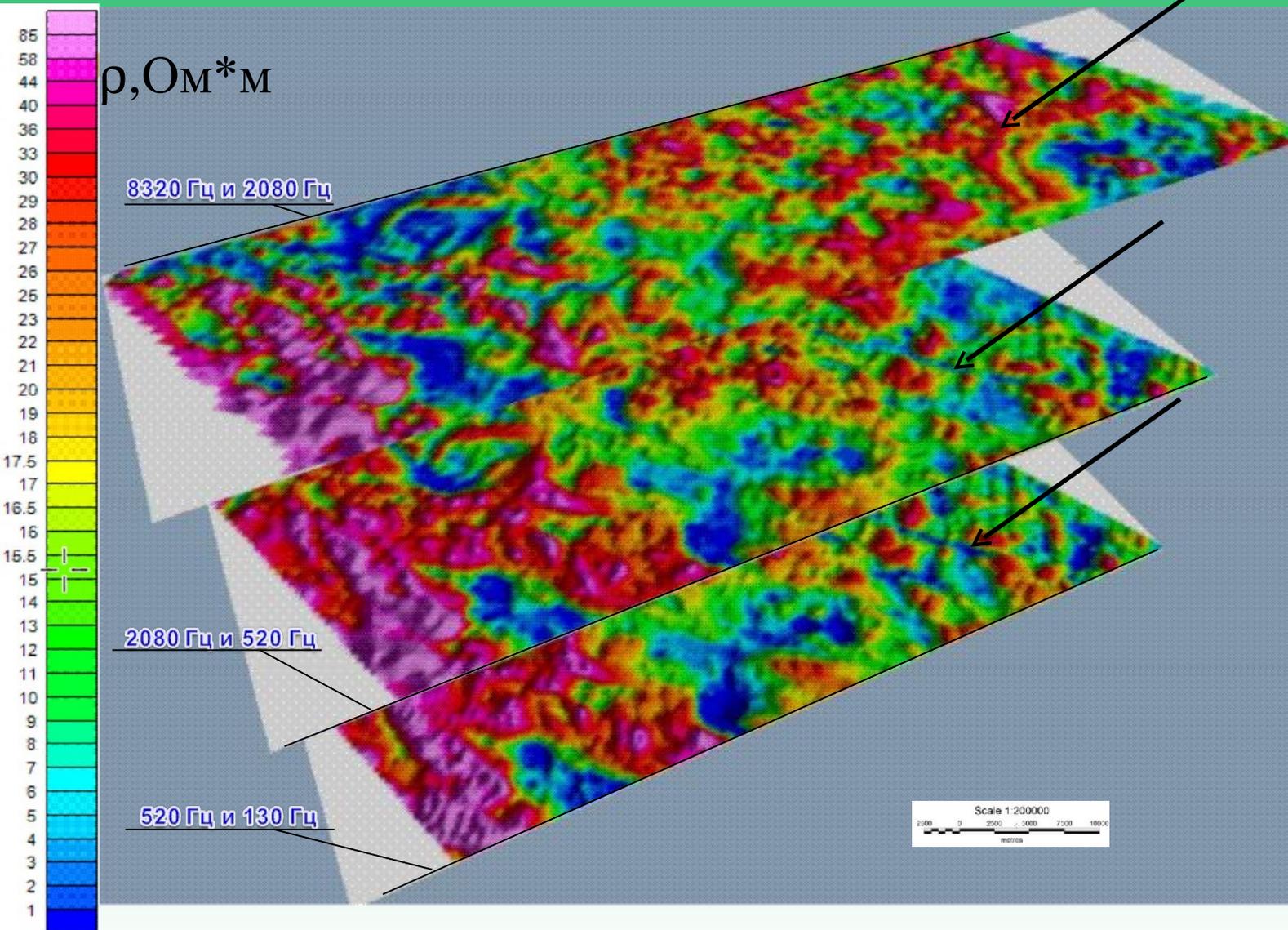
Разрез кажущегося сопротивления



Соленое озеро Тус,
Хакассия.
Удельное сопротивление
слагающих пород около
100 Ом*м, сопротивление
соленой воды порядка 0.1
Ом*м.

Площадь в Средней Азии характеризуется достаточно контрастными по удельному сопротивлению пород зонами при относительно низком среднем значении сопротивления (30 Ом*м).

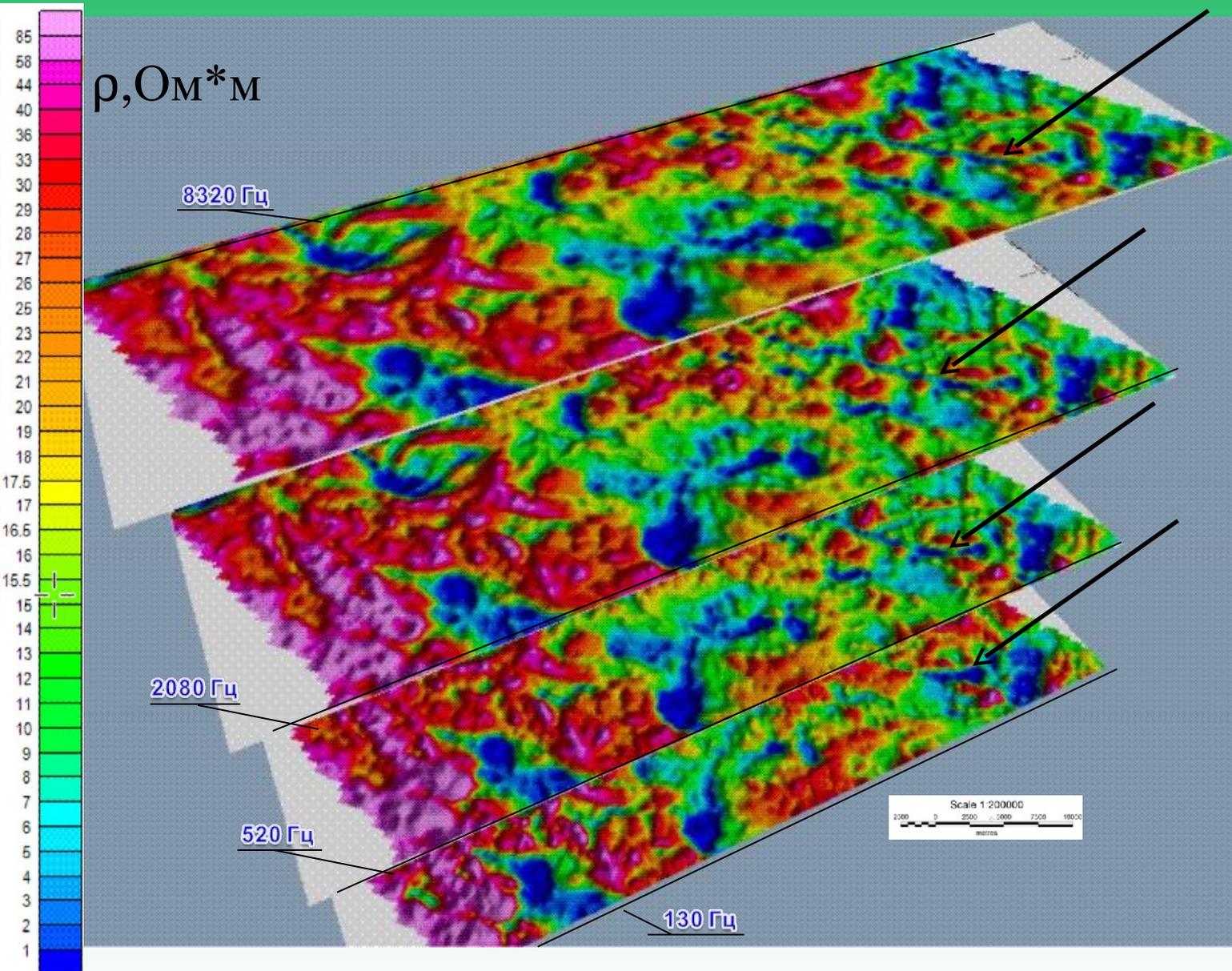
Карты кажущихся сопротивлений, построенные по отношению сигналов квадратурных компонент вертикального магнитного поля на двух смежных частотах.



Наш опыт показывает, что интерпретация с использованием отношения полуосей эллипса поляризации в контрастных областях с относительно низким средним сопротивлением даёт некондиционный результат, в этом случае используется методика построения карт по отношению сигналов квадратурных компонент на двух смежных частотах.

Надо заметить, что карты обладают качественными отличиями. Например, на всех картах в восточной области мы видим в той или иной степени выраженную вытянутую проводящую зону с простираением на северо-восток (показана стрелками). А на карте, построенной по отношению 8320 Гц и 2080 Гц (верхняя) данная зона отсутствует.

Карты кажущихся сопротивлений, построенные на основе полного отклика.



Использование синфазной компоненты отклика позволяет для каждой частоты строить карты кажущихся сопротивлений, в которых отсутствует зависимость от высоты. Эти карты, как правило, не требуют дополнительной обработки, благодаря чему качественный материал для дальнейшей интерпретации получается сразу после короткой первичной обработки данных.

ЕМ-4Н в работе

Четыре аэросъемочных предприятия России имеют собственные системы



ГНПП Аэрогеофизика (Ми-8, Ан-2)



АмГРЭ АК Алроса (Ан-2)



НФ ВСЕГЕИ (Ан-3, Ан-2)



АС Амур (Ан-2)