

Аэрогеофизические вертолетные платформы серии «Импульс» для поисково-оценочных исследований

Тригубович Г.М., Персова М.Г., Саленко С.Д., ФГУП «СНИИГГиМС», г. Новосибирск

Технические средства для маловысотной аэрогеофизики

Заметной тенденцией развития аэрогеофизики, которое получило широкое распространение на Западе в последние годы, является использование вертолетных разведочных платформ. По своим техническим характеристикам вертолетные платформы существенно превосходят самолетные системы, благодаря новым техническим решениям в области специальных авианесущих конструкций, мощного электромагнитного канала, приближения геофизических сенсоров к объекту исследования. На рис. 1, 2, 3 представлен внешний вид и основные технические и конструкторские решения платформ А1, А2 и А4, разработанных в России (2000 г., СНИИГГиМС, Сибгеотех, НГТУ), патент РФ №2201603.

Основной отличительной особенностью аэрогеофизических платформ является переход на новую конфигурацию источника вихревого электромагнитного поля, что обеспечивает высокий магнитный момент источника $M > 10^6$ А·м² при П-образной форме тока. Аэрогеофизические платформы серии «Импульс-А» предназначены для проведения высоко-разрешающих комплексных низкопрофильных аэрогеофизических исследований методами становления поля, гамма-спектрометрии, магнитометрии и теплотометрии. Глубинность электромагнитного канала платформы «Импульс-А4» до 500 м. Способ перемещения платформ - на штатной подвеске под фюзеляжем вертолета Ми-8. Используется трос-кабель длиной до 50 м. Высота полета платформы 30-50 м от поверхности исследования. Скорость полета 100-120 км/час. Ресурсное разовое время работы аэрогеофизического оборудования при автономном питании

составляет 3 часа. При отборе мощности от генератора вертолета ($P = 10$ кВт) ресурс ограничивается полетным временем вертолета.

Локализация зон эпигенеза над залежами углеводородов. Теоретические и практические результаты

Наличие мощного электромагнитного канала на платформах серии «Импульс», который отсутствует во всех других отечественных и зарубежных аэросистемах, работающих в настоящее время в России, позволяет получать актуальную информацию о модификации вещественного состава в зонах эпигенеза до глубин 500 метров в условиях Восточной Сибири. Для этого стандартно могут быть использованы гамма-спектрометр, магнитный и электромагнитный каналы.

На сегодняшний день в результате исследований зоны эпигенеза верхней части разреза над залежами УВ можно считать доказанной вертикальную миграцию легких фракций УВ. Интенсивность наблюдаемых геофизических аномалий заметно зависит от условий образования залежей. Феноменологической основой решения задачи локализации зон эпигенеза является измененная микроструктура и вещественный состав, что приводит к достаточно прогнозируемой модификации геофизических полей, в том числе и электромагнитных характеристик. Ореольные изменения, образовавшиеся при миграции легких фракций, доходят до верхних горизонтов и становятся доступными для изучения современными аэрогеофизическими системами. Миграция легких фракций углеводородов из залежей, по-видимому, также сопровождалась выносом магнитных материалов и радиоактивных элементов уранового ряда. Эти пути восходящих потоков отображаются зонами

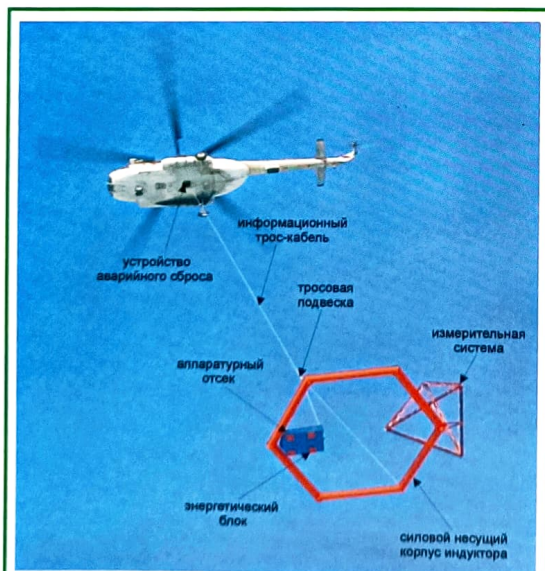


Рис. 1. Платформа «Импульс-А1».

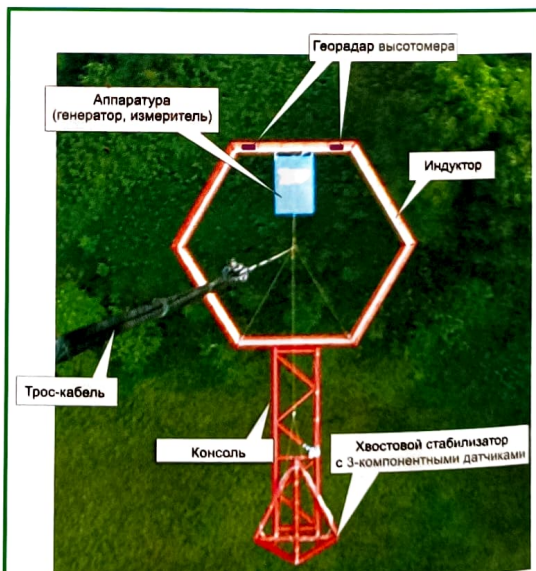


Рис. 2. Платформа «Импульс-А2».



Рис. 3. Платформа «Импульс-А4».

аномально высоких содержаниях урана и аномалиями магнитного поля. Форма аномалий зависит от структурно-тектонических особенностей формирования залежей.

Результаты трехмерного математического моделирования распределения сигнала становления поля над зоной эпигенеза представлены на рис. 4 в виде электрограмм относительной аномалии в диапазоне времен от 100 мкс до 10 мс. Как видно, края залежи на электрограмме вертолетной съемки отмечаются знакопеременной аномалией, обусловленной контактом блоков повышенного и пониженного сопротивления с преобладающей положительной частью. Ширина вертикальной зоны пониженного сопротивления влияет на уровень аномалии и на ее пространственное положение.

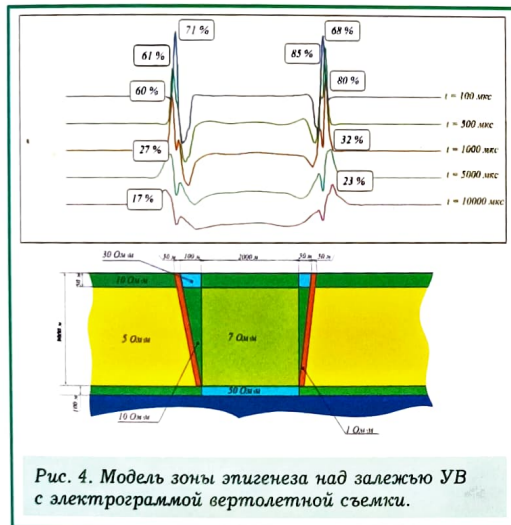


Рис. 4. Модель зоны эпигенеза над залежью УВ с электрограммой вертолетной съемки.

На рис. 5 представлены результаты экспериментальных работ. Полевые работы проводились с использованием вертолетной платформы «Импульс-А2» на Верхтарском нефтяном месторождении. Для съемки был использован индуктор с дипольным моментом $M=10^5$ А·м², форма тока $1/2 \sin$ с амплитудой 1000 А, длительность тока 2 мс, высота полета платформы (25-30) м от поверхности земли, скорость (100-120) км/час, расстояние между профилями 2 км. Зона эпигенеза над залежью УВ отображается положительной кольцевой аномалией, что согласуется с теоретическими представлениями, описанными выше и коррелируется с проекцией водонефтяного контакта.



Рис. 5. Результаты исследований над залежью УВ (Верхтарское месторождение).

Проектирование аэроаразведочных исследований на примере задачи поиска сульфидных объектов

Неотъемлемой частью выполнения аэроаразведочных работ является этап проектирования исследований, результатом которого является оценка уровня сигнала, уровня откликов от поисковых объектов (абсолютных и относительных), времени проявления объекта для различных положений приемно-генераторной конструкции относительно объекта. На основании этих оценок делается выбор токовой диаграммы и диаграммы измерений и проектируется сеть профилей. Для оперативного выполнения этих работ разработаны и в настоящее время используются программные комплексы конечноэлементного моделирования [2] COAXIAL (моделирование осесимметричных полей) и GEOPREP (моделирование полей становления в трехмерных средах).

Пример проектирования аэроаразведочных работ была оценка возможности аэро-электромагнитных зондирований для поиска сульфидных объектов в геоэлектрических условиях Судана (Gossan type deposits, Arabian belt). В процессе проектирования электромагнитных исследований была проведена оценка влияния вертолета при определении глубины зондирования, оценка проявления поискового объекта

σ / h, m	5	10	20	30	40	50
1	+	-	-	-	-	-
5	+	+	-	-	-	-
2	+	+	-	-	-	-
10	+	+	+	-	-	-
20	+	+	+	+	-	-
50	+	+	+	+	+	-
100	+	+	+	+	+	+

Рис. 6. Таблица поискового объекта.

ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

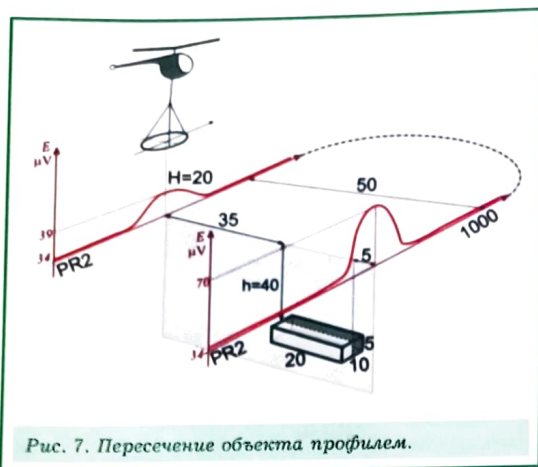


Рис. 7. Пересечение объекта профилем.

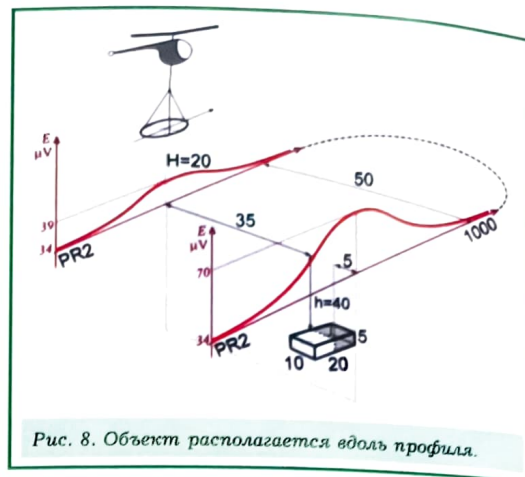


Рис. 8. Объект располагается вдоль профиля.

для различных расположений профилей относительно объекта, а также оценка возможности выделения объектов, лежащих на разных глубинах.

Результаты оценки глубинности приведены в таблице (рис. 6), где знаком «+» отмечены положительные варианты решения задачи обнаружения поискового объекта по значимому аномальному сигналу. Для проектирования сети профилей было выполнено трехмерное моделирование. Сульфидный объект размером $10 \times 20 \times 5 \text{ м}^3$ с сопротивлением $\rho = 0,02 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ залегает на глубине 40 м. Расстояние между профилями положим равным 50 м, высоту полета вертолета - 60 м, а высоту платформы от поверхности Земли - 25 м. Для случая, когда объект расположен поперек профилей (рис. 7) и и профили располагаются недалеко от проекции ближнего края объекта, измеряемый сигнал на ближайшем к объекту профиле достигает значения $E_1 = 69 \text{ мВ}$ при фоновом значении $E_2 = 34 \text{ мВ}$ в момент времени $t = 210 \text{ мкс}$ после выключения импульса тока в генераторе. Для случая, когда объект лежит вдоль профилей, между которыми находится объект, (рис. 8) и расстояние от проекции края объекта до ближайшего профиля составляет 5 м, а до второго профиля - 35 м, на ближайшем к объекту профиле сигнал достигает значения $E_1 = 70 \text{ мВ}$ на фоне $E_2 = 34 \text{ мВ}$ и $E_1 = 39 \text{ мВ}$ на фоне $E_2 = 34 \text{ мВ}$ на втором профиле. При наихудшем положении объекта, когда он лежит вдоль профилей и равноудален от них, измеряемый сигнал достигает $E_1 = 51 \text{ мВ}$ на фоне $E_2 = 34 \text{ мВ}$.

Использование трехмерной интерпретации для восстановления морфологии локального объекта по данным электроаэрозведки

Как правило, интерпретация аэрозведочных данных проводится с использованием одномерных моделей. Иногда этого бывает достаточно для локализации объекта, и количественные оценки глубины его залегания и размеров не требуются.

Во многих случаях использование одномерной интерпретации не дает удовлетворительных результатов. Не дает точной информации об объекте и использование двумерной интерпретации, поскольку существует зона эквивалентности: радиус-глубина. Для точного определения глубины и размеров объекта и исключения влияния приповерхностных неоднородностей необходимо применение трехмерной интерпретации [3].

Это можно продемонстрировать на следующем примере. На рис. 9 показаны электрограммы распределения $E(t)$ для набора времен при съемке с вертолета над объектами с различными радиусами, сопротивлениями и глубиной залегания. Поскольку в зоне максимума проявления объекта (-30 м, 30 м) сигналы от этих объектов совпадают, то очевидно, результаты одномерной и даже двумерной инверсии также совпадут. В боковых относительно проекции центра объекта точках сигналы уже существенно отличаются. Поэтому 3D инверсия, использующая всю снятую информацию в совокупности, может достаточно точно восстановить обобщенную морфологию объекта.

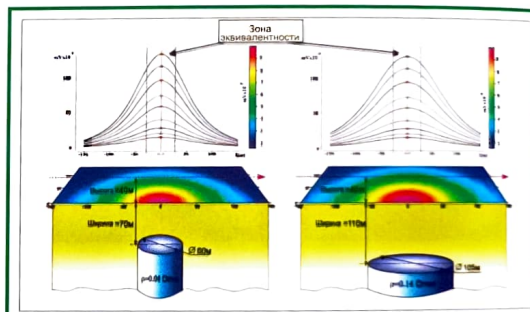


Рис. 9. Профилевание над объектами, эквивалентно проявляющимися в эицентральной зоне.

В качестве практического примера трехмерной инверсии приведем восстановление морфологии объекта по данным, полученным с использованием вертолетных платформ на Канадском щите. Результатом подбора является трехмерное тело, изображенное на рис. 11. На рис. 11а показан вид «спереди» (из координаты (-50, -200)), на рис. 11б вид «сзади» (из координаты (-50, 200)).

На рис. 10 показано экспериментальное и подобранное теоретическое распределение $E(t)$ для одного из моментов времени $t = 1 \text{ мс}$. Ошибка площадного подбора поискового объекта в поле параметра $E(t)$ не превышает 15%.

Выводы

- Использование вертолетных геофизических платформ нового поколения позволяет подойти к решению широкого круга задач, решавшегося ранее только при помощи наземной геофизики.
- Глубинность опоскования при максимальном магнитном моменте может достигать

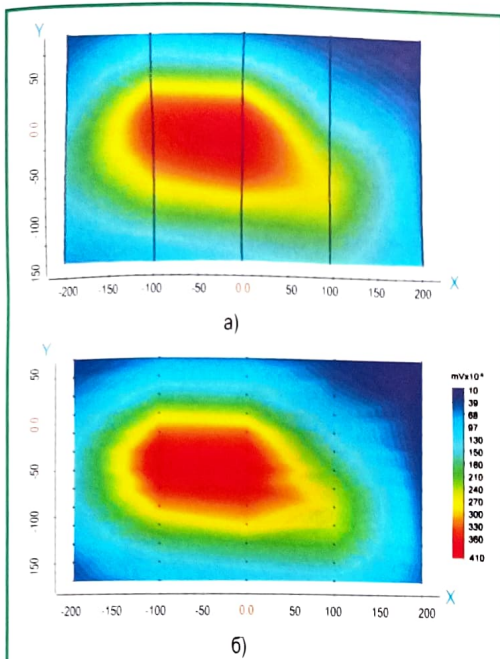


Рис. 10. Экспериментальное и теоретическое распределение ЭДС в момент времени 1 мс.
а) План распределения $E(t)$ - экспериментальные значения;
б) План распределения $E(t)$ - теоретические значения.

500 метров и более. Как показывает мировая практика, низкопрофильная вертолетная аэрогеофизика за счет высокой пространственно-временной плотности измерений позволяет обнаруживать новые объекты, там,

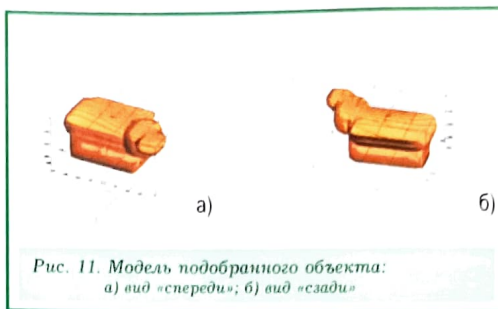


Рис. 11. Модель выбранного объекта:
а) вид «спереди»; б) вид «сзади»

где ранее уже была проведена наземная геофизика.

- Стоимость комплексных вертолетных аэрогеофизических съемок на порядок меньше стоимости аналогичных видов наземной съемки.
- Высокая разрешающая способность вертолетной съемки на сверхнизких высотах позволяет решать инженерно-геологические и технологические задачи.

Литература

1. Патент РФ №2201603 Устройство для аэрогеофизической разведки / Тригубович Г.М., Саленко С.Д., Обуховский А.Д., Шатилов К.А. приоритет 27.05.2002
2. G.Trigubovich, M.Persova, Y.Soloveichik, A.Chernyshev, M.Royak "Estimation of 3D TEM Sounding Possibilities in Search of Local Objects"// Extended abstracts of 66th EAGE Conference & Technical Exhibition Madrid, Spain, P208, 1316 June 2005.



World Leader in Magnetotellurics PHOENIX GEOPHYSICS

- Многофункциональная и специализированная электроразведочная аппаратура для всех наземных EM методов. Высокоточная GPS синхронизация всех приборов.
- Датчики, приёмники, генераторы, мониторинговые системы, вспомогательное оборудование.
- Полный комплект аппаратурно-технических средств и программного обеспечения для выполнения полевых измерений, обработки и интерпретации. Русифицированная документация. Сдача под ключ на объекте Заказчика.
- Централизованное обучение обслуживающего персонала и курсы повышения квалификации в России. Гарантийное сервисное обслуживание в течение трех лет



Toronto

Системы в полном комплекте для поисков, разведки, мониторинга и научных исследований

Тел: +1 416 491-7340 Факс: +1 416 491-7378 www.phoenix-geophysics.com mail@phoenix-geophysics.com