Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова. 1989. Т. 119

УДК 550.838

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫСОКОТОЧНЫХ АЭРОМАГНИТНЫХ СЪЕМОК ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ ПЛАТФОРМЕННОГО ЧЕХЛА

В. П. ЗАХАРОВ

С внедрением в практику аэромагнитной съемки высокочувствительных квантовых магнитометров резко расширился круг задач, решаемых с применением этого экономичного и мобильного метода. В частности, первые же аэросъемки с этой аппаратурой, выполненные в платформенных регионах, показали, что в пределах осадочного чехла, считавшегося ранее практически немагнитным [6,7], залегают отдельные горизонты терригенных пород, создающих магнитные аномалии ΔT, амплитуда которых составляет несколько нанотесла.

При достигнутой на сегодня погрешности аэромагнитной съемки 2—3 нТл такие аномалии могут быть вполне достоверно выявлены. Это позволяет рассматривать аэромагнитную съемку, выполняемую в последние годы в платформенных регионах, в качестве ведущего геофизического метода картирования, в том числе и глубинного, пород осадочного чехла. В связи с этим аэромагнитная съемка масштаба 1:50000 (на отдельных участках 1:25000) стала широко использоваться в таких регионах при поисках нефти и газа, так как при наличии маркирующих магнитных горизонтов по полученным аномалиям удается выделить складчатые и разрывные структуры, не только выходящие на уровень современного эрозионного среза, но и не проявляющиеся на этой поверхности, а также зоны латеральной литолого-фациальной изменчивости. В большинстве случаев в магнитном поле находят также уверенное отражение рифовые массивы и соляные купола.

Наиболее просто решается задача картирования тектонических структур, проявляющихся на уровне современного эрозионного среза. Это традиционная задача магниторазведки, давно и успешно решаемая ею в областях развития метаморфических пород, которые обладают в среднем существенно более высокой намагниченностью, чем осадочные породы. При решении этой задачи геофизик действует фактически так же, как и геолог-съемщик. Разница заключается лишь в том, что геолог прослеживает маркирующий горизонт по простиранию от обнажения к обнажению, а геофизик — от одного маршрута аэромагнитной съемки к другому, ориентируясь на сходство наблюдаемых аномалий ΔT. Так же, как и геолог-съемщик, он выделяет разрывные нарушения: по смещению осей аномалий маркирующих горизонтов в плане, резкому обрыву аномалий по простиранию, появлению секущих зон пониженных значений ΔT, отвечающих зонам дробления и милонитизации пород.

Значительно более сложной является задача установления вероятной природы магнитных аномалий, источники которых находятся внутри

платформенного чехла. Разделив условно, как это обычно делается в прикладной геофизике, аномалии на двухмерные, т. е. связанные с линейными, протяженными по простиранию объектами, и трехмерные, вызванные брахискладками и объектами, близкими к изометрическим в плане, рассмотрим как проявляются первые и вторые в магнитном поле, например, севера Русской платформы.

При выдержанной мощности маркирующего горизонта сводам брахиантиклинальных складок должна соответствовать область преимущественно повышенных значений аномального поля (рис. 1), а границы структуры по данному горизонту можно с достаточной для практики точностью считать совпадающими с осями зон минимальных значений ΔT. Особенности магнитного поля в центральной части аномалии позволяют судить об относительной (по сравнению с глубиной залегания) ширине свода структуры: над центральной частью структур с широким сводом наблюдается понижение положительного поля, тогда как над узкими складками локальный центральный минимум отсутствует.

Существенно иной характер поля ΔT свойствен брахиантиклинальным складкам с частично или полностью выклинивающимся к своду магнитным горизонтом (рис. 2). Над центральной частью таких структур формируется отрицательное поле ΔT, причем при прочих равных условиях интенсивность аномалии примерно в 5—8 раз выше, чем над аналогичной складкой, но с выдержанной мощностью маркирующего горизонта.

Такой же характер аномалии ΔT, что и при выклинивании маркирующего горизонта от крыльев складки к ее своду, будет наблюдаться и при постепенном уменьшении намагниченности в этом направлении. Последнее явление характерно для многих конседиментационных структур и широко используется при их выделении по материалам высокоточной аэромагнитной съемки. По таким признакам поля ΔT на севере Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции выделено несколько десятков брахиантиклинальных структур III и более высоких порядков по отложениям верхней перми, причем многие из них подтверждены последующим бурением.

Сходный рисунок магнитного поля характерен для большинства соляных куполов и рифовых массивов, что объясняется залеганием этих относительно немагнитных объектов в той или иной степени магнитных терригенных породах. Однако известны геологически объяснимые исключения. Так, нижнепермские рифовые массивы Бельской впадины отмечаются повышенными значениями ΔT [5], что объясняется авторами указанной работы уменьшением над этими массивами мощности перекрывающих галогенных кунгурских отложений. Последнее происходит вследствие вторичных процессов, ведущих к образованию над массивами депрессий, заполненных относительно магнитными терригенными образованиями уфимского яруса.

Таким образом, теоретические расчеты и имеющийся опыт показывают, что по материалам высокоточной аэромагнитной съемки возможны успешное выявление и локализация в плане различных по своей геологической природе трехмерных объектов платформенного чехла. Однако до сего времени, к сожалению, не разработаны приемы определения глубины залегания магнитных пород, обуславливающих аномалии ΔT этих объектов. Вместе с тем для линейных антиклинальных складок такая задача может быть успешно решена.

Известно [2], что при наличии магнитного маркирующего горизонта относительно малой мощности магнитное поле линейной антиклинальной складки такое же, как и безграничного по падению пласта малой мощ-

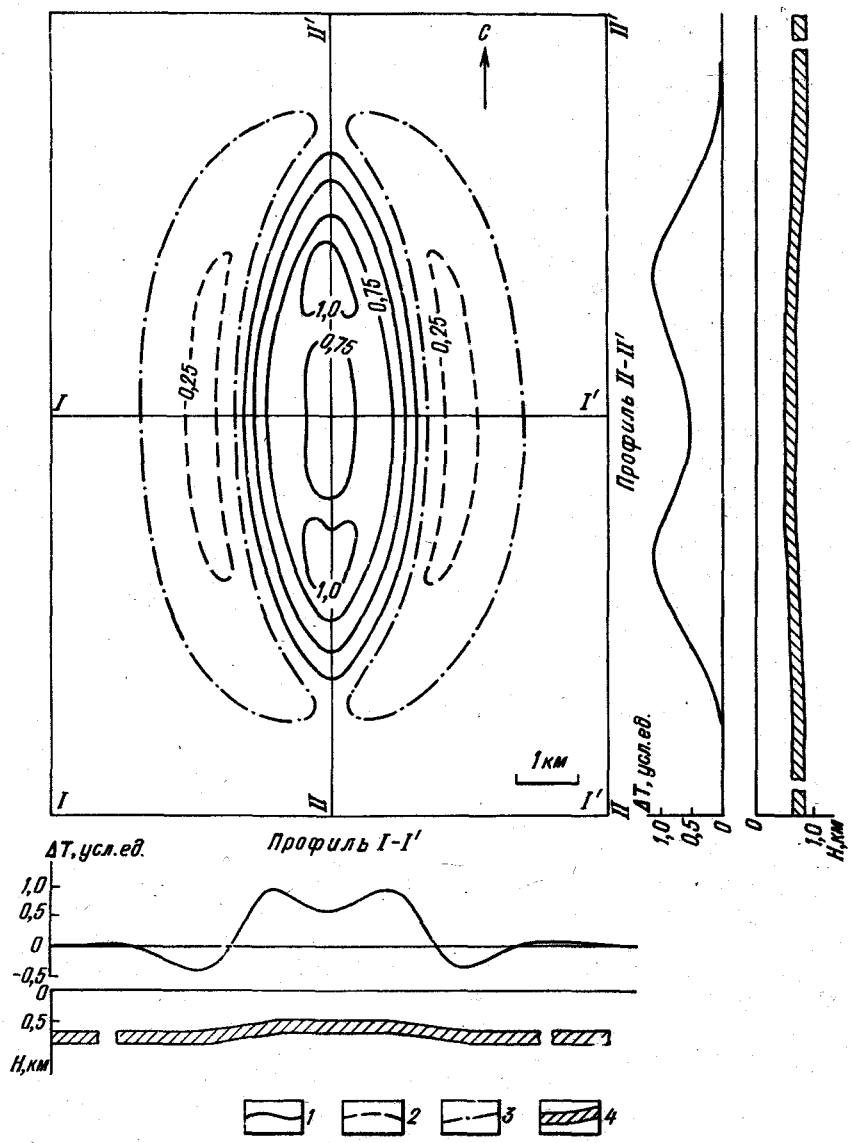


Рис. 1. Теоретическая аномалия ΔT брахиантиклинальной складки с магнитным маркирующим горизонтом постоянной мощности, не вскрытым эрозией

1—3 — изолинии ΔT (1 — положительная, 2 — отрицательная, 3 — нулевая); 4 — маркирующий горизонт

ности, совпадающего с ее осевой плоскостью. Для последней простой модели известны многочисленные приемы определения положения в разрезе вершины пласта [4,6]. Их использование при интерпретации аномалий ΔT линейных антиклинальных складок позволяет определить глубину залегания невскрытого эрозией магнитного горизонта в своде структуры.

Однако строгая эквивалентность внешних магнитных полей двух ука-

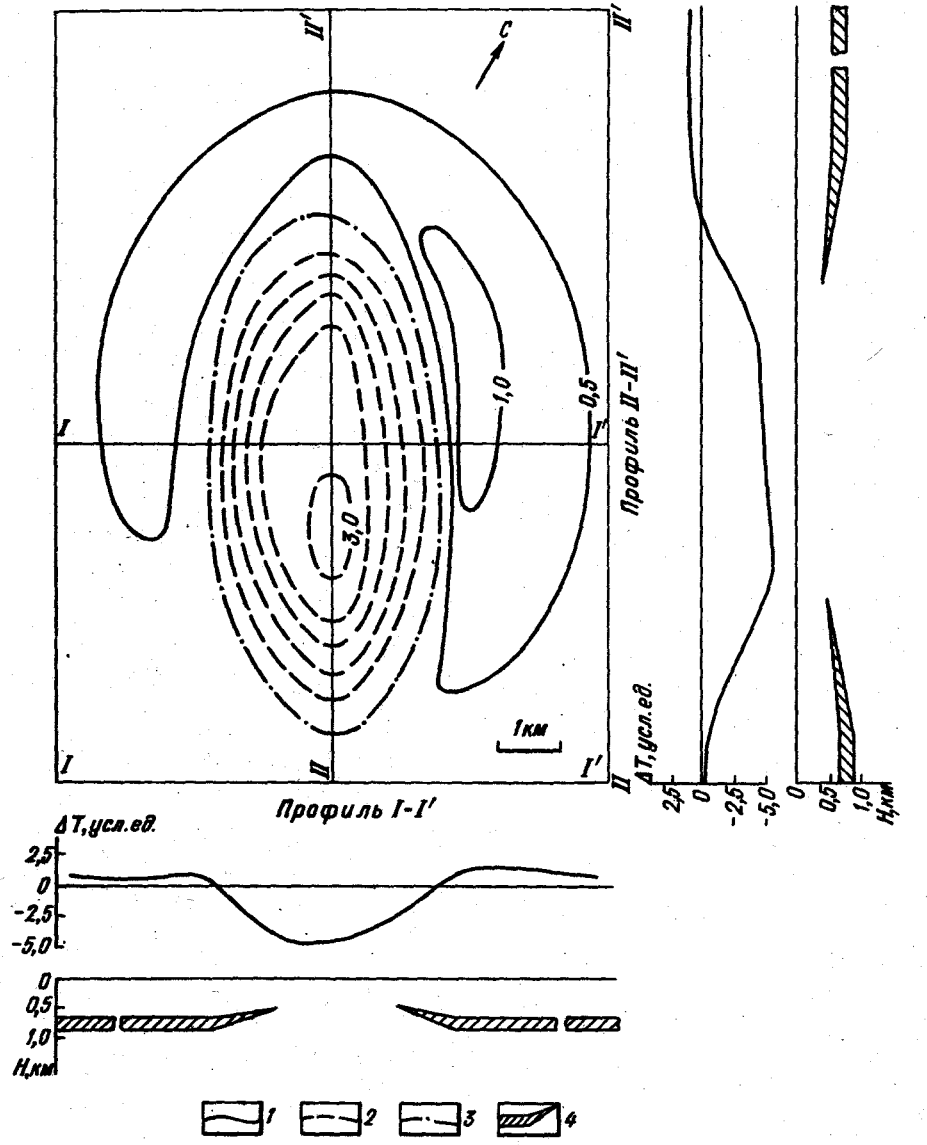


Рис. 2. Теоретическая аномалия Δ T брахиантиклинальной складки с выклинивающимся в своде магнитным маркирующим горизонтом

Условные обозначения см. на рис. 1

занных типов источников не позволяет установить по аномалиям ΔT без привлечения дополнительных данных, выявляется ли в каждом конкретном случае сводовая часть антиклинальной складки либо один из горизонтов моноклинально залегающей толщи, выходящей на поверхность структурного несогласия. Эта задача становится разрешимой, если известно направление суммарного вектора намагниченности пород маркирующего горизонта или если их остаточная намагниченность очень мала

по сравнению с индуцированной современным магнитным полем Земли. Последнее условие во многих случаях выполняется, и тогда становится возможным вычисление по аномалии ΔT угла α, который будет являться углом падения либо осевой поверхности складки, либо моноклинально залегающего горизонта магнитных пород.

С учетом полученного значения угла α и обычно пологого залегания пород платформенного чехла устанавливается тип источника магнитной аномалии. Очевидно, что близость значения α к 90° будет однозначно указывать на то, что фактически картируется ось линейной антиклинальной складки с магнитным горизонтом, не вскрытым эрозией. Полученные в результате вычислений значения α, близкие к нулю или 180°, указывают на наличие в разрезе вскрытого эрозией горизонта.

Практический пример, иллюстрирующий картирование по магнитному полю линейных антиклинальных складок с магнитным горизонтом, не вскрытым эрозией, приведен на рис. 3. Здесь аномалии ΔT складок наблюдаются на наклонном фоне поля, вызванном сильномагнитным удаленным источником, однако это не препятствует выделению линейных складок по магнитному горизонту, залегающему в верхнепермской терригенной толще вблизи гряды Чернышева.

С увеличением мощности магнитного горизонта амплитуда создаваемой им аномалии ΔT возрастает, что ведет к повышению достоверности обнаружения и локализации в разрезе таких источников поля. Однако при геологическом объяснении аномалий ΔT, предположительно созданных линейными антиклинальными складками с невскрытым эрозией магнитным горизонтом большой (по сравнению с глубиной его залегания) мощности, необходимо принимать во внимание, что существуют и другие геологически содержательные модели источников магнитного поля, создающие точно такие же аномалии.

В работах [1,3] показано, что такими источниками, в частности, являются произвольно падающий пласт большой мощности, ограниченный по восстанию наклонной плоскостью, а также относительно маломощный, постепенно теряющий намагниченность или выклинивающийся в разрезе пласт. Результат математической интерпретации аномалий ΔT во всех упомянутых случаях будет одинаков: положение в разрезе двух особых точек поля, которые могут фиксировать либо положение кровли и подошвы маркирующего горизонта в своде гребневидной складки, либо угловые точки пласта большой мощности, либо границы участка маломощного горизонта, в пределах которых происходит линейное изменение намагниченности или выклинивание.

Для геологической интерпретации получаемых результатов в этом случае необходимы дополнительные, хотя иногда и весьма общие, сведения об особенностях разреза. Важнейшими из них являются данные о вероятном диапазоне углов падения осадочных пород. При современном уровне изученности платформенных регионов такие данные обычно известны. С учетом этого можно считать, что если линия, соединяющая в разрезе две особые точки, полученные в результате интерпретации аномалии ΔT, имеет малый угол наклона к горизонту (несколько градусов), то она фиксирует участок маломощного пласта, отвечающий зоне литолого-фициальной изменчивости или выклинивания. Различить две эти ситуации по данным магниторазведки невозможно, так как в обоих случаях происходит латеральное уменьшение количества минералов-ферромагнетитов.

Если же линия, соединяющая особые точки поля, характеризуется

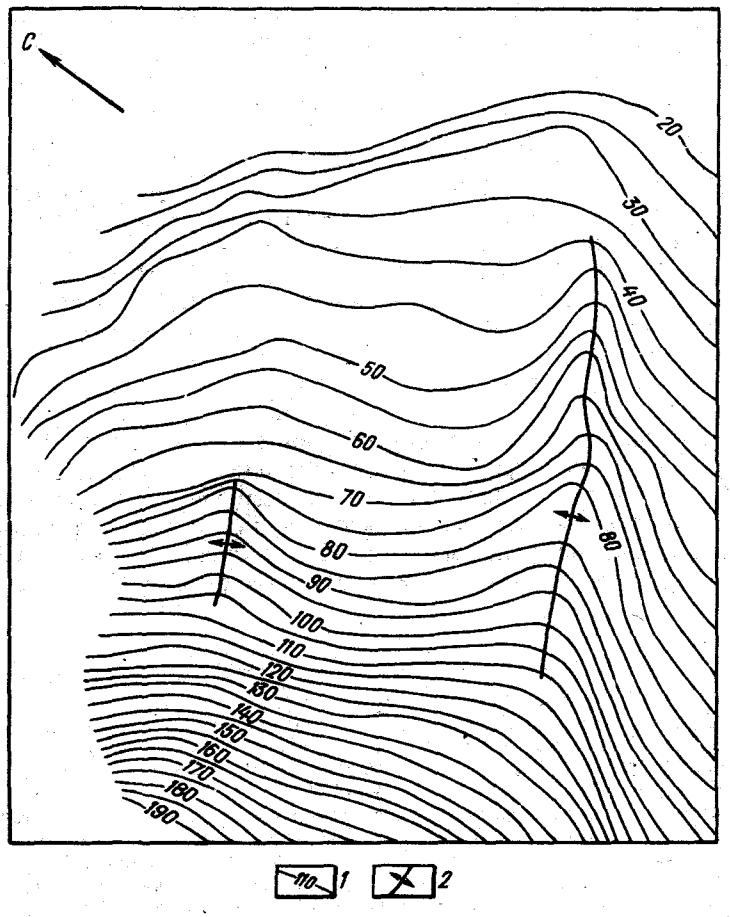


Рис. 3. Картирование линейных антиклинальных складок с магнитным горизонтом, не вскрытым эрозией, по материалам аэромагнитной съемки к востоку от гряды Чернышева

1 — изолинии ΔT в нанотеслах; 2 — оси линейных антиклинальных складок, уверенно выделяемых по полю ΔT

значительными углами наклона к горизонту, вплоть до 90°, то источниками аномалии ΔT могут быть либо невскрытый эрозией магнитный горизонт большой мощности в своде линейной антиклинальной складки, либо пласт большой мощности, ограниченный по восстанию плоскостью разрывного нарушения. Эти два случая легко различить, если породы имеют намагниченность, преимущественно индуцированную современным земным магнитным полем, так как это позволяет определить угол α и использовать его значение аналогично тому, как указывалось выше, для установления вероятной геологической модели аномального источника.

Полнота извлечения богатой геологической информации, содержащейся в материалах высокоточных аэромагнитных съемок, во многом определяется уровнем методики математической интерпретации магнитных аномалий. Широко использовавшиеся в прошлом методы определения геометрических и физических параметров разреза, базирующиеся на прос-

ых вычислениях, не требующих применения ЭВМ, пригодны лишь для орошо локализованных, «изолированных» аномалий ΔT, к тому же не ос-ожненных влиянием фоновой составляющей. Область их применения ри интерпретации магнитных полей платформенных регионов крайне граничена, поэтому важнейшей задачей является разработка алгоритмов втоматизированной интерпретации материалов аэромагнитных съемок создание на их основе соответствующих программ для ЭВМ. С учетом тих потребностей производства в ЛГИ ведется разработка программы ля ЭВМ ЕС, ориентированная на автоматизированную интерпретацию агнитных аномалий прежде всего в платформенных регионах.

Созданная рабочая версия программы «Эквивалентные пласты» поз-оляет осуществлять интерпретацию магнитных аномалий всех перечис-ленных выше двухмерных объектов при наличии нескольких источников оля и произвольной фоновой составляющей. Программа прошла успеш-ое опробование на теоретических и практических примерах. Достоин-ством программы является то, что она позволяет учитывать при интер-претации независимую геологическую информацию о разрезе.

Привлечение такой информации представляется совершенно необхо-димым, так как это главное условие, выполнение которого способно обеспечить дальнейшее повышение эффективности высокоточных аэро-магнитных съемок, проводимых с целью решения задач глубинного геологического картирования в платформенных регионах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Горячев Ю. П., Захаров В. П.* Условия идентичности внешних магнитных полей некоторых линейных антиклиналей и пластовых тел большой мощности // Геофиз. методы поисков и разведки рудн. и нерудн. месторожд.: Межвуз. науч.-темат. сб. / Свердл. горный ин-т. Свердловск, 1984. Вып. 10. С. 104—107.

2. *Захаров В. П.* Определение положения маломощного горизонта в разрезе сундучной складки по симметричной аномалии ΔT // Геофиз. методы поисков и разведки месторожд. нефти и газа: Межвуз. сб. науч. тр. / Пермский гос. ун-т. Пермь, 1981. С. 81—87.

3. *Захаров В. П., Горячев Ю. П.* Роль линейного изменения намагниченности по латерали в формировании магнитных аномалий платформенного чехла // Вопр. геофиз. 1986. Вып. 31. С. 127—137.

4. *Логачев А. А., Захаров В. П.* Магниторазведка. Л.: Недра, 1979, 351 с.

5. *Мавричев В. Г., Травников Б. П.* Опыт использования аэромагнитной съемки при картировании рифогенных структур (Предуралья) // Регион., разв. и промысл. геофизика: Экспресс-информ. / Всесоюз. ин-т экономики минерал. сырья. М., 1982. Вып. 6. С. 12—18.

6. Магниторазведка: Справочник геофизика / Под ред. В. Е. Никитского, Ю. С. Глебовского. М.: Недра, 1980, 367 с.

7. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых: Справочник геофизика / Под ред. Н. Б. Дортман. М.: Недра, 1984, 455 с.