Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т./XIX, вып. 2, 1976 г.

КАРТИРОВАНИЕ ГРАНИЦЫ НИЖНЕ- И ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ПОРОД В ГОРНОМ КРЫМУ НАЗЕМНОЙ МАГНИТНОЙ СЪЕМКОЙ

Л.М.ГОРБУНОВА, С.К.ЗАБУРДИН, В.П.ЗАХАРОВ

Детальное геологическое картирование толщ осадочных пород по материалам наземной магнитной съемки и решение структурных задач в областях их развития до настоящего времени резко ограничено. Это объясняется обычно очень низкой намагниченностью осадочных образований, их слабой дифференцированностью по магнитным свойствам и пологим залеганием, которое характерно и для рассматриваемой территории. Пологое залегание пород неблагоприятно для применения магниторазведки с целью их картирования в равнинных районах, но в районах с сильно расчлененным рельефом такое залегание уже не является препятствием для обнаружения заметных изменений магнитного поля на участках выхода пород под рыхлые отложения (на склонах). Это и послужило основанием для выполнения магнитной съемки в помощь геологическому картированию масштаба 1:25000, проводимой в течение ряда лет на Крымском учебном полигоне Ленинградского горного института.

В геологическом строении района[x] участвуют осадочные породы терригенно-карбонатной толщи мелового возраста [1]. Нижняя часть толщи имеет нижнемеловой возраст и сложена конгломератами и известняками. Верхнемеловые отложения представлены известняками и мергелями. В основании верхнемеловых отложений залегает горизонт глауконитовых песчаников верхнеальбско-сеноманского возраста, мощность которого изменяется от 2 до 10 м, угол падения близок к 10^{0}.

По магнитным свойствам среди терригенно-карбонатных пород заметно выделяются глауконитовые песчаники. Присутствующие в составе песчаников ми-

[x] Подробнее см. наст. сборник. Э.Ф.Дорофеева и С.К.Забурдин „Использование электроразведки при геологическом картировании в условиях Горного Крыма".

нералы магнитной фракции определяют повышенную намагниченность, которая достигает $1000 \cdot 10^{-6}$ СГС. Можно отметить повышенную намагниченность кварцевых конгломератов валанжинского возраста, достигающую $60 \cdot 10^{-6}$СГС. Повышенные содержания магнитных минералов связаны, вероятно, с выветриванием в мезозойское время магматических и метаморфогенных пород, которое обусловлено неоднородным распределением терригенного материала, определяющим невыдержанность магнитных свойств толщ конгломератов и глауконитовых песчаников.

Резкое отличие намагниченности глауконитовых песчаников от намагниченности всех других пород разреза позволяет успешно применять магниторазведку при прослеживании границы нижне- и верхнемеловых отложений. Важная роль магниторазведки станет очевидной, если учесть, что песчаники легко разрушаются, и стратиграфически важная граница, как правило, визуально не прослеживается, за исключением единичных обнажений в бортах некоторых долин с очень крутыми склонами.

Для картирования глауконитовых песчаников магнитную съемку выполняли по профилям, ориентированным вкрест предполагаемых выходов маркирующего горизонта под наносы, т.е. с учетом пологого падения пород перпендикулярно преобладающему направлению горизонталей рельефа. В условиях расчлененного рельефа профили не всегда были параллельны и в большинстве случаев задавались не вкрест простирания пород. Густоту сети выбирали с учетом глубины залегания магнитных пород, размеров и формы ожидаемых аномалий в плане, в связи с чем расстояние между профилями на участке пересечения ими маркирующего горизонта составляло около 100 м, а в сложных тектонических и геоморфологических условиях 50 м; расстояние между точками наблюдения 10 м со сгущением до 5 м при приближении к участкам ожидаемого выхода глауконитовых песчаников под наносы и до 1 м на участках больших градиентов поля z_a.

По данным полевых наблюдений составляли план графиков Δz, являющийся основой для структурно-корреляционной схемы. Составление этой схемы по своему содержанию является геологической интерпретацией магнитного поля, так как при корреляции аномалий возникает необходимость геологического объяснения причин, вызывающих различие интенсивности или формы аномалий, наблюдаемых на соседних профилях. Для обоснованного суждения о возможных причинах указанных изменений магнитного поля необходимо учитывать рельеф местности, так как при пологом падении пород он в значительной мере определяет форму магнитных аномалий на этой поверхности. Например, при картировании одного и того же пласта на северном и восточном склонах некоторой возвышенности аномалии z_a должны быть различны, так как в первом случае пласт на участке его выхода под наносы будет намагничен под углом около 62^0, а во втором – казаться намагниченным вертикально. Кроме того, простое изменение угла склона изменяет видимую мощность пласта, а значит, и ширину области высоких аномальных значений поля. На очень пологих склонах, азимут которых совпадает с азимутом падения пород, возможна многократная встреча на одном и том же профиле магнитных глауконитовых песчаников. Характерный пример, иллюстрирующий существенную зависимость характера магнитного поля от рельефа

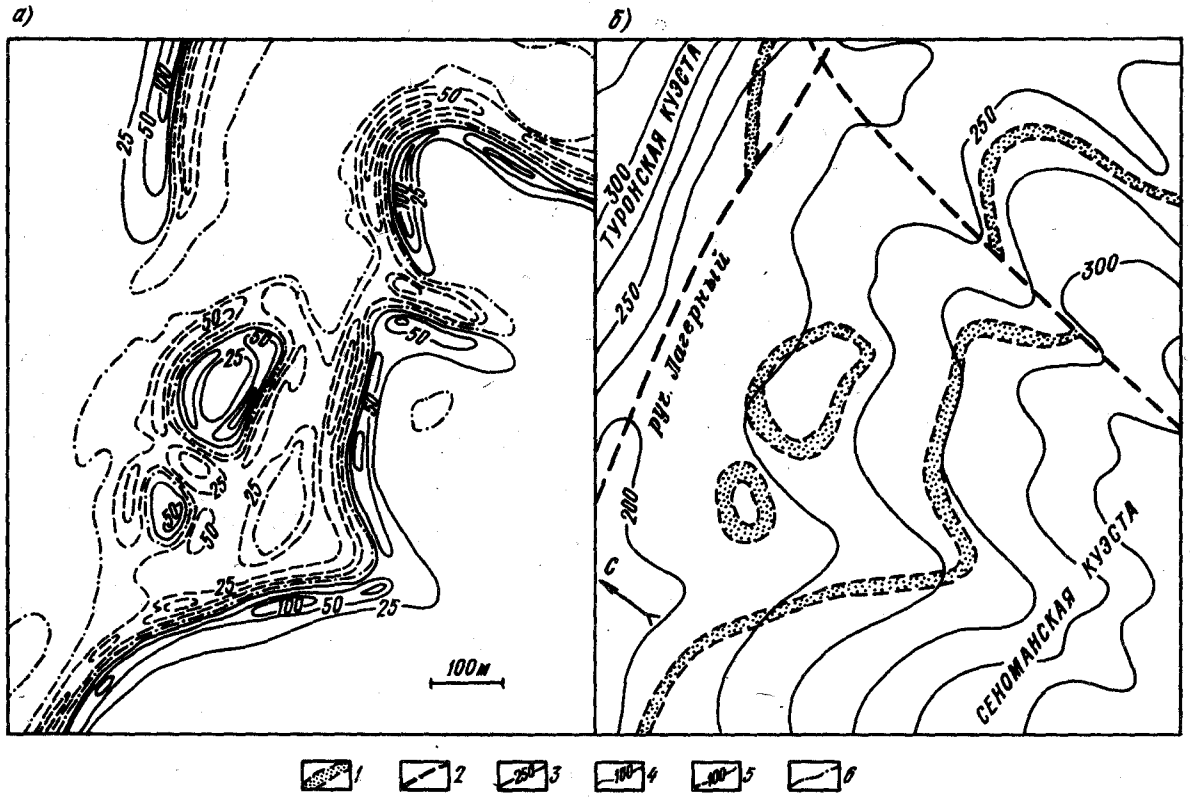


Рис.1. Карта изолиний Δz (а) и результаты геологической интерпретации магнитного поля (б) северной части Сеноманской куэсты

1 – глауконировые песчаники; 2 – разрывные нарушения; 3 – изолинии рельефа; 4, 5, 6 – изолинии Δz соответственно положительные, отрицательные, нулевая

фа местности, приведен на рис.1. Здесь хорошо видно, что оси магнитных аномалий отражают не простирание пород, а положение выхода горизонта глауконитовых песчаников под наносы. На рассматриваемом участке северного склона Сеноманской куэсты (в тексте и на рисунках использованы условные географические названия, применяемые только на геологических картах участка, составленных в ЛГИ) магнитные аномалии имеют как четко выраженную полосовидную, так и изометрическую форму.

Учитывая то, что в пределах изучаемой площади преобладают куэстовые формы рельефа, можно отметить закономерное распределение участков с различным характером магнитного поля. Со стороны крутого склона аномалии z имеют узкую полосовидную форму, ширина этих аномалий практически не меняется. Со стороны противоположного пологого склона полосовидные аномальные зоны имеют переменную ширину, достигающую 100 м, причем наличие денудационных долин в значительной степени искажает их линейность. В некоторых случаях, когда уровень эрозии оказывается ниже гипсометрического уровня толщи глауконитовых песчаников, на пологих склонах куэст могут сохраниться лишь отдельные останцы песчаников, отмечаемые изолированными изометрическими аномалиями (рис.I).

Из рис.1 видно также, что по материалам магнитной съемки возможно выделение разрывных нарушений, приводящих к смещению маркирующего горизонта в плане. Изменение планового положения выходов горизонта глауконитовых песчаников отражается на карте изолиний Δz потерей коррелируемости аномального поля и смещением оси аномалии. По простиранию разрывного нарушения ориентирована зона глубокого отрицательного поля, что отличает аномальное поле зоны разлома, совпадающей с денудационной долиной, от наблюдаемого в соседней долине, где разрывное нарушение не установлено.

Частое пространственное совпадение разрывных нарушений с долинами позволило использовать для оценки амплитуды смещения по зоне разлома различие в гипсометрическом уровне выходов магнитных пород по бортам долины (рис.2). Естественно, что решение этой задачи связано с установлением точного местоположения и глубины залегания толщи магнитных пород.

Некоторые затруднения в определении параметров намагниченных тел могут возникнуть в связи с тем, что измерения выполняются в условиях расчлененного рельефа. Распространено мнение, что в этом случае для определения параметров по магнитным аномалиям необходимо пересчитать поля на единую горизонтальную плоскость (в двухмерном варианте – линию) и их использовать для количественных оценок [3]. Такой подход не всегда целесообразен, так как указанная трансформация достаточно трудоемка, к тому же удаление от объекта исследования неизбежно увеличивает погрешности в последующем установлении границ пласта, угла падения и особенно глубины залегания его верхней кромки. На наш взгляд, разумнее использовать для вычисления искомых параметров аномальное поле на наклонной линии наблюдений, отвечающей постоянному углу наклона рельефа. Известно [2], что в этом случае параметры намагниченных тел можно определять с помощью приемов и формул, которые справедливы при горизонтальной поверхности наблюдений. Надо лишь иметь в виду, что ось x в этом случае направлена по наклонной линии профиля, а ось h – перпендикулярно к ней в нижнее полу-

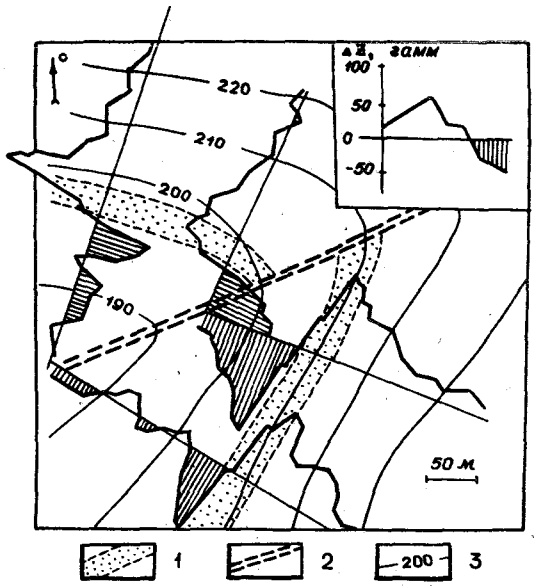


Рис.2. Пример выделения разрывного нарушения по магнитному полю
1 – горизонт глауконитовых песчаников; 2 – положение предполагаемого разрывного нарушения; 3 – горизонтали рельефа (изолинии рельефа через 10 м)

пространство. Аналитические выражения z_a сохраняют в такой системе тот же вид, что и при горизонтальной линии наблюдений. Все углы отсчитывают от горизонта

$$\vartheta = \alpha - \varphi + \beta$$

(где α – угол падения пласта; β – угол наклона линии профиля к горизонту; $\varphi = \operatorname{arcctg}(\operatorname{ctg} I \cos A)$; I – угол наклонения вектора намагниченности; A – угол между проекциями на горизонтальную плоскость вектора намагниченности и оси x). За положительное направление оси x принимают направление в северных румбах; угол $\beta > 0$, если положительное направление оси x отклонено от горизонта вниз.

Таким образом, для нахождения видимой мощности, глубины залегания, угла ϑ и намагниченности удобны формулы, которые бы позволяли использовать поле z_a на небольшом ограниченном отрезке профиля, где его угол наклона к горизонту практически постоянен.

Поле z_a пласта малой мощности имеет следующее аналитическое выражение [2]:

$$z_a = 2J2b \frac{h\cos\vartheta - x\sin\vartheta}{x^2 + h^2} \sin\alpha ,$$

где J – намагниченность пород; $2b$ – видимая мощность пласта на реальной наклонной линии профиля; h – глубина залегания верхней кромки пласта по перпендикуляру к наклонной линии профиля; $\vartheta = \alpha - \varphi + \beta$.

Разность значений поля z_a в точках, равноудаленных от начала координат, имеет вид

$$z(x) - z(-x) = -2J2b \frac{2x\sin\vartheta}{x^2 + h^2} \sin\alpha ,$$

а сумма этих значений

$$z(x) + z(-x) = 2J2b \frac{2h\cos\vartheta}{x^2 + h^2} \sin\alpha ,$$

откуда

$$h = x \frac{z(-x) + z(x)}{z(-x) - z(x)} tg\vartheta .$$

Используя известные соотношения [2], связывающие глубину залегания h с абсциссами экстремумов z_a, $x_1 + x_2 = 2h ctg\vartheta$ и $h^2 = |x_1 x_2|$ (где x_1 и x_2 – абсциссы соответственно максимума и минимума z_a), находим

$$tg\vartheta = \frac{2\sqrt{|x_1 x_2|}}{x_1 + x_2} .$$

В этом случае подразумевается, что начало координат, отвечающее проекции середины верхней кромки пласта на наклонную линию профиля, и точки, в которых наблюдаются экстремальные значения аномалии z, лежат на одной прямой, т.е. реальная линия наблюдения на участке между экстремумами аномалии имеет равный наклон. В этих пределах и выбирают произвольно значения $z(x)$ и $z(-x)$, используемые для вычисления h.

Так как мощность рыхлых отложений в пределах изучаемой площади мала (редко достигает 10 м), а видимая мощность по склону глауконитовых песчаников значительна, чаще всего наблюдаемые аномалии следует аппроксимировать полями пластов большой мощности. В этом случае предлагаемый прием определения h и ϑ применим к кривой горизонтального градиента z_a, которую можно рассматривать как поле z_a двух пластов малой мощности. При этом для соответствующей ветви кривой градиента с учетом высказанной выше рекомендации использовали точки с высокими значениями градиента (рис.3), где, в частности, расстояние между точками измерения на местности минимально, а значит, поле известно наиболее достоверно. В этой же области влияние второго фиктивного пласта малой мощности относительно наименьшее, поэтому возможная погрешность определения глубины мала. Можно вычислять h при различных значениях x и получить среднее из нескольких определений. Полученные сведения о гипсометрическом положении выходов глауконитовых песчаников в обоих бортах долины дали возможность вычислить амплитуду вертикального смещения пород по зоне разлома.

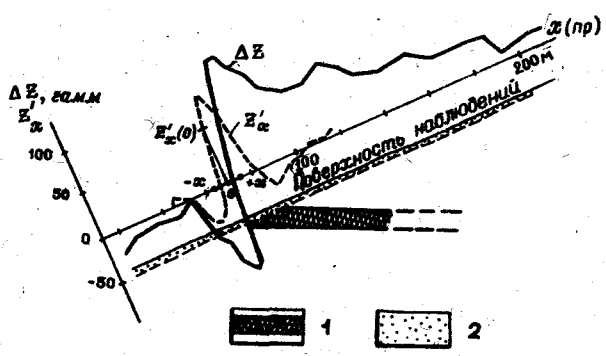


Рис.3. Определение положения в разрезе глауконитовых песчаников по магнитному полю при наклонной поверхности наблюдений
1 – горизонт глауконитовых песчаников; 2 – четвертичные отложения

Таким образом, применение детальной магнитной съемки позволило закартировать важную стратиграфическую границу между нижне- и верхнемеловыми отложениями, определить мощность маркирующего гори-

зонта глауконитовых песчаников, выделить разрывные нарушения и во многих случаях определить вертикальную амплитуду наблюдаемого по ним смещения. Решению этой задачи способствовал выбор разноориентированной системы профилей, преимущественно направленных перпендикулярно горизонталям рельефа.

Как показывает опыт, непосредственное использование z_a на негоризонтальной поверхности наблюдений для вычисления параметров намагниченных пластовых тел обеспечивает достаточно высокую точность их определения. В известной степени этому способствовало применение способа вычисления h, который позволяет использовать поле в любых точках профиля. При существенном отклонении линии профиля от наклонной прямой полезно пересчитать поле на требуемом отрезке не на горизонтальную, а на наклонную линию, минимально удаленную от реальной поверхности. При определении параметров магнитных тел по такому полю погрешность будет ниже, чем при использовании поля, пересчитанного на единую абсолютную высоту.

Знакомство с особенностями геологического истолкования магнитного поля в Горном Крыму может быть полезным и при объяснении аномалий ΔT, получаемых при наземной съемке с протонными магнитометрами в других регионах распространения пологозалегающих осадочных пород.

Литература

1. Геология СССР, т.УШ, Крым, ч.1. Геологическое описание. М., „Недра", 1969.

2. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. Л., „Недра", 1973.

3. Попов А.А., Ломакин А.Б. Скважинная магниторазведка. В кн.: „Скважинная рудная геофизика". Л., „Недра", 1971.