

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурьянов В. Б., Гордиенко В. В., Завгородняя О. В., Кулик С. И., Логвинов И. М., Шуман В. Н. Геофизическая модель тектоносферы Европы. К.: Наукова думка, 1987.
2. Кутас Р. И. Поле тепловых потоков и термическая модель земной коры. К.: Наукова думка, 1978.
3. Кутас Р. И., Цвященко В. А., Корчагин И. И. Изучение литосферы геофизическими методами (электромагнитные методы, геотермия, комплексная интерпретация). Сб. науч. тр., К.: Наукова думка, 1987.
4. Положий Г. И. Уравнения математической физики. М.: Высшая школа, 1964.
5. Старостенко В. И. Устойчивые численные методы в задачах гравиметрии. К.: Наукова думка, 1978.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, XLII, № 1, 71—74

УДК: 550.8:550.389:528

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

М. Б. РЫБАКОВ, А. И. ГОРЧИЛОВА

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПОВЫСОТНЫХ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ

Проблема летать на различных высотах или пересчитывать вверх поле, измеренное вблизи земной поверхности, до сих пор является предметом обсуждения среди геофизиков. Нами проведен анализ этой проблемы применительно к использованию результатов магнитных съемок при геологическом картировании. Исследование выполнено на результатах аэромагнитной съемки по территории Армянской ССР.

Характеристика экспериментального материала. В 1963—1970 г.г. ВНИРГом (Г. А. Русаков и др.) проведена аэромагнитная съемка масштаба 1:25 000—1:50 000 указанного региона на площади около 28 тыс. кв. км. Съемочные полеты производились, в основном, на самолетах АН—2 со станцией АСГ—48 на высоте 80—100 м по прямолинейным встречно-параллельным маршрутам с обтеканием рельефа и по горизонталям над рельефом с фотопривязкой маршрутов и привязкой к абсолютному уровню. Съемка выполнена в горном районе с абсолютными отметками от 800 до 4100 м. Относительные превышения достигали 500 м на километр маршрута.

Основной масштаб съемки—1:25 000 и только массив г. Арагац и бассейн оз. Севан засняты в масштабе 1:50 000. Полеты осуществлялись с нескольких аэродромов, вблизи которых в сравнительно спокойном поле выбирался маршрут длиной 10—20 км для определения сползания нуля-пункта аэромагнитометра. Увязка магнитного поля различных вылетов и площадей съемок разных сезонов выполнена по контрольным и секущим маршрутам и площадным перекрытиям в полосе 2—3 км.

Ошибки, характеризующие качество этой съемки, подсчитывались по общепринятой методике на участках перекрытий съемок разных лет и по секущим маршрутам. Суммарная погрешность составила ± 70 нТл.

Важнейшим результатом низковысотной аэромагнитной съемки является комплект карт аномального магнитного поля территории Армянской ССР масштаба 1:50 000 (78 планшетов) с сечением изодинам в спокойном поле 100 нТл, в разнодифференцированном—0, 2, 5, 10, 15, $\cdot 10^2$ нТл. Эти карты до сих пор не утратили своего значения и используются в практике поисково-съемочных и тематических исследований в регионе. Выполненные нами в течение 1982—1987 г.г. наземные маршруты с магнитометром ММП—203 (более 200) в целом подтвердили высокое качество карт. Установлена их информативность при решении

разнообразных геолого-съёмочных задач, в частности, при выявлении разрывной тектоники и картировании различных литологических комплексов горных пород.

Аэромагнитная съёмка на относительной высоте примерно 1200 м производилась по маршрутам вдоль генеральных форм рельефа при расстоянии между маршрутами 2—3 км. Кроме того, на абсолютной высоте 4000 м в одной горизонтальной плоскости выполнена высотная

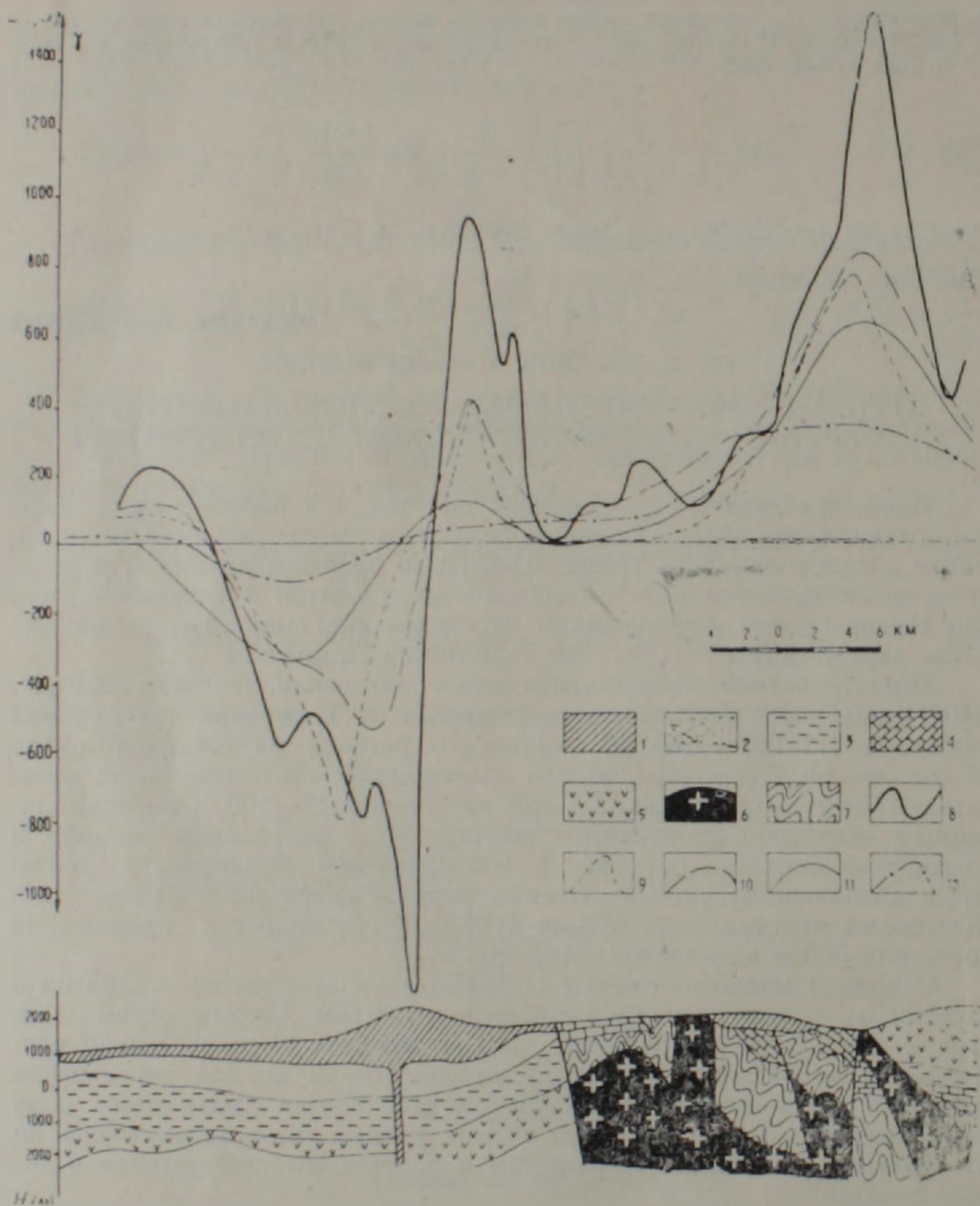


Рис. 1. Характеристика повысотных и пересчитанных значений магнитного поля. Геологический разрез составлен В. Б. Кукушкиным по материалам Г. А. Чубаряна и К. Н. Паффенгольца.

1. Субплатформенный плиоцен—четвертичный покровный комплекс прямо- и обратномангнитных лав, озерных отложений. 2. Миоценовый комплекс немагнитных осадочных образований остаточных прогибов. 3. Палеогеновый терригенный слабомагнитный комплекс. 4. Мел-палеогеновый терригенно-карбонатный комплекс мелководных образований окраинных морей. 5. Магнитные вулканы эоцена. 6. Гранитоидные интрузивные образования. 7. Метаморфиты протерозоя (?). 8—12. Графики магнитного поля ΔT ; 8—наблюденного на высоте $H = 100$ м, 9—наблюденного на высоте $H = 1200$ м, 10—пересчитанного на ЭВМ $H = 1200$ м, 11—наблюденного на высоте $H_{abs} = 4000$ м; 12—пересчитанного на ЭВМ на $H = 4000$ м.

магнитная съемка по маршрутам, пересекающим основные геологические структуры Малого Кавказа, при расстоянии между маршрутами в среднем 10 км. В отдельных точках высотных маршрутов производились абсолютные измерения с ядерной приставкой ЯП-1, четыре маршрута повторены магнитометром АЯМ-6. По этим двум съемкам составлены магнитные карты в масштабе 1:200 000.

Кроме того, при эксперименте использованы результаты высокоточных аэромагнитных съемок треста «Спецгеофизика» (Е. Г. Лапина и др., 1970 и 1975 г.г.) части территории Армянской ССР, выполненных по взаимноперпендикулярным маршрутам на абсолютной высоте 4200 м. Расстояние между маршрутами примерно 2 км. Используются аэромагнитометры АММ-13 и С-801, фотопривязка АФА-ТЭ-55. Точность съемки 5—8 нТл.

Результаты низковисотной съемки ВИРГа послужили основой для пересчета поля вверх.

Характеристика алгоритмов и методики пересчета. Для пересчета поля вверх использовалась известная квадратурная формула

$$V_H = \sum_{i=1}^{MГ} \sum_{j=1}^{MВ} C_{ij} \cdot V_{ij}, \quad \text{где } C_{ij} = \frac{1}{2\pi} \left(\arctg \frac{bd}{H\sqrt{b^2+a^2+H^2}} - \arctg \frac{ad}{H\sqrt{a^2+d^2+H^2}} - \arctg \frac{bc}{H\sqrt{b^2+c^2+H^2}} + \arctg \frac{ac}{H\sqrt{a^2+c^2+H^2}} \right)$$

где $a = x_i - x_0 - \frac{\Delta x}{2}$; $b = a + \Delta x$; $x_i = (i-1)\Delta x$; $\Delta x = RT$;

$c = y_j - y_0 - \frac{\Delta y}{2}$; $d = c + \Delta y$; $y_j = (j-1)\Delta y$; $\Delta y = RP$;

RT , RP — расстояние (в м) между точками и профилями;

V_{ij} — текущее значение поля; $y_0 = \frac{MВ + 1}{2} \Delta y$; $x_0 = \frac{MГ + 1}{2} \Delta x$;

$MГ$, $MВ$ — количество точек в окне по горизонтали и вертикали.

Прямоугольная матрица для ЭВМ была подготовлена по сети 1000×500 м значения сняты с низковисотных карт аномального магнитного поля масштаба 1:50 000. Размер площади, включенной в пересчет 296×128 км, объем матрицы соответственно 296×256 точек. По территории Грузинской и Азербайджанской ССР, попадающей в прямоугольную площадь, информация была пополнена по результатам съемок Западного треста и других организаций. Контроль качества ввода информации в ЭВМ выполнен визуальным сопоставлением исходных магнитных карт масштаба 1:50 000 и карт изолиний, построенных по введенным данным на ЭВМ. Из-за принятой сети некоторые особенности тонкой структуры магнитного поля масштаба 1:50 000 оказались несколько искаженными, однако для масштаба 1:200 000, в котором дальше проводился эксперимент, качество информации вполне приемлемо.

Пересчет вверх выполнен на ЭВМ БС-1033 по программе, реализующей описанный выше алгоритм в скользящем квадратном окне, размеры которого выбирались таким образом, чтобы ошибка за конечность пределов интегрирования не превышала 5%. Процессорное время пересчета на одну высоту для матрицы указанного размера составило примерно 3 минуты, при сдвиге точки вычисления поля на половину размера окна.

Пересчет поля вверх выполнен для высот 1200, 4000 и 10 000 м. Результаты пересчета визуализированы средствами машинной графики в виде карт изолиний в масштабе 1:200 000, а также выведены в табличном виде по профилям.

Результаты сравнения наблюдаемых и пересчитанных полей. Визуальное сопоставление наблюдаемых и пересчитанных на те же высо-

ты полей показало, в целом, почти полную идентичность характера магнитного поля. Среднеквадратическое расхождение, вычисленное по отдельным профилям, составило для высоты 1200 м ± 84 нТл (что примерно соответствует точности низковысотной съемки), для высоты 4000 м — 120 нТл. Анализ расхождений показал, что главной причиной несовпадения полей на высоте 1200 м являются ошибки плановой и высотной привязки наблюдений к сложному горному рельефу, т. е. пересчитанная карта точнее отражает особенности поля на этой высоте из-за более точной привязки исходной низковысотной съемки и ее более детального масштаба.

Расхождение результатов съемки и пересчета на высоту 4 км связано, в первую очередь, с учетом влияния магнитного рельефа, поскольку поверхность, на которую пересчитываются результаты низковысотной съемки, в ряде случаев (массив г. Арагац и др.) не совпадает с горизонтальной плоскостью наблюдений магнитного поля на этой высоте. Эта же причина, но в меньшей степени, обусловила часть расхождения результатов съемки и пересчетов на высоте 1200 м. Регрессионный анализ магнитных карт на высоте 4000 м и осредненность рельефа показали, что пересчитанное поле гораздо слабее коррелируется с рельефом, нежели наблюденное, поэтому пересчитанная карта очень важна для расшифровки глубинных геологических структур. В частности, на ней практически не заметно влияние таких молодых вулканических сооружений, как Гегамское и Вардениское. В совокупности с другими материалами этот факт позволяет предположить сравнительно небольшую (в среднем до 1 км) суммарную мощность лав в названных массивах. Попутно отметим, что в поле, пересчитанном на высоту 10 км, не чувствуется влияние даже таких вулканических сооружений, как Аранлер и Ишханасар, зато четко проявлена аномалия северо-западного простирания, соответствующая основному магмоподводящему Маралик-Мегринскому разлому, контролирующему палеогеновый эффузивный и интрузивный магматизм. На эту аномалию и ранее обращали внимание Ц. Г. Акопян, Е. Г. Лапина и др. В поле на высоте 10 км очень слабо (аномалией менее 50 нТл) проявлен массив г. Арагац — крупнейшее вулканическое сооружение Малого Кавказа. Комплексная интерпретация материалов с использованием методов подбора на ЭВМ в диалоговом режиме позволила оценить суммарную мощность магнитоактивных пород примерно в 3 км.

Изложенное выше иллюстрируется рисунком, на котором приведены наблюденные и пересчитанные поля по линии г. Аранлер — хр. Цахкуняц. На нем подчеркнуты расхождения, причины которых описаны ранее, и отчетливо видна более высокая информативность пересчитанных полей для расшифровки сложного геологического строения по данному разрезу, в частности, в районе г. Аранлер, сложенной молодыми обратно намагниченными лавами, и в зоне развития гранитоидных интрузивов, тяготеющих к зоне регионального Маралик-Мегринского разлома.

Таким образом, полученные результаты позволяют утверждать, что поскольку низковысотные аэромагнитные съемки являются обязательными для геологического картирования (Инструкция по организации и производству геолого-съёмочных работ по составлению Государственной геологической карты СССР масштаба 1:50 000, 1986), а повысотные съемки по сравнению с результатами пересчета не имеют существенных для решения картировочных задач отличий, то проведение повысотных измерений магнитного поля в рассмотренных условиях нецелесообразно. Этот вывод без дополнительных исследований не следует распространять на случаи повысотных измерений для прогнозирования объемного строения железорудных месторождений.

ВСЕГЕН

Поступила 25.III.1988.