

УДК 550.831

Ф. М. ФИДАНЯН, В. С. ГАСПАРЯН, Г. С. БАДАЛЯН

К ВОПРОСУ О ВВЕДЕНИИ ПОПРАВОК ЗА ВЛИЯНИЕ
РЕЛЬЕФА ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПОДЗЕМНЫЕ
ИЗМЕРЕНИЯ С ГРАВИМЕТРОМ

Основной проблемой при подземных гравиметрических измерениях в условиях резко пересеченного высокогорного рельефа является необходимость введения поправки за влияние рельефа дневной поверхности. В настоящее время известно много способов учета влияния рельефа дневной поверхности на результаты подземных гравиметрических измерений [1, 4—7 и др.] Однако все опубликованные способы учета влияния рельефа имеют общий недостаток—трудоемкость и длительность операций по снятию высотных отметок дневной поверхности и дальнейших вычислений. Из вышеуказанных способов наиболее точно можно учитывать влияние рельефа дневной поверхности с помощью метода Е. А. Мудрецовой, предлагающего использование ЭВМ.

Некоторые из вышеуказанных методов при сильно расчлененном рельефе дают искаженное значение поправок Δg_p , так как с помощью палеток с гипсометрической карты снятые высотные значения в узловых точках, после осреднения методом интерполяции вносят ошибку в поправку Δg_p .

Так как протяженность горных выработок на рудных месторождениях весьма ограниченная, то самую верхнюю плоскость следует выбрать так, чтобы между этой плоскостью и рельефом была помещена наименьшая масса. Исходя из ранее проведенных опытно-методических работ, мы убедились, что наилучшие результаты получаются при выборе верхней плоскости, проходящей через наивысшую точку рельефа. Последнее позволяет учитывать все элементы рельефа, которые условно заполняются искусственными массами. При определении поправок рельефа можно выбрать плотность, равную плотности промежуточного слоя.

На практике при гравиразведочных работах для решения прямой задачи широкое применение находит способ, разработанный Г. Я. Голиздрой [2, 3]. По этому способу вычисляются влияния геологических структур и контакта рудовмещающих пород на результаты гравиметрических наблюдений.

В статье рассматривается новый способ введения поправок за влияние рельефа дневной поверхности, который условно получил название моделирования изогипсов рельефа. Ниже приводится его описание.

Необходимо выполнить расчет поля в горной выработке, возмущающие массы по отношению к которой расположены выше горизонта наблюдения. В таких условиях при составлении трехмерной модели рельефа дневной поверхности необходимо задавать очень большое количество горизонтальных плоскостей (с целью повышения точности величины поправок) так, чтобы каждый из них совпадал с неправильным многоугольником, вписанным в изогипсы рельефа. Далее по отношению к какому-либо горизонту (принимая данный горизонт за нулевую линию), записываем на всех вершинах многоугольника числовые значения координат X и Y соответственно с масштабом гравитационной съемки. Следовательно, уравнение стороны n -угольника (полигона), проходящей через точки с координатами X_i и Y_i , X_{i+1} , Y_{i+1} имеет вид

$$X' = a_i Y' + C_i \quad (1)$$

где

$$a_i = (X_{i+1} - X_i)(Y_{i+1} - Y_i) \quad (2)$$

$$C_i = (X_i Y_{i+1} - X_{i+1} Y_i)(Y_{i+1} - Y_i),$$

X' —координаты точек при несовпадении профиля с направлением севера.

Если массы ограничены плоскостями $Z^I = b_1$, $Z^{II} = b_2$, то поправки за влияние рельефа дневной поверхности таких трехмерных масс можно записать в виде:

$$\Delta g_p = f \sum_{i=1}^n \int_{Y_i}^{Y_{i+1}} \left[\arctg \frac{(X - a_i Y' - C_i)(Z - b_2)}{(Y - Y') \sqrt{(X - a_i Y' - C_i)^2 + (Z - b_1)^2 + (Y - Y')^2}} - \right. \\ \left. \arctg \frac{(X - a_i Y' - C_i)(Z - b_1)}{(Y - Y') \sqrt{(X - a_i Y' - C_i)^2 + (Z - b_1)^2 + (Y - Y')^2}} \right] dy'. \quad (3)$$

Так как верхняя плоскость проходит через наивысшую отметку рельефа дневной поверхности, то по способу Е. А. Мудрецово́й определяем влияние рельефа дневной поверхности по формуле

$$\Delta g_p = - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{12} B_{i, k}, \quad (4)$$

где

$$B_1 = \frac{2 \pi f \sigma}{n} H_{об} A_1 \left(\frac{1}{\sqrt{X_1^2 + 1}} - \frac{H_{об}}{\sqrt{\lambda_1^2 H_{об}^2 + h^2}} \right), \\ B_7 = \frac{6 \pi f \sigma}{n} H_{об} A_7 \left(\frac{1 + 3 X_7}{\sqrt{1 + (1 + 3 X_7)^2}} - \frac{(1 + 3 X_7) H_{об}}{\sqrt{H_{об}^2 (1 + 3 X_7)^2 + h^2}} \right) \quad (5)$$

$H_{об}$ — расстояние от плоскости относимости до горизонта наблюдений; h — высота точек дневной поверхности, отсчитываемая от горизонта наблюдений. n — число лучей, по которым считаются рельефы [7]; A_k — числовые коэффициенты, приведенные в работе [7]; X_n — значения узлов.

На основании формул (3) и (5) составлены программы для ЭВМ типа М-20, которые позволяют определить величину поправки рельефа местности при высокоточных измерениях с гравиметрами в подземных выработках и на дневной поверхности.

Результаты проведенных работ представлены в виде графиков по двум разрезам (рис. 1 и 2). В разрезах 1 и 2 сплошными линиями представлены графики поправок влияния рельефа дневной поверхности по способу Е. А. Мудрецовой, а пунктирными—по предлагаемому способу.

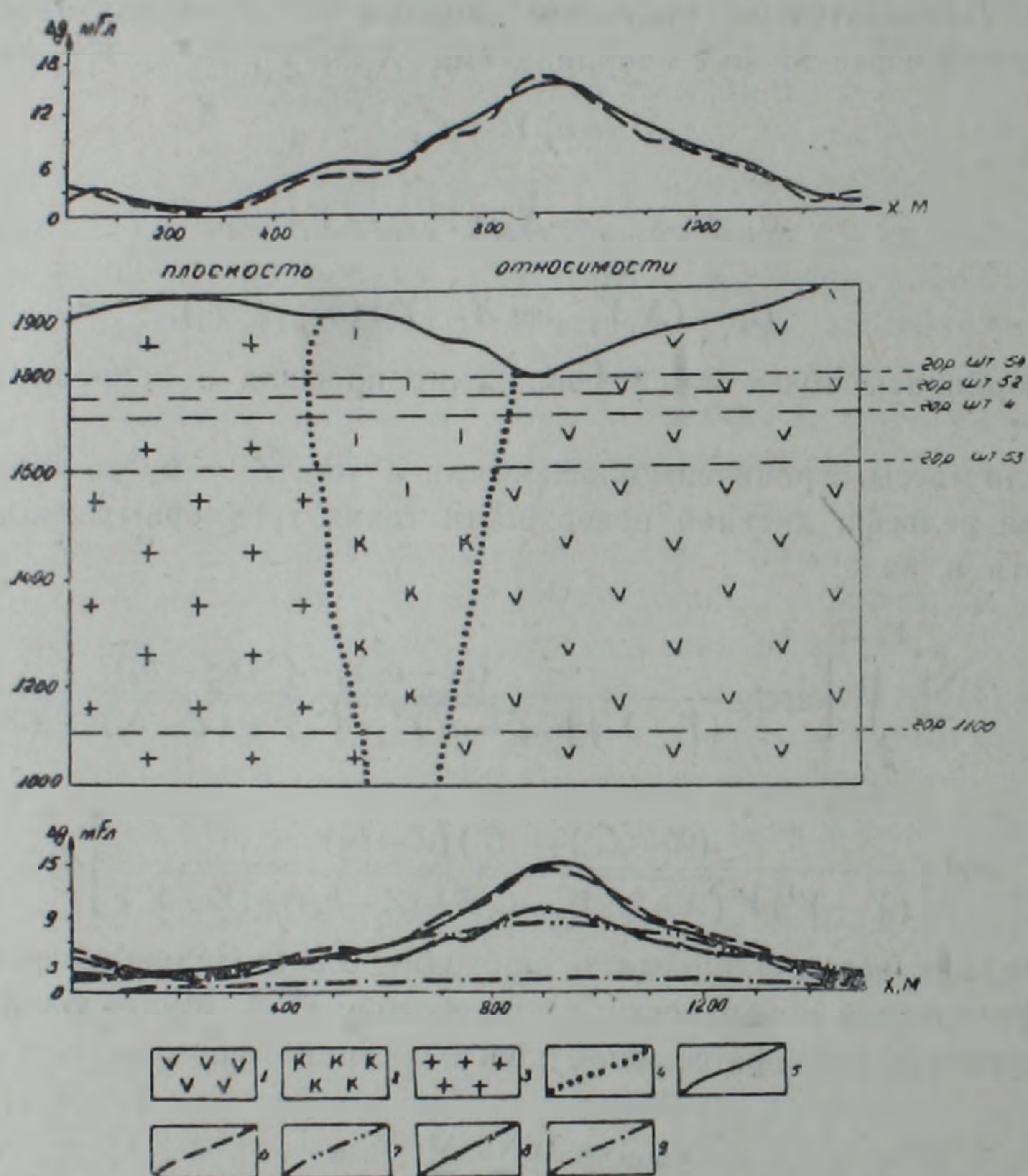


Рис. 1. Геологический разрез по линии V—V' и результаты определения поправок за влияние рельефа дневной поверхности. 1—порфириты; 2—вторичные кварциты; 3—интрузивные породы; 4—контакты разноименных пород; 5—поправки Δg_p по способу Е. А. Мудрецовой для горизонта шт. 54 и по рельефу; 6—поправки Δg_p по способу моделирования изогипсов для горизонта 1780 м шт. 54 и по рельефу; 7—поправки Δg_p по способу Е. А. Мудрецовой для горизонта 1610 м шт. 53; 8—поправки Δg_p по способу моделирования изогипсов для гор. шт. 53; 9—поправки по способу моделирования изогипсов для горизонта 300 м.

Полученные значения поправок рельефа в целом совпадают, что подтверждает правомерность предлагаемого способа.

Была поставлена задача выяснить, на какой глубине влияние рельефа при подземных гравиметрических наблюдениях равнялось ну-

лю. С этой целью для поправки рельефа были сделаны вычисления на разных горизонтах, начиная с 1780 до 100 м глубины.

Как показали расчеты, рельеф, имеющий вид карьера глубиной 250 м и размерами в плане 1000×500 м, при наблюдениях на глубине

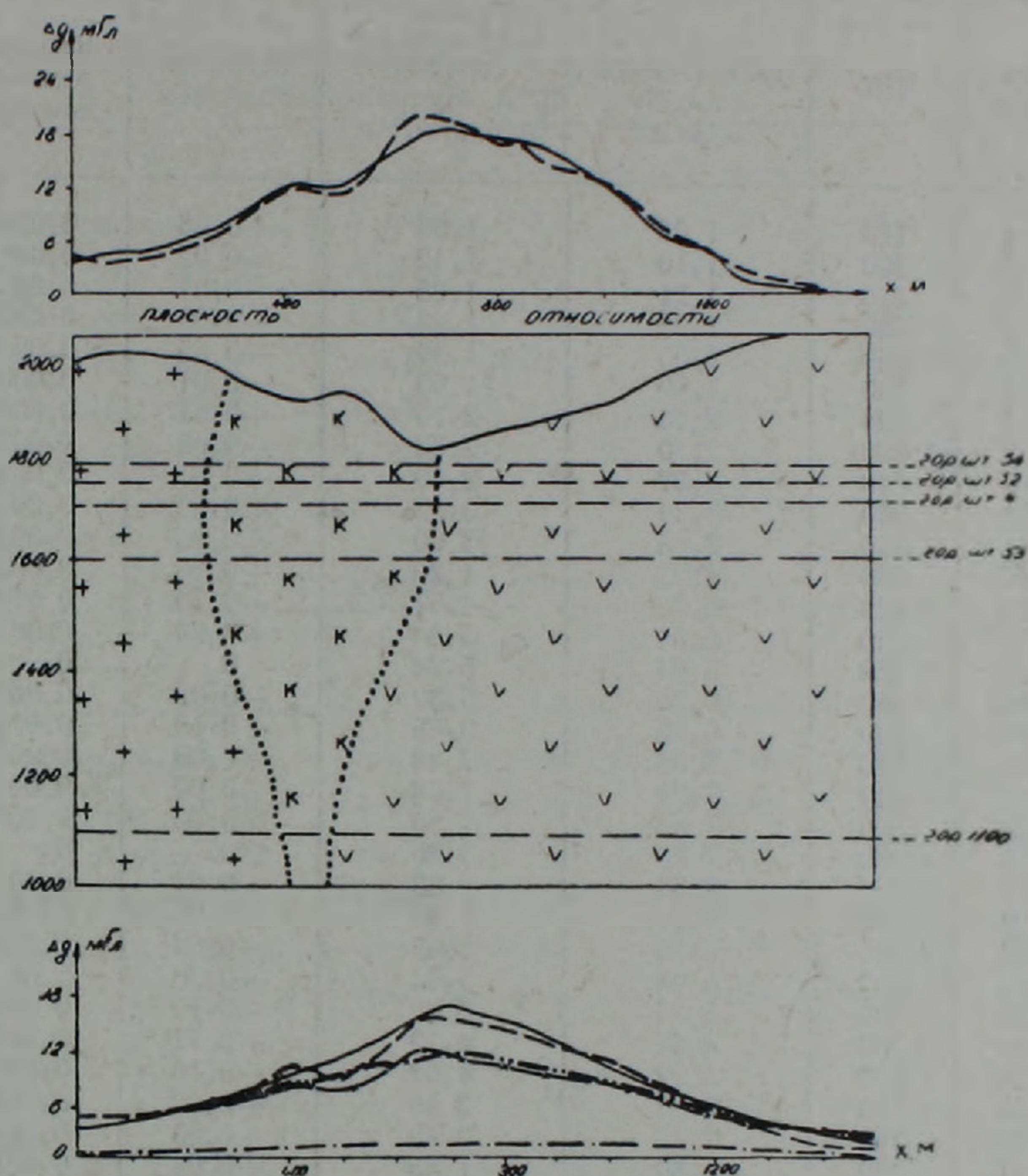


Рис. 2. Геологический разрез по линии VI—VI' и результаты определения поправок за влияние рельефа дневной поверхности.

50 м от дневной поверхности (гор. шт. 54) создает эффект до 16,5 мГал (при $\sigma = -2,7$ г/см³). С увеличением глубины величина поправки Δg уменьшается. На глубине 1800 м от дневной поверхности эффект составляет всего лишь 0,1 мГал.

Итак, из исследований, проведенных на различных горизонтах, выяснилось, что в случае подобного рельефа следует поправку считать до глубины 1800 м от дневной поверхности, чтобы не исказить результаты подземных высокоточных гравиметрических наблюдений. Шаг вычислений не должен превышать 5 м на верхних и 20 м на нижних горизонтах.

Рассматриваемый способ был испытан на ряде рудных месторождений Арм.ССР, и в итоге был получен положительный результат пространственного расположения рудных объектов относительно оси выработки.

Для примера в табл. 1 приведены значения поправок рельефа дневной поверхности (на Анкадзорском месторождении меди), получен-

Таблица 1

№ п/п	ПК	Поправка по предлагаемому способу в мГал	Поправка по способу Е. А. Мудрецовской в мГал	Разность поправок	Квадрат разности поправок
1	180	1,03	1,00	+0,03	0,0009
2	200	1,10	1,12	-0,02	0,0004
3	220	1,21	1,25	-0,04	0,0016
4	240	1,35	1,40	-0,05	0,0025
5	260	1,55	1,60	-0,05	0,0025
6	280	1,89	1,90	-0,01	0,0001
7	300	2,16	2,15	+0,01	0,0001
8	320	2,70	2,62	+0,08	0,0064
9	340	2,97	2,90	+0,07	0,0049
10	360	3,38	3,32	+0,06	0,0036
11	380	3,65	3,60	+0,05	0,0025
12	400	4,25	4,20	+0,05	0,0025
13	420	4,72	4,62	+0,10	0,0100
14	440	5,54	5,50	+0,04	0,0016
15	460	5,94	5,94	0	0
16	480	6,28	6,30	-0,02	0,0004
17	500	6,95	6,85	+0,10	0,0100
18	520	7,56	7,48	+0,08	0,0064
19	540	7,70	7,68	+0,02	0,0004
20	560	7,83	7,80	+0,03	0,0009
21	580	7,70	7,70	0	0
22	600	7,53	7,60	-0,04	0,0016
23	620	7,16	7,20	-0,04	0,0016
24	640	6,89	6,95	-0,06	0,0036
25	660	5,94	6,04	-0,10	0,0100
26	680	5,34	5,42	-0,10	0,0100
27	700	4,59	4,70	-0,11	0,0121
28	720	3,92	4,02	-0,10	0,0100
29	740	3,38	3,50	-0,12	0,0144
30	760	2,43	2,40	+0,03	0,0009
31	780	1,89	1,85	+0,04	0,0016

ные при помощи моделирования изогипсов рельефа от 3-мерных тел и по способу Е. А. Мудрецовской.

$$\epsilon_{\Delta g_p} = \pm \sqrt{\frac{0,1231}{31}} = \pm 0,063 \text{ мГал.}$$

Из табл. 1 видно, что значения, полученные для поправки рельефа дневной поверхности (двумя способами), близки друг к другу, и средне-квадратичная погрешность вычислений для одного горизонта составляет 0,063 мГал.

В табл. 2 и 3 приведены результаты статистических обработок для поправки рельефа дневной поверхности.

Как видно из таблиц 2 и 3, с изменением глубины наблюдений изменяются значения величин Δg_p и h , а корреляционная связь между ними будет обратная. Радиус корреляции колеблется в пределах от 0,73 до 0,98 при подземных вычислениях и равен 0,99 по рельефу. В таблицах также приведены уравнения регрессии и среднеквадратичные отклонения для каждого горизонта отдельно. С помощью уравнения ре-

Таблица 2

Разрез по линии V—V'

№ п/п	Горизонты и профили наблюдений	Корреляционный анализ Δg_p и h			
		Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Среднеквадратичное отклонение	
				σ_h	$\sigma_{\Delta g}$
1	2	3	4	5	6
1	По рельефу	$h=11 \Delta g_p+3$	+0,99	47,84	4,51
2	По гор. шт. 54	$h=174-12 \Delta g_p$	-0,97	49,61	3,96
3	По гор. шт. 52	$h=217-15 \Delta g_p$	-0,97	50,87	3,25
4	По гор. шт. 4	$h=261-16 \Delta g_p$	-0,97	49,19	2,49
5	По гор. шт. 53	$h=371-21 \Delta g_p$	-0,90	50,38	2,18
6	По гор. 1100 м	$h=983-60 \Delta g_p$	-0,73	51,14	0,61

Таблица 3

Разрез по линии VI—V'

1	2	3	4	5	6
1	По рельефу	$h=11 \Delta g_p-5$	+0,99	65,25	5,90
2	По гор. шт. 54	$h=272-15 \Delta g_p$	-0,98	67,50	4,55
3	По гор. шт. 52	$h=309-16 \Delta g_p$	-0,98	66,12	4,10
4	По гор. шт. 4	$h=358-18 \Delta g_p$	-0,98	67,39	3,71
5	По гор. шт. 53	$h=478-23 \Delta g_p$	-0,98	66,93	2,89
6	По гор. 1100 м	$h=1190-82 \Delta g_p$	-0,93	67,10	0,76

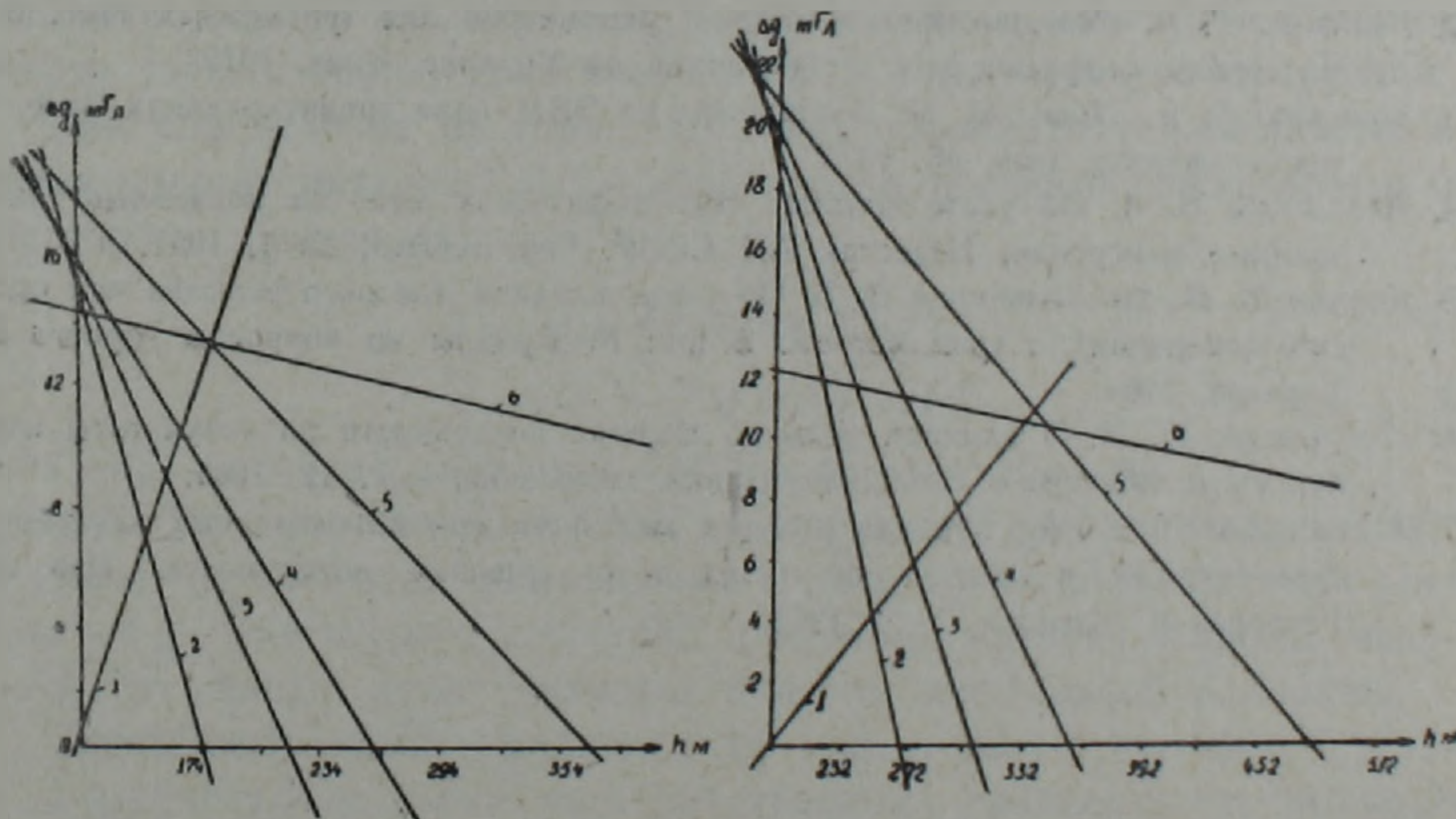


Рис. 3. Зависимость между поправками рельефа Δg_p и глубиной определения по разрезам: V—V', VI—VI', 1—по рельефу; 2—по гор. шт. 54; 3—по гор. шт. 52; 4—по гор. шт. 4; 5—по гор. шт. 53; 6—по гор. 1100 м.

грессии (табл. 2 и 3) для разрезов V—V' и VI—VI' построены зависимости значений Δg_p и h (рис. 3).

Из рис. 3 видно, что с увеличением глубины вычисления поправок уменьшается угол между прямой и осью абсцисс, а прямая, полученная на гор. 100 м, совпала с этой осью.

В результате проведенных работ можно прийти к следующим выводам:

1. Данный способ обработки дает возможность заранее оценить величину ожидаемой поправки дневного рельефа.

2. Для каждого горизонта выявлены закономерности распределения поправки за влияние рельефа дневной поверхности (Δg_p) и глубины вычисления (h).

3. Как известно, сильно расчлененный рельеф дневной поверхности оказывает большое влияние на результаты подземных высокоточных гравиметрических измерений. Как показали расчеты, приведенные в настоящей статье, это влияние тем больше, чем ближе к дневной поверхности находится горизонт, на котором проводятся измерения.

Исходя из вышесказанного, способ моделирования изогипсов рельефа (подземный вариант метода гравиразведки) можно рекомендовать для применения в подземных работах при поисках и разведке рудных месторождений.

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 20. V. 1983.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ващилов Ю. Н. Учет влияния рельефа местности при гравиметрических наблюдениях в подземных горных выработках и скважинах. Развед. геофизика, вып. 51, 1964.
2. Голидра Г. Я. Решение прямой задачи гравиметрии для трехмерных масс. В кн.: Материалы геофизических исследований на Украине, Киев, 1972.
3. Голидра Г. Я., Попов В. М. Вычисление на ЭВМ поля гравитирующих масс. Развед. геофизика, вып. 56, 1973.
4. Казинский В. А. Об учете влияния топографических масс на подземные гравитационные измерения. Известия АН СССР. Сер. геофиз. № 1, 1957.
5. Копник М. Б., Наугольников В. Б. Об учете влияния дневного рельефа при подземных измерениях с гравиметром. В кн.: Материалы по вопросам горного дела. Харьков, 1964.
6. Лукавченко П. И. О влиянии рельефа дневной поверхности на результаты измерений силы тяжести в скважинах. Прикл. геофизика, вып. 12, 1965.
7. Мудрецова Е. А. Учет влияния рельефа местности при высокоточных измерениях с гравиметрами в шахтах, штольнях и на дневной поверхности. Изв. вузов. Геология и разведка, № 3, 1963.