

УДК 550.31 : 551.1

А. Г. БАБАДЖАНЯН, С. М. ОГАНЕСЯН

СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО ПРОФИЛЮ с. с. КАБАХЛУ—ДЖАНАХМЕД ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

В проблеме изучения глубинного строения земной коры Армянской ССР, две трети территории которой покрыты молодыми вулканическими образованиями, первостепенное значение приобретают геофизические исследования, среди которых гравиметрия занимает одно из ведущих мест. Возможности гравиметрии значительно расширяются при ее комплексировании с геологическими и другими геофизическими методами, в первую очередь с данными бурения и различными модификациями сейсмометрии.

Прошедшее десятилетие характеризуется новыми достижениями в развитии количественных методов интерпретации геофизических материалов. Как показывает обзор работ, в основу большинства новых методов обработки геофизической информации положена идея комплексной интерпретации [7]. В огромной степени этому способствовало широкое применение математических методов и электронно-вычислительных машин [10, 12, 14]. Однако, современные методы интерпретации еще не нашли широкого применения в массовой производственной практике. В большинстве случаев интерпретация осуществляется традиционными методами, которые были предложены В. Б. Федынским, Э. Э. Фотиади, Б. А. Андреевым и другими исследователями, что значительно ограничивает возможности гравиметрии.

В настоящей статье приводятся результаты количественной интерпретации гравитационного поля вдоль профиля Кабахлу-Джанахмед¹ совместно с сейсмологическими, аэромагнитными и геологическими данными, которые позволяют выявить новые данные и уточнить строение верхней части земной коры исследуемой территории, а также выдвинуть ряд предположений.

В наблюдаемом гравитационном поле профиль Кабахлу-Джанахмед расположен в Центральной зоне пониженных значений силы тяжести и пересекает с северо-востока на юго-запад Севанскую градиентную зону, Мазринский минимум, Акункский максимум и Далидагский минимум (рис. 1). Профиль пересекает следующие тектонические зоны: Мисхано-

¹ По профилю Кабахлу-Джанахмед в 1973 году проводились сейсмологические исследования станциями «Земля» [6].

Зангезурскую мегантиклиналь Кафанскую моноклиналь и Присеванскую мегасинклинали [1].

В геологическом строении исследуемой территории принимают участие песчаники, конгломераты и вулканические образования верхнего мела; порфириды эоцена; липариты, обсидианы нижнего плиоцена, базальты, андезитовые и дацитовые лавы четвертичного возраста, а также современные аллювиальные и делювиальные отложения. Интрузивные образования представлены эоценовыми гранитоидами и поздне меловыми интрузиями офиолитовой ассоциации [5]

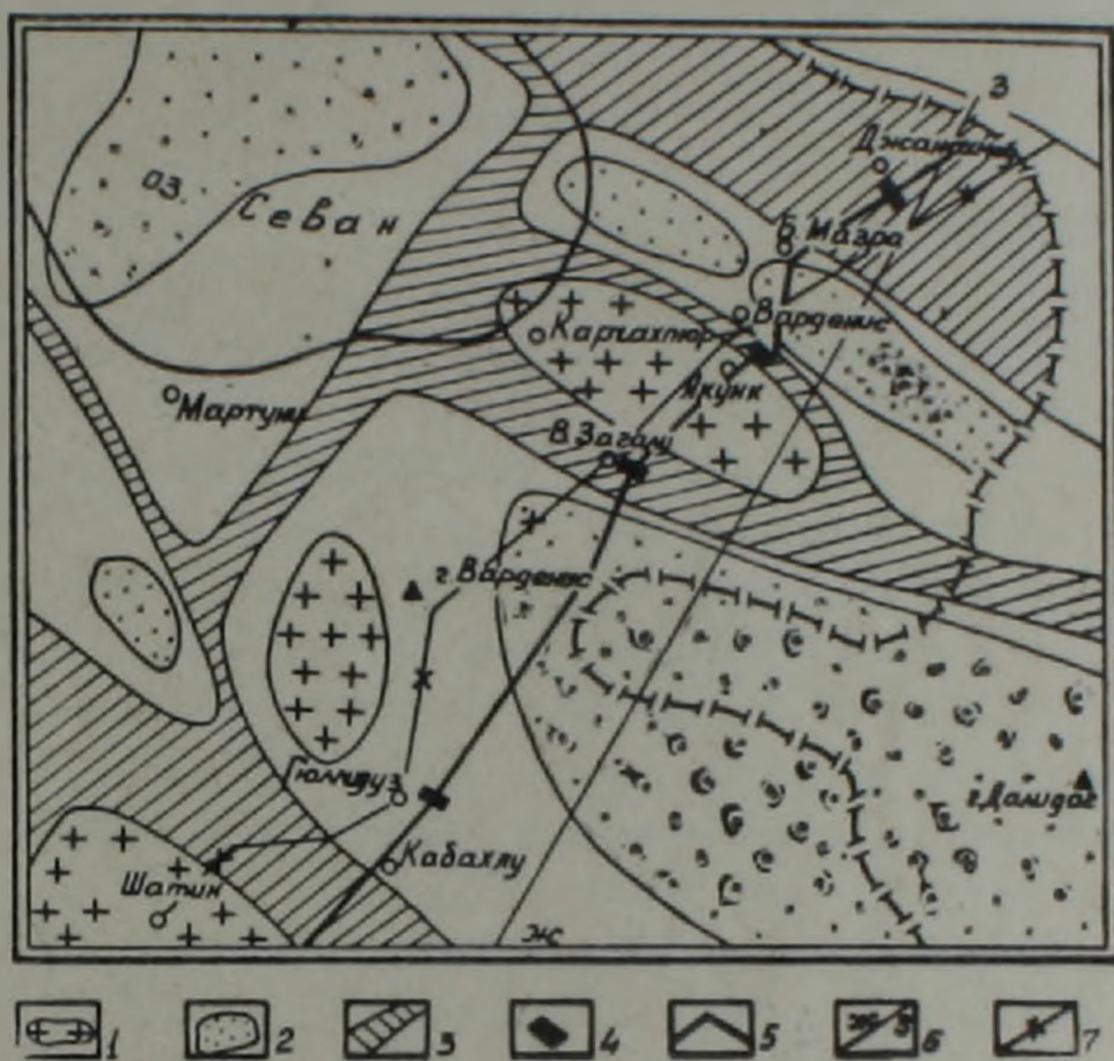


Рис. 1. Схема районирования гравитационного поля исследуемой территории (составил А. Г. Бабаджанян). 1—относительные максимумы Δg ; 2—относительные минимумы Δg ; 3—зоны больших горизонтальных градиентов Δg ; 4—глубинные разломы по данным станций «Земля»; 5—интерпретационный профиль; 6—северо-восточный отрезок профиля Ж-3 (А. Т. Асланян и др.); 7—геологический профиль (А. В. Варданян, Э. В. Ананян).

Цель количественной интерпретации гравитационного поля заключается в построении такой плотностной модели верхней части земной коры, чтобы ее гравитационный эффект совпадал с аномальным полем. Построение плотностной модели осуществляется выдвижением и проверкой методом итерационного моделирования [7] рабочей гипотезы о строении верхней части земной коры изучаемого района на основании имеющихся геолого-геофизических данных.

Глубинность и достоверность построения модели существенно зависят от степени достигнутой геолого-геофизической изученности района. В настоящее время лишь гравитационное и магнитное поля исследованы достаточно детально. Сведения о глубинной геологии (данные бурения), сейсмических скоростях и тепловом потоке исследуемой террито-

рии отсутствуют или явно недостаточны. Поэтому построение модели в основном опирается на данные гравиметрии.

Качественный анализ относительных максимумов и минимумов наблюдаемого гравитационного поля $\Delta g_{\text{н}}$ по профилю (амплитуда, интенсивность, ширина и т. д.) позволяет предположить обусловленность этих экстремумов структурами, залегающими на небольших глубинах. Вероятность такого предположения дополнительно может быть аргументирована приуроченностью некоторых установленных поднятий и опусканий поверхности кристаллического фундамента на территории Армянской ССР (Арзакан-Апаранский, Тазагюхский выступы, Фонтанский прогиб) к локальным относительным экстремумам гравитационного и магнитного полей [2, 4, 13].

Из имеющихся фактических материалов следует, что на данном этапе исследований нужно ограничиться рассмотрением следующих вопросов:

1) определение положения границы между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом;

2) выявление вертикальных плотностных границ в верхней части консолидированной коры.

Положение границы между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом определялось по разностной кривой $\Delta g_{\text{разн}}$, которая получена в результате вычитания из наблюдаемого гравитационного поля $\Delta g_{\text{н}}$ его региональной составляющей $\Delta g_{\text{рег}}$. Региональная составляющая поля была вычислена методом Тихонова-Буланже с радиусом осреднения, соответствующим глубине 5 км.

За исходное положение границы между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом была принята поверхность «Ф» (рис. 2), которая характеризуется средними скоростями продольных и поперечных волн соответственно 5.5—6.0 км/сек и 2.9—3.1 км/сек [6].

При решении прямой и обратной задачи гравиметрии исходная двухмерная плотностная модель положения фундамента аппроксимировалась совокупностью бесконечных вертикальных прямоугольных призм. Теоретические расчеты велись на ЭВМ «Минск-22» для точек профиля длины 80 км, расположенных на рельефе местности, с шагом, равным 1 км.

На первом этапе интерпретации, при помощи решения прямой задачи по программе, составленной С. М. Оганесяном, были рассчитаны гравитационные эффекты для первоначальной модели при перепаде плотности между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом $\Delta \sigma = +0.1; +0.2; +0.3; +0.4 \text{ г/см}^3$ и средней глубине залегания поверхности «Ф» 2000 м ниже уровня моря (нулевого уровня). Интервал 0.1—0.4 г/см^3 изменения перепада плотностей $\Delta \sigma$ соответствует разности граничных значений плотностей между породами осадочного чехла, имеющими среднюю плотность 2.55 г/см^3 (2.45—2.65), и кристаллического фундамента—2.75 г/см^3 (2.65—2.85), выявленных в результате изучения физических свойств горных пород исследуемого района [2, 9].

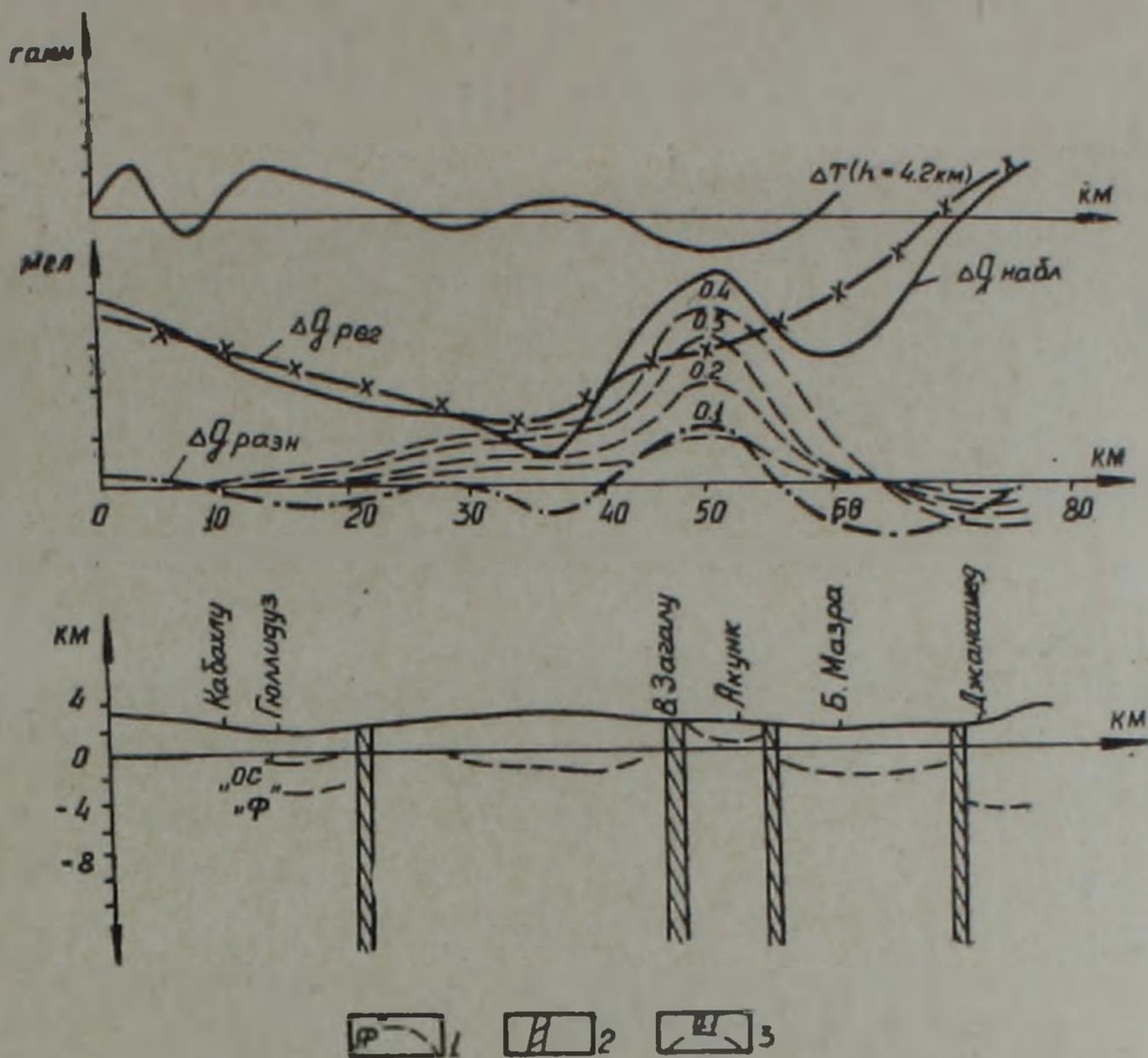


Рис. 2. 1—поверхность «Ф» по данным станций «Земля»; 2—глубинные разломы; 3—вычисленные гравитационные эффекты от поверхности «Ф» (0,1—значение перепада плотностей).

Рассчитанные гравитационные эффекты были сопоставлены с разностной кривой $\Delta g_{\text{разн}}$ (рис. 2). Анализ сопоставления показывает, что объяснить рассчитанные кривые g_{Φ} влиянием поверхности фундамента, изображенного на рис. 2, невозможно.

Основные причины несовпадения связаны со следующими обстоятельствами:

- а) выбором средней глубины залегания аномалиеобразующей поверхности h (асимптоты) для исследуемого района;
- б) определением наиболее вероятной избыточной плотности между породами осадочного чехла и фундамента;
- в) несоответствием на некоторых отрезках сейсмических и плотностных границ раздела.

Второй этап интерпретации заключался в расчете такой модели поверхности фундамента, гравитационный эффект которой отвечает кривой $\Delta g_{\text{разн}}$. Перепад плотностей $\Delta \rho$ брался равным +0,1; +0,2; +0,3; +0,4 г/см³.

Поиск аномалиеобразующей границы осуществляется следующим образом. На каждом шаге интерпретации фиксируется перепад плотности и задается средняя глубина залегания аномалиеобразующей поверхности «Ф». Находится положение границы между осадочным чех-

лом и кристаллическим фундаментом при помощи программы решения обратной задачи гравиметрии о контактной поверхности [8, 11]. Изменение средней глубины поверхности фундамента на следующем шаге производится с учетом предыдущих результатов.

Качество отбора того или иного положения аномалиеобразующей границы оценивается величиной среднеквадратичного отклонения заданных величин поля и найденных в результате интерпретации. По этому критерию и результатам определения физических свойств горных пород исследуемой территории предпочтительным является вариант для перепада плотности $+0,2 \text{ г/см}^3$ и средней глубины залегания $h=500 \text{ м}$ ниже уровня моря (рис. 3). Отметим, что для перепада плотностей $+0,1$ и $+0,4 \text{ г/см}^3$ положение аномалиеобразующей границы подобрать не удалось.

При сравнении полученной модели с первоначальной выявляется существенное различие в оценке глубины залегания поверхности фундамента на концах рассматриваемого профиля в районе сел Кабахлу и Джанахмед.

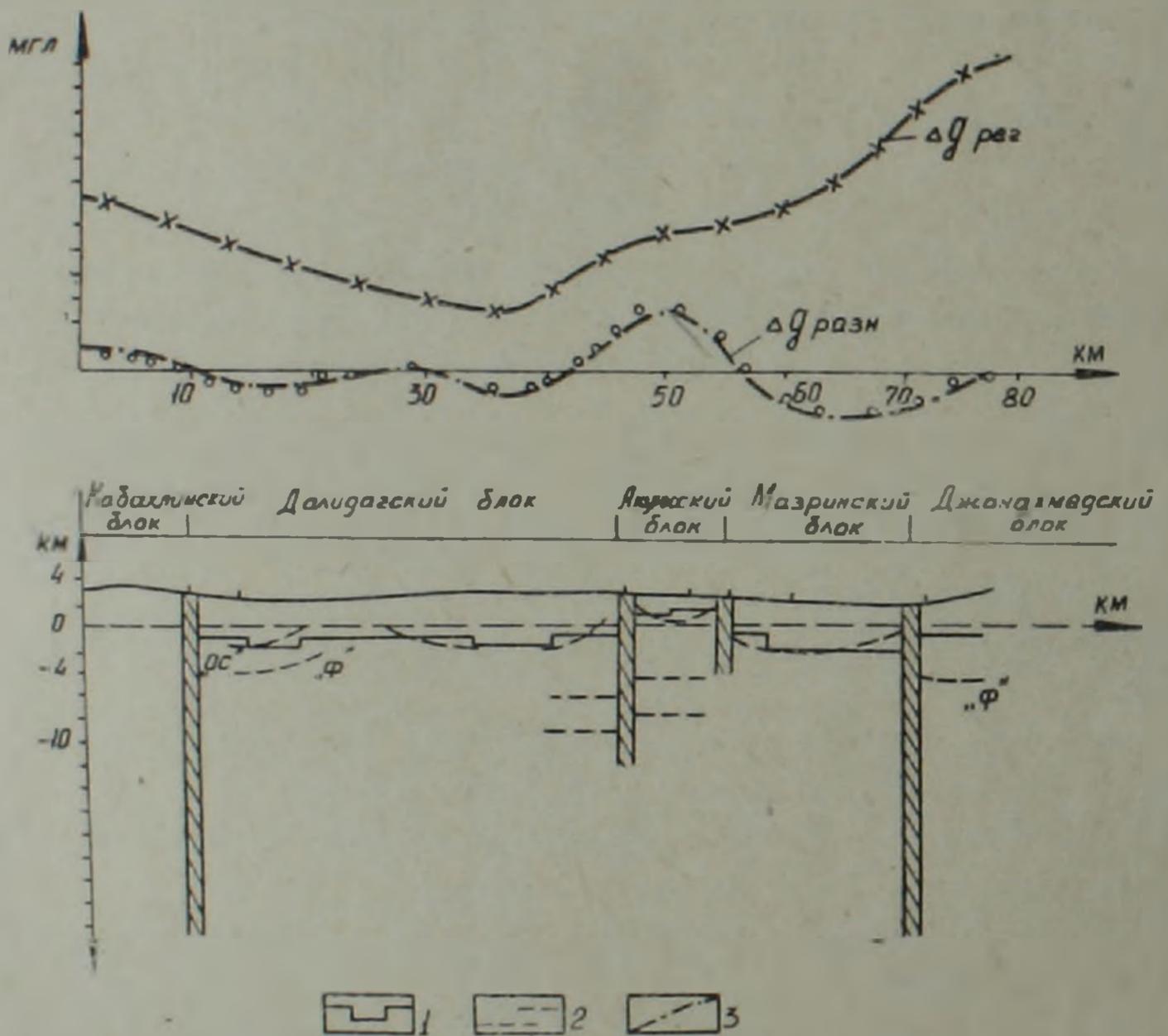


Рис. 3. Схематический разрез земной коры по профилю Кабахлу—Джанахмед. 1—поверхность фундамента по гравиметрическим данным; 2—предельные положения вертикального уступа; 3—гравитационный эффект фундамента при $\Delta \delta = 0,2 \text{ г/см}^3$.

Как видно из рис. 3, поверхность фундамента в начале профиля (пикеты 0—10), залегающая на глубине нулевого уровня, ступенчато-опускается, достигая в районе с. Кабахлу отметки 500 м ниже нулевого уровня (пикеты 10—15), а на участке пикетов —15-19-1000 м. На этом

участке аномалиеобразующая граница совпадает с поверхностью «ОС», выявленной станциями «Земля», а также с результатами геологического картирования по сквозному профилю с. Тандзик—Севанский хребет, проходящему параллельно рассматриваемому профилю [3]. Отметим, что пространственное местоположение глубинного разлома, выявленного станциями «Земля» [6], а также геологической съемкой [3], в 3-х км северо-восточнее с. Гюллидуз, не подтверждается данными количественной интерпретации. Разлом, по-видимому, расположен юго-западнее с. Кабахлу в градиентной зоне гравитационного поля (пикеты 8—10). Далее, на северо-восток, до с. В. Загалу, поверхность фундамента залегает на глубине 500 м ниже нулевого уровня, достигая в центральной части Далидагского относительного минимума глубины 1500 м.

На участке сел В. Загалу—Варденис поверхность фундамента по разломам горстообразно приподнята до отметок 1200—1400 м выше уровня моря. Амплитуды смещения по разломам составляют соответственно 1,7 и 2,0 км. Максимальное погружение поверхности фундамента 2000 м ниже нулевой линии получено в районе с. Б. Мазра. В районе с. Джанахмед фундамент по разлому приподнят на 2 км.

Учитывая результаты количественной интерпретации и выявленные на основе геологического картирования прямые соотношения между палеоцен-нижнеэоценовыми и среднедевонскими структурными элементами на участке р. Арпа—гора Варденис, можно считать правильным предположение авторов работы [3] о наличии аналогичной связи на участке гора Варденис—Севанский хребет.

Таким образом, в результате количественного истолкования разностной кривой $\Delta g_{\text{рам}}$ вдоль рассматриваемого профиля по поверхности фундамента выделяются следующие блоки: 1. Кабахлинский; 2. Далидагский; 3. Акункский; 4. Мазринский; 5. Джанахмедский. С целью выявления, в какой мере выделенные блоки прослеживаются в юго-восточном направлении, были проведены аналогичные исследования вдоль северо-восточного отрезка регионального геологического профиля Ж—З, составленного А. Т. Асланяном и др. [5]. Расчеты показали, что блоковое строение фундамента сохраняется и полученное положение его поверхности хорошо согласуется с выделенными антиклинальными и синклиналиными структурами, если принять за поверхность фундамента в районе Далидагского гравитационного минимума нижнюю кромку триасовых отложений, а в районах Акункского и Мазринского аномалий—верхнюю кромку нижнекарбонных отложений.

На третьем этапе интерпретации была предпринята попытка по региональной составляющей гравитационного поля $\Delta g_{\text{рег}}$ выделить и качественно охарактеризовать вертикальные плотностные границы в консолидированной коре.

Как видно из рис. 3, на кривой $\Delta g_{\text{рег}}$ в районе с. В. Загалу выделяется локальная аномалия интенсивностью 15—17 мгл и шириной 10—12 км. Для истолкования этой аномалии было допущено предположение, что она обусловлена вертикальным уступом.

Исходя из полученной амплитуды смещения 1,7 км по поверхности фундамента по разлому в районе с. В. Загалу, высота уступа варьировала в пределах 1,5—2,0 км. Расчеты велись для избыточных плотностей $+0,1$; $+0,2$; $+0,3$ г/см³. При этих параметрах уступа глубина залегания его нижней грани изменялась в пределах от 5,5 км (при $\Delta\delta = 0,1$ г/см³) до 8,4 км (при $\Delta\delta = 0,3$ г/см³). Это свидетельствует о том, что разлом, выявленный в районе с. В. Загалу, по всей вероятности, ограничивается в гранитном слое.

Анализ кривой $\Delta g_{p,r}$ в районах сел Кабахлу и Джанахмед указывает на наличие вертикальных плотностных границ в более глубоких горизонтах земной коры, что свидетельствует о глубинном характере этих разломов. Определение количественных характеристик глубинных разломов является предметом дальнейших исследований.

В ы в о д ы

1. В результате количественной интерпретации гравиметрических данных совместно с сейсмологическими, аэромагнитными и геологическими материалами построена поверхность фундамента по профилю Кабахлу-Джанахмед. Выявляется сложное блоковое строение фундамента, который залегает на глубине от 2000 м ниже до 1400 м выше уровня моря.

2. Установлена наиболее вероятная величина перепада плотности 0,2 г/см³ между породами осадочного чехла и кристаллического фундамента.

3. Определена средняя глубина залегания поверхности фундамента, равная для исследуемой территории 500 м ниже уровня моря.

4. Сопоставление результатов интерпретации по параллельным профилям показывает, что получаемые средние глубины, перепады плотности и блоковое строение по поверхности фундамента идентичны. Это позволяет сделать предположение, что выделенные блоки объединяются в гравитационном отношении в единую структуру, границы которой проходят по зонам больших горизонтальных градиентов аномалий силы тяжести (глубинные разломы) (рис. 1, 3).

5. Представлен новый вариант схематического разреза строения верхней части земной коры вдоль профиля Кабахлу—Джанахмед, где уточнены местоположения и охарактеризованы зоны глубинных разломов, выявленные станциями «Земля».

6. Использование данной методики количественной интерпретации позволяет повышать эффективность гравиметрических исследований, выполнять оценочные расчеты с грубой отбраковкой вариантов, проводить детальные вычисления, учитывающие локальные особенности заданной кривой, находить плотностные границы на больших глубинах.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геофизики и инженерной
сейсмологии Академии наук Арм. ССР

Поступила 15.VI.1979.

ԿՍ.ԲԱ.ԽԼՈՒ-ՋԱՆԱԽՄԵԴ ՊՐՈՖԻԼՈՎ ԵՐԿՐԱԿԵՂԵՎԻ ՎԵՐԻՆ ՄԱՍԻ
ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ԳՐԱՎԻՄԵՏՐԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐՈՎ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Սեյսմոլոգիական, աֆրոմագնիսական և երկրաբանական նյութերի հետ համատեղ գրավիմետրական տվյալների քանակական մեկնաբանման հիման վրա Կաբախլու-Ջանախմեդ պրոֆիլով կառուցված է երկրակեղևի վերին մասի սխեմատիկ կտրվածքի նոր տարբերակը: Ի հայտ է բերված բյուրեղային հիմքի մակերևույթի բարդ բլոկային կառուցվածքը:

Սրոշված են նստվածքային ծածկոցի և բյուրեղային հիմքի ապարների խտությունների $0,2 \text{ գ/սմ}^3$ ամենահավանական մեծությունը, ինչպես նաև հիմքի մակերևույթի տեղադրման միջին խորությունը, որը ուսումնասիրվող տարածքի համար կազմում է 500 մ . ծովի մակերևույթից ցածր:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. «Айпетрат», Ереван, 1958.
2. Бабаджинян А. Г. Некоторые данные о разломной тектонике бассейна озера Севан по геофизическим и геодезическим исследованиям. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 6, 1977.
3. Варданян А. В., Ананян Э. В. Геологическая интерпретация сквозного профиля территории Армянской ССР. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 1, 1975.
4. Геология Армянской ССР. Том 10, «Геофизика». Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1972.
5. Геология СССР. Том 43, Армянская ССР, «Недра», М., 1970.
6. Егоркина Г. В., Соколови И. А., Егорови Л. М. Глубинное строение ультрабазитовых поясов Армении. «Советская геология», № 3, 1976.
7. Козленко В. Г., Старостенко В. И., Субботин С. И. Строение коры и верхней мантии по гравиметрическим данным. В кн. «Тектоносфера Земли», «Наука», М., 1978.
8. Оганесян С. М. Устойчивые итерационные процессы и их применение в задачах гравиметрии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук, ИФЗ АН СССР, М., 1977.
9. Оганесян Ш. С. О плотности горных пород. Известия АН Арм. ССР, серия геол. и географ. наук, № 3, 1958.
10. Старостенко В. И. Устойчивые численные методы в задачах гравиметрии, «Наукова думка», Киев, 1978.
11. Старостенко В. И., Оганесян С. М. Устойчивые операторные процессы и их применение в задачах геофизики. Известия АН СССР, Физика Земли, № 5, 1977.
12. Страхов В. Н. Некоторые применения функционально-аналитических методов в математической теории интерпретации гравитационных и магнитных аномалий. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук, ИФЗ АН СССР, М., 1972.
13. Пирузян С. А., Бабаджинян А. Г., Донабедов А. Г., Оганесян Л. Б. Блоковое строение территории Армянской АЭС и сопредельных районов в связи с сейсмическим районированием. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 6, 1978.
14. Цирульский А. В. Обратные задачи логарифмического потенциала. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, ИФЗ АН СССР, М., 1976.