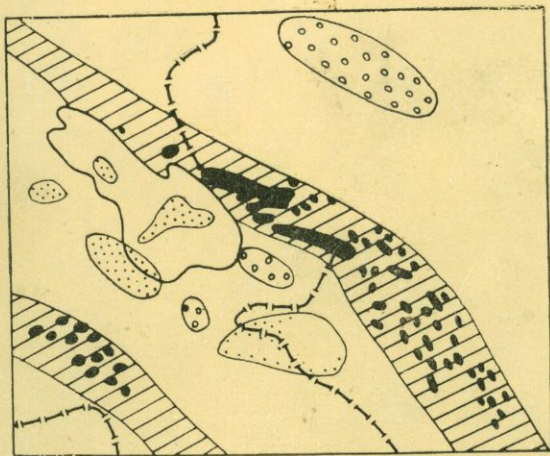


Уч. зап. № 5 Ар. 2. 1988

А. Г. БАБАДЖАНЫАН

**ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ
И ГЕОДИНАМИКА БАСЕЙНА
ОЗЕРА СЕВАН
ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ**



ЕРЕВАН 1988

А. А. Тарулев

Дорогой

Анатолий Александрович

в знак благодарности и искреннего

уважения от его

А. А. Тарулев

21/II-89г.



ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՅԻՆ ԿԱՐՄԻՐ ԴՐՈՇԻ ՇՔԱՆՇԱՆԱԿԻՐ
ԵՎ ԻՆԺԵՆԵՐԱՅԻՆ ՍԵՅՍՄՈԼՈԳԻԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Հ. Գ. ԲԱՐԱՋԱՆՅԱՆ

ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ԱՎԱԶԱՆԻ ԽՈՐՔԱՅԻՆ
ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ԵՎ ԳԵՈԴԻՆԱՄԻԿԱՆ ԸՍՏ
ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ
ГЕОФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОЛОГИИ

А. Г. БАБАДЖАНЫ

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И
ГЕОДИНАМИКА БАССЕЙНА
ОЗЕРА СЕВАН ПО
ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АРМЯНСКОЙ ССР
ЕРЕВАН

1988



78981

Печатается по решению ученого совета Института геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР.

Ответственные редакторы: докт. геол.-мин. наук С.Б. Абовян,
канд. геол.-мин. наук Ш.С. Оганисян.

Книгу рекомендовали к печати рецензенты: канд. геол.-мин. наук
Э.Б. Аджимамудов, канд. физ.-мат. наук С.М. Оганисян.

В монографии рассматриваются результаты исследований глубинного строения земной коры и геодинамическая активность бассейна озера Севан на основе комплексного анализа геофизических данных. В ней обсуждаются вопросы методики построения плотностных моделей земной коры по наблюдаемому гравитационному полю, а также пути дальнейшего развития исследований по этой проблеме в условиях Армянской ССР.

Работа рассчитана на широкий круг геологов и геофизиков, занимающихся вопросами региональной геологии, тектоники и сейсмостектоники.

1303000000
Б 703 (02) - 88 50-88

В проблеме изучения глубинного строения земной коры территории Армянской ССР важным звеном является выяснение строения бассейна озера Севан. До последних лет решение этой задачи проводилось главным образом по совокупности геологических, геоморфологических, а в пределах обрамления и по геофизическим данным, и поэтому многочисленные обобщения результатов этих исследований сопровождались возникновением различных гипотез о происхождении озера Севан и его геологическом строении. Существующие расхождения в значительной мере объясняются недостаточным использованием геофизических данных при его изучении.

Акватория озера Севан представляла собой "белое пятно" на всех геофизических картах Армянской ССР. Этот пробел был восполнен в результате донной гравиметрической съемки на акватории озера и аэромагнитных съемок на различных высотах по маршрутам, ее пересекающим. Полученная новая геофизическая информация в совокупности с результатами сейсмологических исследований со станциями "Земля" и "Черепаха", а также использование современных методов комплексной интерпретации геофизических данных позволяют более детально изучать вопросы глубинного строения указанной территории.

В пределах исследуемого района широкое развитие имеют породы офиолитовой ассоциации, изучение которых в настоящее время является одной из актуальных и интересных проблем современной геологической науки.

Практическая значимость выяснения глубинного строения связана с дальнейшими поисками местоскоплений полезных ископаемых, сейсмичностью этой территории, а в некоторой мере и с изучением естественных причин наблюдающихся резких изменений уровня озера Севан.

В теоретическом отношении настоящую работу следует рассматривать как один из примеров изучения строения замкнутых внутри-

материковых высокогорных водных бассейнов по данным геофизических исследований, что имеет важное значение и для решения вопроса их происхождения (озера Севан, Иссык-Куль, Байкал и др.). Поэтому проблема дальнейшего уточнения глубинного строения бассейна озера Севан является актуальной как в теоретическом, так и в практическом отношениях.

Целью настоящей работы является изучение особенностей строения верхней части земной коры и геодинамической активности бассейна озера Севан для более обоснованного прогнозирования и поисков местоскоплений полезных ископаемых и выделения сейсмических зон.

Осуществление поставленной цели потребовало решения следующих задач:

1. Выделение системы разломов и блоков, составляющих бассейн озера Севан на различных глубинах в верхней части земной коры;
2. Выяснение соотношений между геоструктурными элементами с закономерностями пространственного распределения эпицентров землетрясений и местоскоплениями полезных ископаемых;
3. Определение границ распространения и глубины залегания массивов основных и ультраосновных пород Присеванской офиолитовой зоны;
4. Использование новых данных по глубинному строению и современной относительной геодинамической активности исследуемого района при решении некоторых вопросов происхождения озера Севан.

В соответствии с основными задачами методика исследований состояла в целенаправленном комплексном анализе и обобщении результатов геофизических исследований различного масштаба с использованием данных геологического картирования и бурения. Кроме того, были проведены специальные полевые работы по гравиразведке и магниторазведке с целью выявления и прослеживания зон тектонических нарушений, изучения строения поверхности фундамента и массивов основных и ультраосновных пород на северо-восточном побережье озера Севан. Одновременно для геологического истолкования результатов полевых исследований производился отбор образцов горных пород для определения в лабораторных условиях их плотности и магнитных свойств.

Исходя из поставленных задач и методики исследований, была принята следующая структура работы.

В первой главе на основе анализа литературных и фондовых материалов выяснены результаты геологической и геофизической изученности, а также конкретизированы частные вопросы общей проблемы строения исследуемой территории. С целью выяснения дифференциации верхней части земной коры представлен краткий очерк стратиграфии, тектоники и магматизма. Глава I

Главным содержанием второй главы является анализ основных закономерностей изменения физических свойств горных пород, а также особенностей гравитационного, магнитного и сейсмического полей. В меру необходимости, но без специального анализа, использовались данные по глубинному строению исследуемой территории, выявленные полевыми работами со станциями "Земля" и "Черепаша". II глава

В третьей главе приводится методика интерпретации геофизических данных. Рассматриваются результаты построения гравитационных (плотностных) моделей вдоль шести региональных профилей. Особое внимание уделяется выявлению и обоснованию системы блоков и различного порядка вертикальных границ, слагающих верхнюю часть земной коры. На основе корреляционного анализа выявлены соотношения между геофизическими полями и весьма ограниченными данными о скоростях современных вертикальных движений вдоль профиля Цовагтах-Мартун. III глава

В четвертой главе рассматриваются особенности глубинного строения исследуемой территории. Производится анализ соотношений выявленной блоково-складчатой структуры с геологическими данными, сейсмичностью и пространственным распределением месторождений полезных ископаемых. В этой же главе рассматриваются некоторые закономерности распределения массивов основных и ультраосновных пород в пределах Присеванской офиолитовой зоны и глубина залегания верхних и нижних кромок интрузивных тел. Рассматриваются возможности использования некоторых полученных результатов по глубинному строению и современной относительной геодинамической активности исследуемого района в связи с дальнейшим комплексным анализом проблемы генезиса озера Севан. IV глава

В связи с совокупностью ближайших народнохозяйственных задач намечены главные направления дальнейших полевых геофизических исследований.

ческих исследований и проведения в ряде узловых районов глубокого и картировочного бурения.

В заключении сформулированы основные научные выводы и практические рекомендации, включая обоснование необходимости создания долговременного Севанского Комплексного Геодинамического Полигона - СКП.

Работа выполнена в отделе структурной геофизики Института геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР (ИГИС АН АрмССР).

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю, доктору геолого-минералогических наук А.Т.Донабедову, оказавшему решающее влияние на формирование научных интересов и взглядов автора.

Искреннюю признательность автор выражает сотрудникам отдела структурной геофизики и вычислительного центра ИГИС АН АрмССР и их руководителям канд.геол.-мин.наук Ш.С.Оганисяну и канд. физ.-мат.наук С.М.Оганесяну, оказавшим неоценимую помощь при выполнении настоящих исследований.

Автор горячо благодарит член-корр. АН УССР, профессора В.И.Старостенко, докторов геол.-мин.наук С.Б.Абовяна, С.С.Красовского и К.Ф.Тяпкина, кандидатов геол.-мин.наук Э.Б.Аджимамудова и Л.И.Койфмана, кандидата техн.наук С.А.Пирузяна, С.С.Симоняна, творческие контакты с которыми были чрезвычайно содержательными и полезными.

1. КРАТКИЙ ОБЗОР ИЗУЧЕННОСТИ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ БАССЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН

1.1. Основные этапы геолого-геофизического изучения бассейна озера Севан

А. Геологическая изученность

Малодоступное и загадочное озеро издавна привлекало внимание ученых и естествоиспытателей. Первое письменное упоминание о Севане в европейской литературе принадлежит ювелиру Жану Шардену, который в 1671 г. описывает сапфировое озеро в поднебесье; еще не нанесенное на географические карты. Полтора столетия спустя о Севане упоминает английский дипломат Джеймс Морьер, а в начале XIX века происхождением "пресного моря" занимался француз Фридерик де Монпере, составивший "приблизительную" карту озера Севан.

В течение I-й половины XIX века на берегах озера побывал целый ряд русских и иностранных путешественников: Эйхвальд, Шопен, Гурьев, Вагнер и др. В работах этих ранних исследователей можно найти хотя и неполные, но интересные сведения о породах, слагающих берега и окрестности озера, об орографии, флоре, фауне и этнографии района, указания на изменения уровня озера и т.д.

Первые систематические геологические исследования на Кавказе в 1843 г. начал "отец геологии Кавказа" академик Г.В.Абих, который, изучая геологическое строение северо-восточного побережья оз. Севан, впервые схематично выделил древние эффузивные образования — диабазы и зелено-каменные породы, порфиры и порфириты с отдельными "пятнами" меловых и эоценовых известняков [53].

В 1911 г. появилась работа Е.С.Маркова "Озеро Гокча", содержащая данные о географических особенностях бассейна озера, кли-

мате, гидрологии, рельефа дна и др. В этой работе впервые была представлена батиметрическая карта озера, которая опровергла неверные данные о 175-500 м глубинах, и карта грунтов озера с подробным описанием осадков дна водоема [89].

Важное значение имели работы Ф.Ф.Освальда (1910-1912 гг.), согласно которому Севанский хребет сложен верхнемеловыми интрузивами серпентинитов и габбро. В тектоническом развитии Армении он выделял домиоценовую складчатость и проявление глыбовых движений в послемิโอценовое время, сопровождающееся вулканической деятельностью и возникновением больших озер [53].

Работами Г.В.Абиха, Е.С.Маркова и Ф.Ф.Освальда заканчивается дореволюционный этап геологических исследований так называемых "геологов-одиночек", и после установления Советской власти в Армении начинается новый этап.

В связи с решением правительства Армянской ССР использовать воды Севана в целях ирригации и энергетики Закавказская экспедиция АН СССР под руководством академика Ф.Ю.Левинсона-Лессинга и экспедиция Ленинградского гидрологического института под руководством профессора В.Г.Глушкова в 1927 году приступили к обширным исследовательским работам. В результате этих исследований, которые были закончены соответственно в 1929 и 1931 гг., были изданы многотомники "Бассейн озера Севан" с приложением геологических, геоботанических карт и карт донных осадков озера [89,109].

К этому периоду относится начало поисково-разведочных работ, связанных с минеральными богатствами района, которые были известны еще задолго до революции. Детальные петрографические исследования А.Г.Бетехтина позволили изучить платиноносность Шоржинского перидотитового массива и дать промышленную оценку месторождений хромита на северо-восточном побережье оз.Севан, а изучением хромитовых месторождений и огнеупорного сырья занимались Г.А.Кечек, Г.М.Арутюнян, А.В. Кржечковский и др. [1,55].

Начав в 1923 году свои работы на Малом Кавказе с так называемого "Тянджинского пересечения", академик АН АрмССР К.Н.Паффенгольц с каждым годом, расширяя площади своих исследований, уже к середине 30-х годов закартировал в крупных масштабах значительную часть территории Армянской ССР (в частности, весь бассейн оз. Севан, бассейн р.Веди, Арзаканский, Апаранский районы

и массив горы Арагац). Главнейшими результатами этих работ явились: впервые разработанная для М.Кавказа общая стратиграфия мезозойских, третичных и четвертичных вулканических образований; обоснование возраста различных интрузивных пород (в том числе офиолитового пояса М.Кавказа); установление крупных разломов типа надвигов и т.д. [12, 53, 103].

Следующий этап геологического изучения территории Армянской ССР (послевоенный) характеризуется одновременной постановкой исследовательских работ разными учреждениями и организациями.

Организация в 1943 г. Академии наук АрмССР и в ее составе Института геологических наук, а также развитие геологических наук в системе Ереванского государственного университета и полевых исследований Армянского геологического управления резко повысили состояние изученности геологии Армении, в том числе и бассейна оз. Севан.

Меловые отложения Севанского хребта и бассейнов рек Тертер и Акерн изучались В.П.Ренгартеном, по фаунистическим данным которого вулканогенно-осадочная толща имеет коньяк-сантонский возраст, а вышележащая карбонатная толща - верхнесеновский [53].

По результатам исследований минералогии коренных пород и аллювия рек западной и северо-восточной частей бассейна оз. Севан в 1948 г. И.Г.Гаспарян была составлена шлиховая карта, на которой впервые были отмечены ореолы распространения таких минералов, как самородное золото, киноварь и касситерит [50]. На основании этих данных в 1951 г. геологами В.Г.Сарибековым и Т.М.Степаняном было открыто месторождение золота на Зодском перевале, а в 1953 г. И.Г.Магакьяном и С.С.Мкртчяном - коренное оруденение ртути к северо-востоку от села Кясаман [55, 77].

В 1950-1954 гг. Управлением геологии АрмССР, а с 1955 г. ИГН АН АрмССР на северо-восточном побережье оз.Севан проводились поисково-съёмочные и геолого-разведочные работы под руководством С.Б.Абовяна, составившего геологическую карту района и детально изучившего месторождения и проявления хромита, магнетита и асбеста [1]. Детальным анализом петрографо-минералогического состава донных отложений оз.Севан занимался С.Г.Саркисян [112].

В период 1947-1955 гг. внимание многих исследователей останавливается на вопросе о происхождении оз.Севан. Публикуются

работы А.Т.Асланяна, Л.А.Варданяна, Г.Д.Афанасьева, К.Н.Паф-
фентольца, В.Е. Хаина, Е.Е.Милановского, С.С.Кузнецова, Л.Н.Ле-
онтьева и др. [11,20,40,82,89,103,130] и др.

Обобщением работ этого периода явился фундаментальный труд
А.Т.Асланяна "Региональная геология Армении" [12], в которой
автор, помимо своих личных, широких поставленных исследований,
проанализировал все ранее существующие работы и произвел глу-
бокий синтез геологии республики.

В связи с пересмотром Севанской проблемы с целью сохранения
уровня озера на возможно высокой отметке Институтом водных проб-
лем и гидротехники в период 1961-1963 гг. проводились исследо-
вания по гидрогеологии, гидрологии и метеорологии. В результа-
те был составлен новый водный баланс озера при снижении уровня
на 20 м (на котором будет приостановлено дальнейшее его пони-
жение) [109].

За последние 15-20 лет в связи с достижениями в области гео-
логии дна океанов, разработки теории "глобальной тектоники",
ревизией ряда положений классической теории геосинклиналей, за-
метно возрос интерес к проблеме "офиолитов". Вопросам изучения
геологии и петрографии ультраосновных и основных пород офиоли-
товой ассоциации на территории Малого Кавказа посвящены специ-
альные работы А.Т.Асланяна, А.А.Габриеляна, С.Б.Абовяна, О.А.Сар-
кисяна, М.А.Сатиана, Э.Ш.Шихалибейли, А.Л.Книшпера, С.Д.Соколо-
ва, П.Л.Епремяна, С.А.Паланджяна, В.М.Амаряна, Ю.Л.Костаняна,
А.С.Аванесяна, Л.С.Меликяна, Э.М.Мадатяна и др. [2,3,15,19,45,
54,74,76,80,101,113,116] и др. .

Б. Геофизическая изученность

Начало геофизических исследований на территории Армянской
ССР для решения геологических задач относится к 1926 г.

Геофизические исследования, проведенные в бассейне оз. Се-
ван и его обрамлении, можно подразделить на 3 этапа: довоенный,
послевоенный и современный.

Довоенный этап характеризуется несистематическими, локаль-
ными, отдельными геофизическими исследованиями, различными ме-
тодами в связи с поисками рудных месторождений. Из этих работ
следует упомянуть микромагнитометрические исследования П.И.Ка-

саткина и др. с целью поисков слепых тел хромита на Севанских месторождениях в 1931-1933 гг. [56].

Для послевоенного этапа (1945-1965 гг.) характерны планомерные региональные комплексные исследования, в основном гравитационного и магнитного полей, с целью изучения глубинного геологического строения и поисков полезных ископаемых. Эти исследования были начаты геофизической группой, организованной в 1945 г. при Институте геологических наук АН АрмССР, которая под руководством А.Т.Донабекова составила мелкомасштабные карты региональных гравитационных и магнитных полей территории Армянской ССР [5,56].

В период 1955-1965 гг. на основе крупномасштабных гравиметрических и магнитометрических съемок, произведенных Конторой морской геофизической разведки Министерства нефтяной промышленности Азерб.ССР (Н.В.Монина, Л.И.Дунаев, Р.А.Фатахов и др.), геофизической экспедицией УГ СМ АрмССР (Л.К.Татевосян, Р.П.Сепоян, Г.А.Погосян и др.), ИГН АН АрмССР (Ц.Г.Акопян, Ш.С.Оганисян, Э.Б.Аджимамудов, Э.А.Арутюнян), а с 1961 г. ИГИС АН Арм. ССР (Ц.Г.Акопян, Ш.С.Оганисян, Л.Е.Оганесян), были составлены среднемасштабные карты гравитационного и магнитного полей территории Армянской ССР. Результаты интерпретации этих материалов, а также накопленных к этому времени данных сейсмологических электроразведочных и геотермических исследований были обобщены в монографии "Геофизика" [56].

Современный этап характеризуется укрупнением масштаба и увеличением комплексности исследований с использованием новых количественных методов интерпретации с целью дальнейшего изучения глубинного строения, поисков месторождений полезных ископаемых и сейсмораионирования территории Армянской ССР.

Для изучения глубинного строения бассейна оз.Севан чрезвычайно важное значение имели выполненные Азерб. филиалом ВНИИГеофизики донная гравиметрическая и акустическая съемки на акватории оз.Севан (Э.Б.Тагиев, А.М.Фонштейн, 1967-1969 гг.), аэромагнитные съемки на различных высотах по маршрутам, пересекающим оз. Севан и его обрамление, выполненные ВИРТ-ом (Г.А.Русakov, Г.А.Сироткин, 1963-1970 гг.), а также сейсмологические исследования со станциями "Земля", выполненные ВНИИГеофизикой (Г.В.Егоркина, И.В.Гаретовская и др., 1968-1974 гг.) [56,61,63] и др. .

Необходимо отметить, что начиная с 1977 г. на территории республики региональные сейсмологические исследования были продолжены Управлением геологии АрмССР с использованием более усовершенствованной аппаратуры "Черепашка" (И.Б.Осипова и др.) [100]

Следует также отметить большую работу, проведенную в 1966-1970 гг. ВИРГ-ом (Ю.И.Никольский, Т.Н.Сироткина и др.) совместно с кафедрой горного факультета Ереванского политехнического института (А.Т.Асланян, А.Т.Вегуни и др.) по анализу использования геофизических данных при составлении среднемасштабной прогнозно-металлогенической карты территории Армянской ССР. Ввиду отсутствия в то время достаточных сведений о глубинном строении территории республики по данным сейсмологических исследований со станциями "Земля", авторы на основе анализа в основном гравитационного и магнитного полей ограничились детальным изучением строения осадочного чехла [87,115].

С 1971 по 1976 гг. Управлением геологии на территории Армянской ССР (В.О.Яникян, К.А.Мкртчян, Л.А.Саркисян) с целью изучения глубинного строения проводились комплексные гравимагнитные и электроразведочные работы по региональным профилям. В результате построены геолого-геофизические разрезы, на которых уточнены мощности осадочного чехла, выделены глубинные разрывные нарушения, подтверждено блоково-складчатое строение района.

В последние годы в связи с расширением работ в республике по проблеме "Прогноз землетрясений" уделяется особое внимание научно-исследовательским работам в области сейсмотектоники и сейсмического районирования. Изучается сейсмическая активность по слабым и сильным землетрясениям, определяются динамические параметры очагов землетрясений Армянского нагорья и т.д. С целью детального сейсмического районирования (ДСР) территорий строительства крупных энергетических и гидротехнических сооружений Институтом геофизики и инженерной сейсмологии АН АрмССР в период 1973-1980 гг. проводились комплексные геофизические и инженерно-сейсмологические исследования. К настоящему времени составлены карты ДСР территорий Армянской АЭС (С.А.Пирузян, А.Г.Бабаджанян, А.Т.Донабедов и др., 1976 г.), водохранилищ на реках Гехи (А.Г.Бабаджанян, С.С.Симонян, А.Т.Донабедов, 1977 г.) и Мармарик (А.Г.Бабаджанян, С.С.Карапетян и др., 1979 г.), а также городов Дилижан, Абовян, Масис и др.

В настоящее время одним из наиболее эффективных методов комплексных геолого-геофизических исследований крупных регионов является дистанционное изучение земной поверхности на основе материалов космической индикации и мелкомасштабной аэровысотной съемки. На основе обработки данных, полученных с искусственных спутников Земли и пилотируемых космических кораблей составлены мелкомасштабные схемы линейментов Кавказа и прилегающих областей [17]. Сопоставление их с данными о распределении сейсмичности, по мнению авторов, расширяет возможности применения зондирований Земли в исследованиях по предсказанию землетрясений.

Оценивая в целом степень геолого-геофизической изученности бассейна оз. Севан и его обрамления с точки зрения выяснения его глубинного строения, отвечающую среднемасштабным съемкам, отметим, что:

- этим требованиям не полностью удовлетворяет гравиметрическая съемка ввиду наличия незаснятых площадей до 100 и более кв. км в пределах перевальных участков Варденисского, Севанского, Арагунийского и Гегамского хребтов;

- отсутствует гидромагнитная съемка акватории оз. Севан;

- в отличие от других районов СССР, для изучения глубинного строения территории не применялись методы взрывной сейсмологии (ГСЗ), а отрезок известного профиля Волгоград-Нахичевань в пределах Армянской ССР считается некондиционным [62];

- не проводились специальные комплексные геолого-геофизические исследования (кроме сейсмологических) с целью изучения офиолитовых поясов Армении;

- подавляющее большинство пробуренных на исследуемой территории скважин - неглубокие (до 600 м), а имеющиеся глубокие (Фонтан - 30, Ариванист, Карчахпур, Дилижан - 2 и Дзкнагет) не вскрыли даже кровли мезозойских отложений.

1.2. Стратиграфия

В геологическом строении рассматриваемой области принимают участие различные породы от докембрия-нижнего палеозоя до четвертичного периода, собранные в ряд сложных изоклинальных складок северо-западного (общекавказского) простирания. Стратигра-

жено. Возраст их определяется предположительно на основании общих стратиграфических соотношений по региональным петрографическим аналогиям (Дзирульский массив и др.).

Средний палеозой. Из среднепалеозойских отложений в бассейне оз. Севан имеют незначительное развитие в верхнем течении р. Айриджа породы верхнего девона, которые представлены перемежающейся толщей песчаников, кварцитов, известняков и сланцев общей мощностью около 1000 м [1, 53]. Возраст их определяется на основании фауны брахиопод, кораллов, гастропод, а также остатков водорослей, заключенных в известняках.

Юра. Юрские отложения обнажаются в северо-восточной части исследованной области: в Башкендском (АрмССР) и Тазакендском (Азерб. ССР) районах. Нижняя юра представлена порфиритами, туфобрекчиями и туфогенными песчаниками общей мощностью около 600 м. Средняя юра залегает несогласно на нижней юре и также представлена порфиритами, туфобрекчиями, туфами и туфогенными породами общей мощностью около 1600 м. Верхняя юра имеет ограниченное развитие, представлена грубослоистыми известняками мощностью около 200 м и слагает небольшие синклинальные складки среди среднеюрских вулканогенно-обломочных пород. Возраст юрских пород определяется на основании фауны аммонитов [53, 54].

Мел. Меловые отложения в бассейне оз. Севан представлены верхним отделом, из которого широкое развитие имеют нижнеконьякские, верхнеконьяк-сантонские и кампан-маастрихтские отложения.

Нижнеконьякские отложения развиты на северо-восточном побережье оз. Севан и в верховьях рек Айриджа и Веди. Они представлены диабазовыми, андезитовыми порфиритами, переслаивающимися с кремнисто-глинистыми (яшмовидными) и аргиллитовыми сланцами, радиоляритами, песчаниками, туфопесчаниками, туфоконгломератами, глыбами и линзами мраморизованных известняков. Общая мощность — около 600 м. На северо-восточном побережье оз. Севан и в бассейне р. Веди указанные образования входят в состав пород офиолитовой ассоциации. Нижнеконьякский возраст рассматриваемых пород определяется на основании подстилания их фаунистически охарактеризованными отложениями турона (бассейн р. Веди) [1, 53].

Верхнеконьяк-сантонские отложения на северо-восточном побережье оз. Севан несогласно перекрывают нижнеконьякские и представлены туфоконгломератами (среди последних встречаются обломки мафит-ультрамафитовых интрузивных пород), туфопесчаников и алевролитами общей мощностью около 650 м. Возраст этой толщи датируется на основании фауны гастропод, рудистов, аммонитов, иноцерамов и морских ежей [1,53].

Кампан-маастрихтские отложения залегают трансгрессивно, часто без видимого углового несогласия, на отложениях коньяка-сантона и представлены исключительно слоистыми известняками и мергелями, иногда переслаивающимися с глинистыми сланцами черного цвета. Общая мощность известняков около 1000 м. Распространены они на северо-восточном побережье оз. Севан и в верховьях р. Веди. Возраст отложений определяется на основании фауны иноцерамов и ежей [1].

П а л е о г е н. Отложения палеогена в исследуемой области развиты в основном на северо-восточном побережье оз. Севан и в бассейне р. Азат. Отложения палеоцена-нижнего эоцена развиты в бассейне р. Азат и представлены свитой базальных конгломератов и песчанистых известняков мощностью около 200 м. Выше трансгрессивно на отложениях нижнего эоцена залегают среднеэоценовые отложения, выраженные как в вулканогенной и вулканогенно-осадочной, так и в нормально-осадочной фациях. На северо-восточном побережье оз. Севан в нижней части среднеэоценовых отложений залегают песчанистые нуммулитовые известняки, а в верхней - туфогенные породы различного состава, порфириты, перемежающиеся с туфоконгломератами общей мощностью около 1500 м [1,53].

В бассейне р. Азат средний эоцен представлен исключительно песчанистой фацией, образующей ритмично-чередующиеся слои общей мощностью около 450 м. Возраст среднеэоценовых отложений определяется на основании фауны нуммулитов, паллеципод и гастропод [1,12].

Верхний эоцен залегают трансгрессивно на нижележащих отложениях и представлен на северо-восточном побережье оз. Севан андезито-базальтами, реже дацитами и липарито-дацитами мощностью около 700 м, в бассейне р. Азат - песчаниками, глинистыми песчаниками и известняками мощностью около 300 м. Возраст указан-

ных пород определяется на основании фауны нуммулитов и дискоциклинов [53].

Олигоценовые отложения имеют ограниченное развитие и представлены как осадочной, так и вулканогенной фациями. Осадочный олигоцен развит между селами Бабаджан и Памбак и сложен толщей конгломератов и брекчий с прослоями суглинков мощностью 150 м. Он залегает с резким угловым и азимутальным несогласием на известковистых песчаниках и песчанистых известняках верхнего коньяк-сантона. Вулканогенный олигоцен развит в юго-восточной части побережья оз. Севан между селами Инакдаг и Зод и представлен андезитами, андезито-дацитами и липаритами мощностью до 200 м, которые с резким угловым несогласием залегают на среднеоценовых известняках [1].

Неоген. Неогеновые отложения широко развиты на южном побережье оз. Севан в Мартунинском и Варденисском районах, а также в верховьях рек Азат и Цаккар. Они представлены различными вулканогенными породами: андезито-базальтами, андезитами, андезито-дацитами, переходящими выше в трахиандезиты, трахидациты и дациты. Мощность толщи около 750 м [1, 53].

Четвертичная система. Породы рассматриваемого комплекса широко распространены в бассейнах оз. Севан, рек Раздан, Гехаркун, Цаккар, Айриджа, Гезальдара и Мазра. Они представлены лавовыми потоками различного состава: долеритовыми базальтами мощностью около 250 м, которые выше перекрываются двушироксеновыми андезито-базальтами и андезитами мощностью 150 м, и кварцсодержащими андезитами мощностью около 150 м, развитыми вокруг вулканических центров [53]. К четвертичным отложениям относятся озерно-речные, болотные, пролювиально-делювиальные и флювиогляциальные образования, а также редко встречающиеся травертины.

Современные отложения представлены аллювиально-делювиальными и элювиально-пролювиальными рыхлыми отложениями, состоящими из мелко-средне- и крупнообломочного материала с супесчаным и суглинистым заполнителем. Они развиты вдоль подножий речных долин и, особенно, их конусов выносов. Вдоль побережья оз. Севан развиты прибрежные озерные отложения [1, 53].

1.3. Тектоника

Территория Армянской ССР входит в одну из внутренних зон Тавро-Кавказского сектора Средиземноморского орогена. Эта единая в оротектоническом отношении область М.Кавказа, представляющая собой дугообразно построенный мегантиклинорий шириной 200 км и протяженностью 400 км [12, 53]. Подобным тектоническим положением М.Кавказа обусловлена интенсивная складчатость слагающих его отложений, изменчивость фаций и мощностей, широкое развитие интрузивного и эффузивного магматизма, эндогенной минерализации и др.

Тектоническое районирование территории М.Кавказа производилось еще со времен Г.Абиха. В результате многолетних геолого-геофизических исследований и обобщения полученных результатов, первоначально только по данным геологической съемки, а с 1946 г. и по данным региональных геофизических исследований, главным образом гравитационного и магнитного полей, неоднократно составлялись схемы геотектонического районирования территории Армянской ССР, включая и ее центральную часть [5, 7, 12, 43, 51, 53, 56, 82, 87, 135 и др.].

При всех существующих как общих, так и частных расхождениях характерная особенность большинства схем состоит в том, что выделяются главным образом зоны северо-западного (кавказского) простиранья с некоторым дугообразным поворотом на меридиане г.Ереван, западнее от которого зоны приобретают субширотное простиранье. В последнее время как по данным геофизических, так и результатам регионально-тектонических исследований в целом по Кавказу была выявлена система так называемых сквозных глубинных разломов, которые, пересекая геотектонические зоны кавказского простиранья, позволили наметить элементы блоково-складчатой структуры Кавказа, в том числе и на территории Армянской ССР [17, 47, 69, 71, 79, 86, 108 и др.].

Проведенный обзор имеющейся литературы показал, что наличие разнообразных тектонических схем обусловлено сложным геологическим строением района, а также различными подходами и принципами структурного районирования территории Армении и Антикавказа в целом (возраст складчатости, фации и формации и т.д.).

Другим не менее важным обстоятельством является то, что райо-

нирование территории, а следовательно, и выделение крупных тектонических структур производится по ограничивающим их разломам различной глубины заложения, т.е. происходит смещение разнопорядковых разломов, имеющих заложение в пределах различных субгоризонтальных границ в земной коре и в верхней мантии.

Последняя по времени из опубликованных схем принадлежит А.А.Габриеляну, в которой автор синтезирует как свои, так и, в значительной мере, представления других исследователей по вопросу о геотектоническом районировании территории [47]. Основываясь на комплексе всех важнейших историко-геологических и структурно-формационных признаков, таких как история геологического развития, типы плекативных структур, формации осадочных и магматических пород, возраст складчатости, региональные разрывные нарушения и др., им на территории Армянской ССР и сопредельных частей Антикавказа выделяются следующие тектоно-формационные комплексы (мегаблоки), зоны и подзоны (рис. 1,2).

1. Сомхето-Кафанский пологоскладчатый тектонический комплекс раннеальпийского (J_1) заложения

- а) Сомхето-Карабахская антиклинальная зона
- б) Кафанский сегмент

2. Базумо-Зангезурская интенсивно складчатая зона раннеальпийского ($J_3 - K_1$) заложения

- а) Севано-Амасийская офиолитовая подзона
- б) Анкавано-Зангезурская подзона

3. Приараксинская умеренно-складчатая зона среднеальпийского (K_2) заложения

- а) Еревано-Ордубадская подзона
- б) Подзона межгорных орогенных впадин.

Границами указанных зон и подзон служат региональные разломы глубокого заложения, вдоль которых происходят резкие изменения вещественного состава и структурных особенностей геологических формаций. Отсюда следует, что выделенные структурно-формационные зоны представляют собой тектонические блоки земной коры разных рангов.

Как видно из рис. 1,2, исследуемая территория расположена на "стыке" нескольких тектонических подзон и охватывает в основном центральные части Базум-Зангезурской и Приараксинской складчатых зон, т.е. она характеризуется весьма сложным блоковым строением.

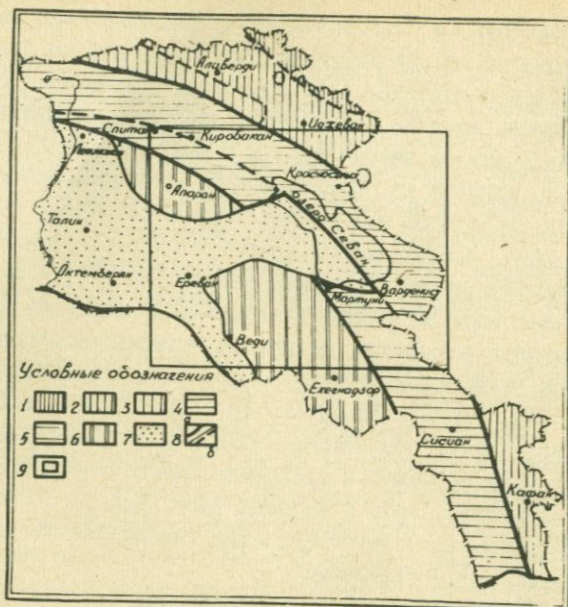


Рис. 1.2. Схема геотектонического районирования Армянской ССР (составил А.А.Габриелян).

I. Сомхето-Кафанский тектонический комплекс: 1—Прикуринская моноклиальная подзона; 2—Алаверди-Шампадинская подзона; 3—Лорийская моноклиальная подзона (Кафанский сегмент).

II. Базум-Зангезурская интенсивно-складчатая шовная зона. 4—Севано-Амасийская офиолитовая подзона; 5—Анкавано-Зангезурская подзона.

III. Приараксинская умеренно-складчатая зона. 6—Еревано-Ордубадская подзона; 7—Подзона наложенных орогенных молассовых впадин; 8—Границы: а) зон, б) подзон, выраженные разломами и флексурами глубокого заложения; 9— исследуемая территория.

В настоящее время, как показал анализ работ, еще многие вопросы тектонического строения рассматриваемой территории изучены не достаточно детально. Так, например, одним из сложных и спорных вопросов является прослеживание границ тектонических зон (разломов) на протяжении около 70 км под водами оз. Севан, вследствие чего недостаточно полно выявлены "узлы" пересечения глубинных разломов кавказского и антикавказского простираний в пределах акватории озера или специально не рассматривался во-

прос о характере сочленения Малого и Большого Севана, что имеет важное значение в решении проблемы генезиса оз.Севан. В большинстве случаев выделенные глубинные разломы характеризовались лишь в отношении местоположения и простираения, без вероятностной количественной оценки возможной глубины их заложения. Поэтому, как указывает А.А.Габриелян [48], неотложной задачей дальнейших исследований в области тектоники территории АрмССР является составление крупномасштабных тектонических карт и карт разломов с указанием всех основных структурных признаков — глубины проникновения, возраста заложения, амплитуды смещения и т.д.

I.4. Магматизм

Территория Армянской ССР по своему сложно и интенсивно проявленному магматизму является одним из классических районов СССР. В ее строении важную роль играют разнообразие по возрасту и составу интрузивные и эффузивные породы, с которыми связаны рудные богатства республики. Эти магматические образования сформировались в результате ряда крупных тектоно-магматических этапов, каждый из которых характеризуется своеобразными магматическими комплексами, локализованными в определенных структурно-фациальных зонах [53,78].

Интрузивы. Из интрузивных образований в исследуемой области широкое развитие имеют ультраосновные и основные породы офиолитовой ассоциации, которые на территории Армянской ССР образуют две зоны: Севано-Амасийскую и Вединскую* (рис. I.3).

Севано-Амасийская офиолитовая зона начинается у с.Амасия и протягивается со значительными перерывами в юго-восточном направлении в виде полосы вдоль Ширакского и Базумского хребтов. Распространяясь дальше на северо-восточное побережье оз. Севан, прослеживается вдоль юго-западных склонов Арегунийского и, главным образом, Севанского хребтов. Юго-восточное его продолжение уходит на территорию Карабахской АО в бассейны р.р. Тертер и Акерн. Общая протяженность зоны в пределах Арм.

* В последние годы А.Т.Асланяном и М.А.Сатяном в структуре Малого Кавказа выделяется третья — Зангезурская офиолитовая зона [15].

ской зоне, однако их площади весьма ограничены и площадь каждого из них, как правило, не превышает 1 км^2 , реже доходя до $2-3 \text{ км}^2$. Большинство массивов (около 60) концентрируются в бассейне нижнего и, главным образом, верхнего течения р. Веди [2]. !!

Офиолитовая ассоциация горных пород, впервые выделенная в Альпах в 1924 г. Г. Штейманом [139], в последние годы привлекает внимание не только петрологов, геохимиков и тектонистов, но и геофизиков. Это обусловлено тем, что часть этой ассоциации — формации ультрабазитов являются единственными породами, посредством которых можно получить представление о составе "базальтового" слоя земной коры и верхней мантии. По представлениям М. В. Муратова, А. В. Пейве, В. В. Белоусова, В. Е. Хаина и др. [105] изучение офиолитовой ассоциации может способствовать решению вопроса — первичны ли на нашей планете континенты и океаны и какова общая направленность в развитии земной коры. ??

В настоящее время геология офиолитовой формации охватывает 3 основные группы вопросов: вещественный состав пород, возраст и происхождение офиолитов.

Детальный анализ геолого-структурных, петрографических, петрохимических, минералогических, геохимических, металлогенических особенностей пород Севано-Амасийского и Вединского офиолитовых поясов позволяет рассматривать их как ассоциацию вулканогенно-осадочных, мафит-ультрамафитовых и мафит-диоритовых интрузивных комплексов [2]. Среди последних наибольшее развитие имеют мафит-ультрамафитовый интрузивный комплекс, представленный перидотитами, дунитами, пироксенитами, габбро, габбро-диоритами, кварцевыми диоритами и др. ?

Вопрос возраста отдельных членов офиолитовой серии, как и всей ассоциации в целом, еще не перестал быть предметом дискуссии в литературе. В таблице I.1 приведены представления ряда геологов, проводивших полевые исследования в пределах офиолитовых поясов М. Кавказа [2, 15, 19, 43, 53, 54, 74, 80, 101, 106, 113, 116 и др.]. Как видно из таблицы, исследователями выделяются главным образом два временных интервала образования офиолитового комплекса: домезозой — верхняя юра и нижний сенон — верхний эоцен. Такой вывод находится в согласии с тем, что в настоящее время многими исследователями принимается кембрий-ордовикский возраст пород офиолитовой формации в палеозойских складчатых

областях и кра-нижнемеловой возраст - в мезозоидах и альпидах [45].

Взгляды этих исследователей на возраст отдельных групп пород офиолитовой ассоциации послужили основой многих геологических концепций. В основу этих взглядов легли следующие геологические факты.

Сторонники верхнеэоценового возраста ультраосновных пород и габбро (К.Н.Паффенгольц, С.Б.Абовян) основываются на прорывании гипербазитами фаунистически датированных верхнеэоценовых отложений в районе с.Шоржа и Джил [2]. Группа последователей взглядов Л.Н.Леонтьева, В.Е.Хайна и Э.Ш.Шахалибеги главный упор делает на факте трансгрессивного перекрытия офиолитового комплекса базальными горизонтами кампана, что наблюдается во многих разрезах Севано-Амасийской зоны. Возраст вулканогенной серии определяется по ее налеганию на фаунистически датированные отложения сеноманского яруса [54]. С.А.Паланджян, Л.С.Меликян в своих выводах опираются на наличие огромного числа обломков офиолитовой серии в конгломератах нижнего сенона, которые залегают на размытой поверхности габбро-амфиболитов [80,101]. Г.Хисслайтнер и А.Хальке [73], детально изучившие ультрамафиты Средиземноморского пояса, пришли к выводу, что необходимо различать возраст магматического происхождения от времени их тектонического становления. Следуя этой точке зрения, А.Л.Книппер и Ю.Л.Костанян [74] возраст магматического образования ультрамафитов в бассейне оз. Севан относят к досеноманскому, и даже докембрийскому времени, а в туроне, сантоне и эоцене, по их мнению, происходило холодное внедрение серпентиновых масс - протрузии. А.Т.Аслянян считает, что внедрение ультрамафитов в бассейне оз. Севан происходило в 3 этапа: в туроне-коньяке, в верхнем сеноне и эоцене [15]. С.Б.Абовян [2] также допускает наличие 3 этапов магматического внедрения ультрамафитов: досеноманский (вероятно, палеозойский), раннесенонский-докампский и позднеэоценовый-доолигоценовый.

Многочисленные обобщения результатов геохимических, петрографических, региональных геологических и тектонических, а также очень малочисленных геофизических исследований офиолитовых ассоциаций привели к возникновению различных гипотез о происхождении офиолитов. Их можно объединить в 4 основные группы.

Таблица I.I

В о з р а с т										
	Доме- зозой	Верхняя юра	Неоком- апт	Альб	Сено- ман	Турон	Нижний сенон	Верхний сенон	Верх- ний зоцен	
К.Н.Пафренгольц (1941)									—	
Л.А.Варданыц (1955)							—			
В.П.Рентгартен (1959)							—		—	
Л.Н.Леонтьев и др.(1949)							—			
С.А.Паланджян (1965)									==	
С.Б.Абовян (1966,1974)							==			
Л.С.Меликян и др.(1967)										
Г.С.Арутюнян (1967)						==				
А.А.Габриелян и др.(1968)								—		
В.Ф.Морковкина и др.(1971)	—									
А.Л.Книппер (1965,1971)	—	—	—	—						
Л.С.Меликян (1974)							—			
А.Т.Аслanian и др.(1977)					—					
Т.Аб.Гасанов (1979)	—									

Примечание: Сплошная линия соответствует серпентинитам и габбро,
штрихи - вулканогенно-осадочной серии.

I
I
В соответствии с гипотезами первой группы происхождение офиолитов — магматическое. Эта гипотеза основывается на том, что выходы пород офиолитовой серии и особенно серпентинитов и габброидов располагаются вдоль глубинных разломов. Она объясняет последовательность петрографических типов пород от серпентинитов в основании до шаровых лав в верхней части, а также их ассоциацию с радиоляритами.

II
I
Согласно гипотезам второй группы ультрабазиты представляют собой или блоки мантии, или же застывшие на большой глубине интрузии, тектонически внедренные в верхние слои литосферы. Выявленная очень крупная положительная гравитационная аномалия (до + 2000 мкм/с²) в пределах горного массива Троодос на Кипре позволила некоторым исследователям трактовать ультраосновной массив Троодоса как выступ мантии [127, 137].

III
I
Установление в последние годы определенного сходства между разрезами офиолитового комплекса складчатых областей континентов и коры современных океанов позволило ряду исследователей выдвинуть новую гипотезу происхождения офиолитов [35, 73, 74, 104, 105, 136 и др.], согласно которой на месте современных складчатых поясов или вблизи них (имеются ввиду зоны, в которых присутствуют породы офиолитовой серии) некогда располагались бассейны с корой океанического типа. Эти впадины затем были раздавлены в результате сближения континентальных масс, а выполнявшие эти впадины породы были частично выплеснуты в виде тектонических покровов на края прилежащих континентальных масс, т.е. офиолиты слагают крупные аллохтонные пластины, видимое минимальное перемещение которых, выявленное в Омане, достигает 200 км [138].

IV
I
Наконец, сторонники мантийно-магматической гипотезы придерживаются компромиссного решения, полагая, что в составе офиолитовой ассоциации имеются как породы магматического происхождения, так и отторженцы первичной океанической коры, выведенные в твердом состоянии в литосферу.

Эти гипотезы нашли свое отражение и при истолковании происхождения офиолитовых поясов территории Армянской ССР. По мнению большинства исследователей, ультрамафиты М. Кавказа внедрились в виде магматического расплава вдоль системы длительно живущих глубинных разломов, служивших подводными каналами не

только для ультраосновной, но и основной магм. Лишь в последние годы было высказано предположение, что эти ультрамафиты являются отторженцами мантийного субстрата — фрагментами океанического ложа, внедрявшимися в холодном виде во время эпох тектонических сжатий, периодически охватывавших складчатую систему М.Кавказа. По С.Б.Абовяну [2], точке зрения тектонического перемещения ультрамафитов противоречат следующие важные факты: наличие постепенных переходов ультрамафитов в мафиты, наличие явлений "скрытой" дифференциации внутри ультрамафитов, состав галек нижнесенонской вулканогенной толщи, прорванной мафитами и ультрамафитами и отсутствие тектонитов эндоконтактных частей массивов.

Более ограниченное развитие имеют в пределах исследуемой территории верхнеэоценовые интрузии, в основном кислого состава, представленные диоритами, гранодиоритами, щелочными и нефелиновыми сиенитами и др., расположенные в Памбакском и Базумском хребтах, а также интрузии палеозойского возраста, представленные гнейсовыми гранитами, гранодиоритами и ультрамафитами (рис. I.I).

Эффузивы. В результате интенсивных вулканических извержений на протяжении всей истории геологического развития территории М.Кавказа возникли эффузивные образования различного состава — от базальтов и долеритов до обсидианов и перлитов (рис. I.I).

Наиболее древними являются излияния основных эффузий, входящих в состав нижнепалеозойской метаморфизованной свиты. Они в основном представлены диабаз-порфиритами и амфиболитами и развиты в пределах Арзаканского и Апаранского массивов [53].

Следующий вулканический цикл приурочивается к юрскому времени. В конце верхней юры и в нижнем мелу были небольшие локальные перерывы в вулканизме, а наивысшей активности меловой вулканизм достигает в верхнемеловую эпоху и приурочивается к поперечным синклинальным прогибам в пределах Сомхето-Карабахской, Присеванской и Еревано-Ордубадской тектонических зон [78].

Вулканическая деятельность в палеогене тяготела главным образом к складчатой зоне М.Кавказа. Вулканические фации широко распространены в пределах Базумского, Памбакского, Аре-

гунийского, Мургузского хребтов, а также на юго-восточном побережье оз.Севан.

Существенную роль в истории геологического развития сыграли вулканические процессы неогенового и четвертичного времени, образования которых покрыты почти две трети территории республики. Вулканизм указанного периода разделяется на два самостоятельных цикла: миоплиоценовый и плио-плейстоценовый [53].

Миоплиоценовый вулканический этап начинается в верхнем сармате и продолжается до среднего плиоцена включительно. Вулканические продукты этого времени представлены мощной, свыше I км толщей различных лав, состав которых изменяется от основных типов и кислым.

В постплиоценовое время, в связи с новым воздыманием Армянского нагорья, вулканические извержения проявляются еще более интенсивно и на более обширной территории. Дифференцированность тектонических движений обусловлено образование ряда вулканических областей, из которых на исследуемой территории выделяются Гегамская и Варденисская вулканические области. Для каждой из них выявлены специфические особенности вулканизма: если лавы Варденисской области характеризуются относительно высокими концентрациями петрогенных элементов (лития, бериллия, стронция, бария), то эффузивы Гегамской области, наоборот, бедны ими и богаты металлогенными элементами (молибден, медь, свинец, цинк, серебро) [53].

Таким образом, приведенный краткий обзор главнейших геологических данных исследуемой территории является основой для анализа закономерностей изменения физических свойств горных пород и геологического истолкования результатов геофизических исследований.

ВЫВОДЫ

I. В истории развития геофизических работ, выполненных в бассейне оз.Севан, выделяются 3 относительно самостоятельных этапа, различающихся как по задачам, так и масштабам исследований, причем в большинстве случаев исследования различными методами велись раздельно, а геологическое истолкование производилось, в основном, на качественном уровне.

2. В пределах акватории оз. Севан были выполнены лишь гравиметрические исследования, хотя несомненно, что гидромагнитные, сейсмологические и геотермические исследования также имели бы весьма важное значение для изучения глубинного строения. Подавляющее большинство пробуренных скважин - неглубокие.

3. Не производились специальные комплексные геолого-геофизические исследования с целью изучения офиолитовых поясов и относительной современной геодинамической активности геоструктурных элементов, слагающих бассейн оз. Севан.

4. В большинстве случаев выделенные по комплексу признаков глубинные разломы характеризовались лишь в отношении местоположения и простираения, без вероятностной количественной оценки возможной глубины их заложения.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД И ОСОБЕННОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ИССЛЕДУЕМОГО РАЙОНА

2.1. Физические свойства горных пород

Изучение физических свойств пород и руд в Армении было начато параллельно с первыми геофизическими исследованиями еще в 1932-1933 гг., когда П.И.Касаткин при микромагнитометрической съемке на Джильском и Надеждинском месторождениях хромита определял магнитную восприимчивость рудовмещающих пород и руд, испытывая их в магнитном поле [56].

Систематическое изучение физических свойств горных пород и руд Армении было начато в 1950 г. Геофизической экспедицией Управления геологии АрмССР (Г.М.Ванцян, Р.П.Сеноян и др./, но степень изученности их по настоящее время характеризуется неравномерностью как в отношении типов пород, так и по районам их развития. Наиболее полно изучены плотность и магнитные параметры изверженных и осадочных образований, в меньшей мере — электрические (имеются данные только для рудных областей), термические свойства и скорость распространения упругих колебаний.

Так как при геологическом истолковании геофизических данных использованы в основном аномальное гравитационное и магнитное поля, исследования с помощью обменных волн аппаратурой "Земля", то ниже приводятся плотностная характеристика, магнитные свойства и ограниченные данные по скоростям распространения упругих волн пород, слагающих исследуемую территорию.

Результаты анализа и обобщения данных о плотности и магнитных свойствах, включая и результаты личных лабораторных исследований этих свойств, представлены на рис. 2.1, где стратиграфо-литологическая колонка составлена С.Б.Абовяном. Значения средней плотности, магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности представлены как в табличной форме, так и соответствующими графиками.

На основе обобщения статистических данных результатов массового изучения плотности горных пород и руд Армении Ш.С.Оганисяном [56] и Т.Н.Сироткиной [115] были составлены схематические разрезы по средним значениям плотностей осадочных, магматических и метаморфических пород. Сопоставление этих данных показало наличие скачка плотности порядка $0,2-0,3 \text{ г/см}^3$ на контакте пород кайнозойского комплекса с мезозойским и достаточно близкие значения плотности ($2,65 \text{ г/см}^3$) последних по сравнению с верхне-среднепалеозойскими отложениями.

Вместе с тем, сравнение упомянутых разрезов выявило и различие, заключающееся в том, что согласно Ш.С.Оганисяну плотность метаморфических пород нижнепалеозойского (докембрийского?) фундамента составляет $2,72 \text{ г/см}^3$, а согласно Т.Н.Сироткиной - $2,80 \text{ г/см}^3$ (разница $0,08 \text{ г/см}^3$). Это позволило Т.Н.Сироткиной выделить еще одну плотностную границу со скачком $0,15 \text{ г/см}^3$ между мезозойскими и верхне-среднепалеозойскими отложениями, с одной стороны, и нижнепалеозойскими с другой. Вопрос этот имеет принципиальное значение в связи с выяснением возможностей выделения гравиметрическим методом поверхности метаморфического фундамента в областях, покрытых мезозойскими и верхне-среднепалеозойскими отложениями. С этой целью был произведен анализ плотности образцов докембрийских метаморфических сланцев, отобранных из их обнажений на северо-восточном побережье оз.Севан в районе с.с.Памбак, Гейсу и Шипкая. Определение плотности образцов производилось на денситометре, точность которого при единичном определении составляла $\pm 0,02 \text{ г/см}^3$. Согласно лабораторным определениям средняя плотность докембрийских метаморфических сланцев составляет $2,80 \text{ г/см}^3$ с пределами изменения $2,65-2,87 \text{ г/см}^3$.

При анализе изменения физических свойств в пределах мезо-кайнозойских отложений выяснилась необходимость дополнительных исследований плотности и магнитных свойств как осадочных, так и магматических пород, результаты которых также были использованы при составлении сводных данных (рис. 2.1).

Обобщение результатов изучения плотности исследованных образцов горных пород с учетом имеющихся литературных данных по-

ным этапам геотектонического развития территории Армении: байкальскому геосинклинальному, альпийскому геосинклинальному и альпийскому орогенному [43], т.е. при рассмотрении общей картины распределения плотности в зависимости от возраста пород отмечается возрастание значения плотности от более молодых образований к древним.

Таким образом, на исследуемой территории представляется возможным выделить 2 основные плотностные границы:

а) первая граница выделяется между образованиями верхнего и среднего эоцена со скачком плотности на этой границе $+0,11 \text{ г/см}^3$ (знак определен относительно нижней границы);

б) вторая граница выделяется между метаморфическими породами кембрия-докембрия и перекрывающими их трансгрессивно, с угловым несогласием, отложениями. Скачок плотности на этой границе, в зависимости от контактируемых отложений (средний палеозой, мезозой, кайнозой) может варьировать от $+0,15$ до $0,20-0,30 \text{ г/см}^3$.

Магнитные свойства

Результаты изучения магнитных свойств, и в частности, магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности горных пород и руд, освещены в ряде работ [6,56,83,86].

Как видно из рис. 2.1, средние значения магнитной восприимчивости (χ) и остаточной намагниченности (J_z) пород изменяются в весьма широких пределах, что объясняется, в первую очередь, различным литолого-петрографическим составом и разновозрастностью горных пород.

Магнитная восприимчивость метаморфических сланцев, кварцитов, известняков, аргиллитов, мергелей, глин и песчаников независимо от их возраста очень мала и эти породы можно отнести к практически немагнитным.

Большими значениями χ и J_z характеризуются вулканогенные образования всех возрастов, при этом относительно высокими значениями выделяются базальты, андезиты, андезито-базальты, кайнозой, по сравнению с породами более древних возрастов.

Аналогично плотностной характеристике в стратиграфическом разрезе исследуемого района представляется возможным выделить

основной границы между породами среднего и верхнего эоцена по их магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности.

Магнитными границами более низкого порядка являются границы между палеозойскими и мезозойскими, юрскими и меловыми, а также палеогеновыми и неогеновыми отложениями. Выделение этих границ по аномальному магнитному полю на фоне интенсивных аномалий от кайнозойского покрова весьма затруднительно.

Из интрузивных образований в исследуемой области в основном детально были изучены плотностная характеристика и магнитные свойства пород, составляющих комплекс офиолитовой серии Севано-Амасийской зоны. Магнитная восприимчивость и остаточная намагниченность пород определялись на астатическом магнитометре С.Ш.Долгинова, точность определения которого составляет $4\pi \cdot 6 \cdot 10^{-6}$ СИ. Результаты приведены в табл. 2.1.

Как следует из данных табл. 2.1, наименьшей плотностью $2,60 \text{ г/см}^3 (\pm 0,05)$ среди интрузивных пород обладают серпентинизированные перидотиты, а наибольшей – кварцевые диориты и габбро $2,80\text{--}2,90 \text{ г/см}^3 (\pm 0,07)$. Эти данные согласуются с результатами исследований Т.М.Салехли, Л.А.Султанова и др. [110] по изучению влияния степени серпентинизации пород на изменение плотности в пределах Севано-Акеринской тектонической зоны, согласно которым плотность ультрабазитов вследствие серпентинизации (замещение оливина с плотностью $3,3\text{--}3,5 \text{ г/см}^3$ серпентинитом $2,5\text{--}2,7 \text{ г/см}^3$) уменьшается от $3,12 \text{ г/см}^3$ (слабо серпентинизированный перидотит) до $2,36 \text{ г/см}^3$ (серпентинит).

При исследовании магнитных свойств наблюдается обратная картина: наибольшими значениями χ и J_z характеризуются серпентинизированные перидотиты (χ сред. = $4\pi \cdot 2500 \cdot 10^{-6}$ СИ, J_z сред. = $4\pi \cdot 1200 \cdot 10^{-6}$ СИ), а наименьшими – кварцевые диориты, листвениты и габбро ($4\pi (60 \div 100) \cdot 10^{-6}$ СИ, $4\pi (80 \div 130) \cdot 10^{-6}$ СИ). Выявлена сложная зависимость магнитной восприимчивости перидотитов от степени серпентинизации, обусловленная различным положением магнетита в структуре породы и размерами зерен [119]. По исследованиям М.А.Кашкая и др. [70] в автометаморфизованных перидотитах и пироксенитах магнетит образует рудную пыль и "шнурочки" в хризотиловых прожилках, вследствие чего слабосерпентинизиро-

Т а б л и ц а 2.1

№ п/п	Название породы	Кол- во образ- цов	Плотность ρ г/см ³	Магнитные свойства	
				$4\pi \cdot 10^{-6} \text{СИ}$	J_z $4\pi \cdot 10^{-6} \text{СИ}$
1.	Серпентини- зированный перидотит	52	<u>2,39-2,82</u> 2,60($\pm 0,05$)	<u>1140-5100</u> 2500	<u>200-2200</u> 1200
2.	Кварцевый диорит	28	<u>2,58-2,95</u> 2,80($\pm 0,07$)	<u>10-250</u> 100	<u>50-120</u> 80
3.	Габбро	34	<u>2,72-3,05</u> 2,90($\pm 0,07$)	<u>40-300</u> 150	<u>70-270</u> 130
4.	Лиственит	17	<u>2,65-2,85</u> 2,75($\pm 0,06$)	<u>10-90</u> 60	<u>40-220</u> 110
5.	Порфирит	24	<u>2,44-2,70</u> 2,57($\pm 0,05$)	<u>240-2300</u> 1100	<u>150-1400</u> 600

Примечание: В числителе даны предельные, а в знаменателе - средние значения.

ванные перидотиты и пироксениты имеют малые значения магнитной восприимчивости 4π (500-700) $\cdot 10^{-6}$ СИ. При второй - аллометаморфической фазе серпентинизации, вызванной воздействием на гипербазиты гидротерм, в них широко образуется хризотил второй генерации, что сопровождается обильным выделением магнетита и приводит к увеличению магнитной восприимчивости пород, колеблющейся в исследованных породах от 1000 до $4\pi \cdot 4000 \cdot 10^{-6}$ СИ.

Важным этапом изучения физических свойств горных пород из офиолитовой серии Севано-Амасийской зоны являются исследования при высоких давлениях плотности и скорости распространения упругих волн [13, 14, 106 и др.]. Сопоставление этих данных с результатами аналогичных исследований для офиолитовых серий из других районов позволило А.Т.Асланяну и др. [14] выделить 2 основные группы серпентинитов:

а) в первую группу входят в основном антигоритовые серпентиниты, характеризующиеся большими значениями плотности ($2,79 \pm 3,04$ г/см³) и высокими скоростями упругих волн ($V_p = 6,40 \pm 7,50$ км/сек, $V_s = 3,20 \pm 4,02$ км/сек);

б) серпентиниты второй группы, представленные хризотил-антгоритовыми разностями, имеют малые, по сравнению с антигритовыми серпентинитами, значения плотности ($2,41 \div 2,69 \text{ г/см}^3$) и скоростей ($V_p = 3,80 \div 6,10 \text{ км/сек}$, $V_s = 2,10 \div 2,80 \text{ км/сек}$).

Отсюда авторы работы [14] делают предположение о том, что степень серпентинизации зависит от термодинамических условий и имеет важное значение при выделении сейсмических границ, так как наиболее серпентинизированные породы могут образовывать зоны пониженных скоростей упругих волн на различных глубинах земной коры.

2.2. Гравитационное поле

Среди геофизических методов, применяемых при изучении строения земной коры и верхней мантии, а также при поисках и разведке полезных ископаемых, гравиметрические исследования занимают одно из центральных мест.

"Уникальность поля силы тяжести по сравнению с другими физическими полями состоит в том, что она содержит информацию обо всех без исключения массах, составляющих Землю. Однако это же его свойство создает главное затруднение при истолковании данных гравиметрии. Как выявить в наблюдаемом поле ту часть, которая соответствует объекту, интересующему интерпретатора; каким образом выделить такую аномалию " в чистом виде" - этот вопрос в конечном итоге является главным, поскольку достигнутый технический уровень позволяет проинтерпретировать выделенную аномалию с любой требуемой точностью" [72].

Гравитационное поле территории Армянской ССР характеризуется отрицательными значениями аномалий Буге и зонами линейно-мозаичной формы различной интенсивности и ориентировки [56].

Впервые районирование гравитационного поля территории М.Кавказа было выполнено Э.Б.Аджимамудовым [5], который в качестве аномалий первого порядка выделил два максимума - северо-восточный (Казахский) и юго-западный (Араксинский) с разделяющей их зоной Центрального минимума. Выделенные зоны, в первом приближении, пространственно совпадают с тектоническими зонами, выделенными К.Н.Паффенгольцем (Сомхето-Карабахская, Армянская и Нахичеванская) [102], А.Т.Асланяном (Антикавказский, Севанский и Араксинский оротектонические пояса) [12] и А.А.Габриеляном

(области раннеальпийской, среднеальпийской и позднеальпийской складчатостей) [43].

Последующие более детальные гравиметрические исследования Ш.С.Оганисяна, Л.К.Татевосян и др. [56,126] в целом подтвердили указанную схему, уточнив границы этих зон с выделением на крайнем юго-востоке АрмССР обособленной области максимума силы тяжести - Кафанского гравитационного сегмента.

Расположение исследуемой территории на "стыке" нескольких тектонических зон обусловило необходимость выяснения особенностей гравитационного поля изучаемого района в более региональном масштабе. Для этой цели было выполнено районирование гравитационного поля по его интенсивности, простиранию, протяженности изоаномал и другим параметрам вначале по сводной, последней по времени опубликования * мелкомасштабной гравиметрической карте в редукции Буге ($G = 2,67 \text{ г/см}^3$) (рис. 2.2).

На составленной схеме в пределах территории Армянской ССР выделяются пять мегарегиональных гравитационных зон: Среднеараксинская (I), Ахурянская (II), Центральная (III), Алаверди-Иджеванская (IV) и Горис-Кафанская (V) зоны.

Среднеараксинская мегарегиональная зона северо-западного простирания приурочена к отрезку р.Аракс между г.Аштарак, на северо-западе и г.Ордубад - на юго-востоке. Для этой зоны характерно наличие относительных максимумов силы тяжести, их блоковое расположение и кавказское простирание.

Ахурянская мегарегиональная зона субмеридионального простирания расположена между широтой г. Гюкясян на севере (в пределах территории Армянской ССР), а на юге ограничена широтным отрезком р. Аракс между с.Маркара на востоке и с.Херобеклу на западе. Эта зона характеризуется наличием линейных относительных максимумов и минимумов силы тяжести субмеридионального простирания. Ранее, рядом авторов (А.Т.Донабедов, Э.Б.Аджимамудов, Ш.С.Оганисян и др.) Октемберянский гравитационный относительный максимум объединялся с Среднеараксинской зоной только по одному признаку - интенсивности поля [56]. В настоящее время,

* Карта опубликована в 1973 г. под редакцией Б.К.Балавадзе.

Алаверди-Иджеванская мегарегиональная зона повышенных значений аномалий силы тяжести охватывает небольшую северо-восточную часть территории Армянской ССР и характеризуется монотонным нарастанием значений силы тяжести в северо-восточном направлении. Отличительной чертой этой зоны является линейная вытянутость изоаномал силы тяжести общекавказского простираения.

Горис-Кафанская мегарегиональная зона повышенных значений аномалий силы тяжести расположена в юго-восточной части территории республики, в области так называемого Кафанского сегмента. Эта зона субмеридионального простираения характеризуется нарастанием значений аномалий силы тяжести в восточном направлении.

Таким образом, основное отличие составленной схемы от существующих заключается в том, что выделяется Ахурянская мегарегиональная зона субмеридионального простираения.

Вышеуказанные мегарегиональные зоны разделяются между собой зонами относительно повышенных горизонтальных градиентов силы тяжести протяженностью в несколько десятков и даже сотен километров и величиной порядка $0,3-0,6$ мкм/мс². Ширина выделенных зон составляет 40-70 км, протяженность от 80 до 200 км (в пределах территории Армянской ССР), а разница значений аномалий между зонами достигает 700-900 мкм/с².

Региональные аномалии подобного характера обычно объясняются особенностями изменения рельефа поверхности Конрада и Мохоровичича [9,39,67,75], т.е. выделенные мегарегиональные гравиационные зоны отражают глубинные неоднородности земной коры.

По представлениям Ю.И.Никольского и др., региональные аномалии силы тяжести на территории Армянской ССР в общем зеркально отражают дневной рельеф и поэтому в большей своей части они, вероятно, "искусственны" и "созданы" введением редуционных поправок [87]. На наш взгляд введением редуционных поправок нельзя объяснить тот факт, что интенсивность региональных аномалий в районе горы Арагац (4095 м), расположенной более чем 2000 м выше акватории оз.Севан (1897 м), примерно на 200 мкм/с² меньше, чем на Севане. Аналогичные примеры можно привести по районам Фонтанского прогиба и Сюникского вулканического нагорья.

Причину региональных аномалий на территории Армении Л.К.Татевосян связывает только с изменением глубины залегания поверх-

ности Мохоровичича: по ее данным мощность земной коры в зоне Центрального минимума, вычисленная методом Цубои, колеблется в пределах 52±55 км, а в зоне Алаверди-Иджеванского максимума она варьирует в интервале 48±50 км [126].

Согласно И.С.Оганисяну главнейшими факторами, обуславливающими региональные отрицательные аномалии на территории М.Кавказа, являются или уменьшение плотности изверженных и метаморфических пород в районах поднятий, или процессы, происходящие в подкоровом слое и приводящие к разуплотнению вещества в зонах поднятий. На основании количественной интерпретации гравиметрических данных вдоль 20 профилей для случая двухслойной модели земной коры (вулканогенно-осадочная толща – консолидированная кора), для территории М.Кавказа составлена карта мощностей земной коры [94,96] , из которой следует, что мощность земной коры при переходе с юго-запада и северо-востока (40–41 км) к центру региона возрастает и в районах Гегамского хребта и массива Г.Арагац достигает величины порядка 45–46 км.

По данным Н.К.Карапетян мощности "гранитного" и "базальтового" слоев в пределах Центрального гравитационного минимума, определенные по данным записей близких землетрясений, характеризуются большими значениями мощности "гранитного" слоя – 37 км и малыми значениями "базальтового" – 15 км; при этом мощность земной коры на территории М.Кавказа варьирует в пределах 50–54 км [65].

Результаты выполненных в последние годы сейсмологических исследований со станциями "Земля" [61,62,63] свидетельствуют о том, что мощность земной коры на территории Армении изменяется от 42–х до 48 км, при этом существенных различий в значениях мощностей "гранитного" (18–25 км) и "базальтового" (20–25 км) слоев не наблюдается. Одновременно по результатам этих работ в верхних частях земной коры в интервале глубин порядка 5±20 км от дневной поверхности были выделены скоростные границы, которые, по всей вероятности, могут являться и плотностными. Об этом свидетельствуют пересчеты гравитационного поля в нижнее полупространство, произведенные И.С.Елисеевой вдоль сейсмических профилей со станциями "Земля" [64].

Таким образом, сравнительный обзор данных о строении земной коры территории Армении выявляет три основные группы моделей:

в первом случае принимается обычная трехслойная модель, во втором — двухслойная, а в третьем — на основе исследований по объемным волнам, получается, что строение земной коры многослойное, и в верхней части ее выделяются по меньшей мере три границы.

При последующем анализе гравитационного поля мы исходили из последней модели. С целью картирования этих границ были выполнены различные трансформации наблюдаемого гравитационного поля: разделение поля методом осреднения, пересчеты в верхнее полупространство, вычисление производных и т.д.

Трансформации геофизических полей позволяют более наглядно подчеркнуть характеристику различных компонент поля для того или иного участка земной коры. Так, региональный фон гравитационного поля связан прежде всего с рельефом поверхности Конрада и Мохо и, в меньшей степени, или совсем не связан с рельефом поверхности фундамента. Изменения рельефа кристаллического фундамента, его петрографического состава, плотностные и структурные неоднородности осадочной толщи в большей степени характеризуются картами остаточных и разностных аномалий.

Однако вычисления локального и регионального полей не имеют строго формализованных решений: они выделяются в значительной мере на основе опыта интерпретатора. Наиболее достоверные результаты получаются при наличии дополнительных условий: данных о глубине, форме, местоположении и избыточной плотности самих аномалиеобразующих объектов. Для районов, обеспеченных такой информацией, применяется способ последовательных геологических приближений, основанный на последовательном вычитании из наблюдаемого поля гравитационного влияния известных геологических объектов и последующей интерпретации остаточных аномалий. Этот способ Ю.И.Никольским и др. был применен при интерпретации гравитационного поля территории Армении [87].

В качестве регионального гравитационного поля было принято поле однородного фундамента с плотностью $2,80 \text{ г/см}^3$, условно выведенного на дневную поверхность. Значения регионального поля первоначально были вычислены в точках с известным положением поверхности фундамента — данные из районов обнажений фундамента, данные по разрезу скважин, данные сейсмологии, которых явно недостаточно, как это следует из обзора геолого-геофизи-

ческих исследований. Эти точки были приняты в качестве опорных, от которых значения Δg рег. интерполировались и экстраполировались на всю изучаемую территорию. Была составлена также карта локальных аномалий путем исключения регионального поля из наблюдаемого, а операция вычитания производилась графически непосредственно по изолиниям. На карте локальных аномалий значения последних колеблются от -900 мкм/с^2 в Нижне-Ахурянской впадине до $+80 \text{ мкм/с}^2$ на Разданском выступе фундамента, т.е. была получена карта локальных аномалий с весьма большой амплитудой 1000 мкм/с^2 . Она авторами была использована для изучения строения осадочного чехла и рельефа метаморфического фундамента [87].

При трансформациях гравитационного поля для более ограниченной площади – бассейна оз. Севан и его обрамления – учитывая новые данные о возможных глубинах залегания метаморфического фундамента, являющегося наиболее существенной плотностной границей, более целесообразно производить разделение гравитационного поля, используя методы Тихонова-Буланже [128] и Н.Р.Малкина [118]. При этом, исходя из средней глубины залегания поверхности фундамента на исследуемой территории около 5 км, радиус осреднения принимается 20 км (рис. 2,3, 2.4, 2.5).

С целью изучения более глубоких плотностных границ поле Δg рег. (5 км) было в дальнейшем осреднено в радиусе 40 км (рис. 2.6, 2.7), а последнее – 60 км, что, согласно расчетам Тихонова-Буланже, соответствует глубинам около 10 и 15 км [128].

Дальнейшее осреднение поля оказалось невозможным вследствие отсутствия гравиметрических данных по сопредельным территориям Турции и Ирана.

Амплитуды локальных аномалий, полученных на глубинах 5, 10 и 15 км, составляют соответственно 380, 250 и 150 мкм/с^2 .

Сравнение полученных результатов с величинами локальных аномалий, выделенных путем непосредственного осреднения наблюдаемого поля до глубины 15 км – $\Delta g_{\text{лок.}}(0-15 \text{ км})$ для отдельных районов исследуемой территории, показало их хорошую согласованность. Максимальная разница в указанных величинах составила $\pm 3 \text{ мкм/с}^2$, т.е. для исследуемой территории можем записать:

$$\Delta g_{\text{лок.}}(0-15 \text{ км}) = \Delta g_{\text{лок.}}(0-5 \text{ км}) + \Delta g_{\text{лок.}}(5-10 \text{ км}) + \Delta g_{\text{лок.}}(10-15 \text{ км}) \pm 3 \text{ мкм/с}^2.$$

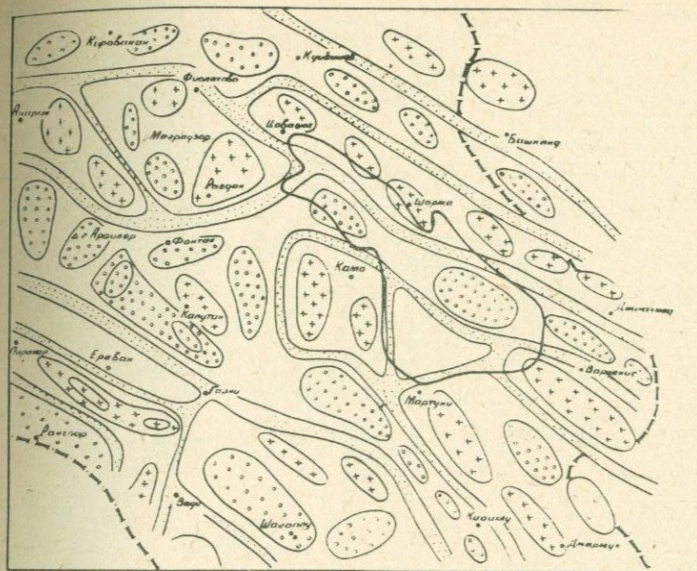


Рис. 2.3. Схема остаточных аномалий $\Delta g_{ост.}$ (0-5 км)
 1 - положительные аномалии; 2 - отрицательные аномалии; 3 -
 зоны больших горизонтальных градиентов Δg .

Такой метод выделения составляющих наблюдаемого поля, впервые примененный для разделения гравитационного поля территории Армении, позволяет последовательно выявлять плотностные границы на различных глубинах земной коры.

Исследуемая нами территория располагается в основном в Центральной мегарегиональной зоне пониженных значений аномалий силы тяжести, и, частично, в сопредельных зонах относительно повышенных значений гравитационного поля (рис. 2.2). Простираение изоаномал силы тяжести Центрального минимума в основном общекавказское, но на общем региональном фоне выявляются мозаичной формы аномалии, в значительной степени меняющие облик регионального минимума линейного типа. Наиболее интенсивными отрицательными аномалиями характеризуются высокогорные вулканические рай-

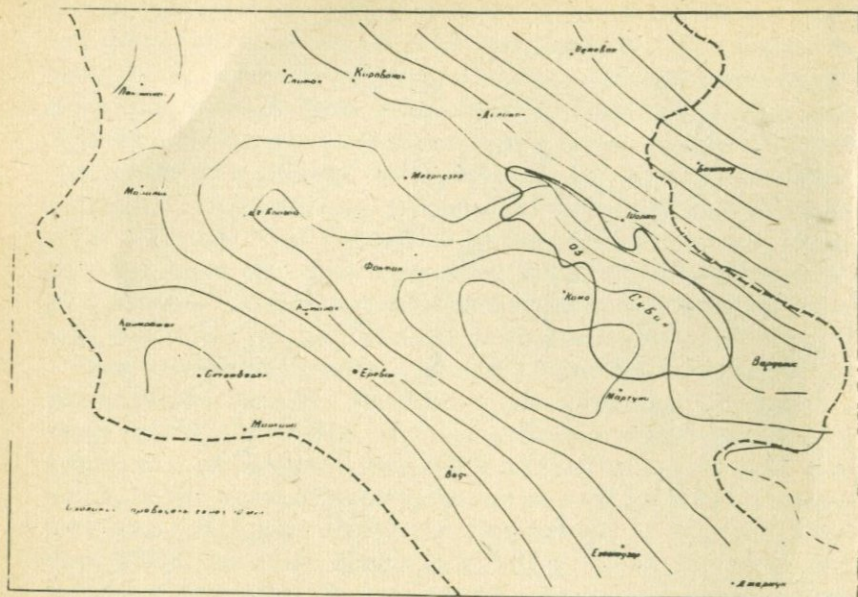


Рис. 2.4. Карта аномалий Δg , пересчитанных на высоту 5 км (составил А.Г.Бабаджанян).

оны и межгорные впадины (Гегамское и Сникское нагорья, оз.Севан, Фонтанский прогиб и др.) [56,91].

Ввиду неравномерной изученности гравитационного поля и необходимости более конкретного решения ряда частных задач, таких, как выявление и прослеживание зон тектонических нарушений, изучение строения фундамента в отдельных районах и массивов основных и ультраосновных пород офиолитовой ассоциации на северо-восточном побережье оз. Севан, были выполнены специальные гравиметрические и магнитометрические пересечения Севанского, Аргунийского, Памбакского и Гегамского хребтов, а также наблюдения вдоль всего побережья оз.Севан (430 кв.км) (рис.2.8). Точность определения аномалий составила $\pm 3 \text{ мкм/с}^2$, что позволило увязать полученные данные с результатами специальной донной гравиметрической съемки (З.Б.Тагиев, Э.М.Фонштейн, 1968–1969 гг.)

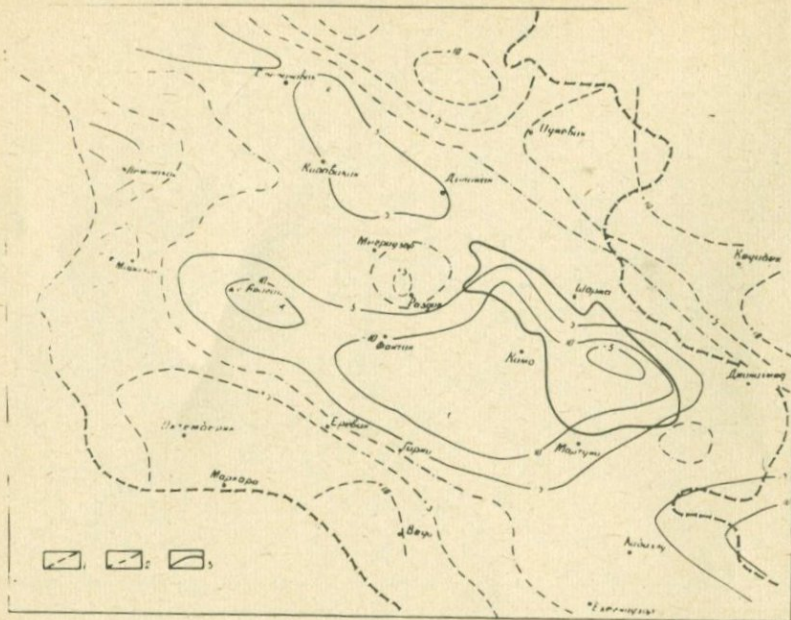


Рис. 2.6. Карта остаточных аномалий $\Delta g_{ост.}$ (5-10 км) (составил А.Г.Бабаджанян).
1 - положительные; 2 - нулевые; 3 - отрицательные аномалии.

Б - Меградзорский гравитационный блок - изометрической формы с площадью примерно 1500 кв. км характеризуется наличием интенсивных относительных максимумов силы тяжести: Арзакан-Апаранский, Разданский и др.

В - Варденисский гравитационный блок - северо-западного простираения, имеет площадь около 1200 кв. км (в пределах исследуемой территории), характеризуется наличием линейных интенсивных относительных максимумов и минимумов силы тяжести.

Г - Красносельский гравитационный блок - северо-западного простираения, площадью около 800 кв. км, заключен между двумя региональными зонами градиентов Δg . В пределах блока имеются мелкие по размерам относительные максимумы и минимумы силы тяжести.

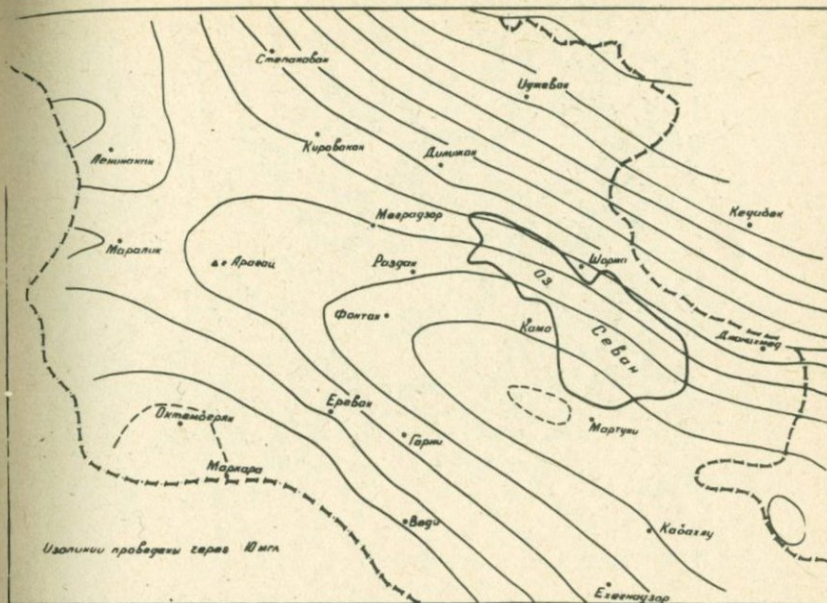


Рис. 2.7. Карта региональных аномалий Δg при $R = 40$ км.
(составил А.Г.Бабаджанян).

Таковы главнейшие особенности гравитационного поля рассматриваемой территории, геологическая природа которых в настоящее время может быть выявлена с различной степенью достоверности, обусловленной степенью их изученности другими методами и возможностями их количественной интерпретации.

2.3. Магнитное поле

Аномальное магнитное поле территории Армянской ССР по данным наземной съемки характеризуется значительной амплитудой изменения ΔZ в среднем от + 7000 до - 4500 нТл [56]. В зависимости от интенсивности поля, характера его изменения, знака, формы аномалий магнитного поля в пределах территории АрмССР выделяются 2 резко отличающиеся друг от друга региональные зоны: Приарак-

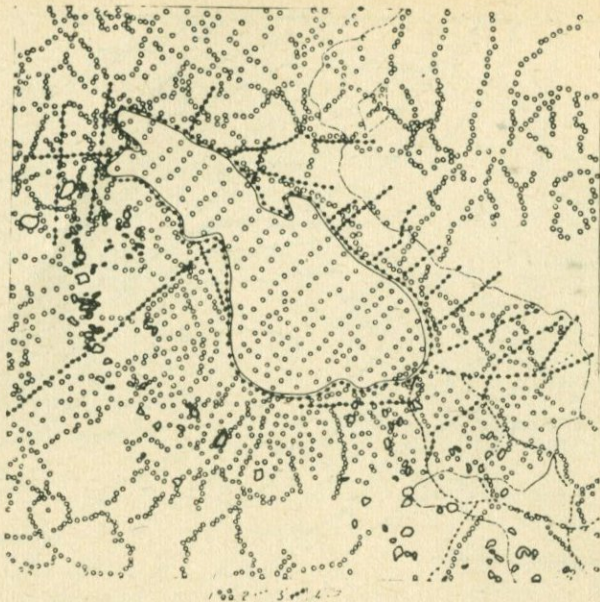


Рис. 2.8. Схема гравиметрической изученности исследуемой территории: 1 - гравиметрические пункты до 1966 г.; 2 - профили, проведенные Ю.И.Никольским и др.; 3 - профили, проведенные автором; 4 - вулканы.

синская и Присеванская, имеющие в целом общекавказское прости-
рание [6].

Приараксинская зона, охватывающая юго-восточную часть Арарат-
ской низменности и Нахичеванскую АССР, характеризуется спокой-
ным, близким к нормальному, безградиентным магнитным полем с на-
личием как положительных, так и отрицательных аномалий. Относи-
тельно интенсивные, мелкие по размерам аномалии положительного и
отрицательного знака наблюдаются на северо-западе зоны, над рай-
онами, покрытыми вулканогенными образованиями антропогена (до-
леритовые базальты, дациты, туфогенные образования и т.д.). Спо-
койное аномальное поле зоны обусловлено в основном преобладани-
ем в верхней части земной коры нормально-осадочных пород, харак-
теризующихся слабыми магнитными свойствами.

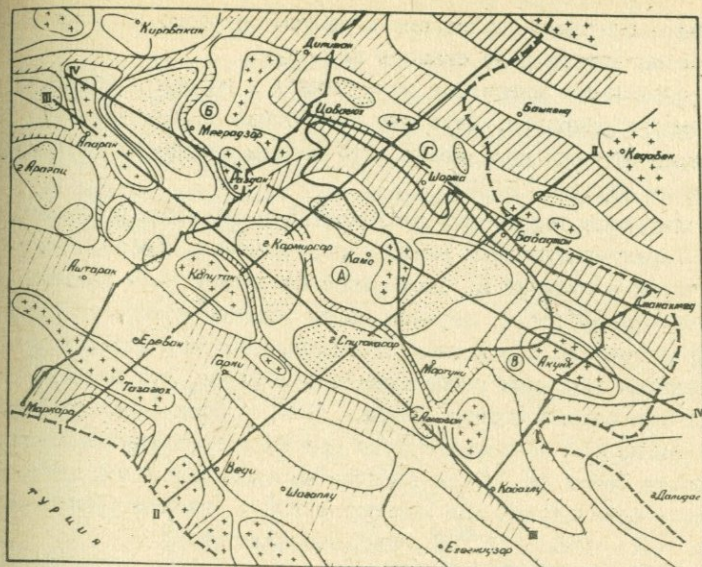


Рис. 2.9. Схема районирования гравитационного поля исследуемой территории (составил А.Г.Бабаджанян)
1 - относительные максимумы Δg ; 2 - относительные минимумы Δg ; 3 - зоны больших горизонтальных градиентов Δg ; 4 - профили станций "Земля"; 5 - интерпретационные профили.

Присеванская зона, охватывающая целиком горные сооружения М. Кавказа, характеризуется резко варьирующим, знакопеременным аномальным магнитным полем с наличием значительных по интенсивности и размерам положительных и отрицательных аномалий, достигающих нескольких тысяч гамм. Высокими значениями характеризуются и градиенты магнитного поля. Сложное аномальное магнитное поле Присеванской зоны обусловлено геологическими структурами, различными петрографическими типами пород, обратной намагниченностью пород, горным пересеченным рельефом, лавовым покровом и др. факторами. Как было показано на сводной стратиграфической колонке с физическими свойствами пород (рис. 2.1), отложения триаса и более древние характеризуются относительно слабо выра-

женными магнитными свойствами и поэтому особого влияния на аномальное магнитное поле оказать не могут.

На аномальное магнитное поле влияют и породы с обратной и ко-сой намагниченностью. Изучение остаточной намагниченности гор-ных пород Армении показывает, что породы некоторых возрастов на-магничены обратно [6,56].

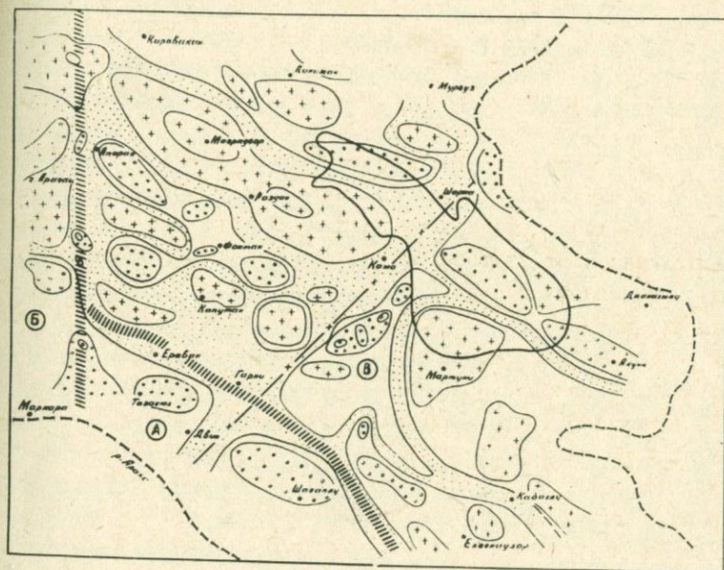
Исследуемая территория расположена в основном в Присеванской зоне, характеризующейся резко пересеченным рельефом. При этом значительное влияние на аномальное магнитное поле оказывает "магнитный рельеф", т.к. верхние части геологического разреза рай-она представлены в основном вулканогенными породами, характе-ризующимися высокими магнитными параметрами. Это влияние ослаб-ляется при аэромагнитных съемках. Так, приближенные расчеты Ц.Г.Акопяна [6] показывают, что при высоте полета самолета от по-верхности Земли на 1000 м влияние на аномальное магнитное поле андезито-базальтовых лав мощностью 100 м намагниченностью по-рядка $4 \cdot 10^{-6}$ СИ очень незначительно.

Наземная магнитная съемка в целом по территории республики, включая и бассейн оз.Севан, для составления среднemasштабной карты вертикальной составляющей магнитного поля, была заверше-на в 1962 г. С 1953 г. по настоящее время на территории Армян-ской ССР неоднократно проводились аэромагнитные съемки: мелко-масштабные (Л.И.Завьялова, Т.А.Израилова, 1953-1954 гг.; Е.Г.Ла-пина, 1965 г.) на высотах 400-600 и 9000 м; среднemasштабные (Г.А.Русаков, Г.А.Сироткина, 1963-1970 гг.; Е.Г.Лапина, 1969, 1974 гг.) на высотах 1200, 4000 и 4200 м и крупномасштабные на высоте 80-100 м [6,7,56].

Сравнение результатов аэромагнитных наблюдений на указанных высотах выявило в ряде случаев существенные расхождения в кон-турах и интенсивностях отдельных аномалий. Для своих целей мы в основном воспользовались наиболее кондиционной аэромагнитной картой масштаба 1:200000, полученной на высоте полета 4200 м (Е.Г.Лапина, 1974 г.). Съемка выполнялась на самолете типа ИЛ-14 аэромагнитометром фирмы "Джеометрикс" с аэрофотоаппаратом АФА-ТЭ-55.

Отметим также, что анализ результатов вышеуказанных работ по-казал, что большинство исследователей при районировании аномаль-ного магнитного поля обращало внимание, главным образом, на зо-

Исходя из неосходимой совокупности признаков районирования магнитного поля: интенсивности, формы, простираения, потери корреляции осей аномалий и др., составлена схема районирования аномального магнитного поля ΔT (рис. 2.10), согласно которой в пределах исследуемой территории выделяются следующие мегарегиональные зоны магнитного поля: Среднеараксинская (А), Касах-Ахурянская (Б) и Центральная (В) *.



* Площадь съемки не позволила выделить в северо-восточной части исследуемой территории Алаверди-Иджеванскую мегарегиональную зону, однако о наличии этой зоны свидетельствуют результаты аэромагнитных съемок, выполненных на высотах 1200 и 4000 м.

Для Среднеараксинской мегарегиональной зоны северо-западного простиранья характерно относительно слабое отрицательное аномальное магнитное поле ΔT . Эта зона в районе с.Двин зоной градиентов ΔT ($q_{\text{grad}} \Delta T = 25-30$ нТл/км) делится на северо-западную (Тазакхскую) и юго-восточную (Шагаплинскую) подзоны.

Для Касах-Ахурянской мегарегиональной зоны в целом субмеридионального, антикавказского простиранья характерны интенсивные положительные и отрицательные аномалии как субмеридионального, так и субширотного простиранья.

Граница между Касах-Ахурянской и Центральной мегарегиональными зонами проводится по стыковой зоне аномалий ΔT , где, как правило, приходят в "стык" аномалии субширотного или северо-восточного простиранья (к западу от этой зоны) с аномалиями северо-западного простиранья (к востоку от этой зоны). Кроме этого, в этой зоне выявлены и отдельные изометрические знакопеременные локальные аномалии ΔT , которые, возможно, обусловлены локальными интрузиями магматических пород.

Центральная мегарегиональная зона северо-западного простиранья представляет собой сложную систему магнитных аномалий, однако на этом фоне отчетливо выделяется ее дифференциация на 2 подзоны: северо-западную (Меградзор-Фонтанскую) и юго-восточную (Мартуни-Варденисскую). Граница между ними проходит по зоне градиентов ΔT ($q_{\text{grad}} \Delta T = 20-50$ нТл/км) вдоль линии Гарни-Камо-Шоржа (рис. 2.10), а также примыкающей к этой зоне системе локальных изометрических аномалий, вытянутых в северо-восточном направлении [108].

Указанная поперечная зона относительно высоких градиентов магнитного поля в северной части по своему местоположению совпадает с границей между М. и Б.Севаном. По своей протяженности, антикавказскому простиранью, отношению к характеру сочленения М. и Б.Севана и др. признакам эта региональная "сквозная" градиентная зона является уникальной на рассматриваемой территории, аналогов которой не выявлено проведенными съемками в других областях территории Армянской ССР.

Северо-западная подзона отличается тем, что в своей северо-восточной части она характеризуется протяженными линейными, очень интенсивными положительными аномалиями, к числу которых, в первую очередь, относится Меградзор-Разданская линейная ано-

магния с интенсивностью до 750 нТл. Отметим также, что по данным наземной съемки ΔZ в пределах этой аномалии выявлены отдельные локальные положительные, очень интенсивные, достигающие 2000 нТл, аномалии. По градиентной зоне, прослеживаемой вдоль линии с.Алагяз-гора Кармирсар, она отделяется от области (юго-западная часть подзоны), для которой характерны изометрические, менее интенсивные положительные и отрицательные магнитные аномалии.

Для юго-восточной подзоны характерно наличие менее интенсивных как линейных, так и изометрических положительных и отрицательных аномалий. Наиболее крупными из них являются Мартунинская и Гезальдаринская положительные аномалии с интенсивностью соответственно 430 и 400 нТл, а также Варденисская отрицательная аномалия с интенсивностью - 120 нТл.

Учитывая данные о магнитных свойствах горных пород и то, что на абсолютной высоте 4200 м влияние поверхностных эффузивных пород на магнитное поле, если не полностью, то в значительной мере исключено, а также проводя сравнение с известными геолого-геофизическими данными, можно заключить, что выявленные аномалии обусловлены, главным образом, метаморфическими и, особенно, магматическими образованиями мезозоя и эопаалеозоя. В ряде районов эта связь проявляется особенно четко. Например, отрицательными локальными аномалиями магнитного поля ΔT характеризуются районы обнажений (Арзакан, Апаран) и выступов (Тазагях, Паракар) кембрий-докембрийских пород, а положительными аномалиями ΔT характеризуются районы Капутанского и Разданского месторождений железа и т.д.

Расчеты, выполненные Е.Г.Лапиной и др., показывают, что глубина залегания верхних кромок аномалиеобразующих объектов от дневной поверхности колеблется в интервале $0,9 \pm 2,2$ км, а нижних кромок чаще всего на глубинах порядка 5 ± 6 км, в единичных случаях достигая 10-12 км.

По В.Н.Страхову и М.И.Лапиной [124], "проблема определения глубин залегания так называемых нижних кромок магнитоактивных тел по данным наблюдений поля ΔZ (или ΔT) является чрезвычайно трудной даже в тех случаях, когда аномалии создаются изолированными объектами, а значение нормального поля установлено с высокой точностью".

Изучением сейсмического режима Кавказа начали заниматься со второй половины XIX века, однако эти исследования носили несистематический характер и велись в основном с целью изучения разрушительных последствий отдельных землетрясений.

Появление первых сводок инструментальных данных о землетрясениях связано с организацией на Кавказе сейсмических станций в г. Тбилиси (1889 г.), в Баку (1903 г.) и в Ереване (1931 г.). Увеличение в дальнейшем количества станций немного повысило число регистрируемых землетрясений. Это позволило А.Я.Левинской и Т.М.Лебедевой впервые построить годограф для всей территории Кавказа [56], который был вычислен на основании некоторой средней скоростной характеристики среды без учета локальных геологических, а следовательно, и скоростных особенностей отдельных районов.

В связи с дальнейшим расширением сейсмической сети и установлением однотипной аппаратуры возникла возможность построения годографов для отдельных сейсмических районов Кавказа. В 1956 г. Н.К.Каралетян [65] построила годографы продольных и поперечных волн для М.Кавказа при глубинах очагов 0,15 и 30 км.

Использование данных сейсмологии с целью изучения строения земной коры территории Кавказа было начато в 1941 г. по наблюдениям над мощными взрывами [56], а с 1950 г. — по инструментальным данным о землетрясениях. Результаты исследований сейсмичности и ее связи с глубинным строением Кавказа, накопившиеся до 1960 г., были обобщены в работе И.В.Кириловой и др. [71].

В последние годы вопросам использования данных сейсмологии с целью изучения глубинного строения и детального сейсмического районирования отдельных районов территории республики посвящены работы А.А.Габриеляна, С.А.Пирузяна, Н.К.Каралетян, А.Х.Баграмяна и др. [18, 30, 44, 46, 47, 62, 66, 86, 99, 100, 107 и др.].

Наиболее полные данные о глубинном строении были получены по методу обменных волн, с помощью станций "Земля". Основными задачами этих исследований, проведенных на территории Армянской ССР в период 1968—1974 гг., было выделение скоростных границ в толще земной коры и выявление очагов местных землетрясений с целью изучения разломной тектоники территории [60, 62, 63]. Проведенные работы позволили выделить и проследить по площади систему разломов кавказского и антикавказского направлений. Все выделенные разломы имеют глубинный характер и прослежива-

ССР в период с 1971 г. по май 1980 г. и местных землетрясений, записанных станциями "Земля" в период 1968-1974 гг. (рис. 2.13), позволяет заключить, что:

а) распределение эпицентров сильных землетрясений неравномерное, что может быть объяснено, помимо характера сейсмичности, также и недостаточной точностью определения координат эпицентров.

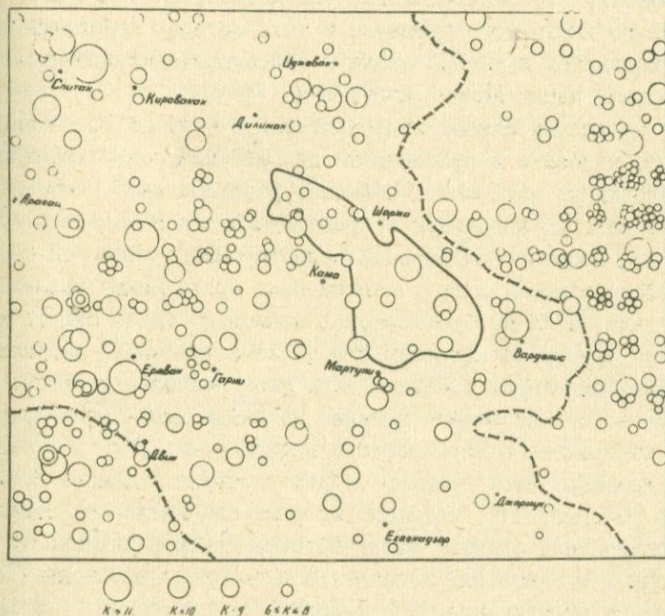


Рис.2.13. Карта эпицентров землетрясений ($K \geq 6$), зарегистрированных сейсмическими станциями ИГИС АН АрмССР в период январь 1970 - май 1980 гг.

Наиболее существенная особенность в распределении сильных землетрясений по их интенсивности состоит в том, что они расположены в юго-западной части исследуемой территории. Кроме этого, интенсивность землетрясений уменьшается с юго-запада на северо-восток от 8-9 баллов до 4-5 баллов, причем обособляются 3 зоны с резкими границами: Среднеараксинская, Центральная и Ала-

верди-Иджеванская. При этом необходимо отметить, что наименьшим количеством землетрясений характеризуется центральная зона, пространственно совпадающая с областью развития новейшего вулканизма М.Кавказа;

б) имеющиеся статистические данные о глубине очагов большинства землетрясений показывают, что очаги, как правило, располагаются в пределах земной коры на 2-х уровнях: на глубине $5\div 10$ и $25\div 30$ км. Исходя из этого, с большой долей вероятности можно предполагать, что распределение эпицентров землетрясений, проявившихся до настоящего времени, и тех, которые проявятся в будущем, находится в тесной связи с особенностями глубинного строения верхней части земной коры;

в) в отношении слабых землетрясений с 6-го до 13-го энергетического класса и в особенности для $6\div 8$ классов устанавливается наибольшая активность области, расположенной к юго-западу от М.Севана, где эпицентры сосредотачиваются в полосе северо-восточного простиранья шириной ориентировочно около 40 км, начинающейся на юго-западе у изгиба реки Аракс между селами Маркара и Двин, а на северо-востоке, насколько можно судить по имеющимся данным регистрации слабых землетрясений, затухающей в пределах акватории М.Севана. При этом наиболее уверенно выделяется ее юго-восточная граница по линии Двин-Гарни-Камо-Шоржа, которая на северо-востоке проходит между М. и Б.Севаном. О существовании этой границы свидетельствуют и данные Н.К.Каррапетян [66, рис. 3], согласно которым она является "стыковой" зоной сочленения системы изолиний сейсмической активности (А): к востоку и юго-востоку изолинии А имеют явно выраженное северо-западное простиранье, а к западу и северо-западу - северо-восточное простиранье;

г) по весьма малочисленным данным о пространственном распределении эпицентров местных землетрясений, зарегистрированных станциями "Земля" за сравнительно короткие ежегодные промежутки времени (3-4 месяца в год), можно лишь судить о наблюдаемой относительной сейсмической активности в полосе между р.Аракс и западным берегом М.Севана.

1. В стратиграфическом разрезе исследуемой территории выделяются 2 плотностные границы: первая — между образованиями среднего и верхнего эоцена со скачком плотности $+0,11 \text{ г/см}^3$ и вторая — между метаморфическими породами кембрия—докембрия и перекрывающими их трансгрессивно отложениями. Скачок плотности на этой границе, в зависимости от контактируемых пород, может варьировать от $+0,15$ до $+0,30 \text{ г/см}^3$. По значениям магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности выделяется граница между породами среднего и верхнего эоцена.

2. Значения плотности перидотитов, в зависимости от степени серпентинизации, варьируют от $2,39$ до $2,82 \text{ г/см}^3$, составляя в среднем $2,60 \text{ г/см}^3$. Магнитная восприимчивость и остаточная намагниченность этих пород характеризуются большими значениями, составляя в среднем соответственно $4\text{П} \cdot 2500 \cdot 10^{-6} \text{ СИ}$ и $4\text{П} \cdot 1200 \cdot 10^{-6} \text{ СИ}$.

3. В региональном плане на территории Армянской ССР выделены 5 мегарегиональных гравитационных зон: Среднеараксинская, Ахурянская, Центральная, Алаверди-Иджеванская и Горис-Кафанская зоны. Исследуемая территория расположена в основном в пределах Центральной зоны пониженных значений аномалий силы тяжести, где выделены 4 гравитационных блока: Фонтанский, Меградзорский, Варденисский и Красносельский. В результате трансформаций наблюдаемого гравитационного поля для исследуемой территории составлены различные карты локальных и региональных аномалий.

4. По аномальному магнитному полю ΔT , полученному на высоте 4200 м , выделены Среднеараксинский, Центральный и Касах-Ахурянский мегарегиональные блоки. Центральная мегарегиональная зона, в свою очередь, подразделяется на 2 подзоны: Меградзор-Фонтанскую и Мартуни-Варденисскую, граница между которыми проходит по зоне градиентов ΔT вдоль линии Гарни-Камо-Шоржа.

5. Пространственное распределение проявившихся к настоящему времени землетрясений различной интенсивности неравномерное. Отмечается уменьшение их количества и интенсивности с юго-запада на северо-восток от $8\frac{4}{9}$ до $4\frac{4}{5}$ баллов. Имеющиеся данные о глубине очагов землетрясений показывают, что они располагаются в пределах земной коры на 2 уровнях: на глубине 5 ± 10 и $25\pm 30 \text{ км}$, а подавляющее их большинство имеет глубину очага $5\pm 15 \text{ км}$.

3. МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ ГЕОСТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В настоящее время установлено, что блоково-складчатым структурам земной коры, характеризующимся специфическими особенностями современного развития и единством их историко-геологического формирования, свойственны квазиоднородные геофизические поля, существенно изменяющиеся на границах этих структур, а также выявлена система признаков геофизических полей, по которым можно локализовать квазиоднородные блоки. Степень геологического истолкования полей единичных блоков и особенностей их пространственных взаимоотношений оказывается различной, в зависимости от полноты используемых признаков, методов количественной интерпретации геофизических полей, количества и качества геологической информации. Значительные трудности возникают при изучении строения блоков на различных уровнях по глубине, особенно в тех случаях, когда отсутствуют или недостаточны данные по ГСЗ и территория слабо изучена глубоким бурением.

Некоторые литературные данные о строении земной коры и, прежде всего, о глубине залегания поверхности Мохоровичича были приведены в 2.2 в связи с рассмотрением причин региональных гравитационных аномалий. Наиболее полные данные о строении земной коры, полученные путем интерпретации гравитационного поля с учетом данных по обменным волнам, содержатся в работе Ш.С.Оганисяна [96]. При принятой автором двуслойной модели значения глубин залегания поверхности Мохо на территории АрмССР колеблются от 40 до 46 км, а в пределах исследуемой территории перепад значений глубин составляет 1 км (рис. 3.1). Очевидно, что возможные изменения рельефа поверхности Мохо можно выявить на сравнительно большой территории, а площадь наших исследований дает возможность выяснения дифференциации лишь верхних частей земной коры.

Имеющиеся к настоящему времени сведения о глубинном строении не позволяют однозначно определить вопрос о количестве слоев в

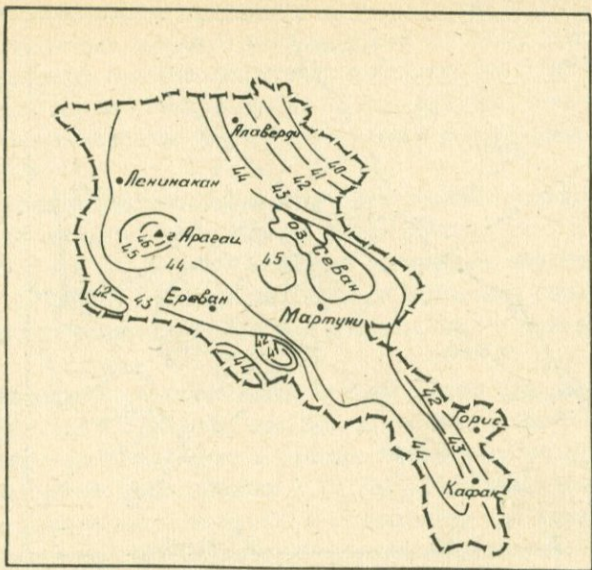


Рис. 3.1. Карта мощностей земной коры Армении (составил Ш.С.Оганисян, 1977 г.).

земной коре. Как было отмечено в 2.2, при изучении глубинного строения исследуемой территории мы исходим из того, что строение земной коры многослойное и в верхней части ее выделяются по меньшей мере три границы.

С целью выявления этих границ вдоль 6 интерпретационных региональных профилей с использованием геологических, сейсмологических и других геофизических материалов были построены гравитационные (плотностные) модели верхней части земной коры, пространственное расположение которых показано на рис. 3.2.

Перейдем к краткому описанию методики построения этих моделей.

3.1. Построение гравитационных моделей верхней части земной коры

Одной из центральных проблем современной геофизики является построение комплексной геофизической модели земной коры и верх-

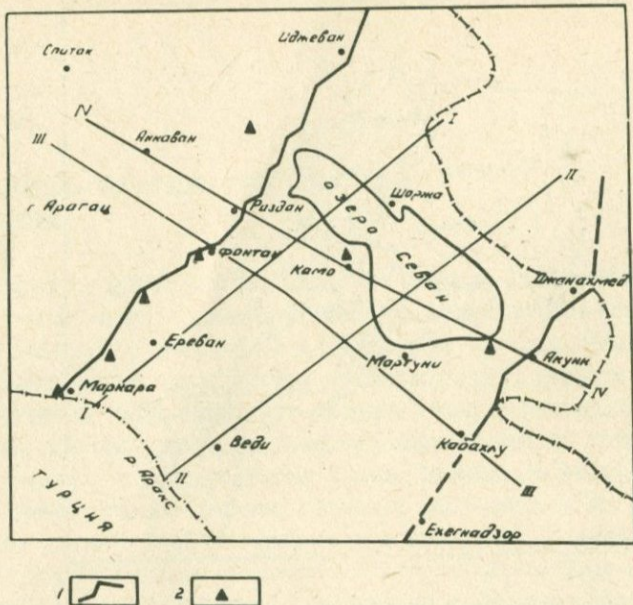


Рис. 3.2. Схема расположения интерпретационных профилей I – интерпретационные профили; 2 – скважины.

ней мантии. Геофизическая модель совместно с геологической и геохимической моделями может служить основой для создания объединенной модели Земли, которая позволит уточнить особенности строения верхней части планеты, а также будет способствовать установлению общих закономерностей формирования и размещения месторождений полезных ископаемых [33].

Как показывает обзор работы, в основу большинства новых методов обработки геофизической информации положена идея комплексной интерпретации. В огромной степени этому способствовало широкое применение математических методов и электронно-вычислительных машин [29, 37, 39, 67, 68, 72, 75, 93, 118, 121, 122, 123, 125, 129, 132 и др.].

Начальным этапом решения проблемы является создание моделей по различным геофизическим полям. К числу главнейших относится гравитационная, или плотностная модель, которая строится

по наблюдаемому гравитационному полю с учетом имеющихся геолого-геофизических данных и удовлетворяет главному условию - ее гравитационное поле соответствует наблюдаемому. Основной способ построения плотностных моделей - метод подбора, который в настоящее время интенсивно автоматизируется и реализуется с использованием ЭВМ.

Построение плотностной модели осуществляется выдвижением и проверкой методом итерационного моделирования [29, 72, 92, 120, 122, 123, 125, 134 и др.] рабочей гипотезы о строении верхней части земной коры. Данная методика реализуется с помощью решения обратной задачи гравиметрии, которая в общем случае некорректна [92, 121].

Значительное развитие метод моделирования гравитационных аномалий получил после того, как для изучения глубинного строения не только континентов, но и океанов стали активно использоваться сейсмические исследования [117, 132]. Опыт многолетних исследований в различных регионах СССР показывает, что комплексная интерпретация гравиметрических и сейсмических данных является важным средством для снижения многозначности и повышения достоверности (устойчивости) построения разрезов земной коры [23, 29, 39, 57, 68, 117, 132 и др.].

Исходя из этого при построении плотностных моделей земной коры для территории Армянской ССР за исходные данные целесообразно принять результаты сейсмологических исследований со станциями "Земля", которые носили в основном маршрутный характер. Как было отмечено в 2.4, по результатам этих исследований, помимо поверхностей кристаллического фундамента и Мохо, в верхней части земной коры также были выделены различные скоростные границы и система разломов, относимых авторами работ к категории глубинных, т.е. пересекающих всю земную кору.

Следует отметить, что для построения плотностной модели использованы не все сейсмологические профили, так как некоторые из них расположены в региональных градиентных зонах аномалий силы тяжести, например Кармрашен-Ехегнадзор, Цоватих-Зардахач и др. Наиболее оптимальными для изучения строения земной коры бассейна оз.Севан совместно с гравиметрическими данными являются профили Маркара-Пойли и Кабахлу-Джанахмед. Вначале были построены

гравитационные модели вдоль этих 2-х профилей станций "Земля", а их результаты были учтены при интерпретации остальных региональных профилей.

Количественная интерпретация проводилась по программам (устойчивые численные методы решения обратных задач гравиметрии), разработанным В.И.Старостенко и С.М.Оганесяном на языке АЛГАС для ЭВМ "Минск-22" [92, 120, 121, 122]. Исходная двумерная плотностная модель аппроксимировалась совокупностью бесконечных вертикальных прямоугольных призм. Длина интерпретационных профилей изменялась от 130 до 160 км, точки располагались на горном рельефе местности с шагом, равным 2 км.

Глубинность и достоверность построения моделей, в нашем случае, существенно зависят от ряда специфических факторов и, в частности, от отсутствия гравиметрических данных по сопредельным территориям Турции и Ирана, недостаточности сведений о глубинной геологии, нечеткости прослеживания обменных границ и т.д.

Исходя из этого при построении плотностных моделей мы ограничились решением следующих задач:

1. Определение средней глубины (асимптоты) залегания аномалиеобразующих поверхностей.

2. Определение положения границы между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом.

3. Выделение горизонтальных плотностных неоднородностей в верхней части земной коры.

4. Выявление и количественная характеристика по глубине вертикальных плотностных границ.

Профиль Маркара - Поилы, протяженностью около 130 км, расположен в пределах Среднеараксинской, Центральной и Алаверди-Иджеванской мегарегиональных гравитационных зон (рис. 2.9).

Качественный анализ относительных максимумов и минимумов наблюдаемого гравитационного поля Δg по профилю (интенсивность, ширина и т.д.) в совокупности с данными о приуроченности некоторых установленных поднятий и опусканий поверхности кристаллического фундамента на территории Армянской ССР (Арзакан-Апаранский, Тазагяхский выступы, Фонтанский прогиб) к локальным относительным экстремумам гравитационного и магнитного полей [56], позволяет на первом этапе интерпретации по остаточной кривой,

осредненной до глубины 5 км - $\Delta g_{\text{лок.}} (0-5 \text{ км})$ определить положение границ между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом.

За исходное положение поверхности фундамента принималась поверхность "Ф", выявленная станциями "Земля" (рис. 3.3), а средняя плотность пород кристаллического фундамента (см. 2.1) была принята равной $2,80 \pm 0,05 \text{ г/см}^3$.

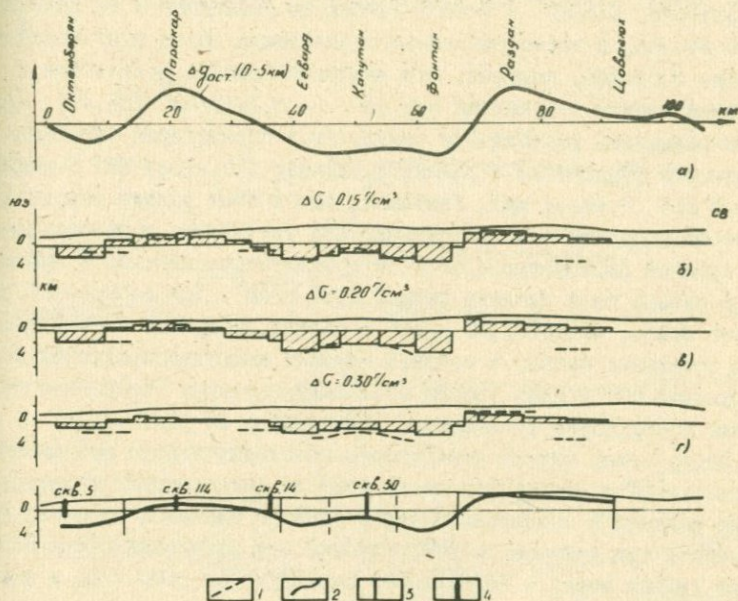


Рис. 3.3. Определение положения поверхности фундамента
1 - поверхность "Ф" по данным станций "Земля"; 2 - поверхность фундамента по данным Δg ; 3 - вертикальные границы в осадочном чехле; 4 - скважины.

При помощи программы решения обратной задачи гравиметрии для контактной поверхности [93] для возможных избыточных плотностей ($0,15 \pm 0,30 \text{ г/см}^3$) и различных глубин залегания аномалиеобразующей поверхности ($-1,5 \pm 1,0 \text{ км}$ относительно уровня моря) рассчитывались модели поверхности кристаллического фунда-

мента (рис. 3.3.а,б,в). Критерием отбора того или иного положения аномалиеобразующей границы являлось значение величины среднеквадратического отклонения заданных величин поля и найденных в результате расчета. По этому критерию была определена средняя глубина залегания поверхности кристаллического фундамента, которая для исследуемой территории равна 500 м ниже уровня моря.

Положение границы между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом выбиралось также с учетом имеющихся данных геологической съемки и физических свойств горных пород исследуемой территории. Анализ, с учетом данных по скважинам № 14 Раздан и № 30 Фонтан, а также неглубокого залегания пород фундамента в районе с.Раздан, показал, что наиболее близкие результаты к опорным данным получаются при $\Delta\delta = + 0,20 \text{ г/см}^3$ [26,29]. При этом выявилось расхождение результатов определения залегания поверхности фундамента в районе с.Паракар (0,2±0,3 км) с данными скв. № 114 (1,1±1,2 км). Учитывая, что в этом районе породы фундамента залегают непосредственно под третичными образованиями со средней плотностью $2,50 \text{ г/см}^3$, избыточная плотность призм в этом районе была принята равной $0,30 \text{ г/см}^3$. При избыточной плотности призм, равной $0,30 \text{ г/см}^3$ в районе с.Паракар и $0,20 \text{ г/см}^3$ для остальных призм, и средней глубине аномалиеобразующей поверхности 500 м ниже уровня моря было повторно определено положение поверхности фундамента, приведенное на рис. 3.3.г.

Построенная модель поверхности кристаллического фундамента согласуется с имеющимися вдоль профиля фактическими геологическими данными и свидетельствует о сложном блоковом строении фундамента, при котором средняя глубина его залегания равна 500 м ниже уровня моря, а поверхность варьирует от 1500–1700 м выше до 2500–3000 м ниже уровня моря [26].

По поверхности фундамента вдоль исследуемого профиля с юго-запада на северо-восток выделяются приподнятые Тазагяхский, Разданский и опущенные Октемберянский, Егвардский, Фонтанский блоки (рис. 3.5).

Природа локального максимума остаточного поля $\Delta g_{\text{ост.}}$ (0–5 км) в районе с. Капутан и соответствующего ему относительного поднятия контактной поверхности до 2–х км от дневной поверхности, обусловлена, на наш взгляд, не столько поднятием пород фундамента, сколько наличием на небольших глубинах интрузий основного ос-

тава, с которыми генетически связано Капутанское железорудное месторождение (в случае избыточной плотности, меньшей чем $0,20 \text{ г/см}^3$, глубина залегания их может значительно уменьшиться). Об этом свидетельствуют также данные магнитного поля.

На втором этапе интерпретации с целью выявления плотностных неоднородностей в верхней части земной коры по остаточным аномалиям $\Delta g_{\text{ост.}}$ (5–10 км) и $\Delta g_{\text{ост.}}$ (10–15 км) для избыточных плотностей 0,10; 0,15 и 0,20 г/см^3 рассчитывались вероятные положения более глубоких горизонтальных плотностных границ (рис. 3.4.а,б).

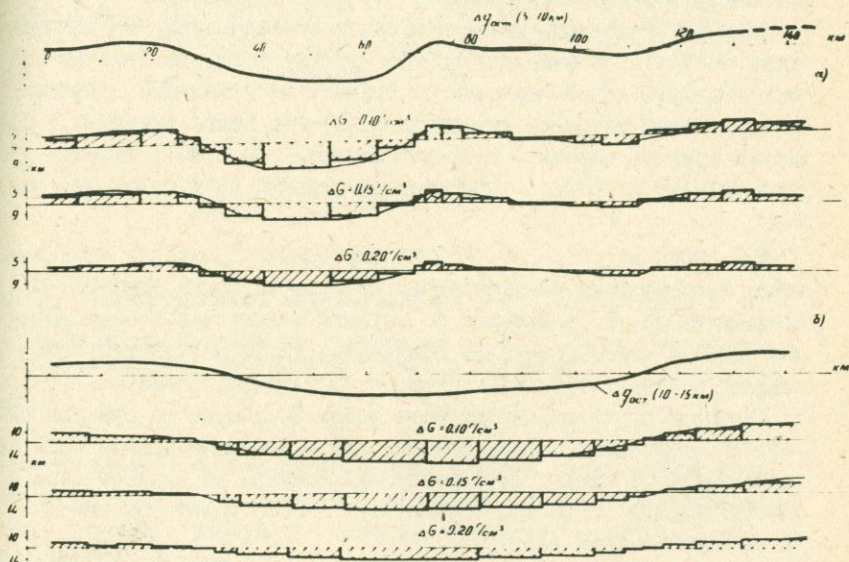


Рис. 3.4. Подбор разностных аномалий $\Delta g_{\text{ост.}}$ (5–10 км) и $\Delta g_{\text{ост.}}$ (10–15 км).

Глубины залегания асимптот искомых горизонтальных границ определялись (учитывая сейсмические данные) соответственно в интервале 5–10 км и 10–15 км. Анализ показал, что полученные вели-

чины средних глубин залегания аномалиеобразующих поверхностей 7 и 12 км совпадают со средними глубинами скоростных границ, выделенных по сейсмологическим данным.

Совокупный анализ рассчитанных моделей для фиксированных значений средних глубин горизонтальных поверхностей и различных величин перепада плотностей показывает, что характер формы контактной поверхности остается неизменным, а меняется только величина амплитуды границы относительно средней глубины. Те участки, где отклонение контактной поверхности от средней глубины равно нулю, определяются устойчиво. Поэтому первым признаком для выявления и прослеживания по глубине вертикальных границ служат резкое изменение глубины залегания и перемена знака отклонения контактной поверхности относительно ее средней глубины.

По этим признакам, на данном этапе исследований, по совокупности результатов интерпретации в интервале глубин 5-20 км удается выделить и прослеживать по глубине вертикальные границы. По предельным глубинам вертикальных границ можно выделить 3 основные группы: первая - в осадочном чехле (0-5 км); вторая - в слое 5-10 км и третья - достигающая глубины 15 и более км (рис. 3.5).

Как видно из рис. 3.5, количество границ в группах неодинаково. Устанавливается уменьшение их количества по глубине, а следовательно, и уменьшение по глубине количества соответствующих блоков: если в пределах осадочного чехла выделяется 9 блоков, то в слое (5-10 км) их - 5, а на глубинах 15-20 км - 3.

Наиболее крупными структурами вдоль исследуемого профиля являются Среднеараксинский, Центральный и Алаверди-Иджеванский мегарегиональные блоки, которые прослеживаются по крайней мере до глубин порядка 15-20 км. Ширина этих блоков может достигать 70 км (Центральный блок).

Сравнение выделенных вертикальных границ с глубинными разломами по данным станций "Земля" (рис. 3.5) выявляет в ряде случаев их различие как по местоположению, так и оценке их глубины заложения. Это обстоятельство имеет важное значение, в частности, при прогнозировании температур глубинных слоев земной коры территории республики, так как при построении геотермических разрезов в основу берутся данные станций "Земля" [85].

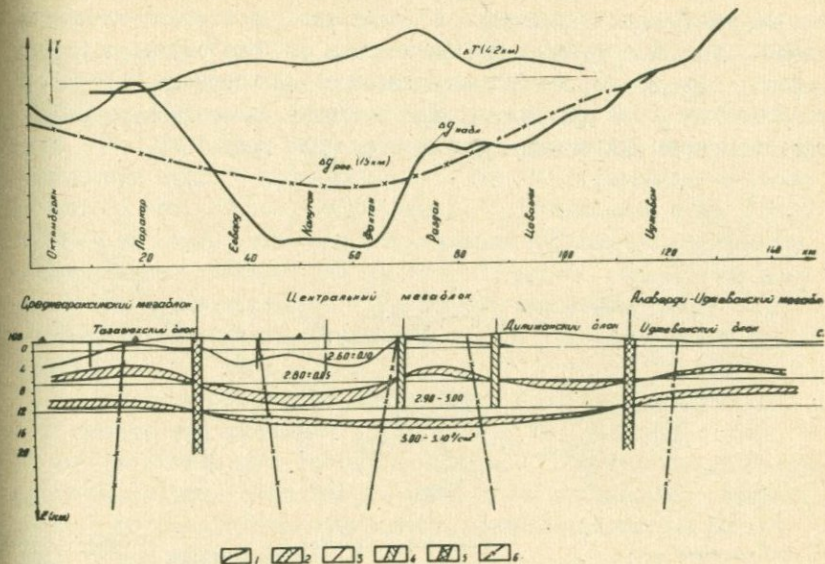


Рис. 3.5. Гравитационная модель верхней части земной коры по профилю Маркара-Пойлы.

1 - поверхность фундамента по данным Δg ; 2 - зоны вероятного расположения субгоризонтальных границ; Разломы: 3 - в осадочном чехле; 4 - в слое 5-10 км; 5 - глубинные; 6 - по данным станций "Земля".

Построенная гравитационная модель верхней части земной коры отличается и от результатов Ш.С.Оганисяна по этому же профилю, потому что в его работе [96] сделано допущение о двухслойном строении земной коры.

Профиль Кабахлу-Джанахмед, протяженностью около 80 км, расположен в Центральной зоне пониженных значений силы тяжести и пересекает с северо-востока на юго-запад Севанскую градиентную зону, Мавринский относительный минимум, Акуниский относительный максимум и Далидагский относительный минимум (рис. 2.9).

Построение гравитационной модели производилось по аналогичной методике. По величине среднеквадратичного отклонения исходных значений поля и найденных в результате расчетов, а также учитывая результаты определения физических свойств горных пород, наиболее предпочтительным явился вариант для перепада плотности $+0,20 \text{ г/см}^3$ и средней глубине залегания аномалиеобразующей поверхности $H=500 \text{ м}$ ниже уровня моря [23] (рис.3.6).

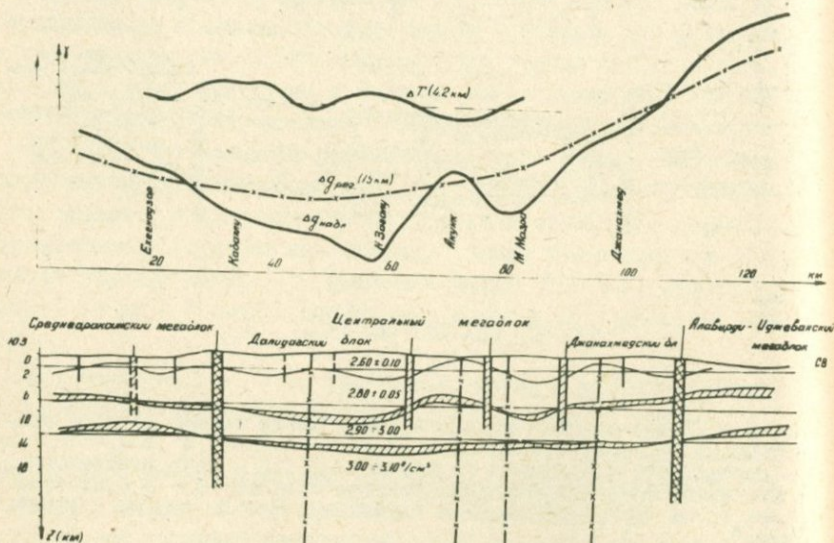


Рис.3.6. Гравитационная модель верхней части земной коры по профилю Кабахлу-Джанахмед. (Условные обозначения те же, что и на рис. 3.5).

Выявляется сложное блоковое строение фундамента с максимальным погружением его поверхности 3000 м ниже уровня моря в районе Мазринского относительного минимума $\Delta \rho$ и наибольшим поднятием — 1400 м выше нулевой линии в районе Акунского относительного максимума. При сравнении полученной модели с данными станций "Земля" выявляется существенное различие в оценке глу-

оны залегания поверхности фундамента на концах рассматриваемого профиля в районе сел Кабахлу и Джанахмед.

По поверхности фундамента вдоль исследуемого профиля выделяются следующие блоки: Ехегнадзорский, Далидагский, Акункский, Мазринский, Джанахмедский и Шахдагский (рис. 3.6).

С целью выяснения, в какой мере выделенные блоки прослеживаются в юго-восточном направлении, были проведены аналогичные исследования вдоль северо-восточного отрезка регионального геологического профиля Е-З, составленного А.Т.Асланяном и др. [53]. Расчеты показали, что блоковое строение фундамента сохраняется и полученное положение его поверхности хорошо согласуется с выделенными антиклинальными и синклинальными структурами, если принять за поверхность фундамента кровлю нижнекарбонových образований.

На втором этапе интерпретации концы профиля были удлинены и по остаточным аномалиям $\Delta g_{\text{ост.}}$ (5–10 км) и $\Delta g_{\text{ост.}}$ (10–15 км) рассчитывались плотностные модели. Совокупный анализ рассчитанных моделей позволил выделить вдоль исследуемого профиля также 3 группы вертикальных границ, прослеживаемых на различные глубины земной коры.

Как видно из рис. 3.6, на глубинах 15–20 км выделяются 3 блока, 5–10 км – 7, а в осадочной толще – II, т.е. и в данном случае отмечается уменьшение числа блоков с глубиной. Вопрос о положении более глубоких субгоризонтальных границ остается открытым: его решение в значительной степени зависит от выяснения значений перепада плотностей на этих границах. В связи с этим важное значение имеет установление зависимости между скоростями распространения упругих волн с плотностями в различных слоях земной коры, которые могут быть получены на основе соответствующих глубинных сейсмологических и термодинамических исследований [29, 38, 57, 75].

Сравнение распределения вертикальных плотностных границ, выявленных при количественной интерпретации вдоль рассмотренных 2-х профилей с глубинными разломами, выделенными станциями "Земля", показало в ряде случаев несовпадение по местоположению и глубине заложения этих субвертикальных границ. Вопрос об объективных причинах расхождений между гравиметрическими и сейсмологическими данными подлежит дальнейшему исследованию. Здесь,

по-видимому, необходимо провести дополнительный анализ данных станций "Земля" на основе уточненных графиков средних скоростей, определенных по данным промышленных взрывов, и выполнить исследования методом ГСЗ. Указанное замечание в равной мере относится и к дальнейшему анализу гравиметрических данных на основе дополнительной информации о плотностном разрезе земной коры. Возможно, что в некоторых случаях для самых верхних частей земной коры данные для сравнительного анализа могут быть получены в результате глубокого бурения.

Исходя из результатов, полученных вдоль сейсмологических профилей, для остальных региональных интерпретационных профилей при определении положения границы между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом из-за недостаточности фактического материала средняя глубина аномалиеобразующей поверхности была принята равной 500 м ниже уровня моря, а избыточная плотность — $+0,20 \text{ г/см}^3$. Результаты построения гравитационных моделей верхней части земной коры приведены на рис. 3.7, 3.8.

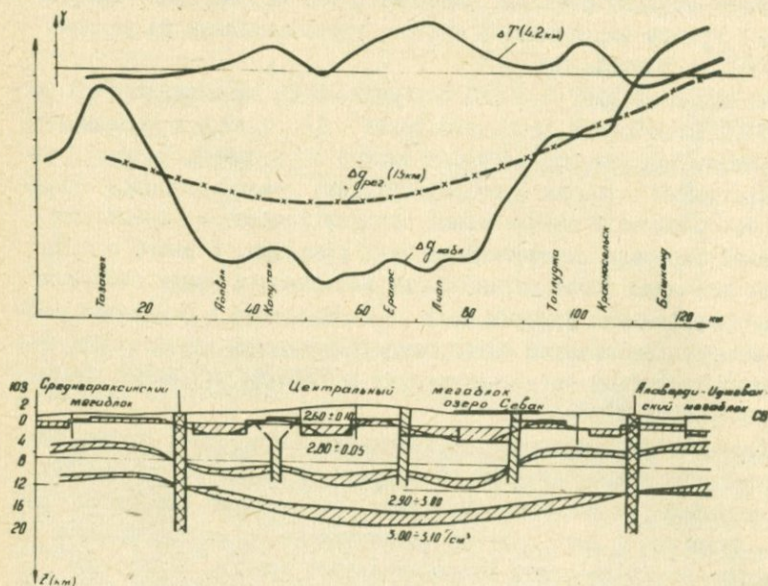


Рис. 3.7. Гравитационная модель верхней части земной коры по профилю I-I (условные обозначения те же, что и на рис. 3.5).

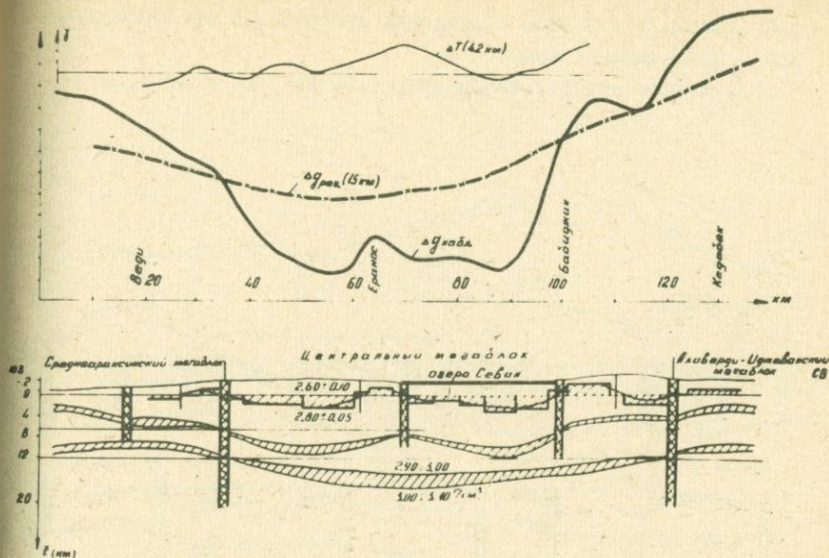


Рис. 3.8. Гравитационная модель верхней части земной коры по профилю П-П (условные обозначения те же, что и на рис. 3.5).

Как видно из рис. 3.7, 3.8, на профилях I-I и П-П, имеющих антикавказское направление, также отмечается уменьшение количества блоков по глубине, т.е. их укрупнение.

Таким образом, вдоль 4-х субпараллельных региональных профилей антикавказского направления в пределах исследуемой территории выделены блоки и разграничивающие их субвертикальные границы на различных уровнях в верхней части земной коры. При этом на всех профилях на глубинах порядка 15-20 км четко выделяются 3 мегаблока, т.е. исследуемая территория в антикавказском направлении подразделяется на Среднеараксинский, Центральный и Алаверди-Иджеванский мегаблоки.

С целью выяснения возможностей количественной интерпретации гравиметрических данных для выявления структур в кавказском направлении были проинтерпретированы кривые вдоль профилей III-III и IV-IV. Эти профили северо-западного (кавказского) простирания

расположены в основном в пределах Центральной мегарегиональной гравитационной зоны.

Результаты интерпретации приведены на рис. 3.9, 3.10.

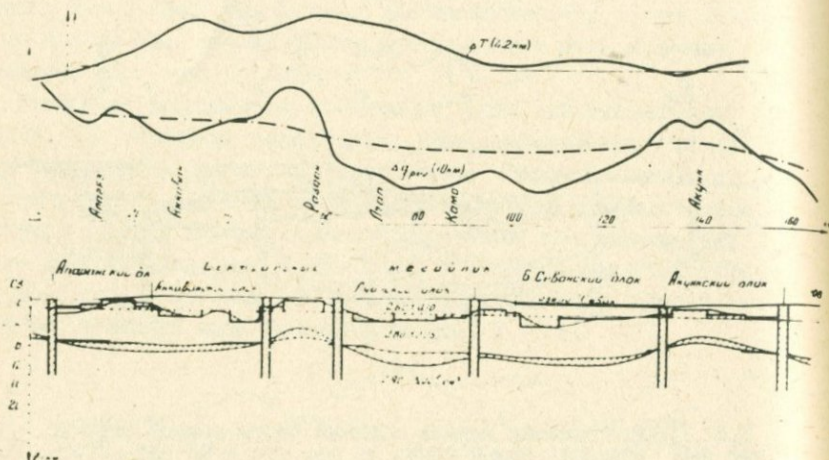


Рис. 3.9. Гравитационная модель верхней части земной коры по профилю III—III (условные обозначения те же, что и на рис. 3.5).

Необходимо отметить, что данные, полученные по определению поверхности кристаллического фундамента в районах пересечения с интерпретационными профилями антикавказского простираения (с. с. Раздан, Фонтан, Акунк, Кабахлу и др.) достаточно близки по своим значениям (разница составляет 0,10–0,15 км).

Выделение более глубинных плотностных границ вдоль этих профилей представляет определенные трудности. Это связано, в первую очередь, с учетом боковых эффектов, возникающих из-за резкого изменения ширины Центральной мегарегиональной зоны вдоль ее простираения. При выделении вертикальных границ следует также учесть модуляцию искомой контактной поверхности, вызванную сочленением двух гравитационных блоков (например, Фонтан–Кармирсарского и Спитакасарского блоков на профиле III—III, Дчапского

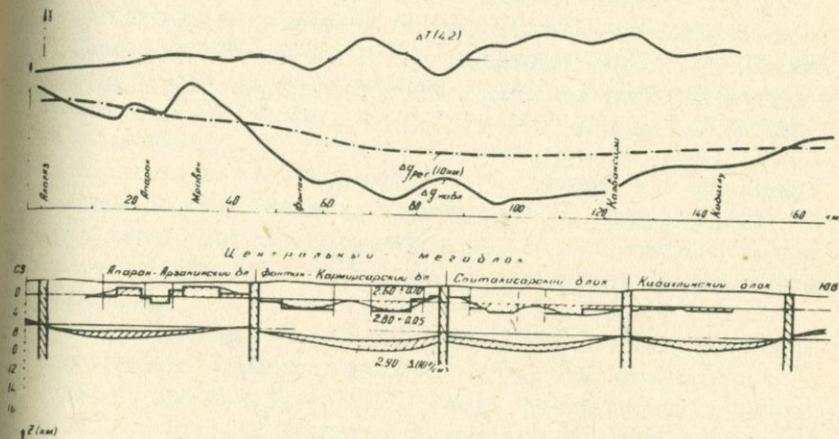


Рис. 3.10. Гравитационная модель верхней части земной коры по профилю IV-IV (условные обозначения те же, что и на рис. 3.5).

и Б.Севанского на профиле IV-IV). Поэтому полученные данные о строении верхней части земной коры вдоль указанных профилей кавказского направления следует рассматривать как первое приближение, а в дальнейшем необходимо проводить интерпретацию аномальных кривых Δg при помощи решения обратной задачи гравиметрии в трехмерной постановке.

3.2. Корреляционный анализ геофизических полей по профилю Цовагях-Мартуни.

Корреляционный метод обработки геофизических данных был использован с целью выделения блоков и границ между ними вдоль западного побережья оз.Севан по линии Цовагях-Камо-Мартуни. Учитывая, что вдоль указанной линии имеются данные о скоростях со-

временных вертикальных движений земной поверхности, полученные на основе повторного высокоточного нивелирования в 1937 и 1953 гг., организациями ГУТК при СМ СССР*, были проведены специальные полевые гравиметрические и магнитометрические исследования вдоль линии нивелировки [21]. При анализе полученных данных использовались и результаты аэромагнитной съемки на высоте 4200 м (Е.Г.Лапина, 1974 г.)(рис. 3.II).

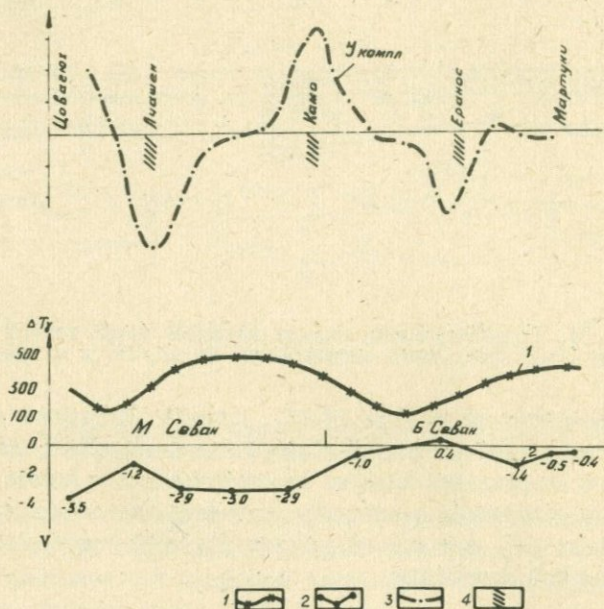


Рис. 3.II. Геофизико-геодезический профиль Цовагк-Мартуни
1 - кривая ΔT ; 2 - кривая V ; 3 - кривая $U_{\text{компл}}$;
4 - границы блоков.

Для выделения по этим данным блоков и границ между ними методом корреляционной обработки комплекса геофизических данных, основанного на анализе некоторой взвешанной суммы параметров -

* Рукописный каталог ЦНИИГАК.

горизонтальных градиентов полей, по программе, составленной С.С.Казаряном для ЭВМ "Минск-22" [21], были вычислены в каждой точке значения комплексных параметров — $\mathcal{J}$ компл. (рис. 3.11).

Полученные в результате вычислений кривой $\mathcal{J}$ компл. области 3-х экстремумов в районах с.с.Лчашен, Камо и Еранос характеризуются зонами резкого изменения скоростей с горизонтальным градиентом 0,3 мм/год·км, зонами градиентов аномалий силы тяжести 0,3–0,4 мкм/мс², градиентом магнитного поля порядка 50 нТл/км.

Принимая выявленные экстремумы за границы* для выделения квазиоднородных блоков по характеру связи между Δg , ΔT и V ; составлены уравнения регрессии и вычислены коэффициенты корреляции. В табл. 3.1 представлена характеристика блоков по этим признакам.

Совокупный анализ данных таблицы и особенностей изменения комплексного параметра приводит к следующим выводам:

а) На западном побережье оз.Севан пространственное распределение областей современных относительных поднятий и опусканий соответствует распределению блоков, характеризующихся квазиоднородным гравитационным и магнитным полям. Так, блокам, характеризующимся относительным минимумом аномалий силы тяжести (Δg) и максимумом магнитного поля (ΔT), соответствуют интенсивные современные опускания земной поверхности, а относительным максимумам Δg и минимумам ΔT — поднятия.

б) По средним значениям скоростей современных вертикальных движений М.Севан опускается в 4 раза быстрее (–2,4 мм/год), чем Б.Севан (–0,6 мм/год) [21,22].

ВЫВОДЫ

1. Построены гравитационные модели верхней части земной коры (двухмерный вариант) вдоль 6 региональных профилей с использованием геологических, сейсмологических, аэромагнитных и других геофизических материалов. При этом определены средние глубины залегания аномалиеобразующих поверхностей и положение границы между осадочным чехлом и кристаллическим фундаментом, а также выделены горизонтальные плотностные неоднородности в верхней части земной коры.

* Пространственное местоположение и геологическая природа выявленных границ будут рассмотрены в следующей главе.

Т а б л и ц а 3.1

№ п/п	Границы блоков	$\Delta T \sim \Delta q$		$\Delta q \sim V$		$\Delta T \sim V$		
		Уравнения регрессии	Кэф. кор- реля- ции	Уравнения регрессии	Кэф. кор- реля- ции	Уравнения регрессии	Кэф. кор- реля- ции	Кэф. кор- реля- ции
1	2	3	4	5	6	7	8	
1.	Цовагтх-Лчашен	$\Delta T = -0,5 \Delta q + 3,5$	0,60	$\Delta q = 0,5 V + 3,7$	0,97	$\Delta T = -0,2 V + 0,5$	0,41	
2.	Лчашен-Камо	$\Delta T = -0,3 \Delta q + 3,7$	0,67	$\Delta q = 2,1 V + 7,1$	0,94	$\Delta T = -1,4 V + 0,2$	0,99	
3.	Камо-Еранос	$\Delta T = -1,9 \Delta q + 3,5$	0,87	$\Delta q = 0,5 V + 1,6$	0,98	$\Delta T = -0,9 V + 0,6$	0,87	
4.	Еранос-Мартуни	$\Delta T = -1,7 \Delta q + 4,3$	0,62	$\Delta q = 0,1 V + 0,9$	0,18	$\Delta T = 1,3 V + 3,8$	0,92	

Примечание: Δq дано в условных единицах.

2. По резкому изменению глубины залегания и перемене знака отклонения контактной поверхности относительно ее средней глубины выявлена система вертикальных границ в верхней части земной коры. Исходя из предельных глубин вертикальных границ, выделены 3 основные группы: первая - в осадочном чехле (0-5 км); вторая - в слое (5-10 км) и третья - достигающая глубин 15 и более км. Устанавливается уменьшение количества вертикальных границ в группах по глубине.

3. Для построения гравитационных моделей вдоль профилей кавказского направления (выделение глубинных плотностных границ) необходимо проводить интерпретацию гравиметрических данных в трехмерной постановке.

4. Опыт использования устойчивых алгоритмов для решения обратных нелинейных задач гравиметрии с целью изучения строения верхней части земной коры исследуемой территории показал их эффективность, т.к. позволил выполнять оценочные расчеты с грубой отбраковкой вариантов, производить детальные вычисления, учитывающие локальные особенности заданной кривой, оценить плотностные границы на больших глубинах.

5. По корреляционному анализу геофизических данных выявлены связи между скоростями современных вертикальных движений земной поверхности с гравитационным и магнитным полями и выделены блоки на западном побережье оз.Севан вдоль линии Цовагях-Мартуни.

4. ГЛАВНЕЙШИЕ ЧЕРТЫ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ БАСЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН

4.1. Система блоков и разломов земной коры

Данные, полученные по региональным интерпретационным профилям, в совокупности с результатами трансформаций гравитационного и магнитного полей, были использованы для составления схем блокового строения исследуемой территории на различных уровнях верхней части земной коры.

Как показано в 3.1, в результате построения гравитационных моделей вдоль региональных профилей в верхней части земной коры были выделены вертикальные границы, прослеживаемые на различные глубины (от 5 до 15-20 км). С целью выяснения пространственного местоположения и геологической природы этих границ был произведен комплексный анализ имеющихся геофизических и геологических материалов по исследуемой территории. При этом основными геофизическими признаками для характеристики вертикальных границ - разломов, которыми мы руководствовались, являются: линейные зоны больших горизонтальных градиентов Δg , прослеживаемые на десятки и сотни километров; границы магнитных зон и подзон (узкие, протяженные зоны градиентов), по обе стороны от которых меняется знак, простирание и интенсивность магнитных аномалий, линии или узкие зоны, вдоль которых происходит потеря осей корреляции гравитационных и магнитных аномалий; "цепочки" интенсивных магнитных аномалий; контрастный характер современных движений земной коры и т.д.

Перейдем к рассмотрению схем блокового строения, относящихся к различным уровням верхней части земной коры.

Рассмотрим прежде всего схему строения поверхности фундамента и неоднородностей осадочного чехла. Для этой цели важное значение, как было отмечено в 2.2, имеет карта локальных аномалий

силы тяжести, полученная при осреднении поля радиусом 20 км (рис.2.3). На этой карте выделяются чередующиеся линейные зоны прерывистых положительных и отрицательных аномалий $\Delta g_{ост}$ (0-5 км) преимущественно северо-западного простирания (Ехегнадзор-Тазагюхская, Джермук-Фонтанская, Джанахмед-Цовагюхская и др.). Протяженность их (в пределах исследуемой территории) составляет от 60 до 100 км, а ширина - от 15 до 50 км.

В результате сопоставления этой карты с данными геологической и аэромагнитной съемок выявляются следующие геолого-геофизические закономерности:

а) в пределах зон положительных аномалий Δg расположены выходы палеозойских и мезозойских пород, а также интрузии различного состава и возраста. Районы, где выявлены поднятия пород палеозойского метаморфического фундамента, характеризуются отрицательными значениями аномалий магнитного поля ΔT , а интрузии - положительными аномалиями;

б) в пределах зон отрицательных аномалий Δg имеют широкое развитие неоген-четвертичные отложения и продукты эффузивного магматизма. Магнитное поле над ними характеризуется наличием интенсивных положительных и отрицательных значений ΔT .

Указанные соотношения в совокупности с результатами количественных расчетов послужили основой составления схемы блокового строения поверхности "Ф" в масштабе 1:200000 (рис. 4.1). Как видно из рис. 4.1, исследуемая территория системой взаимопересекающихся разломов подразделяется на различные блоки с площадями от 200 до 500 кв.км. Амплитуды смещения по разломам составляют от 1 до 4 км.

Необходимо отметить, что анализ имеющихся схем блокового строения поверхности эпибайкальского фундамента, составленных как для отдельных районов [4,10,41], так и всей территории республики [42,54,79,87:III,134], показал, что они весьма противоречивы. Это обусловлено, в первую очередь, неравномерностью глубинной геолого-геофизической изученности различных районов, неоднородностью плотностной и других физических характеристик разреза, наличием в осадочном чехле интрузий и эффузий самого различного состава и т.д., вследствие чего геофизические поля характеризуются весьма сложным и мозаичным строением, а также различными подходами и принципами количественной интерпретации

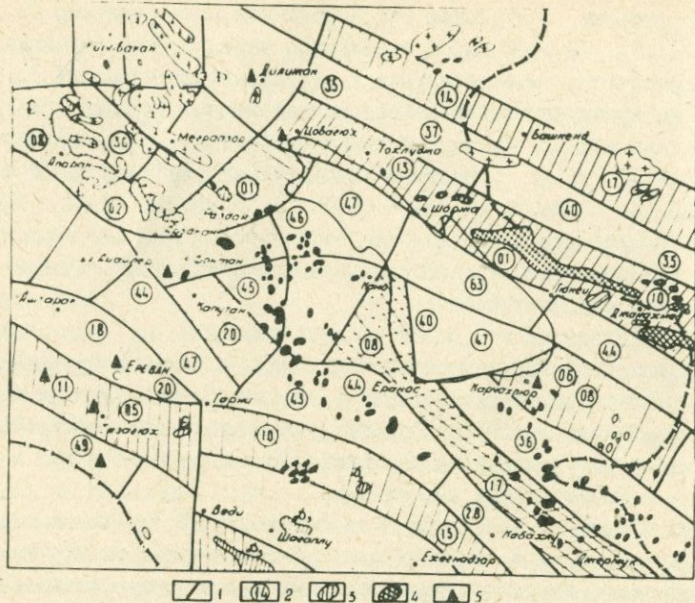


Рис. 4.1. Схема блокового строения поверхности "Ф"
1 - разломы в осадочном чехле; 2 - максимальная глубина залегания контактной поверхности "Ф"; 3 - районы поднятия контактной поверхности; 4 - районы, где геологическая природа контактной поверхности не выяснена; 5 - скважины.

геолого-геофизических материалов.

Так, контактная поверхность, выделенная на интерпретационных профилях при $H=500$ м ниже уровня моря и характеризующаяся большим интервалом изменения глубины залегания ($0,1 \pm 6,2$ км), не может везде являться одновозрастной, и поэтому правильнее было бы ее назвать не поверхностью фундамента, а первой плотностной границей со скачком плотности $0,20 \text{ г/см}^3$. (Употребление термина "поверхность фундамента" следует считать в некоторой степени условным). Отметим также, что под поверхностью фундамента, выделенной по данным станций "Земля", подразумевается первая обменная граница между осадочными и кристаллическими породами [61, 63].

По имеющимся в настоящее время фактическим материалам, выделенная по данным Δg контактная поверхность может быть наиболее достоверно отождествлена с поверхностью кембрий-докембрийских отложений в тех районах, где эти породы обнажаются или вскрыты скважинами. Так, например, в пределах Арзакан-Апаранского кристаллического массива и в районе г. Раздан, характеризующихся локальными положительными аномалиями Δg интенсивностью до 130 мкм/с^2 , глубина залегания контактной поверхности составляет $0,1 \div 0,2 \text{ км}$, а в районе скв. Тазагюх, где интенсивность локальных аномалий Δg достигает 170 мкм/с^2 — $0,5 \text{ км}$. Это обстоятельство указывает на возможные изменения плотности пород палеозоя по площади. Из-за ограниченности фактического материала в настоящее время невозможно сделать уверенные выводы, однако следует отметить, что по данным Ш.С.Отанисяна [56] наблюдается увеличение плотности пород эопалеозоя с севера на юг от $2,68 \text{ г/см}^3$ в районе с. Арзакан до $2,78 \text{ г/см}^3$ по разрезам скважин Арааратской котловины.

Глубоким залеганием контактной поверхности выделяется центральная часть исследуемой территории, характеризующаяся локальными отрицательными аномалиями Δg , интенсивность которых на акватории Б.Севана достигает 200 мкм/с^2 . Сведения о глубине залегания поверхности фундамента в центральной части исследуемой территории очень скудны: имеются данные К.Г.Твалтвадзе, который в 1963 г. по записям далеких землетрясений оценил глубину залегания поверхности фундамента к северо-востоку от г. Камо в $5-6 \text{ км}$ [21]. Кроме того, самая глубокая скважина № 30 Нурнус, расположенная в районе с. Фонтан, вскрыла на глубине 3900 м лишь известняки среднего эоцена [56].

Как видно на рис. 4.1, глубоким залеганием контактной поверхности характеризуются и районы расположения значительного количества вулканов Гегамского и Спникского нагорья, а также моногенного вулкана Арашлер. Если выявленная контактная поверхность в вулканических районах отражает характер залегания поверхности древних пород (мезозойских или палеозойских), то полученные данные подтверждают мнение А.А.Габриеляна о том, что извержение неоген-четвертичных вулканов происходило в основном в опущенных частях земной коры [43].

В пределах исследуемой территории выделяются районы, где контактная поверхность может быть отождествлена с поверхностями интрузий различного возраста, имеющих плотность, близкую к плотности фундамента. Таким примером, в первую очередь, может служить район северо-восточного побережья оз.Севан, где выявленная линейная зона локальных положительных аномалий Δg протяженностью около 100 км (от с.Джанахмед на юго-востоке до с.Цовагях на северо-западе) и шириной 10-12 км пространственно совпадает с Присеванской зоной Севано-Амасийского офиолитового пояса. При этом в районе обнажений пород офиолитовой ассоциации (побережье Б.Севана), характеризующимся аномалиями Δg интенсивностью 120-140 мкм/с², контактная поверхность залегает на глубине 0,1±0,2 км, а в погребенной части (побережье М.Севана) при интенсивности аномалий 50-60 мкм/с² - 1,3 км.

Другим примером может являться район Акунжской локальной положительной аномалии Δg интенсивностью 100 мкм/с², где по результатам интерпретации вдоль взаимопересекающихся профилей Кабахлу-Джанахмед и IV-IV глубина залегания контактной поверхности оценивается величиной 0,7 км. Здесь, по данным станций "Земля", выявлено на глубине 1 км от дневной поверхности поднятие плотных пород [61], а скв. № 1 Карчакшор, пробуренная на юго-западном побережье оз.Севан, с 405 м вошла в базит-гипербазиты (габбро, диабазы, пироксениты) и была приостановлена в них на глубине 870 м [84].

Не выяснена геологическая природа контактной поверхности, залегающей на глубине 0,8-1,2 км в районе Ераносской локальной положительной аномалии Δg интенсивностью 40 мкм/с², однако о возможном поднятии пород фундамента в этом районе можно предполагать, исходя из соотношений гравитационного и магнитного полей.

Таким образом, исходя из геологической природы и глубины залегания контактной поверхности в пределах исследуемой территории, можно выделить:

а) районы, где контактная поверхность соответствует поверхности кембрий-докембрийских отложений и залегает на глубинах 0,1±0,2 км (с.с.Арзакан, Апаран, Раздан) и 0,5±1,5 км (с.с.Тазатях, Паракар и др.) от дневной поверхности;

б) районы глубокого (более 4-х км) залегания поверхности фундамента (с.Фонтан, акватория оз.Севан и др.);

в) районы, где контактная поверхность может быть отождествлена с поверхностью интрузий различного возраста (северо-восточное побережье оз.Севан, Капутан, Акунк и др.);

г) районы, где геологическая природа контактной поверхности остается невыясненной. Особого внимания заслуживают те районы, где эта поверхность залегает в среднем на глубине 1,5 км от днелной поверхности (с.с.Еранос, Ехегнадзор и др.). С целью выяснения ее геологической природы и получения новых, более достоверных данных о характере залегания поверхности фундамента на обширных площадях, целесообразно провести бурение, при котором выбор наиболее оптимальных точек должен сопровождаться выполнением соответствующих сейсмических работ.

Перейдем к рассмотрению схемы блокового строения контактной поверхности, выявленной в слое 5-10 км. Как видно из рис. 4.2, исследуемая территория системами разломов различных простираний подразделяется на блоки с площадями от 500 до 1000 и более кв.км. При этом выделяются относительно приподнятые (Меградзорский, Тохлуджинский, Джанахмедский, Варденисский и др.) и опущенные (Б.Севанский, Лчашенский, Спитакасарский и др.) блоки. Границами этих блоков являются разломы как с вертикальным смещением крыльев, так и без смещения. К первым относятся Агавнадзор-Эчмиадзинский и Севанский продольный (СПрР) разломы кавказского простирания и Цовагтик-Апаранский разлом субширотного простирания (рис. 4.2). Разлом, выделенный по линии Агавнадзор-Эчмиадзин в пределах исследуемой территории, совпадает с Ереванским глубинным разломом, выделенным впервые А.Т.Асланяном по геологическим данным [12], а СПрР - по А.А.Габриеляну [47] соответствует Памбак-Дзкнагетскому разлому, являющемуся одним из наиболее протяженных разрывных нарушений Севано-Ширакского синклинория.

При сравнении СПрР с Агавнадзор-Эчмиадзинским разломом выявляется их определенное сходство в отношении геофизической характеристики, местоположения и геологической значимости. Так, оба разлома расположены в зонах больших горизонтальных градиентов гравитационного поля и проходят по осям интенсивных магнитных аномалий. Как будет показано ниже, они расположены на одинаковом расстоянии 18-20 км от выделенных глубинных разломов, парал-

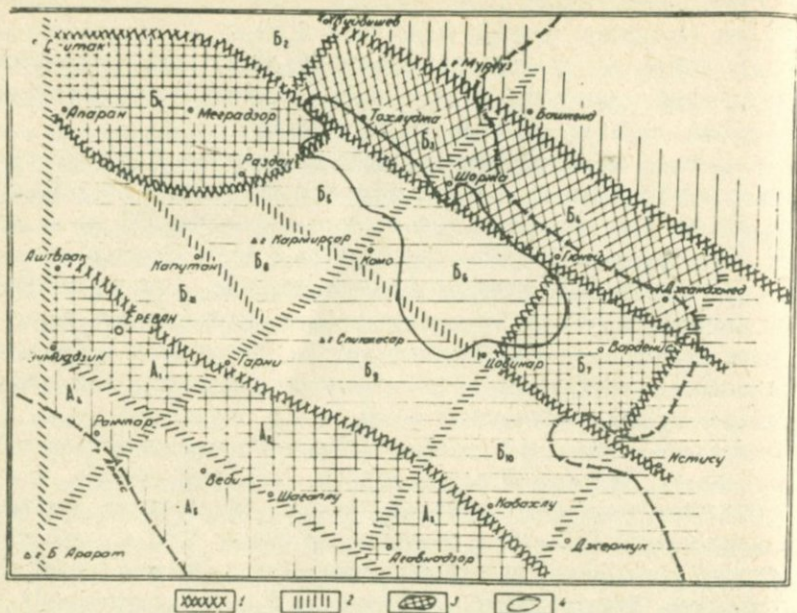


Рис. 4.2. Схема блокового строения контактной поверхности, выявленной в слое 5-10 км.

А - Среднеараксинский мегаблок (А1-А5); Б - Центральный мегаблок (Б1-Б6); В - Алаверди-Иджеванский мегаблок.

1 - разлом с вертикальным смещением крыльев; 2 - разлом без смещения; 3 - приподнятые блоки; 4 - опущенные блоки.

лельны им, а в пространстве между ними заключены выходы массивов основных и ультраосновных пород Севано-Амасийского и Вединского офиолитового поясов, юго-западной границей распространения которых в обоих случаях они являются.

Разлом, прослеживаемый по линии Истису-Цовинар-Камо-Раздан, в своей юго-восточной части (на участке Истису-Цовинар) расположен в зоне относительно высоких градиентов Δg и характеризуется значительным смещением контактной поверхности, а в северо-западной части - соответствует зоне сочленения Спитакасарской с Б.Севанской и Кармирсарской с Лчапской локальными интенсивными отри-

цательными аномалиями Δg . В магнитном поле этот разлом прослеживается вдоль осей интенсивных положительных аномалий ΔT . По М.С.Бадалян он является одним из "магмапроводящих" разломов, с которыми связаны извержения Гегам-Сюникской вулканической области [31].

Разлом, прослеживаемый в антикавказском направлении по линии гора Арарат-с.Гарни-г.Камо (Арарат-Севанский глубинный разлом) впервые был выделен С.А.Пирузяном по сейсмологическим данным [107], а в дальнейшем, на основании сейсмологических данных совместно с А.А.Габриеляном продолжен через оз.Севан до с.Шоржа [44]. Этот разлом на участке р.Аракс-г.Камо, расположенный в поперечной зоне относительно высоких градиентов магнитного поля ΔT , выделен нами на основании результатов количественной интерпретации данных Δg как зона сочленения двух блоков. В районе г.Камо этот разлом, как было показано в 3.2, выделяется по результатам корреляционного анализа геофизических данных [21,22]. В пользу продолжения границы, выявленной между блоками в районе г.Камо, далее на северо-восток между М. и Б.Севаном, по направлению к с.Шоржа (Севанский поперечный разлом - СПР), свидетельствуют:

интенсивная градиентная зона ΔT со средним градиентом 70 нТл/км; глубинный разлом, выявленный севернее с.Шоржа сейсмологическими исследованиями со станциями "Земля" вдоль профилей Цовагтах-Зардахач и Шоржа-Красносельск [60];

наличие в этой зоне, согласно данным К.Н.Паффенгольца, на северо-восточном побережье озера сброса аналогичного простирания на границе между меловыми и эоценовыми отложениями [102]. Кроме этого, наиболее крупные по площади выходы массивов основных и ультраосновных пород офиолитовой ассоциации (Джил-Сатанахачский, Шипканский и др.) расположены лишь юго-восточнее этой границы, тогда как северо-западнее известен только малый по размерам выход в районе с.Тохлуджа [2];

учитывая данные о скоростях современных вертикальных движений по линии железной дороги Сухуми-Тбилиси-Баку, согласно которым в районе г.Кировабада выделяется зона относительно высоких горизонтальных градиентов скоростей величиной 0,2 мм/год·км, можно с достаточным основанием полагать, что поперечный Севанский разлом продолжается на северо-восток в пределы Куринской впадины и соответ-

ствует разлому - границе между Таузским и Курдамирским блоками, выделенными А.Т.Донабедовым и В.А.Сидоровым [59].

Разлом по линии с.Гюней - с.Цовинар -с.Агавнадзор совпадает со стыковой границей между Б.Севанским относительным минимумом Δg антикавказского простираия и системой линейных аномалий Δg и ΔT северо-западного (кавказского) простираия. В районе с.Гюней разлом выделен по результатам исследований со станциями "Земля" [61] и геологической съемки [2]. Этот разлом является границей между Гегамской и Сүникской вулканическими областями.

Разлом, выделенный по линии с. Цовагях -с.Фонтан -г.Апаран, расположен в узкой полосе относительно высоких горизонтальных градиентов Δg . На участке Цовагях-Фонтан является границей между областями распространения эоценовых и четвертичных образований, а на отрезке Фонтан-Апаран-мезо-палеозойских и четвертичных отложений. В зоне этого разлома расположены три крупных вулканических аппарата.

Разломы, выделенные по линиям с.Цовагях -г.Апаран и с.Гюней-с.Агавнадзор, как показывают результаты количественной интерпретации, имеют глубину не более 15 км.

В западной части исследуемой территории выявлен разлом меридионального простираия от р.Аракс на юге до г.Спитак на севере. Этот разлом, почти параллельный долине р.Касах, трассируется на основании пространственного совпадения зоны относительно высоких градиентов Δg со стыковой зоной ΔT , выявленной по данным съемки на высоте 4,2 км [108]. В этой зоне выявлены также отдельные локальные, изометрические аномалии ΔT переменного знака, которые, возможно, обусловлены локальными интрузиями магматических пород. О возможном продолжении этого разлома на юг и на север в настоящее время могут быть высказаны различные предположения. Так, согласно С.А.Пирузяну и А.А.Габриеляну [44,107], существует Арабат-Спитакский глубинный разлом, который "пространственно совпадает с зоной Казбек-Арабатского меридионального поднятия", выделенного М.В.Кашкаем и Г.П.Тамразяном [69]. По данным Ц.Г.Акопяна, этот разлом по местоположению совпадает с линией нарушения структуры гравитационного и магнитного полей и простирается на север до с.Шахназар [6,8]. Относительно глубины заложения рассматриваемого разлома нет однозначных данных: по данным станций

"Земля" его глубина составляет 50 км [61], а по результатам пересчетов гравитационного поля в нижнее полупространство - 15 км [64].

Перейдем к характеристике самой глубокой контактной поверхности, выявленной на глубине 15-20 км (рис. 4.3).

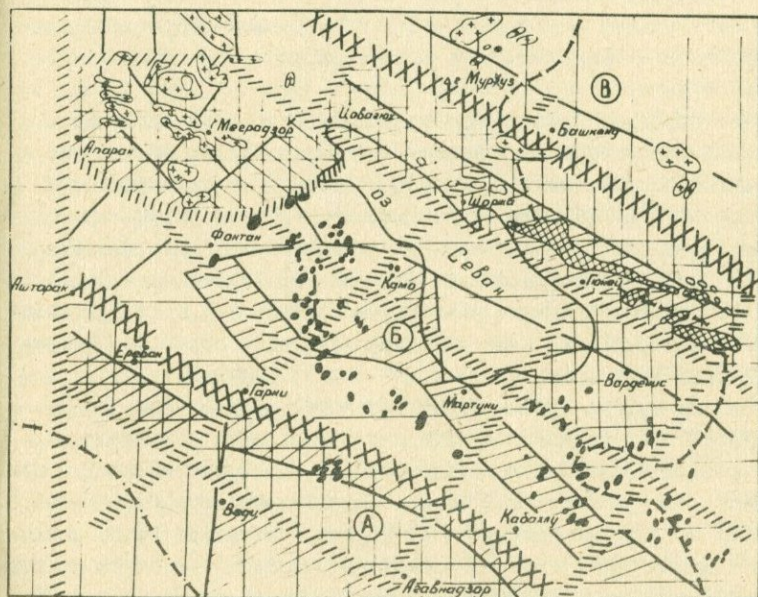


Рис. 4.3. Схема блокового строения верхней части земной коры района озера Севан (условные обозначения те же, что и на рис. 4.1 и 4.2).

Совокупный анализ результатов построения гравитационных моделей с имеющимися геолого-геофизическими данными позволяет выделить в юго-западной и северо-восточной частях исследуемой территории 2 зоны глубинных разломов, прослеживаемых вдоль линий с.Кабахлу-с.Гарни-г.Аштарак и с.Башкенд-гора Мургуз-с.Куйбышев.

Кабахлу-Гарни-Аштаракский разлом северо-западного простирания расположен в зоне относительно высоких градиентов гравитационного и магнитного полей. Глубина заложения указанного разло-

ма по данным Δg - более 20 км, а станций "Земля" - около 50 км. Кабахлу-Аштаракский глубинный разлом в центральной части своего простираения пространственно совпадает с южной ветвью Анкаван-Суникского глубинного разлома по А.А.Габриеляну [47], или зоной Ани-Ордубадского глубинного разлома по А.Т.Асланяну [12]. Различие заключается лишь в том, что согласно нашим данным, этот разлом в западной части исследуемой территории прослеживается в направлении на г.Аштарак, а не севернее на 20-25 км от него.

Этот глубинный разлом пространственно совпадает так же с границей распространения неоген-четвертичных лав от меловых и связанных с ними основных и ультраосновных пород Вединского офиолитового пояса. Отметим также, что по зоне указанного глубинного разлома проходит граница раздела между приподнятой областью поверхности фундамента (Ехегнадзор-Тазатахская зона), характеризующейся средними значениями глубин от 0,5 до 1,5 км от дневной поверхности, и ее наиболее опущенной областью (Джермук-Фонтанская зона) (рис. 4.3).

Башкент-Мургуз-Куйбышевский глубинный разлом также северо-западного (кавказского) простираения расположен в зоне градиентов гравитационного и магнитного полей. Он пространственно совпадает с северо-восточной ветвью Базум-Севанского глубинного разлома по А.А.Габриеляну [47]. Глубина заложения этого разлома по данным Δg и станций "Земля" оценивается более 20 км. Башкент-Куйбышевский глубинный разлом является северо-восточной границей распространения основных и ультраосновных пород Присеванского отрезка Севано-Амасийского офиолитового пояса (рис. 4.3).

Таким образом, в пределах исследуемой территории выделяются 2 зоны глубинных разломов: Кабахлу-Аштаракский и Башкент-Куйбышевский, которые имеют протяженность около 120 км и глубину заложения, по данным Δg , более 20 км.

Определение предельной глубины заложения и ширины зон выделенных разломов является задачей дальнейших исследований, т.к. по нашему мнению, анализ и интерпретация результатов средне-масштабных геолого-геофизических исследований на территории Армянской ССР, учитывая также отсутствие аналогичных данных по сопредельным территориям Турции и Ирана, позволяют изучение

строения лишь верхней части земной коры порядка 20 км, а для больших глубин необходимы мелкомасштабные региональные исследования. Что же касается определения ширины зон глубинных разломов, то здесь следует проводить исследования в различных масштабах (от крупномасштабных до мелкомасштабных).

Как указывает А.А.Габриелян [48], "выделение на территории Армянской ССР множества глубинных разломов и даже линейментов - неправильно". Рассматривая их как важнейшие структурные элементы земной коры, которые играли весьма важную роль в строении и истории геологического развития территории и на протяжении долгого времени контролировали накопление осадков и магматизм, им [47] на основании комплекса геолито-геофизических данных на территории АрмССР выделяются лишь 3 зоны глубинных разломов: Базум-Севанский, Анкаван-Сюникский (Ширак-Зангезурский по А.Т.Асланяну) и Ереванский. Протяженность их на территории республики 200-350 км, а ширина 10-12, иногда 15-20 км. Каждый из этих разломов состоит из нескольких, преимущественно парных разломов, с круто наклонными сместителями и в совокупности составляющих зону разлома глубокого заложения.

Сопоставляя схему блокового строения верхней части земной коры бассейна оз.Севан со схемой разломов Армянской ССР [47, рис. 28], можно заключить, что в пределах исследуемой территории зона Базум-Севанского глубинного разлома, проявленного на поверхности системой разнохарактерных разрывных нарушений шириной 10-15 км и пространственно совпадающая с Присеванской зоной Севано-Амасийского офиолитового пояса, соответствует полосе, заключенной между Башкентд-Куйбышевским и Севанским продольными параллельными разломами.

Относительно Кабахлу-Аштаракского глубинного разлома можно отметить, что он вместе с Агавнадзор-Эчмиадзинским параллельным разломом в юго-западной части исследуемой территории соответствует зоне Ереванского глубинного разлома, который по А.А.Габриеляну [47] ограничивает Паракар-Енгиджинское погребенное горстовое поднятие, в центральной части своего простиранья охватывает массивы Вединского офиолитового пояса (Шагапинский блок), а в юго-восточной части является границей резкого погружения поверхности фундамента.

По зонам 2-х, указанных выше, глубинных разломов исследуе-

мая территория с юго-запада на северо-восток (в антикавказском направлении) расчленяется на 3 мегаблока: (Среднеараксинский, Центральный и Алаверди-Иджеванский. Они являются наиболее крупными структурами на рассматриваемой территории, объединяя совокупность блоков более высших порядков.

По характеру сочленения с сопредельными относительно приподнятыми мегаблоками Центральный мегаблок представляет собой грабенообразное опускание земной коры, в пределах которого и расположена акватория оз.Севан. Относительно северо-западного и юго-восточного ограничений этого грабена отметим, что независимо от разрешающей способности применяемой методики количественной интерпретации вдоль профилей кавказского направления (см. 3.1), результаты осреднения и пересчета гравитационного поля и сопоставления их с данными других геофизических и геологических исследований свидетельствуют о том, что эти границы расположены за пределами исследуемой территории в северо-западной и юго-восточной частях Армянской ССР.

Выделенные три мегаблока в пределах исследуемой территории (с севера на юг) пространственно совпадают с областями раннеальпийской, позднеальпийской и среднеальпийской складчатостей, выделенными А.А.Габриеляном [43]. Эти три одновременно консолидированные складчатые области совпадают также с Антикавказским, Севанским и Араксинским оротектоническими поясами по А.Т.Асланяну [12] и структурно-металлогеническими зонами И.Г.Магакяна и С.С.Икртчяна [77].

Таким образом, из приведенных данных можно заключить, что бассейн оз. Севан характеризуется гетерогенным строением земной коры, представленной системой блоков, обусловленных пересечением разломов различных простираний и глубин заложений. При этом устанавливается уменьшение количества блоков по глубине, т.е. их укрупнение. Эти результаты согласуются с данными А.В.Чекунова и В.Г.Кучма по обобщению работ ГСЗ на юге Европейской части СССР, где в верхней части земной коры разрывов больше, а амплитуда смещения меньше, чем в низах коры [132,133].

Полученные результаты были использованы для выяснения соотношений сейсмичности с геоструктурными элементами и распределением местоскоплений полезных ископаемых, определения границ Присеванской офиолитовой зоны, а также для решения некоторых вопросов происхождения оз.Севан.

Отметим, что в работе не рассматривается вопрос о соотношении глубинного строения с неоген-четвертичным вулканизмом, имеющим развитие в центральной части исследуемой территории. Этот вопрос специально рассматривался М.В.Бадаляном в работах [31, 32], в которых автор на основании детальных геофизических исследований обосновал в пределах Гегам-Сюникской вулканической области ареальный характер извержений, предполагающий существование неглубокозалегающих вулканических очагов (2-5 км) и выделил "магмапроводящие" разломы.

4.2. Соотношение сейсмичности с геоструктурными элементами земной коры и распределением местоскоплений полезных ископаемых

Исходя из выявленных особенностей строения верхней части земной коры, перейдем к рассмотрению вопроса о соотношениях между этими особенностями и проявлениями землетрясений по исследуемой территории.

Как было отмечено в 2.4, многочисленные разрушительные землетрясения, происходящие в прошлом на территории Армении, позволили отнести ее к наиболее сейсмоопасным областям Советского Союза. Поэтому вопросы изучения сейсмоактивных зон, прогноза места, силы и времени возникновения землетрясений привлекают постоянное внимание геофизиков и сейсмологов.

До середины 70-х годов составление карт сейсмического районирования (СР) территории республики основывалось главным образом на сейсмостатистических и сейсмогеологических данных [44, 46, 102, 107], и лишь в последние годы стали широко использоваться результаты геофизических исследований [18, 32, 47, 86, 97, 108, 114 и др.].

Анализ опубликованных к настоящему времени схем СР территории Армении позволяет заключить, что при всех существующих расхождениях исследователи сходятся в основном — в зональном распределении крупных сейсмических зон, имеющих северо-запад — юго-восточное (кавказское) простирание. Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что до сих пор мало уделялось внимания выявлению локальных сейсмических зон, что имеет чрезвычайно важное значение при определении исходной балльности районов строи-

тельства особо важных энергетических (атомные электростанции) и гидротехнических (водохранилища) сооружений.

При детальном сейсмическом районировании (ДСР) территории, помимо выделения сейсмоопасных зон, определения силы и частоты повторения землетрясений, установления взаимосвязи между сейсмичностью и потенциальными геофизическими полями важное значение имеет выявление соотношений сейсмических проявлений с особенностями глубинного строения районированных территорий.

В настоящее время для территории Армении считается установленным, что землетрясения связаны с зонами разломов различного типа (сейсмические швы, сейсмогенные зоны и т.д.).

Сопоставляя схемы глубинных разломов территории Армении с эпицентрами землетрясений, ряд авторов [44, 47, 86, 98, 107] выявили следующие соотношения.

1. Большинство сильных землетрясений приурочено к зонам глубинных разломов, причем наиболее отчетлива эта связь для эпицентров 6-9 баллов.

2. Отмечается неравномерное проявление сейсмичности вдоль простиранья глубинных разломов. Имеющиеся данные позволяют установить относительно высокую сейсмоактивность юго-западных отрезков глубинных разломов антикавказского простиранья и юго-восточных и северо-западных отрезков разломов кавказского простиранья.

3. Относительно высокой сейсмичностью характеризуются районы пересечения глубинных разломов различных простираний (сейсмотектонические "узлы").

Эти выявленные соотношения между глубинными разломами и проявлениями сейсмичности в прошлом могут явиться основанием для прогноза новых вероятных сейсмогенных зон и их узлов, в которых в будущем могут проявиться землетрясения. Это положение в равной мере относится к сопоставлению результатов изучения глубинного строения верхней части земной коры исследуемой территории с данными о распределении эпицентров сильных землетрясений (рис. 4.4). Правомерность исследования соотношения распределения эпицентров землетрясений именно со строением верхней части земной коры обосновывается тем, что, как отмечалось в 2.4, наиболее частые глубины очагов землетрясений характеризуются ве-

личной порядка 5 ± 10 и 25 ± 30 км, а подавляющее большинство их имеет глубину очага 5 ± 15 км.

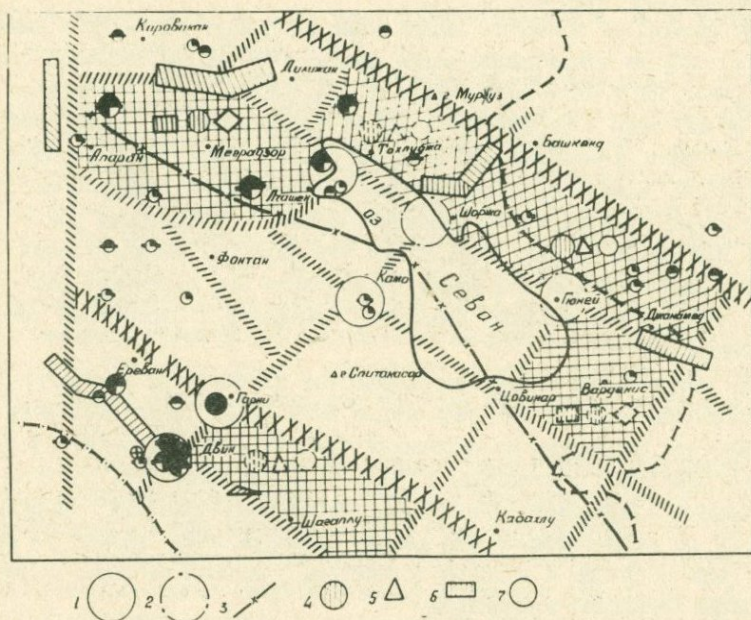


Рис. 4.4. Связь блоковой тектоники с сейсмичностью и рудоносностью района озера Севан
1 - наиболее вероятные сейсмогенные "узлы"; 2 - вероятные сейсмогенные "узлы"; 3 - граница 7-8 балльных сейсмических зон (по А.А.Габриеляну и др.); 4 - кварц-сульфидный; 5 - хромитовый; 6 - железорудный; 7 - киноварный; 8 - медный.

Комплексный анализ вышеуказанных данных позволяет выявить следующие соотношения:

а) очагами наиболее сильных землетрясений характеризуется Среднеараксинский мегаблок, в пределах которого за тысячелетие произошли свыше 15 землетрясений с интенсивностью 6 ± 9 баллов.

Центральный мегаблок характеризуется в основном 6 ± 7 балльными, а Алаверди-Иджеванский мегаблок - 5 ± 6 балльными землетрясениями. Это явление А.А.Габриеляном и С.А.Пирузяном объяс-

няется увеличением возраста складчатости и консолидации структур с юго-запада на северо-восток (от раннеальпийского к позднеальпийскому возрасту) [44];

б) исходя из точности определения координат эпицентров землетрясений по макросейсмическим данным (5-8 км) и масштаба составленных карт блокового строения, на данном этапе исследований можно лишь в первом приближении характеризовать приуроченность очагов землетрясений к зонам разломов различной глубины заложения. Более определенно можно рассматривать приуроченность эпицентров сильных землетрясений к "узлам" пересечения разломов. Как видно из рис. 4.4, очаги 7-9 балльных землетрясений приурочены в основном к узлам пересечения зон глубинных разломов, образуя Гарнийский, Двинский, Камойский и Лчашенский сейсмогенные "узлы".

На современной стадии геофизической изученности и анализа результатов этих данных выделенные выше "узлы" относятся нами к наиболее вероятным сейсмогенным "узлам". Отнесение их к наиболее вероятным сейсмогенным "узлам" обусловлено тем, что они совпадают с местоположениями эпицентров землетрясений, определенных по макросейсмическим данным. Контуров этих "узлов" не могут быть очерчены с высокой точностью, учитывая точность определения координат эпицентров.

Наряду с выделенными наиболее вероятными сейсмогенными "узлами" на рис. 4.4 показаны вероятные сейсмогенные "узлы". Из них наиболее близко к акватории оз.Севан расположены Центрально-Севанский и Гюнейский "узлы".

Центрально-Севанский "узел", образованный пересечением Севанских поперечных и продольных разломов, может быть отнесен к потенциально динамически активному участку земной коры, так как расположен на разломе, к северо-западу и юго-востоку от которого наблюдаются различные по интенсивности современные вертикальные движения. Кроме того, в пределах этого "узла" проявление в будущем землетрясений не исключается, так как к юго-западу от него, в районе Камойского "узла", известны эпицентры 5-6 балльных землетрясений, а сам "узел" расположен на северо-восточном продолжении сейсмоактивной зоны Камо-Арагат, где известны Гарнийский, Двинский и Арагатский наиболее сейсмоактивные "узлы" с землетрясениями 7-9 баллов [44].

Гюнейский "узел", образованный пересечением Севанского продольного и Гюней-Цовинарского разломов и расположений к юго-востоку от Лчашенской и к северо-западу от известной Кельбаджарской сейсмоактивной зоны, может также оказаться сейсмогенным участком земной коры;

в) относительно активным в сейсмическом отношении является область распространения основных и ультраосновных пород офиолитовой ассоциации на северо-восточном побережье оз. Севан, характеризующийся 5÷7 балльными проявившимися землетрясениями. При этом по направлению с северо-запада на юго-восток (от погрешенной части массивов к их обнажениям) наблюдаются убывание интенсивности (от 6÷7 баллов до 5÷6 баллов) и увеличение количества землетрясений. Пограничной зоной между этими районами с различной сейсмической активностью является северо-восточный отрезок СІР. Вероятность проявления здесь в будущем землетрясений аргументируется наличием областей накопления напряжений, выявленных станциями "Земля";

г) относительно активным в сейсмическом отношении является также Меградзорский блок, в пределах которого проявились Цахкадзорское и Алагязское землетрясения с интенсивностью 7÷8 баллов. О многократной активизации системы разломов в различные геологические эпохи свидетельствует наличие в этом блоке интрузий разнообразного состава и возраста (от гнейсовидных гранитов палеозоя до нефелиновых сиенитов среднего эоцена). На современную активность этого блока указывают и весьма ограниченные данные о скоростях современных вертикальных движений земной поверхности вдоль линии Цовагюх-Абовян, согласно которым выявлены контрастные дифференциальные движения с амплитудой 1,6 мм/год. Кроме того, вблизи зон разломов, ограничивающих Меградзорский блок, выявлены по данным станций "Земля" области накопления напряжений (рис. 2, 12).

Указанные выше данные, с учетом интенсивности и ширины первых максимальных изосейст проявившихся землетрясений, позволяют выделить Меградзорский блок как локальную сейсмогенную область, в пределах которой возможны проявления в будущем землетрясений с интенсивностью 7÷8 баллов;

д) относительно слабой сейсмичностью характеризуется Гегам-Сюникская вулканическая область. Возможно, что энергия форми-

рования этих вулканов, проявившихся в конце третичного и в начале четвертичного времени, обусловила относительно пониженную сейсмичность этой области. По М.С.Бадалян и др. [32] слабая сейсмичность Гегам-Сунникской вулканической области объясняется насыщенностью верхних слоев земной коры интрузивными телами, уменьшающими возможность тектонических движений дифференциального характера.

Исходя из выявленных выше соотношений, на наш взгляд, можно внести некоторые коррективы в последнюю по времени опубликованную схему сейсмического районирования [47], и в частности, в проведение границы 7+8 балльных сейсмических зон, которую следует проводить по зоне Аштарак-Кабахлинского глубинного разлома. Обоснованием необходимости внесения такой коррективы, в первую очередь, может служить тот факт, что в юго-западной части исследуемой территории зона этого глубинного разлома является границей двух мегарегиональных блоков, существенно отличающихся между собой особенностями строения верхней части земной коры, характером проявления новейших и современных движений, проявлением интрузивного и эффузивного магматизма и т.д. Кроме того, к северо-востоку от этой зоны, в пределах Центрального мегаблока, до настоящего времени не зарегистрировано как по макросейсмическим, так и инструментальным данным, землетрясений с интенсивностью свыше 7 баллов. Исключение составляет выделенная Меградзорская локальная сейсмическая область, которая позволяет предположить возможность выделения и семибалльных локальных сейсмических областей в пределах восьмibalльной сейсмической зоны. Справедливость такого предположения может быть в дальнейшем доказана на основе специальных комплексных геолого-геофизических и сейсмологических исследований.

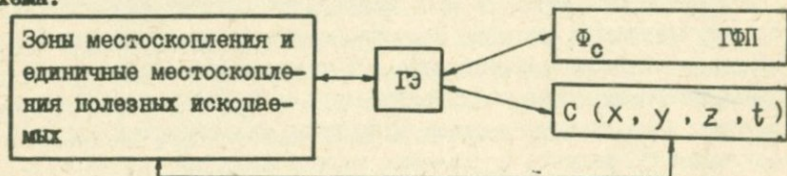
Итак, в пределах рассматриваемой территории выделяются 3 региональные сейсмические зоны - Среднеараксинская, Центральная и Алаверди-Иджеванская, а внутри каждой из них - наиболее сейсмоактивные области. Территория бассейна оз. Севан расположена в основном в семибалльной сейсмической зоне, в которой наиболее сейсмоактивным областям соответствуют "узлы" пересечения глубинных разломов и относительно приподнятые блоки (Меградзорский, Тохуджинский, Джанахмедский и др.) (рис.4.4).

Изложенные выше соотношения между закономерностями распре-

деления эпицентров землетрясений и строением верхней части земной коры, с одной стороны, и известные соотношения между распределением местоскоплений полезных ископаемых с определенными типами геоструктурных элементов, с другой, позволяют поставить задачу выявления опосредованных соотношений между закономерностями распределения в пространстве и во времени землетрясений и местоскоплений полезных ископаемых. Выявленные при этом соотношения могут быть использованы в качестве новых поисковых признаков для обнаружения местоскоплений различных полезных ископаемых.

В СССР вопрос о соотношениях между проявлениями землетрясений и геодинамическими особенностями местоскоплений нефти и природного газа был впервые рассмотрен в работе [58], в которой установлена связь сейсмостатистических параметров с начальными пластовыми давлениями в залежах нефтяных местоскоплений и была поставлена общая задача об использовании сейсмологических данных при изучении закономерностей пространственного распределения местоскоплений нефти и газа.

Распространяя этот методический подход и на другие полезные ископаемые его можно представить графически в виде следующей схемы.



где:

ГЭ — геоструктурные элементы различных порядков и глубины заложения;

Φ_c — физические свойства горных пород и вещества глубинных зон земной коры;

ГФП — совокупность геофизических полей (исключая сейсмичность);

$C(x, y, z, t)$ — сейсмичность, проявляющаяся закономерно в пространстве и во времени.

Из этой схемы очевидно, что закономерные соотношения между распределением полезных ископаемых и сейсмичностью тесно связа-

ны и обусловлены характером унаследованности современных глубинных процессов (СПП) в земной коре и верхней мантии с историко-геологическими глубинными процессами (ИГТП), обусловившими как генезис и формирование геоструктурных элементов различных порядков, так и генезис и формирование местоскоплений различных полезных ископаемых.

На основе общей постановки задачи о соотношениях между закономерностями пространственного распределения эпицентров землетрясений и местоскоплений полезных ископаемых рассмотрим некоторые примеры, главным образом, по центральной части территории Армянской ССР.

Сопоставление схемы блокового строения с металлогенической схемой И.Г.Магакьяна 55 позволяет установить, что пространственная локализация рудных месторождений носит преимущественно блоковый характер. Так, например, для Меградзорского и Джанахмедского блоков характерны соответственно железорудный, медный, кварц-сульфидный, хромитовый и киноварный типы оруденения. Особенности строения верхней части земной коры, а также ряд геофизических характеристик этих блоков могут явиться в значительной мере "эталоном" для поисков аналогичных блоков в других районах территории Армянской ССР. В пределах рассматриваемой территории возможным аналогом Меградзорского блока может явиться Варденисский блок, а Гюнейского - Тохлуджинский блок.

Характерными чертами Меградзорского и Варденисского блоков являются понятие двух верхних контактных поверхностей (прямые соотношения), наличие в пределах блоков интрузий, проявление землетрясений с интенсивностью 5-8 баллов, а также относительно малая активность в отношении слабых землетрясений (рис.2.13).

Сравнение Джанахмедского и Тохлуджинского блоков показывает, что общими для них являются поднятия двух верхних контактных поверхностей, распространение основных и ультраосновных пород офиолитовой ассоциации, а также сейсмическая активность в отношении сильных землетрясений. Нахождение гранатов совместно с алмазами в районах распространения пород офиолитовой ассоциации [52] позволяет предвидеть вероятность обнаружения в пределах Тохлуджинского блока не только кварц-сульфидных и хромитовых оруденений, но и алмазов.

На юго-западе исследуемой территории, в пределах Шагаплин-

ского блока, характеризующегося поднятием контактных поверхностей, наличием основных и ультраосновных пород офиолитовой ассоциации и областей накопления напряжений, проявлениями землетрясений с интенсивностью 8-9 баллов, которые приурочены в основном к "узлам" пересечения глубинных разломов (Двинский, Гарнийский), образующих Шагалинский блок, выявлены кварц-сульфидные и хромитовые рудопоявления. Исходя из этого, по аналогии с Джанахмедским и Тохлуджинским блоками, указанный блок также может являться перспективным в отношении поисков кварц-сульфидных, хромитовых и алмазных местоскоплений.

Сопоставление схемы распределения эпицентров проявившихся землетрясений с данными о пространственном распределении некоторых источников минеральных вод показывает, что последние приурочены главным образом к наиболее сейсмоактивным областям, и в особенности, сейсмогенным "узлам". Так, в пределах Двинского, Гарнийского и Камойского сейсмогенных "узлов" выявлено значительное количество выходов минеральных источников, а в пределах Меградзорского блока расположены известные Анкаванское и Фиолетовское месторождения минеральных вод. Указанные соотношения могут быть также использованы в системе поисковых признаков для обнаружения месторождений минеральных источников.

Таким образом, рассмотренные выше примеры показывают, что при прогнозировании местоскоплений полезных ископаемых, и в особенности в пределах сейсмоактивных районов, необходимо, в совокупности с уже известными поисковыми признаками, использовать и имеющиеся фактические сейсмологические данные.

4.3. Геофизическая характеристика, границы распространения и глубина залегания массивов основных и ультраосновных пород Присеванской офиолитовой зоны

В последние годы теоретические вопросы строения и структурного положения офиолитовой ассоциации горных пород, включая и Присеванскую зону Армянской ССР, привлекают к себе всеобщее внимание исследователей. Изучение офиолитов актуально и в практическом отношении, так как с ними связаны месторождения таких полезных ископаемых, как хром, платина, железо, никель, марганец, ртуть и др.

Из обширного содержания комплексной проблемы "офиолитов", включающей в себя множество взаимосвязанных вопросов (см. I.4), рассмотрим для Присеванской офиолитовой зоны следующие вопросы:

а) геофизическая характеристика и границы распространения зоны;

б) глубина залегания (мощность -?) верхних и нижних кромок массивов основных и ультраосновных пород офиолитовой ассоциации.

Сопоставляя всю совокупность обнажений массивов основных и ультраосновных пород офиолитовой ассоциации с наблюдаемым гравитационным полем бассейна оз. Севан и его обрамления (рис. 4.5), можно заключить, что они как в пределах Севано-Амассийского, так и Вединского офиолитовых поясов приурочены к зонам относительно высоких градиентов силы тяжести. Ранее такое пространственное соотношение отмечалось А.А. Габриеляном и Л.К. Татевосян в работе [126].

Как было отмечено в 2.2, на карте Δg ост. (0-5 км) (рис. 2.3) вдоль восточного побережья оз. Севан от с. Джанахмед на юго-востоке до с. Цовагях на северо-западе расположена линейная зона положительных аномалий силы тяжести интенсивностью до 150 мкм/с^2 , протяженностью около 100 км и шириной порядка $10 \pm 14 \text{ км}$. Сопоставление остаточного поля с выходами основных и ультраосновных пород позволяет заключить, что вдоль побережья Б. Севана непосредственно над обнажениями наблюдаются локальные аномалии интенсивностью $80-150 \text{ мкм/с}^2$, а вдоль побережья М. Севана, где известен лишь небольшой выход в районе с. Тохлуджа (площадь 600 м^2), интенсивность аномалий уменьшается до $50-60 \text{ мкм/с}^2$.

По результатам аэромагнитных съемок Присеванская офиолитовая зона характеризуется линейными локальными положительными аномалиями ΔT , интенсивность которых убывает по направлению от Б. Севана к М. Севану.

Сейсмические разрез на участках пересечения Присеванской офиолитовой зоны характеризуются полным или почти полным отсутствием границ обмена по всей глубине земной коры. Зона насыщена субвертикальными глубинными разломами амплитудой в несколько км и активными в сейсмическом отношении [60].

Результаты количественной интерпретации вдоль региональных профилей показали, что массивы основных и ультраосновных пород

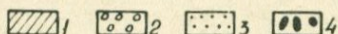
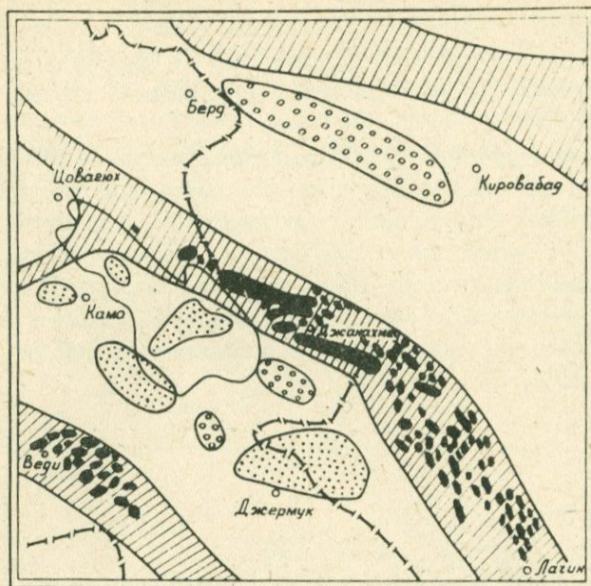


Рис. 4.5. Схема распространения основных и ультраосновных пород офиолитовой ассоциации и контуры аномалий силы тяжести. 1 - зоны больших горизонтальных градиентов Δg ; 2 - относительные максимумы Δg ; 3 - относительные минимумы Δg ; 4 - выходы основных и ультраосновных пород.

Присеванской офиолитовой зоны расположены в области между двумя параллельными зонами разломов, отстоящими друг от друга на расстоянии 15–20 км. Исходя из определенных глубин этих разломов, можно предположить, что корни массивов Присеванской офиолитовой зоны расположены в 20 км северо-восточнее от их выходов, т.е. основным каналом их внедрения является Куйбышев-Гашкендский глубинный разлом. Отметим, что на это указал А.А.Габриелян в работе [43].

Для районов распространения основных и ультраосновных пород как Присеванской, так и Вединской офиолитовых зон, по данным Δg характерны поднятия верхних контактных поверхностей. Это

обстоятельство, а также данные скв. № 2 Дилижан (глубина 1200 м), свидетельствуют о том, что Присеванская зона не продолжается в северо-западном направлении при переходе от Тохлуджинского блока к Дилижанскому, характеризующемуся опусканием верхних контактных поверхностей.

Для оценки вероятной глубины залегания нижних и верхних кромок массивов основных и ультраосновных пород были выполнены специальные полевые исследования гравитационного и магнитного полей по профилям, секущим вкрест простирания Караиман-Зодский, Шишканинский, Джил-Сатанахачский, Шоржинский и др. массивы Присеванской зоны Севано-Амасийского офиолитового пояса. Расстояние между пунктами наблюдений вдоль профилей составляло от 100 до 250÷350 м (рис.4.6).

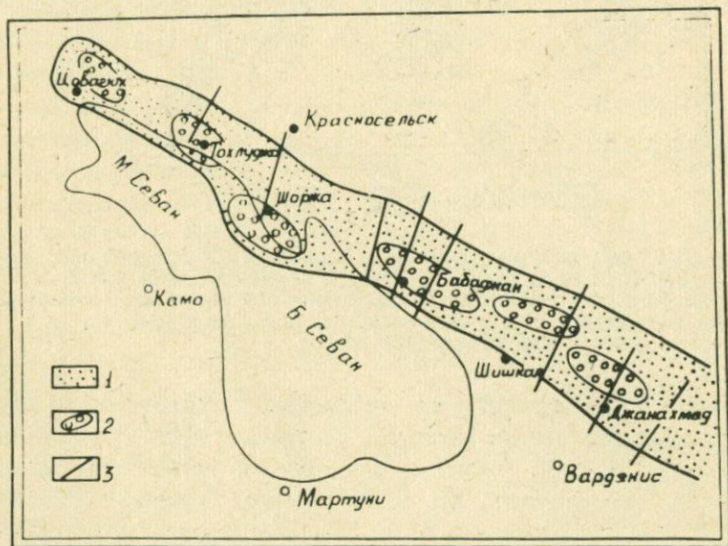


Рис. 4.6. Схема остаточных аномалий силы тяжести на восточном побережье озера Севан
1 - зона положительных остаточных аномалий Δg ; 2 - локальные относительные минимумы Δg ; 3 - профили гравимагнитных съемок.

Рассмотрим наиболее типичный профиль длиной 14 км, пройден-

ный над Джил-Сатанахачским массивом в районе с.Бабаджан (рис. 4.7)*. Как видно из представленного на рис. 4.7 геолого-геофизического разреза, над обнажениями основных и ультраосновных пород уверенно фиксируются локальные положительные аномалии Δg интенсивностью 120-150 мкм/с² (шириной 3-5 км) и ΔT - +2000-2300 нТл.

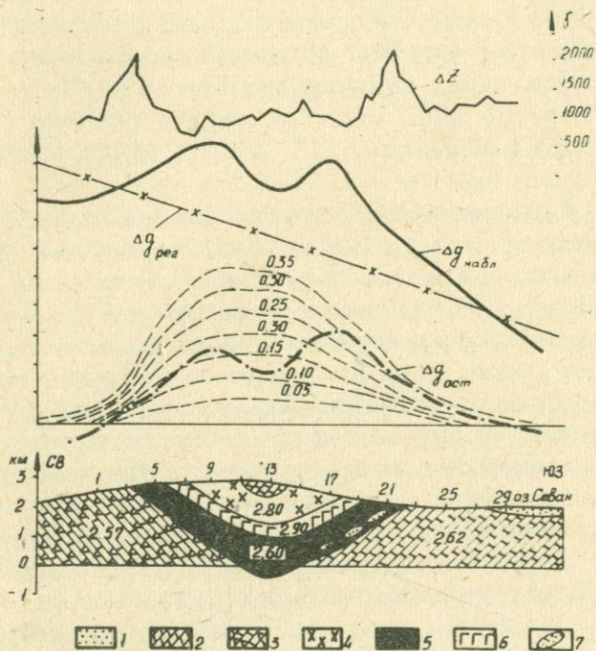


Рис. 4.7. Геолого-геофизический профиль с.Бабаджан (геологический разрез составил С.Б.Абовян)
1 - современные наносы; 2 - известняки; 3 - известняки, порфи-
риты; 4 - кварцевые диориты; 5 - серпентинизированные перидотиты; 6 - габбро; 7 - листвениты.

* За исходную модель был принят геологический разрез, составленный С.Б.Абовяном.

Количественная интерпретация гравиметрических данных производилась по программам, разработанным В.И.Старостенко и С.М.Оганесяном для ЭИМ "Минск-22" [93,121]. Точки профиля располагались на рельефе местности с шагом, равным 0,5 км.

На основании полученных данных по изучению плотности интрузивных пород офиолитовой ассоциации (см.2.1) на первом этапе интерпретации при помощи решения прямой задачи было оценено гравитационное влияние отдельных комплексов пород. Принимая среднюю плотность вмещающей среды, равной $2,60 \text{ г/см}^3$ (известняки мелового возраста и порфириды среднего эоцена), вычислялись для различных вероятных перепадов плотностей гравитационные эффекты от комплексов пород: кварцевых диоритов ($\Delta \rho = +0,1; +0,2; +0,3 \text{ г/см}^3$), габбро ($\Delta \rho = +0,1; +0,2; +0,3$ и $+0,4 \text{ г/см}^3$) и серпентинизированных перидотитов ($\Delta \rho = -0,10; -0,05; +0,05; \dots; +0,35 \text{ г/см}^3$).

Анализ результатов показал, что для исходной модели невозможно подобрать такую совокупность перепада плотностей, при которой суммарный гравитационный эффект соответствовал бы заданному полю. Поэтому решение задачи по имеющимся материалам на данном этапе исследований сводится не к рассмотрению влияния отдельных интрузивных пород офиолитовой ассоциации, а комплекса в целом. Такой подход к определению перепада плотностей обусловлен большим интервалом изменения значений плотности серпентинизированных перидотитов. Исходя из этого, были оценены величины средневзвешенной плотности всего комплекса интрузивных пород для различных значений плотности серпентинизированных перидотитов — от $2,40$ до $3,10 \text{ г/см}^3$. В соответствии с этим вычислялась избыточная плотность при условии, что плотность вмещающих пород составляет в среднем $2,60 \text{ г/см}^3$. Результаты приведены в табл. 4.1.

Сопоставление рассчитанных гравитационных эффектов при заданных избыточных плотностях с исходным полем выявляет существенное их различие (рис. 4.7).

В связи с этим на втором этапе интерпретации при помощи программы решения обратной задачи гравиметрии для контактной поверхности при закрепленной верхней кромке интрузивного тела для избыточной плотности $0,10; 0,15; 0,20$ и $0,30 \text{ г/см}^3$ определялись положения нижней границы. Критерием отбора того или иного поло-

Т а б л и ц а 4.1

№ № п/п	Серпентинизиро- ванный перидотит г/см ³	Средневзвешен- ная плотность г/см ³	Избыточная плотность г/см ³
1.	2,40	2,67	+0,07
2.	2,50	2,71	+0,11
3.	2,60	2,74	+0,14
4.	2,70	2,78	+0,18
5.	2,80	2,81	+0,21
6.	2,90	2,85	+0,25
7.	3,00	2,88	+0,28
8.	3,10	2,92	+0,32

жения нижней границы являлась величина суммы квадратов разностей исходного поля и теоретического, найденной в процессе решения обратной задачи. По этому критерию была выявлена необходимость уточнения выбранной модели, которая с учетом геологических данных о возможной мощности меловых и среднеэоценовых пород I,2 была несколько изменена, а именно, верхняя кромка интрузивного тела доведена до глубины 1500 м.

Результаты определения нижней кромки интрузивного тела, согласно последней модели, приведены на рис. 4.8, где построены модели интрузивного тела, гравитационные эффекты которых по своим значениям близки к заданному полю.

Максимальное погружение (глубина) нижней границы интрузивного тела при $\Delta\delta = 0,30$ г/см³ составляет 500 м выше уровня моря, а при 0,20; 0,15 и 0,10 г/см³ — соответственно 1000; 2500 и 4000 м ниже уровня моря [25,28].

Следует отметить, что хотя для каждой заданной избыточной плотности получены плотностные модели, хорошо согласующиеся с исходным полем, вероятная реальность их с точки зрения имеющейся геолого-геофизической информации не одинакова.

Так, при $\Delta\delta = 0,30$ г/см³ необходимо, чтобы плотность серпентинизированных перидотитов была бы больше 3,0 г/см³, чего не наблюдалось по данным определения плотностей отобранных образцов.

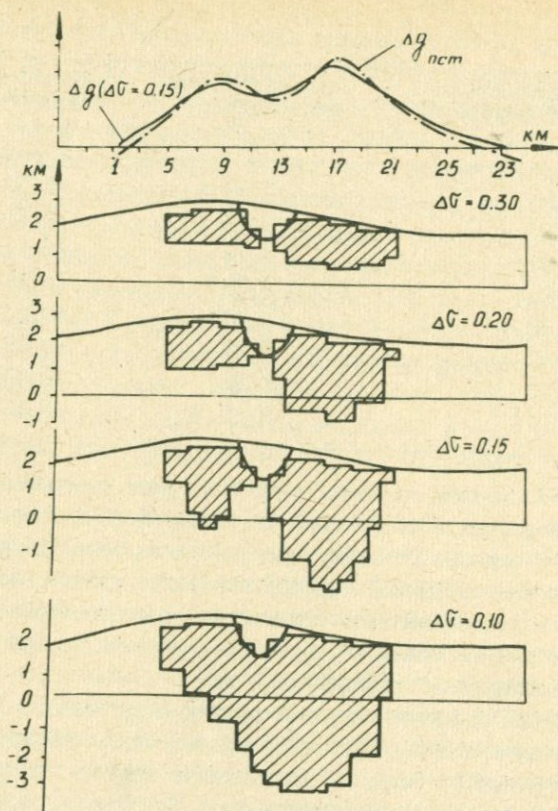


Рис. 4.8. Результаты интерпретации остаточного поля при $\Delta\sigma = +0,30; +0,20; +0,15$ и $+0,10$ г/см³.

При $\Delta\sigma = 0,20$ г/см³ необходимо, чтобы плотность серпентинизированных перидотитов была бы равной примерно 2,80 г/см³, т.е. следует допустить, что на глубине порядка 3±3,5 км серпентинизированные перидотиты исследуемого разреза с плотностью 2,60 г/см³ переходят в более плотные разности с плотностью порядка 2,80 г/см³. Последнее не может быть принято на основании наших знаний о плотностях серпентинизированных перидотитов Присеванской зоны, определенных как в обычных условиях, так и при высоких давлениях. Так, ис-

следования плотности серпентинизированных перидотитов при высоких давлениях показали, что плотность их на глубине 3 ± 5 км (2 ± 3 кбар) может достигать величины порядка $2,80 \text{ г/см}^3$ лишь при условии, если первоначальная плотность их составляет $2,75 \text{ г/см}^3$ [13, рис.7]. В случае, когда первоначальная плотность равна $2,60 \text{ г/см}^3$, по тем же данным, лишь при давлениях 15 ± 20 кбар (40 ± 50 км) плотность достигает $2,75\pm 2,77 \text{ г/см}^3$.

Наиболее реальными являются варианты избыточных плотностей $0,15$ и $0,10 \text{ г/см}^3$, при которых плотность серпентинизированных перидотитов изменяется в интервале от $2,48$ до $2,65 \text{ г/см}^3$. Вероятность такого предположения может быть дополнительно аргументирована тем, что в последние годы на основании исследований упругих и плотностных свойств ультрабазитов при высоких давлениях и интерпретации зональных магнитных аномалий сделаны заключения о возможности существования серпентинизированных пород на глубинах порядка 5 ± 10 км [36].

При оценке степени вероятности вариантов с избыточными плотностями $0,15$ и $0,10 \text{ г/см}^3$ преимущество отдается первому, т.к. при $\Delta \rho = 0,15 \text{ г/см}^3$ значения плотности серпентинизированных перидотитов наиболее близки к величине $2,60 \text{ г/см}^3$. (При $\Delta \rho = 0,10 \text{ г/см}^3$ необходимо, чтобы плотность серпентинизированных перидотитов была бы меньше $2,50 \text{ г/см}^3$). Кроме этого, исходя из характера локального поля Δg более вероятным является наличие на глубине не одного, а двух разобобщенных тел (рис. 4.8).

Итак, количественная интерпретация гравиметрических материалов позволяет заключить, что глубина залегания нижних кромок интрузивных тел офиолитовой ассоциации в пределах Джил-Сатанакского массива может быть оценена величиной порядка $5,0\pm 5,5$ км от дневной поверхности [25,28]. Об этом свидетельствуют и результаты пересчетов магнитного поля в верхнее полупространство, согласно которым аномалии исчезают на высоте пересчета $4-5$ км.

Аналогичные данные были получены при расчетах по магнитным аномалиям глубин залегания нижних кромок габброидов в офиолитовых поясах Прибайкалья и Забайкалья, согласно которым их значения колеблются от сотен метров до 5 ± 7 км [81].

Если остаточные аномалии Δg в пределах восточного побережья М.Севана также обусловлены массивами основных и ультраос-

новых пород, залегающими в погребенном виде к северо-западу от Севанского поперечного разлома, то принимая вычисленную нами мощность в пределах обнажений $5,0 \pm 5,5$ км, можно определить вероятную глубину их залегания под осадочной толщей.

Принимая, что погребенные интрузивные тела в первом приближении имеют форму шара с радиусом около 2,5 км и перекрыты андезитом-базальтами, дацитами, порфиритами и туфогенными породами среднего и верхнего эоцена со средней плотностью $2,60 \text{ г/см}^3$ при вариации плотности серпентинизированных перидотитов от 2,50 до $2,70 \text{ г/см}^3$, получим глубины центра тяжести этих тел в интервале от 2,6 до 4,0 км (табл. 4.2).

Т а б л и ц а 4.2

	Глубина центра тяжести км	Глубина верхней кромки км	Глубина центра тяжести км	Глубина верхней кромки км	Глубина центра тяжести км	Глубина верхней кромки км
Плотность серпентини- зированных перидотитов	2,70		2,60		2,50	
60 мкм/с ²	3,8	1,3	3,3	0,8	2,6	0,1
50 мкм/с ²	4,0	1,5	3,5	1,0	2,8	0,3

На основании данных таблицы и изучения физических свойств пород наиболее вероятная глубина залегания верхних кромок интрузивных тел оценивается величиной порядка $0,3 \pm 1,0$ км. Полученные результаты находятся в согласии с данными аэромагнитной съемки на абсолютной высоте полета 4000 м (Г.А.Русаков, Г.А.Сироткин, 1970 г.), согласно которым выявлено убывание интенсивности системы локальных положительных значений магнитного поля ΔT от 4 мэ на побережье Б.Севана до 1 мэ на побережье М.Севана, и данными геологоразведочных работ в районе с.Цовагях [10].

Сравнение результатов количественной интерпретации вдоль локальных и региональных интерпретационных профилей, секущих Севано-Амасийский офиолитовый пояс, указывает на хорошую их сходимость, т.к. в обоих случаях глубины залегания нижних и верхних кромок массивов основных и ультраосновных пород практически совпадают.

Таким образом, можно заключить, что результаты полевых комплексных гравиметрических и магнитометрических исследований (с отбором образцов) в пределах массивов основных и ультраосновных пород Присеванской офиолитовой зоны и количественная интерпретация полученных данных свидетельствуют об эффективности использования геофизической информации для определения параметров залегания, оконтуривания и поиска погребенных массивов офиолитовой ассоциации.

При этом устанавливается, что:

а) истинное соотношение между гравитационным полем и массивами основных и ультраосновных пород на северо-восточном побережье оз. Севан заключается в приуроченности последних к линейной положительной остаточной аномалии Δg , выявленной в пределах региональной зоны относительно высоких градиентов наблюдаемого гравитационного поля;

б) основные и ультраосновные породы Присеванской офиолитовой зоны распространены в области между зонами двух параллельных разломов от с. Джанахмед на юго-востоке до с. Цовагях на северо-западе, т.е. Присеванская офиолитовая зона имеет ширину 15 ± 20 км и протяженность до 100 км;

в) глубина залегания нижних кромок массивов основных и ультраосновных пород на восточном побережье Б.Севана оценивается величиной порядка $5,0 \pm 5,5$ км от поверхности, а верхних кромок погребенных тел на восточном побережье М.Севана - $0,3 \pm 1,0$ км.

4.4. Некоторые новые данные к решению проблемы происхождения озера Севан

Озеро Севан принадлежит к числу крупнейших высокогорных озер мира и расположено на высоте 1898 м над уровнем моря. Из всех озер земного шара лишь Тенгри-нор, Титикака, Попо и Куку-нор превосходят его одновременно по площади и высоте над уровнем моря, но в отличие от оз. Севан вода в них соленая.

По своей форме озеро похоже на косой треугольник (с закругленными вершинами), вытянутый в направлении с северо-запада на юго-восток, и вдоль так называемой Норадуз-Артанишской перемычки делится на Большой Севан и Малый Севан (Б.Севан и М.Севан).

В период полувековой истории геологического изучения оз.Севан, которое опиралось на дореволюционные исследования А.Ф.Ляйстера, Ф.Ф.Освальда и др., формировались различные гипотезы о его происхождении. Особо следует выделить период 1934-1959 гг., когда была опубликована серия статей, специально посвященных происхождению оз.Севан, в которых авторы, наряду с позитивной разработкой своих концепций, подвергали критике противоположные гипотезы [11,16,20,40,82,103,112,130 и др.]. При этом наиболее острой оказалась полемика между К.Н.Паффенгольцем и Л.А.Варданянцем.

В настоящее время все имеющиеся гипотезы о происхождении оз. Севан можно объединить в три основные группы:

1. В соответствии с гипотезами первой группы оз.Севан является типично плотинным, причем запружено оно было потоками лав Богудага, которые излились еще в начале четвертичного периода и запрудили уже существовавшую тогда долину [103]. По К.Н.Паффенгольцу, более молодые лавы лишь "омолодили" южный берег М.Севана, а озера Севан и Ван возникли в одно и то же время, примерно на границе плиоцена и постплиоцена.

2. Согласно гипотезам второй группы возникновение озера связано с тектонической депрессией типа грабена, образовавшегося в четвертичном периоде, с дополнительным запруживанием также лавами Богудага [82,130].

3. По представлениям гипотез третьей группы современное озеро представляет собой реликт того верхнеплиоценового (или нижнепостплиоценового) озера, в котором происходило отложение осадков сарыкаинской толщи [11,16].

Несколько своеобразной является гипотеза Л.А.Варданянца, который связывает происхождение озера с палеоскладчатыми деформациями земной коры [40].

Имеются и другие гипотезы, в частности, в одной из них оз.Севан рассматривается как кратер гигантского вулкана, а А.Бюдель полагал, что котловина озера образовалась от опускания части земной коры, как компенсация за излияния андезито-базальтовых лав. Еще раньше аналогичную мысль высказал Г.Абих, пытаясь объяснить образование Араксинской котловины прогибанием части земной коры в качестве компенсации излияния лав Арарата [22].

Рассматривая вопросы формирования оз. Севан, в первую оче-

редь, надо различать два понятия, как на это указывали Н.М.Кузнецов, Е.Е.Милановский, С.П.Бальян и др., а именно, происхождение самой Севанской впадины и накопление водной массы, заполнившей эту впадину [34,82].

В связи с этим следует отметить, что кроме сторонников плотинного происхождения, большинство исследователей принимают в своих гипотезах разновозрастность образования Б. и М.Севана, отмечая при этом важную роль Норадуз-Артанишской перемычки. Так, Е.С.Марков, детально изучивший грунты оз.Севан, исходя из большой распространенности ила в Б.Севане, высказал предположение о ранней стадии образования Б.Севана по сравнению с М.Севаном [22]. К аналогичному заключению, исходя из разных глубин Б. и М.Севана, характера дна и распространения грунтов, пришел и Л.В.Арнольди [112]. Отметим также, что рельеф дна Б.Севана выше рельефа дна М.Севана, что дает основание предполагать, что сток в М.Севан происходил из Б.Севана.

Отдавая должное как научной постановке проблемы происхождения, так и глубоко-научной аргументации выдвигаемых гипотез, следует отметить, что степень геологической изученности территории бассейна оз.Севан, достигнутая к тому времени, результаты исследования рельефа дна, а также данные геоморфологического изучения берегов озера, отражавшие в совокупности тогдашний уровень методики и содержания генетических исследований, естественно, оказались исторически ограниченными, особенно для "тектонической" гипотезы. К тому времени или совершенно отсутствовали данные геофизических исследований обрамления оз. Севан (до 1947 г.), или же имелись весьма ограниченные данные маятниковой и магнитной съемок, а главное — не было исследований в пределах собственно акватория оз. Севан.

В настоящее время, как это было показано в соответствующих разделах данной работы, геофизические полевые исследования и результаты их геологической интерпретации позволяют продолжить на новом уровне анализ проблемы происхождения оз. Севан. В полном объеме этот вопрос является предметом специального, комплексного исследования с использованием данных о строении земной коры, вулканизме, палеогеографии, геоморфологии и других наук о Земле.

Ниже мы излагаем некоторые новые данные, которые могут быть

использованы при всестороннем комплексном исследовании проблемы генезиса оз.Севан.

Важной особенностью площади современного Севана, как было показано в 4.1, является сложное гетерогенное строение земной коры, выражающееся в том, что системой разломов кавказского и антикавказского простираний она обособляется в область опускания не только поверхности фундамента, но и более глубоких границ, т.е. акватория оз.Севан в верхней части земной коры представляет собой грабен. Этот грабен образован отрезками Севанского продольного, Истису-Разданского разломов кавказского простирания и Цовагтах-Апаранского, Гюней-Агавнадзорского разломов антикавказских направлений. Существенное значение при оценке степени вероятности различных гипотез имеет и характер сочленения Б.и М.Севана.

До настоящего времени в пределах известной Норадуз-Артанишской перемычки, разделяющей Б. и М.Севан, по характеру рельефа дна озера выделяли подземный порог с врезанным в нем ущельем протяженностью в 2,0 км и шириной 150-200 м на уровне изобаты [35]. В отношении тектонической природы этой перемычки существует ряд мнений, согласно которым гряда представляет либо антиклинальное поднятие [40,] либо сброс [102], или один из поперечных перегибов Севано-Курдистанского синклиория [130]. Несмотря на различное истолкование тектонической природы этой перемычки, исследователи анализировали ее для определения возрастных соотношений между Б. и М.Севаном и истории ее формирования.

Если исключить те гипотезы, которые при обосновании процесса формирования оз.Севан вообще не принимали во внимание значение границы между Б. и М.Севаном (А.Т.Асланян, К.Н.Паффенгольд и др.), то авторы, которые учитывали эту границу, по существу, отводили ей преувеличенную роль в формировании оз. Севан, характере соотношений между Б. и М.Севаном и возрастном различии последних.

В соответствии со схемой блоков и разломов земной коры (рис. 4.3), существенным для решения этих вопросов в настоящее время является Севанский поперечный разлом (СПР), лишь локальным, поверхностным отражением которого на уровне дна озера является Норадуз-Артанишская перемычка, а СПР - в свою очередь, лишь "Севанское" звено регионального Арарат-Гарни-Севанского глубинного разлома [22].

Следовательно, наличие столь существенной границы в земной коре, совпадающей с морфологической границей между Б. и М. Севаном, уже предопределяет большую вероятность тектонической природы Севанской впадины и тектонического характера сочленения между Б. и М.Севаном [22].

Можно предположить, что такой вывод не исключает вероятность и гипотезы плотинного происхождения озера, так как в этом случае можно допустить, что СПР расчленил единый водный бассейн на Б. и М.Севан, сформировавшийся до становления СПР, в результате запруды. Чтобы исключить такую аргументацию, мы можем воспользоваться существованием и местоположением Севанского продольного разлома — СПР, являющегося существенной границей в земной коре рассматриваемого региона, далеко простирающегося на северо-запад и юго-восток от берегов оз.Севан,

Если время заложения СПР обозначим t_1 , СПР — t_2 , а образование озера Севан — t_3 (верхний плиоцен-четвертичный), то при весьма вероятном неравенстве $t_1 > t_2 > t_3$ (млн.лет), следует, что до начала формирования оз.Севан (t_3) уже существовала котловина, обусловленная гетерогенным строением земной коры.

К изложенному следует добавить, что как было показано в 4.3, характер распределения массивов основных и ультраосновных пород Присеванской офиолитовой зоны на фоне выявленных глубинных разломов также дает материал, указывающий на наличие существенной поперечной границы между М. и Б.Севаном, т.к. именно в зоне СПР происходит смена области обнажений массивов основных и ультраосновных пород на область их погребенного заложения, что выражается на геологической карте сменой меловых отложений третичными.

Таким образом, до начала образования акватории оз.Севан уже сформировалась земная кора, отличающаяся гетерогенным строением ее верхней части, и поэтому можно утверждать, что ведущим фактором формирования озера является геоструктурный, но в качественном отношении он существенно отличается от всех ранее выдвигавшихся геотектонических факторов.

Для количественной характеристики современной геодинамической активности выявленной системы Севанских разломов, и в особенности СПР, в настоящее время имеются весьма ограниченные данные.

Как уже отмечалось в 3.2, вдоль западного побережья оз. Се-

ван по линии сел Цовагях-Мартуни имеются данные о скоростях современных вертикальных движений земной коры. Сопоставление этих данных со схемой блокового строения бассейна оз. Севан показывает, что блокам, характеризующимся глубоким залеганием поверхности фундамента, соответствуют области интенсивных относительных современных опусканий, а приподнятые блоки характеризуются относительным современным поднятием. Такие соотношения отражают, вероятно, унаследованность современных вертикальных движений от более древних. Аналогичные соотношения ранее были выявлены почти повсеместно на территории Европейской части СССР вдоль линии повторного нивелирования [59].

По средним значениям скоростей современных вертикальных движений М.Севан опускается в 4 раза быстрее ($-2,4$ мм/год), чем Б.Севан ($-0,6$ мм/год), т.е. по имеющимся данным, вдоль СПР устанавливается резкая, контрастная граница между М. и Б.Севаном в отношении скоростей современных вертикальных движений (рис. 4.9).

Изучение неприливных вариаций силы тяжести на опорных гравиметрических пунктах республики, расположенных на побережье М.Севана в районе с.Севан и г.Камо, выявляет значительные годовые расхождения силы тяжести до $+1,5$ мкм/с² по сравнению с пунктами г.Варденис и г.Мартуни — $-0,7$ мкм/с², расположенных на южном побережье Б.Севана. Точность определения расхождений составляет $\pm 0,3$ мкм/с² [90,95].

Другим выражением существенного различия М. и Б.Севана по их современной геодинамической активности являются и данные сейсмологии. Как было показано в 2.4, именно площадь М.Севана находится в пределах северо-восточной части относительно активной сейсмической зоны северо-восточного простирания, которая выявлена по инструментальным данным.

Выделенные соотношения относительно современной геодинамической активности Б. и М.Севана согласуются с ранее выявленными различиями в характере рельефа дна, осадков и грунтов, а также с резкой границей между обнаженной и погребенной областями развития основных и ультраосновных пород офиолитовой ассоциации соответственно на восточном побережье Б. и М.Севана.

Вся совокупность приведенных выше соотношений между М. и Б.Севаном отражает унаследованность современных контрастных движений от более древних и является новым, объективным количест-

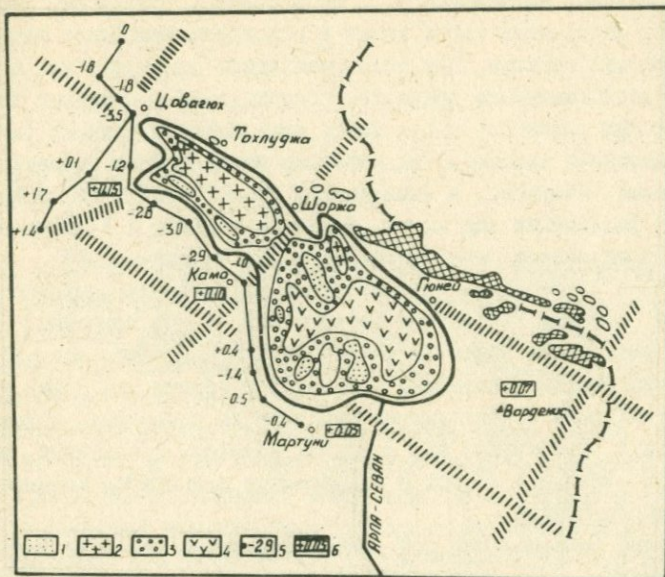


Рис. 4.9. Некоторые геодинамические характеристики бассейна озера Севан

1 - песок; 2 - мелко-алевролитовый ил; 3 - алевролитоглинистый ил; 4 - значения скоростей современных вертикальных движений земной коры; 5 - значения среднегодовых изменений силы тяжести.

венным выражением относительной "молодости" или "омоложенности" М.Севана и "зрелости" Б.Севана. Такие возрастные соотношения являются естественным следствием представлений о том, что более молодые геоструктурные элементы характеризуются и относительно большей современной геодинамической активностью, по сравнению с более древними. На этом основании мы считаем более вероятной из существующих гипотез ту, которая включает представления о разновозрастности их образования [22].

Может оказаться, что совокупность ранее использовавшейся информации при конструировании различных гипотез о генезисе оз. Севан найдет свое новое закономерное объяснение на фоне данных о современном глубинном строении земной коры и ее современной

геодинамической активности и, в свою очередь, обусловит необходимость постановки новых задач в отношении выяснения глубинного строения региона. При этом необходимо отметить, что современные геодинамические процессы, происходящие в пределах системы Севанских разломов, могут иметь существенное влияние (с учетом техногенных факторов) на характер изменения во времени уровня оз.Севан. Например, к Лчашенскому "узлу" приурочена локальная зона фильтрации вод из оз. Севан на участке с.Лчашен-Севан-Варсар, прослеженная электроразведочными работами [22].

Учитывая современную относительную динамическую активность разломов, а также "узлов" их пересечений, и ряд важнейших народнохозяйственных задач XII пятилетки и последующих лет [24, 27] - мероприятия, связанные с поднятием уровня оз. Севан на 4 м, интенсивное строительство курортов на побережье, поиски минеральных, термальных вод и других полезных ископаемых, естественно возникает вопрос о направлении дальнейших геодинамических исследований.

Наиболее рациональным для систематического изучения современной динамики земной коры бассейна оз.Севан является создание долговременного Севанского Комплексного Геодинамического Полигона - СКТП [21,22,24]. Основная задача исследований на СКТП - дальнейшее целенаправленное изучение современной динамической активности системы разломов ("узлов") и блоков земной коры, слагающих оз.Севан и его обрамление.

1. Бассейн озера Севан характеризуется гетерогенным строением верхней части земной коры, выражающимся в том, что системами разломов различных простираний и глубин заложения она расчленяется на блоки различного порядка. Установлено уменьшение количества блоков по глубине.

Наиболее крупными структурами исследуемого района, выделенными на глубинах 15÷20 км, являются Среднеараксинский, Центральный и Алаверди-Иджеванский мегаблоки. По характеру сочленения с сопредельными относительно приподнятыми мегаблоками Центральный мегаблок представляет собой грабеннообразное опускание земной коры. На более высоких уровнях земной коры, и в особенности, по поверхности гетерогенного фундамента осадочного чехла, выявлено весьма сложное блоковое строение.

2. Система выделенных разломов в верхней части земной коры, на основе оценки глубины их заложения, впервые разделены на три группы: разломы в осадочном чехле (0÷5 км), в слое (5÷10 км) и достигающие глубин порядка 15 и более км, а по соотношению крыльев выделяются две группы: разломы с вертикальным смещением крыльев и без смещения. По признакам простирания, протяженности и характера сопряженности блоков вдоль разломов вся совокупность выделенных разломов соответственно подразделяется на кавказские, антикавказские, субмеридиональные и субширотные, региональные и локальные, межблоковые и внутриблоковые.

По весьма ограниченным данным о скоростях современных вертикальных движений земной коры произведена оценка относительной геодинамической активности Севанских разломов (СНР и СПрР).

3. Выделены три региональные сейсмические зоны: Среднеараксинская, Центральная и Алаверди-Иджеванская, а внутри каждой из них — наиболее сейсмоактивные области. В Центральной зоне наибольшую активность проявляют Лчашенский, Камойский наиболее ве-

роятные сейсмогенные "узлы", а также Меградзорский, Тохлуджинский и Джанахмедский относительно приподнятые блоки. В пределах акватории оз.Севан выделены Центральнo-Севанский и Гюнейский вероятные сейсмогенные "узлы".

4. На примерах Меградзорского, Джанахмедского и др. блоков показана правомерность постановки задачи выявления соотношений между закономерностями пространственного распределения эпицентров землетрясений, геоструктурными элементами и местоскоплениями полезных ископаемых, а также необходимость использования указанных соотношений, как нового важного признака в системе уже известных поисковых признаков местоскоплений полезных ископаемых.

5. Основные и ультраосновные породы Присеванской офиолитовой зоны распространены в пределах относительно узкой зоны шириной 15 ± 20 км и протяженностью до 100 км, расположенной между зонами двух параллельных глубинных разломов от с.Джанахмед на юго-востоке до с.Цовагях на северо-западе, т.е. их область распространения примерно в два раза больше, чем выявлены они в обнажениях на северо-восточном побережье оз.Севан. Глубина залегания нижних кромок обнаженных тел на побережье Б.Севана оценивается величиной порядка $5,0 \pm 5,5$ км от поверхности, а верхних кромок погребенных тел на побережье М.Севана - $0,3 \pm 1,0$ км.

6. Ведущим фактором формирования озера Севан является геоструктурный, т.е. до начала образования озера уже сформировалась земная кора, характеризующаяся гетерогенным строением ее верхней части. Установлено, что сочленение Б. и М.Севана происходит вдоль зоны относительно активного Севанского поперечного разлома.

Вся совокупность соотношений между современной относительной геодинамической активностью Б. и М. Севана с выявленными ранее различиями в характере рельефа дна, осадков, грунтов и т.д., являются новым, объективным количественным выражением относительной "молодости" или "омоложенности" М.Севана и "зрелости" Б.Севана. Эти данные указывают на большую вероятность гипотезы о разновозрастности образования М. и Б.Севана.

7. В методическом отношении отметим, что использование устойчивых алгоритмов для решения обратных нелинейных задач гравиметрии, примененного впервые на территории Армянской ССР, по-

казал их высокую эффективность, позволив выполнять оценочные расчеты, производить детальные вычисления, учитывающие локальные особенности заданной кривой, оценить плотностные границы на больших глубинах.

По корреляционному анализу обработки геофизических данных на западном побережье оз. Севан установлено, что блокам, характеризующимся относительно глубоким залеганием поверхности фундамента, соответствуют области относительных современных опусканий, а приподнятые блоки характеризуются относительным современным поднятием. Такие соотношения отражают унаследованность современных вертикальных движений от более древних.

8. Рекомендации.

На основе выполненных исследований и учитывая ряд важнейших народнохозяйственных задач XII пятилетки и последующих лет, ниже излагаются основные практические рекомендации.

а) С целью дальнейшего целенаправленного систематического изучения современной геодинамической активности системы разломов ("узлов") и блоков земной коры, слагающих оз. Севан и его обрамление, рекомендуется создание долговременного Севанского Комплексного Геодинамического Полигона - СКГП.

Опыт исследований на существующих геодинамических полигонах в СССР и за рубежом позволяет рекомендовать следующий комплекс первоочередных исследований:

- детальное изучение скоростей современных вертикальных движений земной коры на всем побережье озера методом высокоточного нивелирования, сопровождаемое наблюдениями за изменениями гравитационного и магнитного полей во времени на всех реперах;
- изучение современных горизонтальных движений с помощью светодальномеров;
- сейсмологические исследования с помощью сейсмических станций "Земля" или "Черепаша", расположенных на побережье, и донных сейсмографов, размещенных в пределах акватории;
- надводную магнитную съемку с помощью гидро-протонного магнитометра;
- исследование теплового потока как на побережье, так и в пределах акватории;

б) В целях практической реализации выводов, полученных в отношении поисков полезных ископаемых, связанных с массивами ос-

новых и ультраосновных пород Присеванской офиолитовой зоны, крайне целесообразно пробурить скважины на их обнажениях и, в первую очередь, на Джил-Сатанахачском массиве для получения керна и изучения физических свойств как в лабораторных условиях, так и по данным каротажа скважин, а также скважину в районе с. Тохлуджа для изучения погребенных массивов;

в) С целью разработки методики использования сейсмологических данных в связи с изучением закономерностей пространственного распределения местоскоплений полезных ископаемых выполнить детальные комплексные гравимагнитные съемки в различной степени сейсмогенных областях с дальнейшей регистрацией слабых и местных очагов землетрясений. Это позволит по характеру соотношений между сейсмичностью, геоструктурными элементами и местоскоплениями полезных ископаемых (рудные, минеральные источники и др.) выявить типичные "эталон", которые в дальнейшем должны быть использованы для поисков новых районов, перспективных в отношении полезных ископаемых;

г) С целью более обоснованного детального сейсмического районирования района оз.Севан предусмотреть дальнейшее комплексное детальное геофизическое изучение глубинного строения и геодинамической характеристики выявленных сейсмогенных "узлов" и областей накопления напряжений.

Для реализации предложений в) и г) важное значение имеет расширение сети стационарных сейсмических станций (в настоящее время на территории Армянской ССР их всего 10, причем в районе радиусом более 50 км вокруг акватории оз.Севан имеется только одна станция Варденис). Это позволит регистрировать всю совокупность землетрясений в более широком энергетическом диапазоне, достаточно надежно определять сейсмические параметры очагов землетрясений, изучать связи между сильными и слабыми землетрясениями и др.

- ① 1. Абовян С.Б. Геология и полезные ископаемые северо-восточного побережья озера Севан. - Ереван, изд. АН АрмССР, 1960, 260 с.
- ② 2. Абовян С.Б. Мафит-ультрамафитовые интрузивные комплексы офиолитовых поясов Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1961, 306 с.
- ③ 3. Аванесян А.С. Основные черты структуры Севано-Акеринского грабен-синклиория. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1976, № 4, с. 21-30.
4. Агамалян В.А. Стратиграфия докембрия Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, № 4, с. 26-40.
- 5. Аджимамудов Э.Б. О связи гравитационного поля с тектонической зональностью Малого Кавказа. ДАН АрмССР, 1957, № 4, с. 167-169.
6. Акопян Ц.Г. Магнитное поле и палеомагнетизм кайнозойских эффузивных пород Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1963, 174 с.
7. Акопян Ц.Г., Пирузян С.А., Самойлюк Л.А. Новые данные о тектоническом строении Зангезурской сейсмоактивной зоны. - В кн.: Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения. Ереван, 1973, с. 216-224.
- ④ 8. Акопян Ц.Г. Некоторые данные о строении земной коры территории Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, 1975, с. 7-15.
9. Андреев Б.А., Клушин И.Г. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. Недра, Л., 1965, 495 с.
10. Арутюнян А.Р. Особенности обкового строения и структурного плана поверхности эпибайкальского основания центральной и северо-западной частей Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1976, № 3, с. 11-23.
- ~ 11. Асланян А.Т. К вопросу о происхождении оз. Севан. Изв. АН АрмССР, сер. естеств. наук, 1947, № 8, с. 39-44.

12. Аслanian А.Т. Региональная геология Армении. Ереван, Айпетрат, 1958, 430 с.

13. Аслanian А.Т., Волярович М.П., Левыкин А.И., Арутюнян А.В. О составе, строении и упругих характеристиках земной коры и верхней мантии на территории Армении. ДАН АрмССР, 1975, №3, т.6, с.152-159.

14. Аслanian А.Т., Арутюнян А.В., Волярович М.П., Левыкин А.И. Об одном возможном механизме становления гипербазитов поясов и спрединговых структур литосферы. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1976, № 5, с.3-12.

15. Аслanian А.Т., Сатиян М.А. К геологической характеристике офиолитовых поясов Закавказья. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1977, № 3-4, с. 13-26.

16. Аслanian А.Т. Проблема происхождения озера Севан в свете современных данных. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1979, №3, с.3-10.

17. Аслanian А.Т., Дебабов А.С. и др. О возможности применения результатов дистанционного зондирования из космоса для интерпретации пространственного распределения сейсмичности. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1981, № 6, с.3-11.

18. Аслanian А.Т., Аракелян Ф.О., Агамалян К.А., Баграмян А.Х. и др. Анализ сейсмических условий района Армянской атомной электростанции (Аракатская долина). Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, № 5.

19. Аслanian А.Т., Сатиян М.А. Гипотезы автохтонного и аллохтонного положения офиолитов Малого Кавказа (некоторые итоги). Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 3, 1982, с.3-12.

20. Афанасьев Г.Д. О происхождении озера Севан. Изв. АН СССР, серия геолог., 1950, № 3, с.148-152.

21. Бабаджанян А.Г. Некоторые данные о разломной тектонике бассейна оз. Севан по геофизическим и геодезическим исследованиям. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 6, 1977, с.18-25.

22. Бабаджанян А.Г. О тектоническом соотношении Большого и Малого Севана. "Молодой научный сотрудник", изд. Ер. университета, № 30, 1979, с. 125-128.

23. Бабаджанян А.Г., Оганесян С.М. Строение верхней части земной коры по профилю Кабахлу-Джанахмед. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 4, 1979, с.88-95.

24. Бабаджанян А.Г., Донабедов А.Т. Современное состояние и перспективы изучения геодинамических условий бассейна озера Севан. Тез. докл. VII Междувед. совещ. по изуч. совр. движ. з.к. на геодин. полиг. Ленинакан, 1980, с.8.

25. Бабаджанян А.Г. Результаты геофизических исследований массивов основных и ультраосновных пород Присеванской офиолитовой зоны (Малый Кавказ). Геофизический журнал, Наукова думка, Киев, № 6, т.3, 1981, с.40-49. — 000

26. Бабаджанян А.Г., Оганесян Л.Б. Гравитационная модель глубинной геологической структуры по профилю Маркара-Поилы (Малый Кавказ). — В кн.: Теория и методика интерпретации гравитационных полей. Докл. Всесоюзн. семинара. Киев, Наукова думка, 1981, с.222-228.

27. Бабаджанян А.Г., Бадалян М.С., Оганесян А.О. и др. Состояние и перспективы изучения современных движений земной коры на территории Армянской ССР. Тез. докл. VIII Всесоюзн. совещ. по изуч. совр. движ. з.к. Кишинев, июль, 1982, с.17-18.

28. Бабаджанян А.Г. Границы распространения и глубина залегания массивов основных и ультраосновных пород Присеванской офиолитовой зоны (Малый Кавказ). Тезисы докл. Всесоюзн. совещ. "Ультраосновные магмы и их металлогения". Владивосток, 1983, с. 21-23.

29. Бабаджанян А.Г., Оганесян С.М., Оганесян Л.Б. Возможности гравиметрии при изучении строения земной коры на территории Армянской ССР. — В кн.: Геологическое истолкование потенциальных полей. Киев, Наукова думка, 1983, с.10-16.

30. Баграмян А.Х. Строение земной коры в различных регионах Кавказа. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1974, 105 с.

31. Бадалян М.С. Особенности глубинного строения вулканов Гегамского нагорья по геофизическим данным. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле. 1977, № 2, с.59-67.

32. Бадалян М.С., Пирюзян С.А., Симонян С.С. Оценка сейсмичности вулканических областей Армении по геофизическим данным. — В кн.: Детальное сейсмическое районирование. М., Наука, 1980, с.144-146.

33. Балавадзе Б.К., Старостенко В.И. О проблеме построения плотностных моделей земной коры и верхней мантии. — В кн.: Гравитационная модель коры и верхней мантии Земли. Киев, Наукова думка, 1979, с.7-8.

✓ 34. Бальян С.П., Бошнагян П.С. Палеография и некоторые вопросы гидрогеологии бассейна оз.Севан. - В кн.: Вопросы геологии Кавказа. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1964, с.37-48.

✓ 35. Богданов Н.А. Проект офиолиты. Вестник АН СССР, № 7, 1980, с.96-98.

36. Борисов А.А., Крутлякова Г.И., Фирсова Д.Б. Магнитная модель континентальных и морских структур СССР. - В сб.: Физические свойства, состав и строение верхней мантии. М., Наука, 1974, с.96-101.

37. Булах Е.Г. Автоматизированная система интерпретации гравитационных аномалий. Киев, Наукова думка, 1973, III с.

38. Буллен К.Е. Плотность Земли (перевод с английского). М., Мир, 1978, 442 с.

39. Бурьянов В.Б., Гордиенко В.В., Кулик С.Н., Логвинов И.М. Комплексное геофизическое изучение тектоносферы континентов. Киев, Наукова думка, 1983, 176 с.

✓ 40. Варданянц Л.А. О происхождении оз.Севан. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1948, 28 с.

41. Варданян А.В., Ананян Э.В. Геологическая интерпретация сквозного профиля территории Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1972, № 4, с.24-33.

00 42. Волчанская И.К., Джрбашян Р.Т., Меликсетян Б.М., Саркисян О.А., Фаворская М.А. Блоковое строение северо-западной Армении и особенности размещения магматизма и рудных проявлений. Советская геология, 1971, №8, с.15-27.

2 43. Gabrielyan A.A., Adamiyan A.A., Acoyan V.T. и др. Тектоническая карта Армянской ССР. Ереван, Митк, 1968, 73 с.

44. Gabrielyan A.A., Piruzyan S.A. Сейсмотектоническая схема Армении и сопредельных частей Антикавказа. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1972, № 4, с.24-33.

00 45. Gabrielyan A.A., Melikyan L.S. Международный симпозиум "Офиолиты в земной коре". Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1973, №5, с.92-96.

46. Gabrielyan A.A., Piruzyan S.A., Simonyan G.P. Новая схема сейсмического районирования территории Армянской ССР. ДАН Арм. ССР, 1976, т.63, № 3, с.182-188.

47. Gabrielyan A.A., Sarkisyan O.A., Simonyan G.P. Сейсмотектоника Армянской ССР. Изд. Ерев. университета, Ереван, 1981, 283 с.

48. Габриелян А.А. Развитие геологических наук в Армянской ССР за 60 лет. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, №3, с.3-22. ✓

○ 49. Гасанов Т.Аб. О возрасте офиолитов и самостоятельности габбро-диабазового комплекса Севано-Акеринской зоны Малого Кавказа. Геотектоника, 1979, №5, с.86-97. □ +

50. Гаспарян И.Г. О находке некоторых самородных минералов в аллювии и искусственных шлихах бассейна озера Севан. Изв. АН АрмССР, т.9, №6, 1956, с.59-66. ✓

○ 51. Гаджиев Р.М. Глубинное геологическое строение Азербайджана. Баку, Азерб. гос. изд-во, 1965, 200 с. !

52. Геворкян Р.Г., Каминский В.Ф., Павленко А.С. и др. Гранаты и хромшпинелиды в алмазоносных ультрамафитах Армении. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1978, № I, с.39-46.

○ 53. Геология СССР. Том 43. Армянская ССР. М., Недра, 1970, 464 с. +

○ 54. Геология СССР. Том 47. Азербайджанская ССР, М., Недра, 1972, 520 с.

○○ 55. Геология Армянской ССР. Том 6. Металлические полезные ископаемые. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1967, 540 с. ✓

○ 56. Геология Армянской ССР. Том 10, Геофизика. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1972, 275 с. □ ✓

57. Голиздра Г.Я. Основные задачи комплексной интерпретации гравитационного и сейсмического методов. - В кн.: Гравитационная модель коры и верхней мантии. Киев, Наукова думка, 1979, с.85-90.

58. Донабедов А.Т., Коровина Т.Л. Изучение соотношений сейсмичности и динамических параметров месторождений нефти и газа. Изв. АН СССР, Физика Земли, 1973, № 4, с.84-86.

59. Донабедов А.Т., Сидоров В.А. Возможности применения методов изучения современных движений земной коры для поисково-разведочных работ на нефть и газ (тематические научно-технические обзоры). М., ВНИИОЭНГ, 1976, 91 с.

○○ 60. Егоркина Г.В., Халевин Н.И. Глубинное строение офиолитовых поясов Армении и Урала по геофизическим данным. - В кн.: Глубинное строение и геофизические особенности структур земной коры и верхней мантии. М., Наука, 1977, с.62-69. □ ! (мн) 5 тез. 1978. ✓

61. Егоркина Г.В. Структура земной коры и верхней мантии Малого Кавказа по данным обменных волн. - В кн.: Строение земной ✓ □ !

коры и верхней мантии Центральной и Восточной Европы. Киев, Наукова думка, 1978, с.199-205.

62. Егоркина Г.В., Краснопевцева Г.В., Щукин Ю.К. Геофизическая характеристика очаговых зон. - В кн.: Физические процессы в очагах землетрясений. М., Наука, 1980, с.206-224.

63. Егоркина Г.В., Кузьмина О.А. Фазовые переходы в гипербазахитах как источник возникновения напряжений и изменения физических свойств земной коры. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, № 5, с. 37-46.

64. Елисеева И.С., Оганисян Ш.С. Изучение глубинного строения Армении на основе дифференцированного подхода к аномальным зонам полей C_n . Разведочная геофизика, 1975, № 6-7, с.52-53.

65. Карапетян Н.К. Годограф сейсмических волн Малого Кавказа. Изв. АН СССР, серия геофиз., 1956, № 1, с.100-104.

66. Карапетян Н.К. Сейсмическая сотрясаемость территории Армении. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1977, № 4-5, с.157-166.

67. Каратаев Г.И., Ватлин Б.П., Захарова Т.Л. Методика комплексной интерпретации гравитационных и магнитных аномалий. Новосибирск, Наука, 1973, 167 с.

68. Каратаев Г.И., Павленкова Н.И. Анализ и пути дальнейшего совершенствования методики построения гравитационных моделей земной коры и верхней мантии. - В кн.: Гравитационная модель коры и верхней мантии. Киев, Наукова думка, 1979, с.228-232.

69. Калшай М.А., Тамразян Г.П. Поперечные (антикавказские) дислокации Крымско-Кавказского региона, их роль в магматизме и закономерностей размещения полезных ископаемых. М., Недра, 1967, 76 с.

70. Калшай М.А., Салехли Т.М., Магриби А.А., Султанов Л.А. Физические свойства вмещающих пород Агятагского и Агкауинского месторождений ртути (Малый Кавказ). Изв. АН Азерб.ССР, серия Науки о Земле, 1977, № 5, с.55-60.

71. Кириллова И.В., Люстих Е.Н. и др. Анализ геолого-тектонического развития и сейсмичности Кавказа. М., Изд. АН СССР, 1960, 340 с.

72. Козленко В.Г., Старостенко В.И., Субботин С.И. Строение коры и верхней мантии по гравиметрическим данным. - В кн.:

Тектоносфера Земли. Изд. Наука, М., 1978, с. 220-226.

73. Колман Р.Г. Офиолиты (перевод с английского). М., Мир, 1979, 262 с. +

74. Книшпер А.Л. Океаническая кора в структуре Альпийской складчатой области. М., Наука, 1975, 208 с. +

75. Красовский С.С. Отражение динамики земной коры континентального типа в гравитационном поле. Киев, Наукова думка, 1981, 200 с.

76. Ломизе М.Г. Современная трактовка тектоники офиолитовых зон и особенности размещения в них полезных ископаемых. В сб.: Геодинамика и полезные ископаемые. М., 1976, с.146-148. +

77. Магакян И.Г., Мкртчян С.С. Взаимосвязь структуры магматизма и металлогении на примере М.Кавказа. Изв. АН АрмССР, сер. геол. и геогр. наук, т.10, № 4, 1957, с.67-76. +

78. Малхасян Э.Г. Геологическое развитие и вулканизм Армении в юрский период. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1975, 170 с. ✓

79. Меликсетян Б.М., Архипов Б.К., Капралов Г.Р. Мещерякова В.Б. Особенности тектоно-магматического развития и закономерности размещения магматизма и оруденения в южной части Малого Кавказа. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1975, №6, с.52-69. ✓

80. Меликян Л.С. Офиолиты юго-восточной части Севанского хребта: структура, условия становления. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1979, № 4. ✓✓

81. Менакер Г.И. Офиолитовые пояса Прибайкалья и Забайкалья и их положение в структуре земной коры (по геофизическим данным). ДАН СССР, 1979, т.245, №1, с.188-191. =

82. Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М., Недра, 1970, 484 с. =

83. Минасян Дж.О. О палеомагнитной корреляции неогенчетвертичных образований Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1979, №5, с.58-63.

84. Мириджанян Р.Т. Тепловой поток через базит-гипербазитовый комплекс пород в районе южного побережья озера Севан. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1976, № 6, с.86-89. ✓

85. Мириджанян Р.Т. Прогнозная оценка температуры глубинных слоев земной коры на территории Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1979, № 5, с.58-63.

86. Назаретян С.Н. Глубинные разломы территории Армянской ССР (по геофизическим данным). Изв. АН АрмССР, Ереван, 1984, 138 с.
87. Никольский Ю.И., Милай Г.А. и др. Геолого-геофизические исследования тектоники, магматизма и металлогении Кавказа. Недра, 1975, 216 с.
88. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР, М., Наука, 1977, 535 с.
89. Оганезов Г.Г. Севан и Гегамский хребет. Ереван, Айпет-гхрат, 1962, 124 с.
90. Оганесян А.О. Особенности изучения неприливных вариаций силы тяжести на Зангезурском геодинамическом полигоне. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1980, № 6, с.69-76.
91. Оганесян Л.Б. Гравиметрические исследования на вулканических конусах Армянской ССР. - В кн.: Геофизические и сейсмологические исследования строения земной коры территории Армянской ССР. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1975, с.90-100.
92. Оганесян С.М., Старостенко В.И. Итерационные методы решения некорректно поставленных задач. ДАН СССР, 1977, т.234, № 2, с.312-315.
93. Оганесян С.М. Решения обратных задач гравиметрии итерационными методами. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1981, №5, с.68-74.
94. Оганесян Ш.С. О причинах, вызывающих отрицательные аномалии силы тяжести на территории Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1966, № 1-2, с. 132-138.
95. Оганесян Ш.С., Оганесян А.О. Результаты изучения изменений силы тяжести во времени на территории АрмССР. - В кн.: Повторные гравиметрические измерения. М., Изд. ВНИИ Геофизика, 1976, с.37-47.
96. Оганесян Ш.С. Строение земной коры территории Армении. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1977, № 4-5, с.142-156.
97. Оганесян Ш.С., Оганесян А.О., Бабаджанян А.Г. Опыт выделения активных зон глубинных разломов на Зангезурском геодинамическом полигоне. - В кн.: Современные движения земной коры на геодинамических полигонах. М., Радио и связь, 1981, с.99-103.
98. Оганесян Ш.С., Бабаджанян А.Г., Бадалян М.С. и др. Исследование глубинного строения земной коры территории Армении геофизическими методами. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1981, №5, с.38-46.

99. Оровецкий Ю.П., Егоркина Г.В. Глубинный магматический диапиризм центральной Армении. Изв. АН АрмССР, 1983, №5, с. 41-45.
- + 100. Осипова И.Б. О региональных сейсмических исследованиях станциями "Черепаша" в Армении. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 5, 1980, с. 65-73.
101. Паланджян С.А. Об этапах формирования альпинотипных гипербазитов. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1971, № 4, с. 20-27.
102. Паффенгольц К.Н. Сейсмотектоника Армении и прилегающих частей Малого Кавказа. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1946, III с.
103. Паффенгольц Е.Н. О происхождении озер Севан, Ван и Урмия. Изв. АН СССР, серия геол., 1950, № 1, с. 125-138.
104. Пейве А.В. Океаническая карта геологического прошлого. Геотектоника, 1969, № 4, с. 5-23.
105. Пейве А.В., Богданов Н.А., Книшпер А.А., Перфильев А.С. Офиолиты: современное состояние и задачи исследования. Геотектоника, 1977, № 6, с. 4-14.
106. Печерский Д.М., Нгуен Тхи Ким Тхоа. Палеомагнетизм вулканитов офиолитовых серий и позднемеловых эффузивов Армении. Изв. АН СССР, Физика Земли, 1979, №3, с. 48-63.
107. Пирузян С.А. Опыт детального сейсмического районирования территории Большого Ереванского района. Ереван, Айастан, 1969, 91 с.
108. Пирузян С.А., Бабаджян А.Г., Донабедов А.Т., Оганесян Л.Б. Блочное строение территории Армянской АЭС и сопредельных районов в связи с сейсмическим районированием. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1978, № 6, с. 69-78.
109. Результаты комплексных исследований по Севанской проблеме. Ереван, Изд. АН АрмССР, т. I, 1961, 457 с.
110. Салехли Т.М., Султанов Л.А., Абдулаев З.Б. Закономерности изменения физико-механических свойств ультраосновных пород Севано-Акеринской тектонической зоны. - В сб.: Геофизические исследования в Азербайджане. М., 1975, вып. 3, с. 92-97.
111. Саркисян О.А., Волчанская И.К. О блоковом строении территории Армянской ССР и прилегающих районов Малого Кавказа. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1973, № 4, с. 6-19.
112. Саркисян С.Г. Петрографо-минералогические исследования бассейна озера Севан. Ереван, Изд. АН АрмССР, 1962, 154 с.

ИЗ. Сатиан М.А. Позднемеловой литогенез офиолитовых зон Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1979, 168 с.

И14. Сейсмическое районирование территории СССР. М., Наука, 1980, 307 с.

И15. Сироткина Т.Н. Плотность горных пород Армении. Вопросы разведочной геофизики. Л., 1967, вып.9, с.189-197.

И16. Соколов С.Д. Олистостромовые толщи и офиолитовые покровы Малого Кавказа. М., Наука, 1977, 180 с.

И17. Соллогуб В.Б., Чекунов А.В., Червинская и др. Основные результаты и проблемы изучения земной коры Украины сейсмическими методами. Геофизический сборник, 1970, вып. 38, с.36-48.

И18. Справочник геофизика. Гравиразведка. М., Недра, 1981, 400 с.

И19. Справочник геофизика. Петрофизика. М., Недра, 1984, 455 с.

И20. Старостенко В.И., Оганесян С.М. Устойчивые операторные процессы и их применение в задачах геофизики. Изв. АН СССР, Физика Земли, 1977, № 5, с.61-75.

И21. Старостенко В.И. Устойчивые численные методы в задачах гравиметрии. Киев, Наукова думка, 1978, 227 с.

И22. Старостенко В.И. О построении региональных плотностных моделей. Тихоокеанская геология, 1985, № 1, с.120-122.

И23. Страхов В.Н. К вопросу о неоднозначности решения обратной задачи гравиметрии. Прикладная геофизика, 1972, вып.69, с.115-140.

И24. Страхов В.Н., Лапина М.И., Кузнецова О.А. О прямых задачах гравиметрии и магнитометрии. Прикладная геофизика, 1974, вып.75, с.106-124.

И25. Субботин С.Н. Вопросы гравиметрии. Исследования земной коры и мантии. Теория тектоногенеза. Киев, Наукова думка, 1979, 474 с.

И26. Татевосян Л.К. Некоторые черты глубинного строения земной коры в области Кавказа по гравиметрическим данным. Изв. АН АрмССР, серия геол. и географ. наук, 1961, т.14, №5, с.31-42.

И27. Тернер У. Кипрский гравитационный покров и автохтонное основание Кипра. - В кн.: Сила тяжести и тектоника. М., Мир, 1976, с.287-301.

И28. Тихонов А.Н., Буданже Ю.Д. Об осредненных гравиметрических полях. Изв. АН СССР, серия геофиз., №2, 1945: с.48-62.

129. Тяпкин К.Ф., Кивелюк Т.Т. Изучение разломных структур геолого-геофизическими методами. М., Недра, 1982, 240 с. W

130. Халин В.Е. Главнейшие черты тектонического строения. Советская геология., 1949, № 39, с.29-49.

131. Цхакая А.Д., Папалашвили В.Г. Сейсмические условия Кавказа. Тбилиси, Мецниереба, 1973, 115 с.

132. Чекунов А.В. Структура земной коры и тектоника юга Европейской части СССР. Киев, Наукова думка, 1972, 176 с.

133. Чекунов А.В., Кучма В.Г. Глубинная структура разломов. Геотектоника, 1979, № 5, с.24-37.

134. Шенгелая Г.Ш. Гравитационная модель земной коры Кавказа, М., Наука, 1984, 125 с.

135. Ширинян К.Г., Аджимамудов Э.Б. Тектонические условия новейших вулканических проявлений Армении (по данным геофизических исследований). - В кн.: Вулканизм и глубинное строение Земли. М., Наука, 1966, с.82-89.

О Г Л А В Л Е Н И Е

В В Е Д Е Н И Е	5
I. КРАТКИЙ ОБЗОР ИЗУЧЕННОСТИ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ БАСЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН	9
I.1. Основные этапы геолого-геофизической изученности района озера Севан	9
I.2. Стратиграфия	15
I.3. Тектоника	20
I.4. Магматизм	23
2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД И ОСОБЕННОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ИССЛЕДУЕМОГО РАЙОНА.	32
2.1. Физические свойства горных пород	32
2.2. Гравитационное поле	38
2.3. Магнитное поле	49
2.4. Сейсмичность	56
3. МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ ГЕОСТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	62
3.1. Построение гравитационных моделей верхней части земной коры	63
3.2. Корреляционный анализ геофизических полей по профилю Цовагях-Мартуни	77
4. ГЛАВНЕЙШИЕ ЧЕРТЫ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ БАСЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН	82
4.1. Система блоков и разломов земной коры	82
4.2. Соотношение сейсмичности с геоструктурными элементами земной коры и распределением место- скоплений полезных ископаемых	95
4.3. Геофизическая характеристика, границы распро- странения и глубина залегания массивов основных и ультра- основных пород Присеванской офиолитовой зоны	103
4.4. Некоторые новые данные к решению проблемы происхождения озера Севан	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	121
ЛИТЕРАТУРА	125

Амазасп Геворкович Бабаджанян

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И ГЕОДИНАМИКА
БАСЕЙНА ОЗЕРА СЕВАН ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Редактор издательства А.А.Галоян

Тех. редактор Р.Х.Геворгян

Корректор З.Е.Аракелян

ИБ № 1324

Сдано в производство 23.12.1987 г.

Подписано к печати 26.10.1987 г.

ВФ 08539. Формат 60 x 84 1/16.

Бумага № 2. Офсетная печать.

Печ.л. 8,63. Усл.печ.л. 8,03.

Учетно-изд.л. 7,2. Тираж 600.

Зак. № 1647. Изд. № 7191.

Цена I руб.

Издательство АН АрмССР, 375019,

Ереван, пр.Маршала Баграмяна, 24 г.

Типография Издательства АН АрмССР,

378310, г. Эчмиадзин.

1 руб.

18687