

Ц. Акопян

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ
АРАРАТСКОЙ
КОТЛОВИНЫ
АРМЯНСКОЙ ССР

Ереван
1960



Յ. Գ. ՀԱԿՈԲՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ
ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ ՀԱՐԹԱՎԱՅՐԻ
ՄԱԳՆԻՏԱԿԱՆ ԴԱՇՏԸ

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Ц. Г. АКОПЯН

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ АРМЯНСКОЙ ССР

*Глубокоуважаемому
Сергею Седракову
от автора
28. сентября 1962г.
Цимонел*

ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АРМЯНСКОЙ ССР
ЕРЕВАН

1960



*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук Армянской ССР*

В работе Ц. Г. Акопяна «Магнитное поле Араратской котловины Армянской ССР» содержится описание результатов применения магниторазведки для геологического картирования ~~издаются~~ и погребенных структур в условиях широкого распространения лавовых покровов.

В ней рассматривается ряд вопросов методического характера — намагниченность эффузивных пород, влияние рельефа местности на магнитное поле, возможности применения палеомагнитного метода для стратиграфической корреляции вулканогенных образований.

Книга предназначена для широкого круга геологов и геофизиков, а также исследователей, занимающихся вопросами палеомагнетизма.

ВВЕДЕНИЕ

Пятилетним планом восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг. предусматривалось проведение в широком масштабе геолого-разведочных работ по выявлению новых нефтеносных и газоносных площадей.

Учитывая большое народнохозяйственное значение этой задачи и потребность Армении в топливном сырье, решением Совета Министров Армянской ССР Институт геологических наук АН АрмССР, при участии Ереванского государственного университета и Армянского Геологического управления Министерства геологии и охраны недр СССР, с 1948 г. приступил к изучению вопроса о возможной нефтегазоносности территории Армянской республики.

В качестве первого объекта комплексного изучения была избрана Араратская котловина, которая по теоретическим данным среди намеченных к исследованию районов республики считалась наиболее перспективной. Наличие в Араратской котловине структур, сложенных третичными отложениями, аналогичными по стратиграфическому положению с третичными нефтеносными отложениями Грузии и Восточной Анатолии, повышенная битуминозность палеозоя (10), при достаточной коллекторской способности третичных отложений (34), явились косвенными благоприятными признаками, определяющими вероятность наличия нефти и газа в недрах юго-западной части Армении.

Широкое распространение мощных (до 250—300 м) озерно-речных осадков верхнего плиоцена и постплиоцена, современных аллювиально-делювиальных и пролювиальных наносов в юго-восточной и центральной частях Араратской котло-

вины, с одной стороны, и покровов андезито-базальтовых лав и туфов четвертичного возраста в северной и западной частях котловины — с другой, создало весьма неблагоприятные условия для выявления и изучения тектоники Араратской котловины методами геологической съемки.

Ввиду этого, с целью изучения глубинной структуры и выявления площадей для разведочных работ, геофизическая группа Института геологических наук АН АрмССР, параллельно с геолого-съемочными работами, с 1948 года начала проводить в Араратской котловине комплексные магниторазведочные и гравиразведочные работы. В настоящей работе подведены итоги пятилетних исследований, проведенных автором на вышеуказанной территории.

Основные задачи магниторазведочных исследований сводились к следующему:

1. Выяснение возможности применения магниторазведки в условиях Араратской котловины Армянской ССР для геологического картирования известных и погребенных геологических структур, сложенных осадочными породами третичного возраста, непокрытых лавами и представляющих практический интерес в связи с возможной их нефтегазоносностью.

2. Выделение и оконтуривание участков распространения лавовых потоков, а также интрузивных массивов, покрытых современными отложениями.

3. Выявление и трассирование различных дизъюнктивных дислокаций на участках, покрытых наносами.

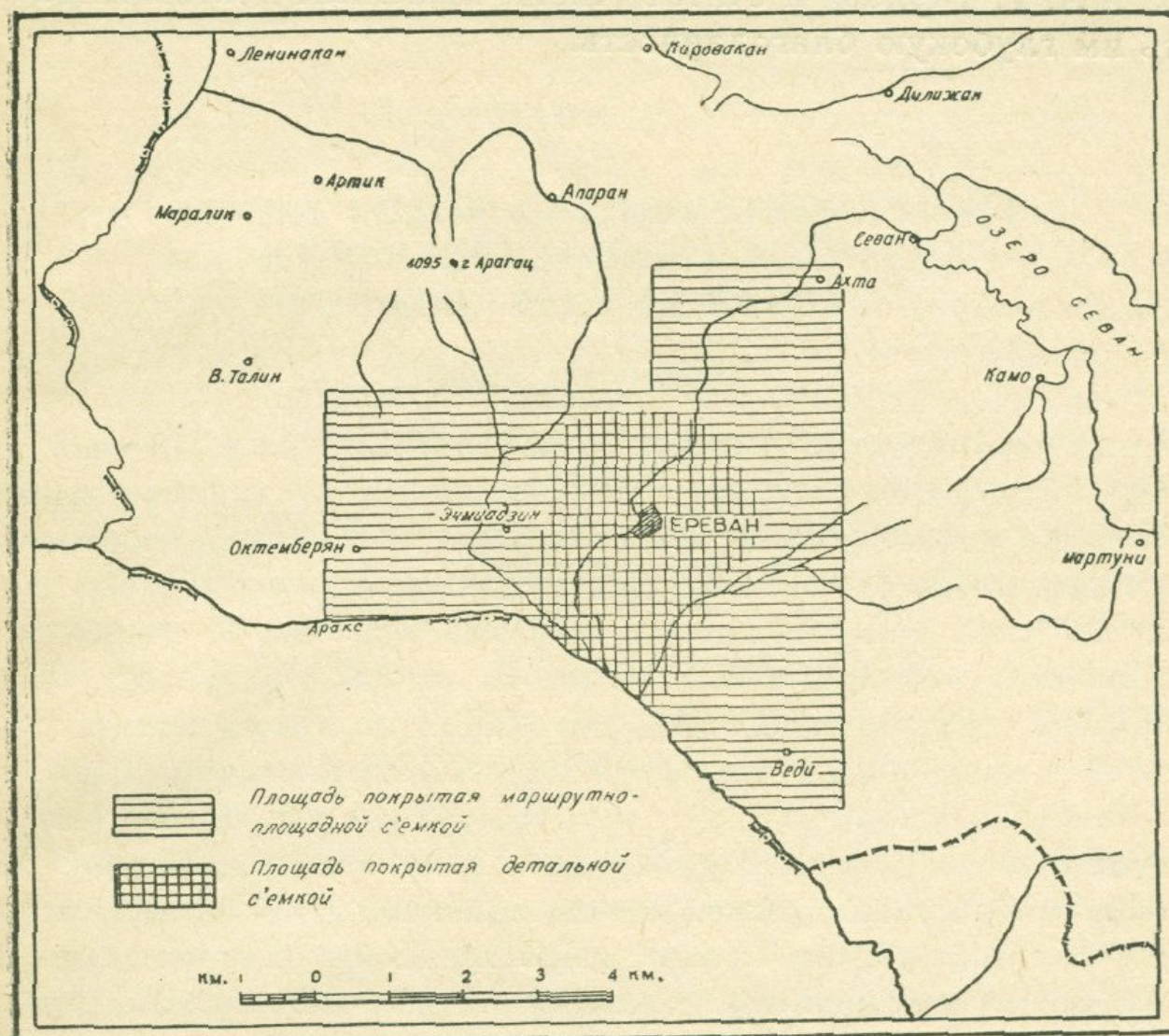
4. Решение некоторых частных вопросов методического характера, как-то: а) влияние рельефа местности на поле Z_a , б) характер намагниченности эффузивных пород и т. д.

Вышеперечисленные задачи решались на основе маршрутно-площадных и детальных магниторазведочных работ и систематического изучения намагниченности горных пород района с использованием данных гравиразведки, а также материалов структурного бурения и геологических исследований.

Общая площадь исследований составляет около 4000 км².

Географическое положение исследованного района определяется координатами: 43°33' — 44°53' в. д., 39°47' — 40°30'

с. ш. Изученная площадь составляет часть Араратской котловины с окружающими ее предгорьями в пределах Армянской ССР (фиг. 1).



Фиг. 1. Обзорная карта Армянской ССР.

Изученная площадь с юга и запада ограничена рр. Аракс и Ахурян, с севера — горными массивами Арагаца (4095 м), Араи-Лера (2577 м) и Памбакским хребтом, с востока — Гегамским хребтом, а с юго-востока — отрогом Даралагезского хребта («Волчьи ворота»).

Полевые магниторазведочные работы проводились автором в период 1948—1952 гг.

Во время проведения полевых работ и камеральной обработки собранного материала автор пользовался консультациями К. Н. Паффенгольца, А. Т. Асланяна, А. И. Месропьяна, Р. А. Аракеляна, В. Л. Егояна, А. Т. Донабедова, А. А. Логачева и А. Г. Тархова и считает своим приятным долгом выразить им глубокую благодарность.

ГЛАВА I.

КРАТКИЙ ОБЗОР ПРЕДШЕСТВОВАВШИХ МАГНИТОРАЗВЕДОЧНЫХ И ДРУГИХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Общие замечания

Многие магнитометрические работы, проводившиеся в разных районах Союза, показывают важную роль и значение магнитного метода для геологического картирования, особенно в области распространения изверженных и метаморфических пород. В качестве примера можно указать на работу О. Ю. Солодухо (58) по Восточно-Казахстанской области, Д. С. Микова (35) по Уралу, работы, проведенные НИИЗМИР в Карельской АССР и на Кольском полуострове, и многие другие (32, 60, 61, 62, 63).

Определение контактов изверженных пород с осадочными, прослеживание массивов изверженных пород под наносами, выявление и прослеживание линий тектонических нарушений, определение контактов между различными изверженными породами, разделение интрузивных пород от эффузивных, основных изверженных пород от пород кислых, расчленение толщи осадочных пород, изучение тектонических структур, определение погребенного рельефа и строения кристаллического ложа осадочных пород и т. д. — вот круг вопросов геологического картирования, для решения которых у нас применяется наземная магнитная съемка и аэромагнитометрия.

За последние 15—20 лет широко применялся комплекс геофизических методов (магниторазведка с гравиразведкой) для разрешения региональных геофизических задач, как-то:

выявления погребенных складчатых сооружений, предгорных впадин складчатых областей и краевых прогибов платформ, геологического районирования платформ в связи с изучением их складчатого фундамента.

Весьма успешно применяется магниторазведка для изучения природы гравитационных аномалий Азербайджана. Широкое применение получил комплекс геофизических методов разведки в Украинской и Белорусской ССР и других районах Советского Союза (27, 32, 55, 56, 57, 65).

1. ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА

В 1928 году под руководством Н. В. Розе проводились небольшие по объему магниторазведочные рекогносцировочные работы на юго-восточном склоне г. Арагац с целью установления связи между магнитным полем и геологическим строением массива.

В результате работ была выявлена интенсивная аномалия в районе озера Кара-гел со значением $Z_{абс} = 42000$ гамм. Интенсивность поля падала от нее как к северу — вершине Арагаца, так и к югу вниз, достигая в долине Амперта величины $Z_{абс} = 38800$ гамм.

Работой А. П. Ющенко в 1929 году в этом же районе было подтверждено, что аномалия занимает большой район, охватывающий южную вершину Арагаца, долину р. Амперт, оз. Кара-гел и вершину Амгур-дага. Установленную аномалию ($Z_{max} - Z_{min} = 3000$ гамм) А. П. Ющенко связывает с глубинным геологическим строением Арагаца.

В 1934 году Л. Д. Берсудским в Котайкском районе проводились опытные работы с целью выяснения возможности применения магниторазведки для геологического картирования известных структур в осадочных отложениях. В результате работ было установлено, что полоса пониженных значений ΔZ в общих чертах совпадает с осью Шорагбюр-Мангюсской антиклинали, при этом наибольший минимум ΔZ пространственно совпадает с куполообразным поднятием у пос. Мангюс.

Небольшая площадь исследования не позволила автору распространить отмеченные закономерности на более обшир-

ные площади. Однако, вопрос о применимости магнитного метода к решению задач геологического картирования при существующих в районе условиях автор считал разрешенным положительно.

Осенью 1942 года геофизическая партия Грузгеолуправления под руководством М. А. Алексеевой проводила электро-разведочные работы на территории южного склона Арагаца с целью определения возможности применения метода ВЭЗ для решения структурных и гидрогеологических задач в данных условиях.

На основе интерпретации полевых материалов и сопоставления их с геологическим строением района исследований автор приходит к заключению, что задача обнаружения методом электроразведки осадочной толщи под вулканогенными отложениями решается положительно.

В 1945 году, по инициативе президента Академии наук Армянской ССР В. А. Амбарцумяна при Институте геологических наук была организована геофизическая группа, которая в том же году приступила к поискам железорудных месторождений на территории Армянской ССР с применением магниторазведки.

В 1946 году были начаты региональные гравиметровые исследования с целью изучения глубинного геологического строения территории Армянской ССР. В результате работ была выявлена некоторая общая закономерность между полем силы тяжести и геологическим строением исследованной площади.

В 1947 году на территории Армянской ССР, параллельно с гравиметрическими работами, были начаты региональные магниторазведочные работы. Одновременно институт приступил к изучению физических свойств горных пород Армении с целью геологического истолкования выявленных аномалий.

В 1948 году были завершены региональные гравиметрические и магниторазведочные исследования.

В 1947 году в СВ части Араратской котловины, в районе сел. Капутан, автором совместно с Э. А. Арутюнян (7) проводились магниторазведочные работы по поискам железорудных месторождений. В результате детальной съемки, произ-

веденной на площади $0,25 \text{ км}^2$, было выявлено и частично оконтурено небольшое месторождение магнетитовых руд, представленное совокупностью нескольких полого падающих пластовых рудных залежей СВ простирания. Для дальнейшего изучения месторождения авторами рекомендовалось проведение горнопроходческих работ.

В процессе геофизических работ 1947 года были выполнены опытные магнитометрические и гравиметрические профили по маршруту Канакер-Вохчаберд-Гарни с целью выяснения возможности применения этих методов для картирования локальных структур, сложенных третичными отложениями.

В результате работ установлено общее возрастание интенсивности аномалии силы тяжести от с. Канакер до с. Гарни. На этом фоне был выявлен локальный максимум Δg в районе с. Вохчаберд, соответствующий Шорагбюрской антиклинали.

На графике Z_a на фоне спокойного поля, повышенными значениями выделялись четвертичные лавы в районе с. Гарни, а резкие изменения поля наблюдались над эффузивными образованиями на участке сс. Канакер-Джрвеж. Центральная часть профиля, сложенная осадочными образованиями, характеризовалась спокойным пониженным полем с амплитудой изменения Z_a порядка ± 100 гамм. Это соотношение в изменении гравитационного и магнитного полей позволило с большей вероятностью предполагать, что для решения задачи картирования локальных структур типа Шорагбюрской антиклинали целесообразно использовать комплекс методов гравиразведки и магниторазведки.

Геофизические исследования в Приереванском районе, как увидим ниже, дали принципиально новую схему глубинного геологического строения центральной части Араратской котловины и по иному ориентировали как последующие исследования геофизическими методами, так и структурное бурение.

В 1949 году гравиразведочные и магниторазведочные работы были дополнены электроразведочными, а с 1951 года и сейсморазведочными работами, которые проводились в опытном порядке с целью выяснения особенностей и возможностей

применения этих методов для изучения глубинного геологического строения Араратской котловины.

Кроме этих работ, в Приереванском районе в 1948—1950 гг. были проведены и газосъемочные работы.

В результате электроразведочных работ было выделено пять зон: Шорагбюрская, Кетран-Аванская, Аштарак-Спандарянская, Паракарская и Енгиджа-Зангибасарская.

Опорным горизонтом для Шорагбюрской зоны, по мнению исследователей, является толща песчаников олигоцена.

Редкая сеть ВЭЗ не позволяла авторам оконтурить Шорагбюрскую антиклинальную складку методом электроразведки. По имеющимся данным, можно судить о погружении складки в юго-западном направлении.

Опорным горизонтом структурных форм Кетран-Аванской зоны является высокоомный горизонт, подстилающий соленосный низкоомный горизонт, стратиграфически соответствующий отложениям верхнего миоцена.

В Аштарак-Спандарянской зоне ВЭЗ не выявили высокоомного опорного горизонта, что объясняется исследователями большой глубиной его залегания.

Паракарская зона (между с. Паракар — 4-е селение) по типу ВЭЗ аналогична Кетран-Аванской зоне, но опорный высокоомный горизонт находится на большей глубине. По мнению исследователей, поднятие у 4-го селения, возможно, является продолжением Зангинской антиклинали.

Енгиджа-Зангибасарская зона расположена в области развития озерно-речных отложений. Структурные особенности этой зоны характеризуются пологим подъемом опорного высокоомного горизонта в районе с. Зангибасар.

Таким образом, опытные электроразведочные работы, проведенные в Приереванском районе, в принципе доказали возможность применения этого метода для выявления погребенных структур.

В 1951—1952 гг. Азербайджанская контора Главнефтегеофизики производила в Армении опытные сейсморазведочные работы методом отраженных волн и КМПВ с целью изучения сейсмогеологических условий и разработки методики

сейсмических наблюдений в условиях геологического строения Араратской котловины.

Сложность тектоники со значительным распространением на поверхности и на небольшой глубине районов опытных работ изверженных пород затрудняла применение сейсморазведки. Отражений в большинстве случаев не было получено. Лишь на отдельных участках было зафиксировано небольшое количество отражений.

Проведенные работы позволили авторам сделать вывод о нецелесообразности применения в Приараксинской низменности метода отраженных волн.

Работы КМПВ в Вединском районе показали возможность получения преломлений от одной или нескольких границ, характеризующихся большой граничной скоростью и прослеживающихся на значительном протяжении. Однако объем выполненных работ для установления разведочных возможностей метода является недостаточным.

В 1952 году Азербайджанская контора Главнефтегеофизики проводила в Араратской котловине гравитационно-магнитную съемку с целью выяснения глубинной тектоники района. Результаты работ показывают чрезвычайно сложный характер гравитационного и магнитного полей Араратской котловины. Тем не менее авторы приходят к выводу, что большинство отмеченных на гравитационной карте местных аномалий является следствием суммарного влияния глубинной (палеозой-кембрий-докембрий) и перекрывающей ее (мезокайнозой, в основном третичный) складчатости. При этом основной гравитационный эффект связан с глубинной складчатостью.

В заключение настоящей главы попытаемся вкратце сформулировать те специфические особенности, которые осложняли решение задач, стоявших перед магниторазведкой в связи с геологическим картированием Араратской котловины.

1. Армения, будучи горной страной, в третичное и четвертичное время переживала интенсивные вулканические извержения, могучие излияния и выбросы магмы, покрывшие поч-

ти 75% территории Армянской ССР и скрывшие тектонику нижележащих, отчетливо дислоцированных отложений.

2. В возрастном отношении наиболее молодые эффузивные породы — андезито-базальтовые лавы одновременно являются и наиболее магнитными.

3. Широкий диапазон изменения магнитных свойств пород района.

4. Сложная тектоника района.

5. Горный рельеф местности.

Решение поставленных выше задач в сложных геолого-геофизических условиях Армянской ССР имеет теоретическое и практическое значение и выходит за пределы республики, т. к. примеров картирования геологических структур в условиях широкого распространения покрова лав методом магниторазведки не имеется ни в СССР, ни, насколько нам известно, за границей.

ГЛАВА II.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ АРМЯНСКОЙ ССР

1. ОРОГИДРОГРАФИЯ

В орографическом отношении район исследований делится на две, резко отличающиеся друг от друга, части — северо-восточную и юго-западную.

Северо-восточная часть представляет собой типичную горную область, с сильно расчлененным рельефом, и охватывает среднее течение рр. Касах, Занга (Раздан), Гарни (Азат), Веди и др.

Юго-западная часть составляет Араратскую долину, с спокойным рельефом, охватывая центральную часть долины р. Аракс, нижнее течение притоков рр. Касах, Занга, Гарни, Веди.

С юго-востока район исследования ограничивается хребтом Сарай-булаг (Урц, 2445 м).

К северу от указанного хребта, параллельно ему, расположен хребет Кармир-Сахка (2536 м).

Между указанными антиклинальными хребтами, сложенными в основном палеозойскими отложениями, расположена Шагапская синклинальная долина, выполненная песчано-глинистыми отложениями палеогена.

К северо-западу от Веди, в запад-северо-западном направлении, протягивается антиклинальный хребет Бозбурун (1418 м), сложенный отложениями мелового возраста.

К северо-востоку от описанного участка расположена синклинальная долина рек Чатма-Шагриар. Долина эта

#4659 12537

14658

14658

14658

14658

14658

14658

торое сложено в основном излившимися породами плиоцена и частью четвертичного возраста (базальтами, андезито-базальтами и туфами).

Северо-западная часть Араратской котловины известна под названием плато «Кизылов» и Сардарабадского плато. Оба они сложены андезито-базальтовыми лавами мощностью до 300 м (скважины у с. Карабурун, Мргашат, Звартноц, Аршалуйс) и вулканическими туфами мощностью до 10 м.

Вся остальная южная и юго-западная часть исследованного района, тяготеющая к р. Аракс (центральная часть обширной Араратской котловины), представляет плоскую равнину с общим уклоном с СЗ на ЮВ.

Гидрографическая сеть района состоит главным образом из нескольких рек: Севджур, Касах, Занга, Гарни, Веди, являющихся левыми притоками р. Аракс, а также из нескольких мелких речек.

Араратская котловина относится к областям с сухим континентальным климатом. Среднегодовое количество осадков около 300 мм. Лето знойное, зима суровая. Температура летом достигает 45°, а морозы зимой доходят до минус 25°.

2. СТРАТИГРАФИЯ И ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Стратиграфическое описание района нами дается по Асланяну А. Т., Габриеляну А. А. и Аракеляну Р. А. (10, 11—13, 16—18), с учетом материалов структурного бурения.

В геологическом строении Араратской котловины принимают участие разнообразные осадочные, осадочновулканогенные и вулканические породы, начиная от кембрия-докембрия до современной эпохи включительно.

Кембрий-докембрий. Обнажаются в крайней северо-восточной части Араратской котловины в районе с. Арзакан, в осевой полосе Ераносской антиклинали и встречены в опорной скважине с. Тазагюх на глубине 520 м. Представлены они сильно дислоцированной толщей метаморфических сланцев с прослоями мраморов и доломитов, прорезанной крупными гранодиоритами и мелкими основными и ультраосновными ин-

трузиями. Мощность толщи по К. Н. Паффенгольцу достигает до 5000 м, а по А. Т. Асланяну — 3000 м.

Верхний девон. Широко распространен в осевой полосе Урцкого хребта и южнее его. Представлен кварцитами, плотными песчаниками, глинистыми и песчанистыми сланцами и реже известняками, имеющими общую мощность 600—700 м.

Нижний карбон. Представлен чередующейся серией песчаников, сланцев, известняков и кварцитов. Общая мощность около 450 м.

Нижняя пермь. На различных горизонтах карбона и девона трансгрессивно залегают нижнепермские отложения мощностью 400—450 м, представленные чередующимися плотными черными известняками и песчано-углистыми известняковыми породами.

Верхняя пермь. Представлена свитой мшанковых известняков, переходящих выше в свиту мергелистых и песчанистых известняков.

Сеноман. Выходы триасовых и юрских отложений в пределах Арагатской котловины отсутствуют и за верхне-пермскими отложениями следуют непосредственно меловые отложения, разрез которых начинается сеноманским ярусом, имеющим выходы лишь в среднем течении бассейна р. Веди.

Отложения сеномана представлены свитой известняковых конгломератов и грубослоистых известняков мощностью 100 м.

Нижний турон. Представлен свитой детритусовых известняков мощностью 250 м, имеющих в основании пачку красных мергелей, песчанистых известняков и конгломератов.

Верхний турон-коньяк. Отложения этого возраста обнажаются в ядре Даргалинской и Шугаибской брахиантиклиналей, где они представлены порфиритами, туфопесчаниками и туфосланцами. Мощность вулканогенной фации порядка 70—80 м, осадочной фации — 100 м.

Кампан-маастрихт. Отложения кампана-маастрихта обнажаются всюду в ядрах брахиантиклиналей, из-под отложений эоцена и олигоцена. Представлены они чередующейся свитой мергелистых известняков и сланцеватых мергелей.

В массиве г. Боз-бурун мощность кампана-маастрихта составляет 200 м и достигает 80—100 м у с. Веди. Аналогичен и

порядок изменения мощностей от Ераносской брахиантиклинали к Байбуртской.

Датский ярус. Представлен мощной флишоидной свитой известковых песчаников, глинистых известняков, сланцеватых глин и микроконгломератов. Мощность отложений датского яруса составляет в среднем 100 м.

Средний эоцен. На верхнемеловых отложениях трансгрессивно налегает вулканогенная толща среднеэоценового возраста. Она представлена сильно дислоцированными туфогенными мергелями, туфосланцами и туфопесчаниками.

Развита эта толща в бассейнах средних течений рр. Гарни, Чатма, Веди и, частично, р. Шагап и имеет мощность порядка 1,5 км.

Верхний эоцен. Представлен свитой чередующихся песчаников, гипсоносных глин и, реже, известняков. Развита она в Шорагбюрской долине и в бассейне р. Шагаплу. Мощность свиты составляет 600 м, из коих 425 м вскрыты скважиной, заложенной в ядре Шорагбюрской антиклинали у с. Шорагбюр. Кроме того, она вскрыта в Тазагюхской скважине на глубине 298 м.

Нижний олигоцен. Представлен свитой туфогенных песчаников мощностью 250 м, с прослоями глин, циреновых ракушечников, реже, конгломератов и рифовых известняков. Эта толща вскрыта в скважине, пробуренной в с. Тазагюх, где мощность ее достигает 100 м.

Средний и верхний олигоцен. Отложения этого возраста имеют значительное распространение в Шагаплинском синклинории, а также развиты в междуречье рр. Гарни и Занга, где залегают согласно на отложениях нижнего олигоцена. Всюду представлены они чередующейся свитой гипсоносных глин, туфогенных песчаников, кораловых известняков и, реже, ракушечников, конгломератов и туфосланцев. Мощность толщи оценивается в 700—750 м.

Средний миоцен (?). В междуречье рр. Гарни и Занга на различные горизонты олигоцена налегает чередующаяся толща пестрых (преимущественно красных) глин, песков, рыхлых песчаников и конгломератов мощностью 700—800 м. Слагает она ядро Ацаванской синклинали, северное крыло

Шорагбюрской антиклинали и юго-западную ее периклинальную часть. Кроме того, она вскрыта в Паракарской, Енгиджинской, Тазагюхской и Аванской скважинах, где кровля ее залегает на глубине 95, 145, 25 и 1170 м, непосредственно под гипсоносной толщей верхнего миоцена.

Характерно, что галька конгломератов пестроцветной толщи, а также пески состоят в основном из разноцветных яшм и туфогенных пород, а тяжелая фракция красных глин — почти исключительно из магнетита.

Верхний миоцен. Верхнемиоценовые отложения, выраженные в осадочной фации, распространены в Центральной и северо-западных частях Араратской котловины. Впоследствии буровыми работами на разных глубинах от земной поверхности (131—364 м), ниже гипсоносной толщи, были вскрыты практически неисчерпаемые запасы каменной соли в скважинах №№ 14, 15, 16, 8, 9, 12, 21 и в опорной скважине в с. Аван.

Мощность гипсоносной свиты, по данным скважин №№ 21, 8, 15, 1 (опорная), оценивается в 1000 м. Мощность соли в отдельных скважинах (21, опорная скв. № 1) достигает 600 м и более.

Гипсоносная свита кверху переходит в зангинскую свиту чередующихся гипсоносных глин, мергелей, песков, песчаников, оолитовых известняков, горючих сланцев и ракушечников. Мощность свиты, по данным естественных обнажений, в среднем течении р. Занга составляет около 550 м. Она вскрыта также в скв. № 2, где кровля ее находится на глубине 180 м.

Верхний плиоцен. На интенсивно дислоцированные отложения верхнего миоцена налегает покров долеритовых базальтов, которые от параллели с. Джрвеж протягиваются на север и, слагая Канакерское и Егвардское плато, уходят далее на западе и северо-западе под молодые лавы южной периферии массива г. Арагац, обнажаясь вновь в ущелье нижнего течения р. Ахурян у ст. Кара-кула.

Мощность покрова долеритовых базальтов переменна (10—200 м и более), зависит в основном от глубины эрозии, предшествовавшей их излиянию и, в среднем составляет около 100 м. Возраст долеритовых базальтов А. А. Габриеляном (17) и А. Т. Асланяном (12) определяется на основании их

стратиграфического и геоморфологического положения как верхнеплиоценовый (акчагыл). Возможно, что по возрасту к акчагылу относится силовая залежь базальтов, прорывающая толщу каменной соли верхнего миоцена, вскрытая в разрезе Аванской опорной скважины на глубине 562 м. К верхнему плиоцену относятся экструзивные конусы гг. Атис и Артени (Богутлу), сложенные чередующимися липаритами, липаритодацитами, обсидианами и пемзами.

Плейстоцен и голоцен. Плейстоценовые и голоценовые образования представлены несколькими покровами андезитобазальтовых лав, аллювиально-пролювиальными и делювиальными отложениями, лавами с хорошо сохранившимися центрами извержений, туфами, травертинами и, частично, озерными отложениями.

Имеется довольно много макроскопически разнообразных лав, отличающихся как по оттенкам и различной степени раскристаллизованности, так и различной плотностью (фиг. 2).

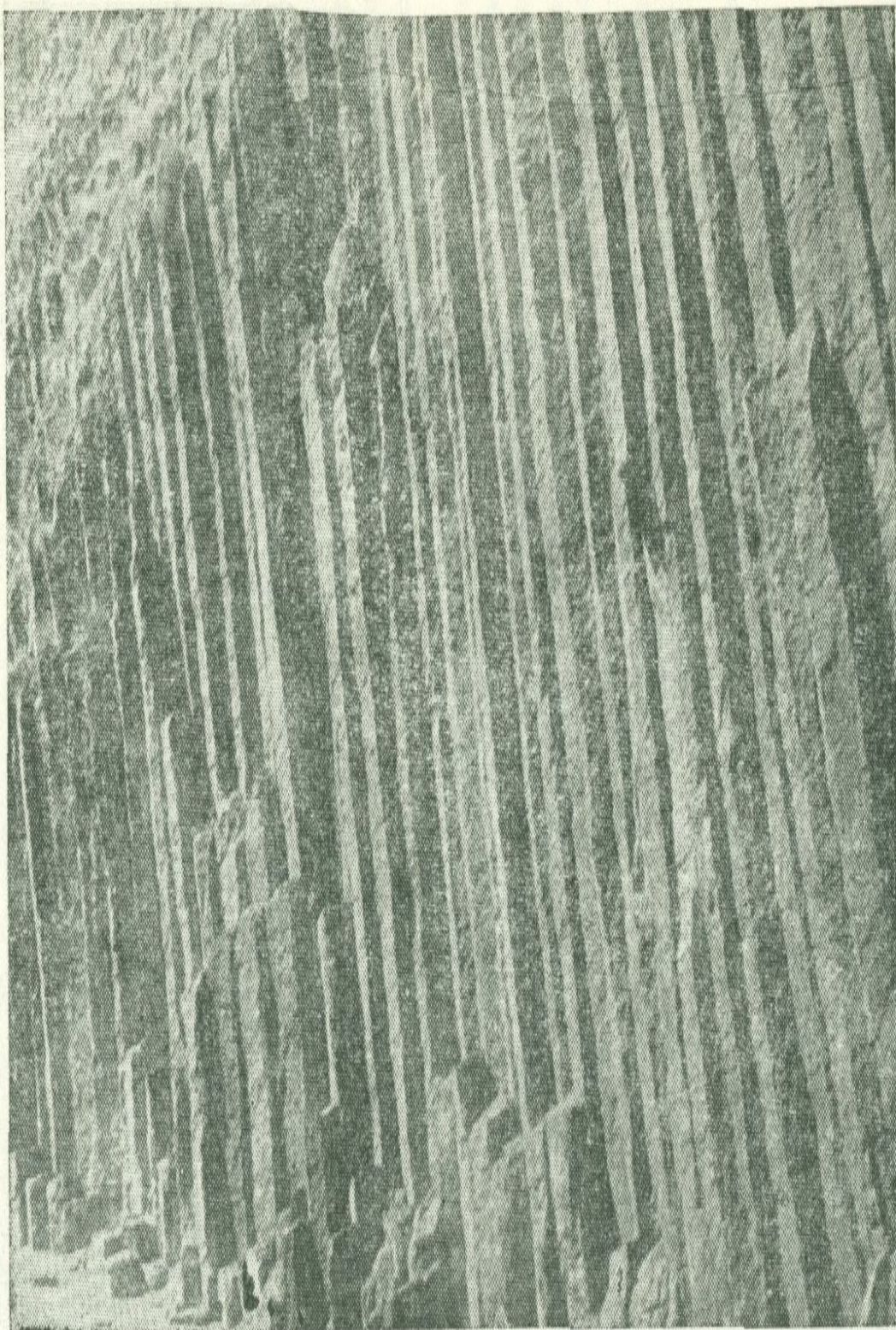
К. Н. Паффенгольцем (42—44) и другими на исследованной территории выделяется несколько типов лав.

Наиболее древним из этих лавовых потоков является поток базальтов у с. Башгюх, отнесенный К. Н. Паффенгольцем к наиболее древним проявлениям четвертичного вулканизма Армении. Затем следуют лавовые потоки и покровы андезитобазальтов и андезито-дацитов (лава типа «В»), лежащие на верхнемиоценовой вулканогенной толще района монастыря Гегарт и с. Артиз, а также лавы у сс. Раздан, Зар, Каракала, Еллиджа и др.

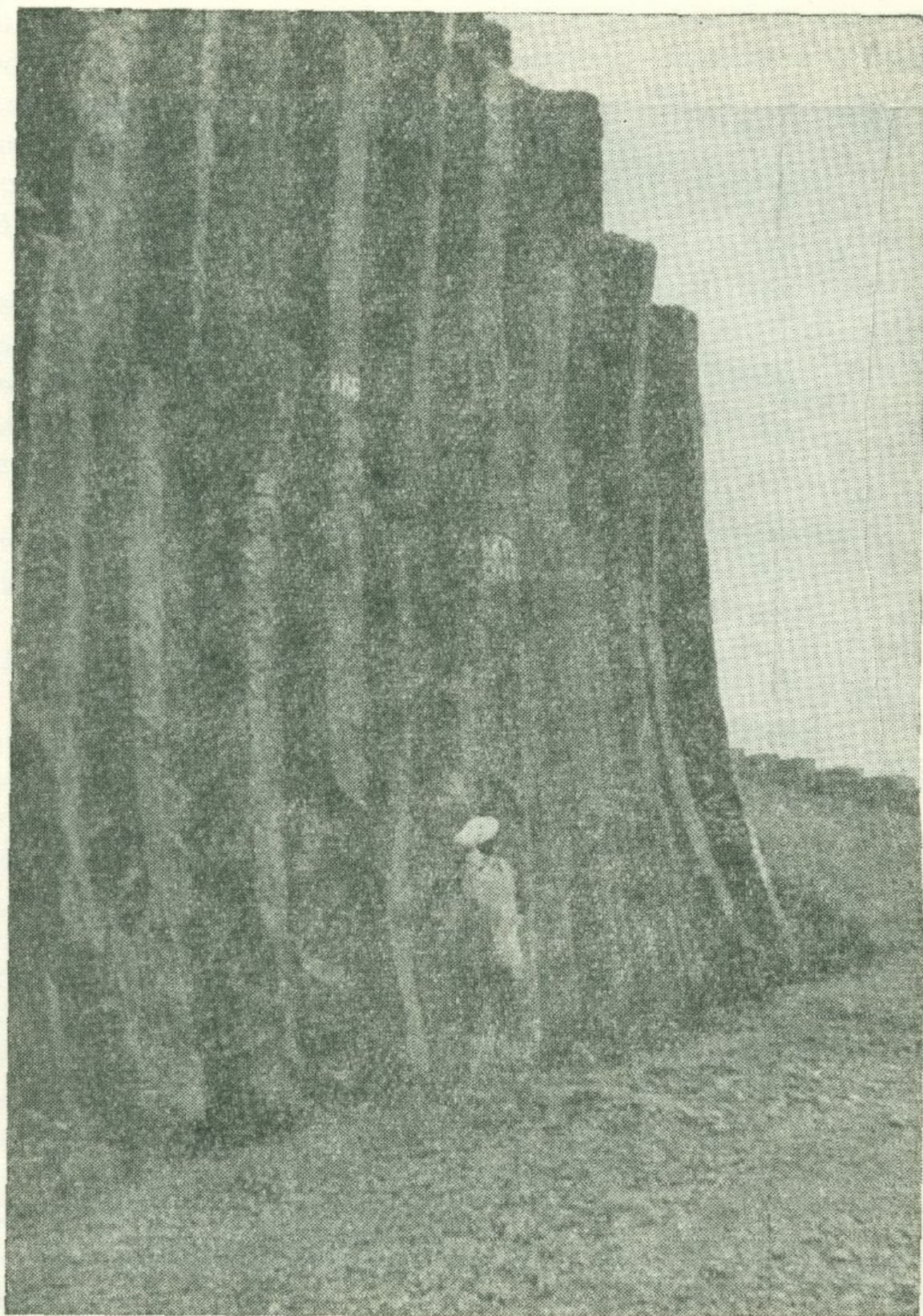
К этой возрастной группе лав А. Т. Асланян относит дацитовые лавы западной части Сардарабадского плато и такие же лавы периферии г. Артени. Мощность этих лав порядка 30—50 м.

Относительно молодыми являются базальтовые и андезитобазальтовые лавы (лава типа «Д») ущелья р. Занга севернее курорта Арзни, лавы, слагающие обширное поле севернее параллели с. Аштарак, и лавы и шлаки полосы Карабурун-Каракала (фиг. 3).

За указанными лавами следуют дацитовые туфы, имеющие широкое распространение на южных склонах массива



Фиг. 2. Столбчатая отдельность в андезито-базальтовых лавах.



Фиг. 3. Столбчатая отдельность андезито-базальтов на спуске к курорту Арзни.

г. Арагац, на Егвардском и Канакерском плато и в Ереванской котловине. Мощность туфов обычно составляет несколько метров — чаще 2—3, реже 5—6 м.

Наиболее молодыми образованиями на исследованной территории являются базальтовые лавы, заполняющие междуречье рр. Гарни и Куруселав, лавы Гутан-Сара и др. Суммарная мощность отдельных лавовых потоков колеблется от 3—5 м до 30—40 м и местами доходит до 100 м.

Остальные отложения четвертичного времени представлены делювиально-пролювиальными и частью аллювиальными наносами, распространенными в основном в центральной части котловины.

Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, как это справедливо замечает А. Т. Асланян, что характерной особенностью стратиграфии Араратской котловины является появление в северо-западном направлении пород более молодого возраста. В крайней юго-восточной части котловины обнажаются отложения девона, которые северо-западнее, в бассейне р. Веди, сменяются отложениями карбона и перми. Еще западнее появляются меловые и эоценовые отложения, которые в Приереванском районе сменяются отложениями олигоцена, а последние — отложениями среднего миоцена (?). Еще западнее появляются сарматские отложения, протягивающиеся до Сардарабадского плато, где они сменяются отложениями меотиса Кохбской мульды. В этом отношении закономерно также появление в северо-западной и северной частях котловины верхнеплиоценовых отложений в виде лавовых покровов. Некоторое исключение составляют олигоценовые отложения, которые залегают в юго-восточной части района на палеозойских отложениях.

3. ТЕКТНИКА

В тектоническом отношении Араратская котловина является одной из наиболее сложно построенных областей Малого Кавказа. В то же время она наименее доступна структурному изучению, ввиду широкого распространения здесь поздне-третичных и четвертичных отложений, маскирующих тектонику более древних, отчетливо дислоцированных отложе-

ний. Последнее обстоятельство исключает возможность выявления методами геологической съемки подземной структуры долины р. Аракс и значительной части северных предгорных районов котловины, занятых лавами и туфами. Поэтому о геологическом строении центральной части котловины мы можем судить лишь на основании геофизических исследований и данных буровых скважин.

Аrarатская котловина представляет собой одно из крупных звеньев цепи предгорных впадин, расположенных юго-западнее мегаантиклинория Малого Кавказа, и имеет общее кавказское простирание.

Основные структурные комплексы района, по А. Т. Асланяну (11, 12), следующие.

Урцский антиклинорий, сложенный в основном интенсивно дислоцированными отложениями девона, карбона и перми и имеющий СЗ—ЮВ (близкое к широтному) простирание.

Севернее урцкого антиклинория располагается шагапский синклиний, который выполнен отложениями эоцена и олигоцена и имеет в верхнем течении р. Шагап широтное простирание, меняющееся к западу на юго-западное.

Под названием Арташат-Карабахлярский антиклинорий выделяется сложная группа брахискладок верхнемеловых, эоценовых и частью палеозойских отложений междуречного пространства рр. Веди, Шагап и Гарни.

В юго-западной части данного района выделяются три антиклинали с разделяющими их синклиналями, слагающими массив г. Боз-бурун.

Южная из них, именуемая Даргалинской, протягивается в широтном направлении южнее хр. Боз-бурун и к востоку, суживаясь, замыкается у с. Веди.

В западном направлении эта антиклиналь расширяется и, поворачивая постепенно на северо-запад, скрывается под наносами Араратской долины.

Ядро складки сложено меловыми отложениями.

Ось Боз-бурунской антиклинали проходит по гребневой линии хребта Боз-бурун в запад-северо-западном направлении, причем в ядре складки размещена интрузия габбро-диоритов у с. Дашлу. Здесь же, в циркообразном углублении за-

падной привершинной части г. Боз-бурун, обнажается некк верхнемиоценовых андезитов цилиндрической формы, диаметром около 400 м.

Падение южного крыла складки $25-30^\circ$, падение северного крыла $12-15^\circ$.

По дуге с. Карабахляр — с. Шугаиб — с. Геташен расположена другая цепь брахиантиклиналей.

В северо-западной части указанной дуги расположена резко выделяющаяся Ераносская брахиантиклиналь, которая сложена в ядре верхнемеловыми отложениями и окаймлена эоценовыми отложениями. В ядре складки обнажаются метаморфические сланцы и породы основных — ультраосновных интрузий небольших размеров.

Крылья складки крутые ($60-70^\circ$), свод плоский. Простираание — запад-юго-западное.

Южнее Ераносской брахиантиклинали располагаются три сближенные узкие антиклинали широтного простираания.

Севернее Еранос-Шугаибской дуги брахиантиклинальных складок располагается Байбурт-Зовашенская дуга, на которой в северо-западной части района, у с. Байбурт, выделяется брахиантиклинальная складка с сенонскими отложениями в ядре, а в юго-западной — антиклиналь с осью, проходящей через сс. Зовашен и Джанлатлу.

Согласно А. Т. Асланяну, по линии сс. Зовашен и Агбаш, вдоль оси антиклинали, проходит крупный взброс, по которому отложения вулканогенного эоцена левобережья р. Гарни приводятся в контакт с олигоценовыми отложениями правобережья.

Байбурт-Зовашенская антиклинальная дуга через Ацаванскую синклинали переходит в крупную Шорагбюрскую брахиантиклиналь, имеющую в восточной части близширотное простираание, а в юго-западной части — запад-юго-западное. Падение крыльев в створе с. Шорагбюр на ЮВ $175-180^\circ$, $<18-30^\circ$ и СЗ $350-355^\circ$, $<30-35^\circ$.

В юго-западном направлении северо-западное крыло указанной антиклинали постепенно становится все более крутым и в районе поселка Закфедерация опрокидывается на северо-запад.

По линии с. Мангюс — пос. Закфедерация проходит сброс с опущенным северо-западным крылом, который к юго-западу переходит во флексуру.

Северо-западнее Шорагбюрской антиклинали, под лавами долины р. Гедар, А. Т. Асланяном гипотетически выделяется другое антиклинальное поднятие — Аванское, сложенное в ядре соленосно-гипсоносными отложениями верхнего миоцена и обнаружившее прямые признаки нефти и газа. Морфология и положение свода Аванского поднятия пока точно не установлены. Более того, по данным как опорной скважины в с. Аван, так и буровых работ, проводимых Армгеолуправлением в районе с. Аван, существование Аванской антиклинали ставится под сомнение. Возможно, здесь имеется местное второстепенное поднятие, вызванное соляной тектоникой.

Западнее Аванского местного поднятия располагается Зангинская антиклиналь, ось которой простирается параллельно оси Шорагбюрской антиклинали. В осевой полосе складки выступают породы гипсоносной свиты, которые переходят постепенно в Зангинскую свиту верхнего сармата.

Падение южного крыла — $18-20^\circ$, падение северного крыла — $30-35^\circ$.

В левобережной части р. Аракс, в районе Каракала, обнажены две антиклинали широтного простирания.

По А. Т. Асланяну, обе указанные антиклинали находятся на юг-юго-западном крыле более крупной антиклинали, ось которой проходит по линии с. Карабах — г. Кара-букянд, являющейся центром извержений некоторых лав Октемберянского плато.

На крайнем севере, в среднем течении р. Занга, согласно данным К. Н. Паффенгольца, метаморфические сланцы Арзаканского массива слагают обширную антиклиналь антикавказского (близко к меридиональному) простирания с крутым погружением шарнира на юго-восток.

Из вышеизложенного следует, что по мере движения с юго-востока на северо-запад, вместе со сменой древних отложений более молодыми, меняется и план дислокации структур Араратской котловины. В юго-восточной части котловины палеозойские отложения собраны в складки преимуществен-

но общекавказского — СЗ—ЮВ (близко к меридиональному) направления (Садаракский, Урцский и Кармир-Сахкинский антиклинали).

Далее, на северо-запад, появляются складки, имеющие преимущественно широтное простирание — Боз-бурунский и Ераносский брахиантиклинальные складки, сложенные в основном осадочными отложениями мела. Еще западнее, в Приереванском районе, структуры, сложенные осадочными отложениями палеогена, приобретают необычайные для Кавказа, так называемые антикавказские СВ—ЮЗ простирания (структурные элементы Приереванского района — Шораг-бюрская, Зангинская и др. антиклинальные складки).

Далее на запад, в районе р. Западной Арпа-чай, снова появляются структуры общекавказского простирания.

На крайнем северо-западе, в районе с. Арзакан, метаморфические сланцы кембрия — докембрия слагают необычайную для Кавказа структуру — антикавказского простирания, в то время как трансгрессивно перекрывающие их меловые отложения собраны в складки, имеющие в общем СЗ—ЮВ простирание.

Такое чрезвычайно сложное построение структур Араратской котловины в основном обусловлено теми интенсивными тектоническими движениями — орогеническими фазами, которые имели место на Малом Кавказе в целом и Араратской котловине, в частности.

В результате орогенических фаз юрского, мелового и верхнеэоценового времени, по данным К. Н. Паффенгольца (42, 44), полностью сформировались структуры Малого Кавказа. При этом верхнеэоценовая пиренейская орогеническая фаза (крупнейшая на Малом Кавказе) обусловила также мощное проявление глубинного вулканизма, в результате которого, указывает К. Н. Паффенгольц, только что возникшие структуры были скованы большим числом основных, ультраосновных и кислых интрузий.

Эоцен в Малом Кавказе в основном выражен существенно вулканогенной фацией, представленной разнообразными эффузивами и их обломочными разностями средней кислотности (порфириты, их туфы и туфобрекчии). Вулканическая

деятельность, начавшаяся в верхнеэоценовое время, продолжалась затем с небольшими перерывами на протяжении всего третичного периода, что было обусловлено многочисленными орогеническими фазами и тектоническими движениями нижнего, среднего и верхнего миоцена. Большинство интрузий этого времени расположено в сводовых частях сравнительно широких и пологих антиклиналей.

Олигоцен, по данным К. Н. Паффенгольца (42), выражен в средней части Малого Кавказа сплошь в вулканогенной фации, представленной согласно пластуемой серией эффузивов от липаритов до обсидианов*.

«С началом четвертичного времени,— пишет К. Н. Паффенгольц,— вновь вспыхивает вулканическая деятельность, продолжавшаяся с небольшими перерывами почти до современного периода. За это время потоки андезито-базальтовых лав и покровы трахидацитовых туфов покрыли обширные пространства Агмаганского, Карабахского и Ахалкалакского нагорий, а также массива горы Арагац. Таким образом, все проявления четвертичного вулканизма приурочены к складчатой зоне Армении — наиболее приподнятой тектонической зоне Малого Кавказа».

Указанные орогенические фазы и тектонические движения, сопровождавшиеся на Малом Кавказе, в целом, и Арагатской котловине в частности, появлением эффузивного и глубинного вулканизма, не могли не обуславливать и, как мы увидим ниже, в действительности обуславливают те характерные особенности геологического строения котловины, которые и являются причинами наблюдаемых магнитных аномалий.

* По данным геологов А. Т. Асланяна, А. А. Габриеляна и др. возраст толщи вулканогенного олигоцена определяется как плиоцен (12, 17).

ГЛАВА III.

НАМАГНИЧЕННОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД

Общие замечания

Намагниченность горных пород характеризуется величиной магнитной восприимчивости и вектором остаточной намагниченности. Напряженность аномального магнитного поля в каждой точке пространства зависит от намагниченности горных пород, размеров и формы тела и взаимного их расположения. Намагниченность состоит из суммы двух векторов I_i и I_r , где I_i — индуктивная намагниченность, обусловленная современным магнитным полем Земли и I_r — остаточная намагниченность, сохранившаяся в силу большой коэрцитивности породы от ее намагничивания в древние геологические времена.

Индуктивная намагниченность горных пород определяется формулой $I_i = \frac{\chi T}{1 + \chi N}$, где T — вектор напряженности геомагнитного поля, N — коэффициент размагничивания, χ — магнитная восприимчивость вещества.

Опыт показывает, что подавляющее большинство горных пород обладает магнитной восприимчивостью не более $3000\text{--}5000 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Следовательно, I_i таких пород можно вычислять по формуле $I_i = \chi T$.

Остаточная намагниченность у большинства горных пород (преимущественно изверженных и метаморфических) по своей абсолютной величине в несколько (5—10 и более) раз больше индуктивной (3, 5, 52). Так, например, отношение $I_r : I_i$ для некоторых лав, как показывают исследования Т. Н. Розе

(52), доходит до 50, для базальтов Арктики до 12, для базальтов р. Храмы до 20 и т. д.

Направление вектора естественной остаточной намагниченности горных пород, как правило, не совпадает с направлением индуктивной намагниченности (3) и часто эти два вектора имеют противоположные направления (угол между ними более 90°), и породы в этих случаях показывают обратную полярность, т. е. они бывают намагничены противоположно по отношению к магнитному полю Земли.

Следовательно, при вычислении полной величины намагниченности необходимо брать геометрическую сумму I_i и I_r , т. е. $\vec{I} = \vec{I}_i + \vec{I}_r$.

Опыты показывают, что если горная порода остывала в магнитном поле Земли с высоких температур (выше, чем точка Кюри данной породы), то приобретенная ею намагниченность будет отличаться от намагниченности, которую порода приобретает в том же магнитном поле при обычных (комнатных) температурах (53).

Намагниченность, приобретенная при остывании в магнитном поле (называемая термоостаточной намагниченностью и обозначаемая I_{rt}), будет, во-первых, по величине много больше обычной намагниченности, а во-вторых, более устойчивой (45, 47, 48, 52). Магнитное поле Земли, под влиянием которого образовалась I_{rt} , после остывания породы не может сколько-нибудь заметно изменить I_{rt} . Поэтому, как бы не менялось магнитное поле Земли после остывания породы, вектор его остаточной намагниченности сохранит свое направление и оно будет соответствовать направлению магнитного поля Земли, действовавшего во время остывания породы.

Таким образом, зная возраст изверженной породы, можно определить, каково было направление магнитного поля Земли в эпоху образования породы.

Следовательно, для изучения палеомагнетизма горных пород необходимо изучение магнитного поля Земли прошлых геологических эпох на основании определения величины и направления вектора естественной остаточной намагниченности горных пород.

1. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ НАМАГНИЧЕННОСТИ И ОТБОРА ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД

До 1948 года массового определения намагниченности горных пород, развитых на территории Армянской ССР, не производилось. Впервые такие работы были начаты в связи с региональными гравиразведочными и магниторазведочными исследованиями и продолжались при комплексных гравиметровых и магниторазведочных исследованиях, проводившихся с целью изучения глубинного геологического строения Араратской котловины и сопредельных районов Армянской ССР. При этом сравнительно детально изучались третичные отложения Приереванского района. В последние годы нами получены новые данные о намагниченности пород кембрий-докембрийского возраста из района Бжни-Арзакана, палеозойских и мезозойских пород из юго-восточной части Араратской котловины, третичных — из буровых скважин Приереванского района и излившихся пород третичного и четвертичного возраста, развитых в центральной и северо-западной частях Араратской котловины.

Определение магнитной восприимчивости произведено в Институте геологических наук АН Армянской ССР и в Научно-исследовательском институте земного магнетизма и распространения радиоволн (НИИЗМИР) на астатическом магнитометре системы Долгинова.

Кроме этих определений, мы подвергали специальному полевому и лабораторному исследованию на предмет определения χ , I_r , φ , ψ около 180 образцов эффузивных пород третичных и четвертичных возрастов, имеющих большое распространение в Центральной Армении.

Некоторые образцы (долериты, андезито-базальты, вулканические туфы и другие эффузивы), сильно отклонявшие магнитную систему магнитометра — М-2, подвергались химическому анализу и петрографическому исследованию.

Краткая петрографическая характеристика пород составлена на основе микроскопических определений шлифов (40 шт.), произведенных кандидатом геолого-минералогических наук А. И. Адамяном.

Химические анализы произведены в химической лаборатории Института геологических наук АН Армянской ССР химиками-аналитиками Г. М. Джрбашян и С. М. Дехтрикян.

Для определения остаточной намагниченности горных пород отбирались ориентированные образцы.

Методика отбора образцов заключалась в нижеследующем.

На поверхности обнажения (лавового потока) выбирался горизонтальный участок, который предварительно очищался от земли и мелких обломков, затем к ровной площадке породы прикладывался горный компас так, чтобы дно возможно более плотно прилегало к обнаженной плоскости образца. После этого дезарретировалась стрела компаса, и на верхней поверхности образца отмечалось направление кажущегося магнитного меридиана*. Чтобы определить направление истинного магнитного меридиана, компас приподнимался над поверхностью обнажения на высоту 1—1,5 м. Как правило, на образец сверху наклеивался лейкопластырь и на нем проводились линии ориентира. С помощью компаса на образце отмечалась также линия отвеса.

Образец сначала откалывался, затем вновь ставился на место и лишь потом производилась его ориентировка. Взятый таким путем образец с помощью геологического молотка подвергался грубой обработке в поле и маркировке.

Сбор образцов, как правило, сопровождался измерением вертикальной составляющей аномального магнитного поля на местах их отбора. Измерения Z производились магнитометром М-2. Образцы отбирались из центральных частей лавовых покровов и по возможности со всех потоков, участвующих в геологическом строении района. С одного места отбиралось минимум два образца. Размер каждого образца составлял примерно от $5 \times 5 \times 5$ см³ до $10 \times 10 \times 10$ см³. При отборе образцов в полевой журнал заносились следующие данные: номер образца, место отбора, название породы и его возраст,

* Эффузивы Армении, как правило, магнитны и создают сильные аномалии, в силу чего направление стрелки компаса обычно отличается от направления нормального магнитного меридиана.

элементы залегания, а также данные измерения вертикальной составляющей аномального магнитного поля точки, откуда взят образец.

Здесь нет необходимости описывать методику измерения магнитной восприимчивости горных пород, так как достаточно полное описание имеется в соответствующих опубликованных работах. Вкратце остановимся на методике измерения I_r .

Вышеуказанным путем из различных районов Араратской котловины и прилегающих районов Армянской ССР нами собрано около 180 ориентированных образцов эффузивных пород и произведено измерение их магнитных свойств на полевом Z магнитометре М-2 и на астатическом магнитометре системы Ш. Ш. Долгинова.

На магнитометре М-2 измерения χ , I_r проводились над ориентированными образцами неправильной формы и различных размеров, грубо отколотыми в поле [30].

Образцы ставились под магнитометр на различных (25—30 см) расстояниях от магнитной системы. Цена деления магнитометра была установлена в 12 гамм. Измерения производились при снятой шине в трех взаимноперпендикулярных направлениях образца. При этом ось x соответствует направлению магнитного меридиана, ось y направлена на восток, а ось z — отвесно вниз (фиг. 4).

Вычисления χ , I_r , φ , ψ произведены по формулам

$$\chi_i = \frac{[0,5(n_1 + n_2) - n_0] \varepsilon r^3 \cdot 10}{2HV} \cdot 10^{-6}$$

$$I_{ri} = \frac{0,5(n_1 - n_2) \varepsilon r^3 \cdot 10}{2V} \cdot 10^{-6}$$

$$I_r = \sqrt{I_{rx}^2 + I_{ry}^2 + I_{rz}^2};$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_{ry}}{I_{rx}}; \quad \operatorname{tg} \psi = \frac{I_{rz}}{\sqrt{I_{rx}^2 + I_{ry}^2}},$$

где ε — цена деления магнитометра в гаммах; V — объем образца в см^3 ; H — намагничивающее поле, которое принято равным $0,4$ эрстед для Армении; χ — магнитная воспри-

имчивость; I_r — остаточная намагниченность; r — расстояние от центра образца до центра магнитной системы;

$i = x, y, z$; φ — азимут вектора I_r ;

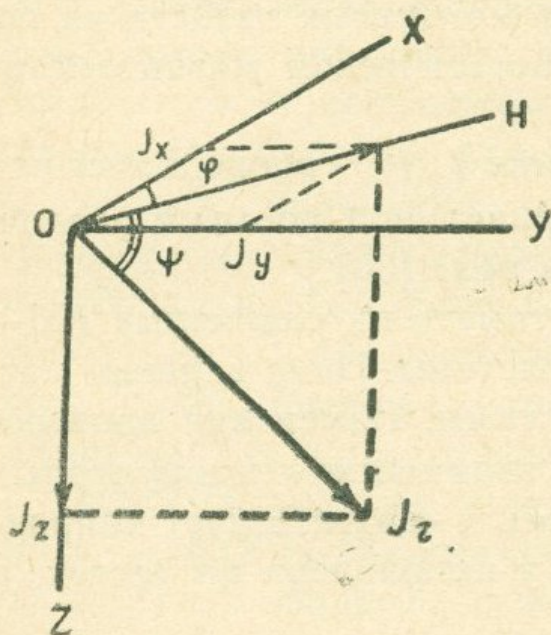
ψ — угол наклона I_r к плоскости xoy ;

n_0, n_1, n_2 — отсчеты по шкале без образца и при наличии образца.

Для определения I_r на астатическом магнитометре системы Долгинова Ш. Ш., из образцов грубой формы были изготовлены кубики с гранями 15 мм с сохранением ориентировки. Измерение I_r на астатическом магнитометре

произведено с помощью градуировочных катушек (Институт геологических наук АН АрмССР) и методом компенсации (нулевой метод, Институт физики Земли АН СССР).

Необходимо отметить, что измерение I_r методом градуировочных катушек не могло быть произведено с достаточной точностью по следующим причинам: а) размеры и формы кубиков заметно отличаются от размеров градуировочных катушек и поэтому



Фиг. 4. Элементы вектора намагниченности.

коэффициенты распределения кубиков и катушек различаются друг от друга; б) центры кубиков не находятся на уровне верхнего магнита астатической системы; в) центры кубиков и градуировочных катушек при данном положении шины находятся на разных расстояниях.

Следует также отметить, что нулевой метод измерения I_r привел к результатам, совпадающим с данными, полученными путем измерения на магнитометре М-2. Имея в виду вышесказанное и то, что подавляющее большинство образцов характеризовалось очень высокими значениями I_r , в дальнейшем мы отказались от изготовления кубиков, так как это связано с затратой времени и средств, и довольствовались из-

мерением I_r только на магнитометре М-2 по образцам грубо-обработанной формы.

Результаты измерения магнитных свойств горных пород на магнитометре М-2, как увидим ниже, обеспечивают не только решение некоторых конкретных задач геологического характера применительно к условиям Армении, но и в известной мере эти данные могут служить для возрастного сопоставления вулканогенных образований и суждения о магнитном поле Земли в геологическом прошлом.

Действительно, отношение I_r к I_i почти для всех эффузивных пород оказалось равным 10 и более, что является косвенным признаком их стабильности. Лабораторные исследования на стабильность образцов, проведенные в Московском государственном университете, полностью подтвердили их пригодность для изучения палеомагнетизма.

2. ГЛАВНЕЙШИЕ ОСОБЕННОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ АРМЯНСКОЙ ССР ПО НАМАГНИЧЕННОСТИ

Исходя из результатов определения магнитной восприимчивости пород Араратской котловины, интенсивности их намагничивания (I_r), а также характера поля Z , обусловленного этими же породами, мы сочли более целесообразным разделить на три группы все горные породы, участвующие в геологическом строении Араратской котловины и сопредельных районов Армянской ССР, по их намагниченности; немагнитные ($\chi = 0 - 100 \cdot 10^{-6}$), слабо-магнитные ($\chi = 100 - 1000 \cdot 10^{-6}$) и магнитные ($\chi > 1000 \cdot 10^{-6}$ CGSM).

Ниже приводится сводная таблица намагниченности горных пород Араратской котловины и сопредельных районов Армянской ССР, составленная нами на основании статистической обработки имеющихся данных по намагниченности пород района исследования (табл. 1).

Из данных табл. 1 следует, что:

1. Магнитная восприимчивость метаморфических сланцев и гнейсов колеблется в значительных пределах от практиче-

Таблица I

Сводная таблица по намагниченности горных пород Армении

Группа	Название породы	Возраст	Количество образцов	Магнитная восприимчивость ($\chi \cdot 10^6 \text{CGSM}$)			Примечание
				среднее	максимальное	минимальное	
Практически немagnetные ($\chi = -0 - 10$), $\cdot 10^{-6} \text{CGSM}$)	Метаморфические сланцы	Кембрий-до-кембрий	17	65	180	10	Не обладают остаточной намагниченностью
	Амфиболиты	"	3	70	125	45	
	Гнейсы	"	4	35	50	15	
	Кварциты	Палеозой	6	25	50	5	
	Глинистые сланцы . .	"	24	16	40	10	
	Известняки	"	73	13	90	0	
	Песчаники	"	32	17	55	7	
	Порфириты	Юра	7	38	72	5	
	Известняки	"	2	38	72	5	
	Туфопесчаники	"	2	75	125	25	
	Альбитофиры	"	1	30	—	—	
	Мергел. известняки .	Верхн. мел.	11	15	40	5	
	Песчаники	"	3	25	50	10	
	Глины	"	8	20	30	5	
	Конгломераты	"	5	60	160	15	
	Порфириты	"	8	70	100	40	
	Песчаники	Третичный	13	50	90	15	
	Глины	"	59	40	105	10	
	Корал. известняки . .	"	2	6	8	4	
	Гранодиориты и кварцевые диориты	"	5	40	75	15	
	Травертины	Четвертичный	9	15	35	0	
	Габбро-амфиболы . . .	—	5	35	60	10	

Слабо магнитные ($\chi=100-1000 \cdot 10^{-6}$ CGSM)	Порфириты	Юра	2	935	1165	710	Обладают остаточной намагниченностью
	Мергел. известняки .	Верх. мел.	2	165	170	160	
	Песчаники	" "	3	400	780	175	
	Порфириты	" "	3	910	1160	580	
	Песчаники	Третичный	37	210	540	105	
	Глины	"	53	210	840	100	
	Конгломераты	"	4	210	420	80	
	Микроконгломераты .	"	3	625	1480	40	
	Базальты долерит. . .	Плиоцен	24	690	1000	240	
	Диабаз-дайки-вые поро- ды	Третичный	2	310	475	140	
Магнитные ($\chi=1000-5000 \cdot 10^{-6}$ и более)	Андезито-базальты . .	Четвертичный	20	510	880	110	Обладают остаточной намагниченностью
	Вулканические туфы .	"	8	545	980	235	
	Обсидианы	"	3	910	1345	560	
	Метаморфические слан- цы	Кембрий-до-кембрий	5	1600	2280	760	
	Гнейсы	"	1	2350	—	—	
	Порфириты	Верх. мел	5	1500	6800	600	
	Туфобрекчии	Третичный	3	1360	1380	1360	
	Базальты долер. . . .	Третичный	33	2070	8270	1010	
	Порфириты	"	4	30400	90000	10100	
	Порфириты	"	4	1370	1590	1135	
	Кварц. диориты. . . .	"	5	1510	3500	280	
	Диабаз. дайковые поро- ды	"	2	1980	2020	1930	
	Андезито-базальты . .	Четвертичный	16	2430	6900	1120	
	Туфы	"	6	15850	39000	8250	
	Туфы	"	19	2070	4020	1020	

ски немагнитных — $\chi = 10 \cdot 10^{-6}$ до магнитных $\chi = 2300 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Амфиболиты же, судя по ограниченному количеству образцов, практически немагнитны. Метаморфические сланцы у с. Бжни и горы Еранос практически немагнитны, тогда как породы этого возраста в районе сс. Агверан и Мисхана представлены магнитными разновидностями.

Предположительно можно считать, что большой диапазон изменения магнитной восприимчивости метаморфических сланцев и гнейсов кембрия-докембрия связан с петрографическими особенностями этих пород и влиянием на них регионального и контактового метаморфизма.

2. Осадочные отложения рассматриваемого обширного стратиграфического комплекса от среднего девона до верхней перми включительно в магнитном отношении представлены практически немагнитными породами ($\chi = 20 \cdot 10^{-6}$ CGSM). Установление этого факта имеет существенное значение с точки зрения применения магниторазведки для картирования в области неглубокого залегания палеозойского фундамента.

3. Известково-мергельные и песчано-глинистые отложения мелового возраста в основном относятся к практически немагнитным породам $\chi = 20 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Порфириты же в магнитном отношении, судя по ограниченному количеству образцов, характеризуются двояко: как практически немагнитные ($\chi = 70 \cdot 10^{-6}$ CGSM) и магнитные ($\chi = 1500 \cdot 10^{-6}$ CGSM).

4. Магнитная восприимчивость третичных отложений колеблется в значительных пределах — от практически немагнитных до магнитных.

Карбонатные отложения третичного возраста относятся к практически немагнитным породам, песчано-глинистые — к слабо магнитным, вулканогенные породы, как правило, — к магнитным.

Наличие в рассматриваемом комплексе магнитных вулканогенных пород, пользующихся широким распространением, резко выделяет третичные отложения от более древних. В данном случае намечается отчетливая граница раздела в отношении намагниченности пород между третичными и более древними отложениями.

Для третичных отложений характерно то, что некоторые песчаники, глины и конгломераты, по сравнению с однотипными породами более древних возрастов, отличаются относительно высокой магнитной восприимчивостью. Как будет показано ниже, это явление связано с относительно высоким процентом содержания магнетита в тяжелой фракции.

Вулканогенные отложения третичного возраста (туфобрекчии, порфириды и долеритовые базальты) по своим магнитным свойствам резко выделяются от вулканогенных и осадочных толщ более древних возрастов и, как правило, обладают остаточной намагниченностью.

5. Магнитная восприимчивость андезито-базальтов четвертичного возраста колеблется в значительных интервалах, от $410 \cdot 10^{-6}$ до $6900 \cdot 10^{-6}$ CGSM и более, составляя в среднем $2300 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Туфы, судя по ограниченному количеству образцов (7 шт.), характеризуются высокой магнитной восприимчивостью ($\chi = 2100 \cdot 10^{-6}$ CGSM). Андезито-базальты и туфы четвертичного возраста обладают не только высокой магнитной восприимчивостью, но и характеризуются сильной остаточной намагниченностью, в несколько раз (5—20) превышающей индуцированный магнетизм.

Осадочные образования четвертичного возраста практически немагнитны.

6. Из данных таблицы следует, что интрузивные породы по своей намагниченности резко выделяются из осадочных толщ всех возрастов и, как правило, обладают остаточной намагниченностью (1), значение которой в нередких случаях оказывается преобладающим над индуцированным намагничением.

Таким образом, изложенные в этой главе данные о намагниченности горных пород свидетельствуют о значительных колебаниях их магнитной восприимчивости как в пределах отдельных стратиграфических комплексов, так и в пределах относительно небольших по мощности, но литологически различных свит.

Рассмотрим теперь значения магнитной восприимчивости осадочных пород мелового и третичного возрастов Приереванского района.

Сводная таблица магнитной восприимчивости горных пород третичного и мелового возрастов Приереванского района

Название пород	Возраст	Кол-во обр.	$\chi \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$		
			ср.	макс.	мин.
Метаморфические сланцы .	в. мел.	4	45	90	10
Габбро-амфиболиты	"	5	37	60	12
Глины, песчаники, конгломераты и мергели . . .	"	19	25	50	5
Песчаники и глины	в. эоцен- н. олигоцен	74	170	440	20
Песчаники и глины	ср. олигоцен	38	156	540	16
Глины и коралловые известняки	в. олигоцен	3	10	17	4
Песчаники, глины, галечники (пестроцветн. толща)	ср. миоцен	24	340	690	100
Гипсоносная толща (глины)	в. миоцен	28	23	136	2

Из приведенных данных можно сделать следующие выводы.

1. Намечается заметная дифференциация горных пород по магнитной восприимчивости. Метаморфические сланцы, габбро-амфиболиты кембрия-докембрия, глины и песчаники верхнего мела, слагающие Ераносскую антиклиналь, коралловые известняки верхнего олигоцена и гипсоносные глины верхнего миоцена, слагающие северо-западное крыло Шорагбюрской антиклинали, оказались практически немагнитными ($\chi = 10-40 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$).

2. Песчаники и глины верхнего эоцена — среднего миоцена, слагающие Шорагбюрскую антиклинальную складку, северо-западное крыло Ераносской антиклинали, а также Ацаванскую синклиналь, характеризуются относительно повышенными значениями магнитной восприимчивости ($\chi > 100 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$). При этом, если песчаники и глины верхнего эоцена — нижнего олигоцена характеризуются магнитной восприимчивостью в среднем $170 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$, а среднего олигоцена — $155 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$, то пестроцветная толща среднего миоцена (?), слагающая СЗ крыло Шорагбюрской антиклинали

и Ацаванской синклинали, характеризуется сравнительно повышенным значением магнитной восприимчивости, что составляет в среднем $300 \cdot 10^{-6}$ CGSM (из 24 определений), колеблясь в интервале от $100 \cdot 10^{-6}$ до $700 \cdot 10^{-6}$.

Сопоставляя магнитную восприимчивость и процентное содержание магнетита в тяжелой фракции пород поверхностных отложений и кернов скважин района, можно установить, что красноцветная толща среднего миоцена выделяется как по своей магнитной восприимчивости, так и по содержанию магнетита в тяжелой фракции осадочных толщ, лежащих стратиграфически ниже и выше.

Из приведенных в табл. 3 данных видно, что если среднее содержание магнетита из 170 образцов песчано-глинистой толщи нижнего и среднего олигоцена составляет 25% в тяжелой фракции, то среднее содержание магнетита в красноцветной толще из 32 определений составляет 38%.

Таблица 3

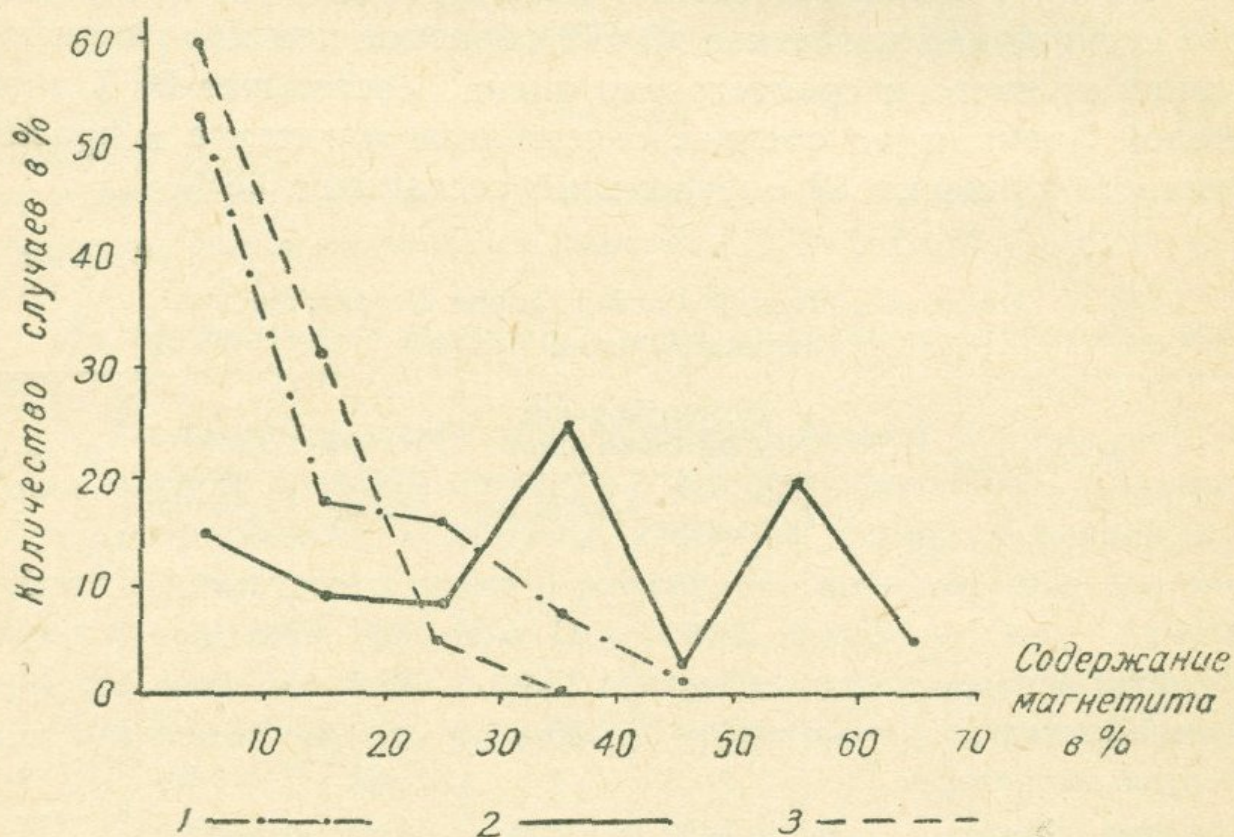
Минералогический состав пород Шорагбюрской
антиклинальной складки

Минералы	Шорагбюрская толща глин. песч.		Пестро- цветн. толща	Гипсо- носн. толща	Белесов. толща
	пирито- магнетит в %	магнетит в %			
Пирит	37,5	11	—	—	—
Магнетит-ильменит . .	27	25,3	37,8	р	15
Бурый железняк	20	30	—	—	—
Нерудн. непрозрачн. . .	2	1	40	4	3
Гранаты	5,3	7,5	—	—	11,1
Биотит	18,1	12,5	р	—	5
Амфиболы	12,3	15,5	р	13,7	р
Пироксены	р	р	р	р	37,6
Топаз	—	—	р	91	е. з.
Карбонатность	15	22	5—18	60	30
Тяжелая фракция	2,5	1,5	3,09	1,5	2,5
Количество определений	28	142	32	2	13

Отсюда вытекает, что пестроцветная толща по содержанию магнетита выделяется из комплекса осадочных пород, слагающих Шорагбюрскую складку. Этот вывод наглядно иллюстрируется на прилагаемых ниже вариационных кривых (фиг. 5, 6).

Следует отметить, что по данным Пейсика и Горбенко [49] продуктивная толща Апшеронского полуострова также характеризуется относительно высокой магнитной восприимчивостью, достигающей до $800 \cdot 10^{-6}$ CGSM и более.

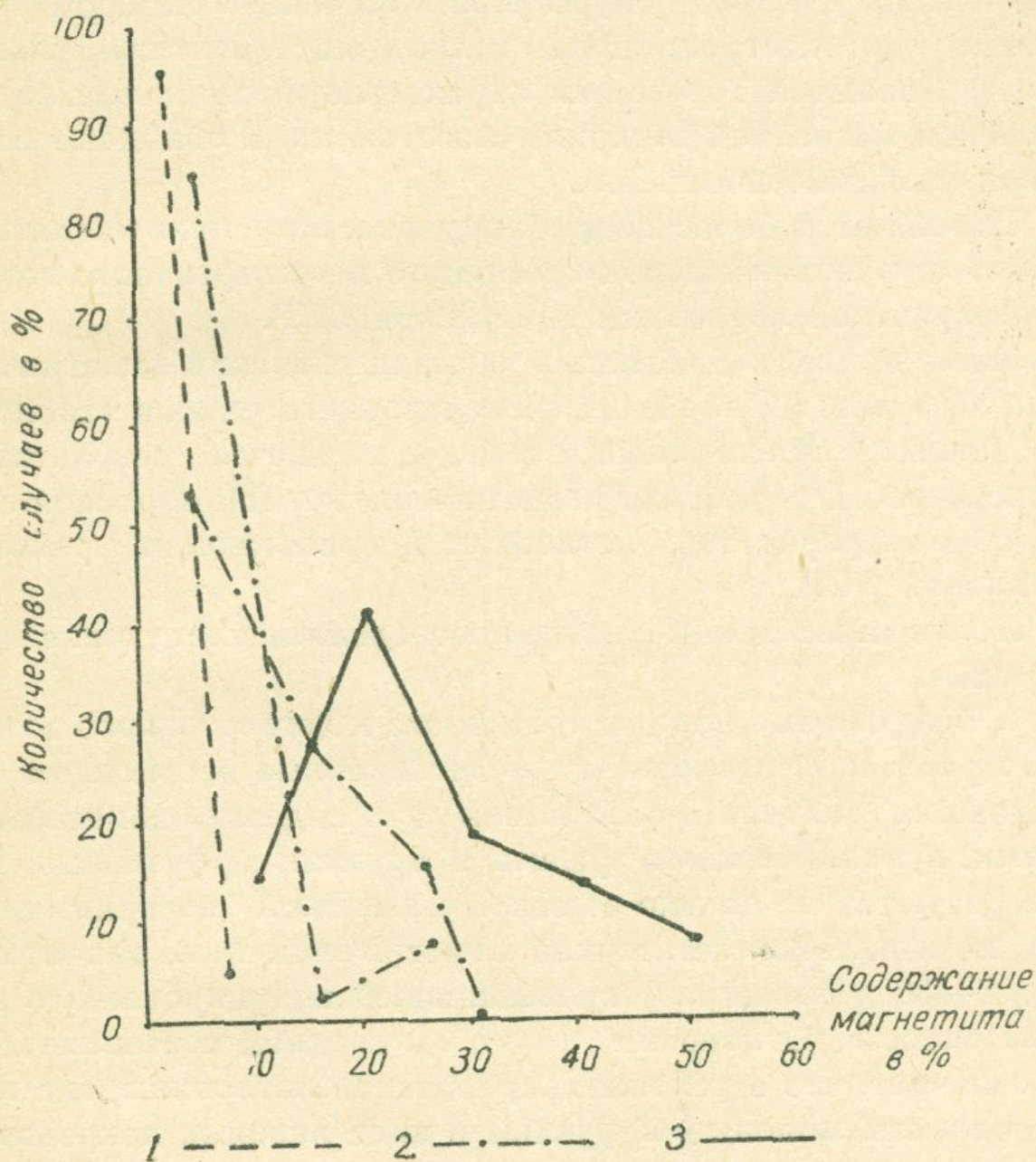
Вышеизложенные факты вносят некоторые изменения в существующие представления о магнитной восприимчивости



Фиг. 5. Вариационные кривые содержания магнетита в породах Приереванского района
1— Шорагбюрская толща —170 обр., 2— Пестроцветная толща —32 обр.
3— Шордзурдзорская толща —19 обр.

осадочных пород третичного возраста, так как они показывают, что в толще осадочных отложений могут быть породы (песчаники, глины, конгломераты) с магнитной восприимчивостью $700-800 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

Таким образом, специальными работами, проведенными нами в 1948 году, было доказано наличие среди осадочных отложений пород, характеризующихся относительно повышенной намагниченностью, и объяснена причина наблюдае-



Фиг. 6. Вариационные кривые содержания магнетита в породах скважин Приереванского района.

1 — Гипсоносная толща — 35 обр., 2 — Шорагбюрская толща — 95 обр.,
3 — пестроцветная толща — 29 обр.

мого магнитного минимума над осью Шорагбюрской антиклинали.

В последующем повышенная магнитность пород некоторых осадочных отложений третичного возраста была установлена А. Н. Храмовым [66], обстоятельно изучившим осадочные отложения полуострова Челекен (Западная Туркмения) и Апшеронского полуострова. Указанным автором установлено, что пестроцветные отложения (континентальная толща) Западной Туркмении характеризуются не только повышенной магнитной восприимчивостью, но и обладают остаточной намагниченностью.

Перейдем к более подробному рассмотрению магнитных свойств эффузивных пород третичного и четвертичного возраста Араратской котловины Армянской ССР.

Ниже приводится сводная таблица значений намагниченности эффузивных пород из исследованного района (табл. 4).

Данные, приведенные в табл. 4, являются результатом статистической обработки намагниченности 180 образцов горных пород Араратской котловины и прилегающих районов Армянской ССР.

Полученные данные позволяют сделать следующие заключения.

1. Эффузивные породы третичного и четвертичного возрастов Араратской котловины, представленные в основном базальтовыми, андезито-базальтовыми и андезито-дацитовыми лавами, вулканическими туфами и другими эффузивами, характеризуются не только высокой магнитной восприимчивостью, но и высокой остаточной намагниченностью, значительно (в 5—30 и более раз) превышающей индуцированную намагниченность. Отношение $I_r : I_i$ в среднем составляет 11. Это означает, что в условиях Араратской котловины, где широко развиты молодые эффузивы в виде лавовых покровов и потоков, остаточная намагниченность горных пород является важным определяющим фактором в формировании аномального магнитного поля, обусловленного этими эффузивами.

2. Покровные долеритовые базальты верхнеплиоценового возраста, слагающие Канакерское и Егвардское обширные вулканические плато, по намагниченности, как и по своим структурным и петрографическим особенностям, резко отличаются от более поздних четвертичных андезито-базальтовых

Таблица 4

Название породы	Возраст	Колич. обр.	$\chi \cdot 10^6$			$I_r \cdot 10^6$			Q			φ		ψ		
			ср.	макс.	мин.	ср.	макс.	мин.	ср.	макс.	мин.	ср.	±	ср.	макс.	мин.
Андезито-базальты, андезито-дациты, дациты (лавы типа Е)	Голоцен	37	3860	20750	380	29000	387000	1850	10,6	47	1,7	354	30	37	77	5
Андезито-базальты, базальты (лавы типа Д)	Рисс-вюрм	46	3200	16800	340	13450	122000	380	9,8	38	0,4	356	60	38	90	0
Вулканические туфы-дацитовые	Голоцен-миндел-рисс.	39	2400	6650	300	7000	26000	400	10,8	62	0,4	352	60	46	76	11
Базальты долеритовые	Верхн. плиоцен.	31	2000	12000	250	9100	58000	1000	13,6	69	0,6	186	56	40	90	6
Габбро-диориты	Верхн. эоцен.	3	2900	4250	1400	2900	6300	1200	2,3	3,7	1	17	17	73	90	50

лав и вулканических туфов. Это различие в первую очередь заключается в том, что долеритовые базальты, в отличие от более молодых андезито-базальтовых лав и вулканических туфов, обнаруживающих нормальную полярность (вектор I_r направлен сверху вниз, азимут вектора стремится в 0°), показывают обратную (аномальную) полярность, т. е. вектор I_r направлен снизу вверх, азимут вектора стремится к 180° .

Этими характерными особенностями намагничения долеритовых базальтов, в основном, и объясняются те интенсивные отрицательные аномалии, которые часто наблюдаются над долеритами вообще и Араратской котловиной, в частности.

3. По намагниченности эффузивы Араратской котловины можно подразделить на две группы: а) нормально намагниченные породы и б) обратно намагниченные породы.

В группу нормально намагниченных пород, по имеющимся данным, входят голоценовые, андезито-базальтовые и андезито-дацитовые лавы ($Q=10,6$; $\varphi=354^\circ$; $\psi=37^\circ$), андезито-базальтовые лавы ресс-вюрма ($Q=9,8$; $\varphi=356^\circ$; $\psi=38^\circ$) и дацитовые туфы ($Q=10,8$, $\varphi=352^\circ$; $\psi=46^\circ$).

К группе обратно намагниченных пород относятся долеритовые базальты верхнего плиоцена со следующими магнитными характеристиками: $Q=13,6$; $\varphi=186^\circ$; $\psi=-40^\circ$.

4. Как правило, направление вектора естественной остаточной намагниченности не совпадает с направлением индуцированной намагниченности, а для эффузивных пород верхнего плиоцена I_r направлен противоположно I_i ; (угол между I_r и I_i — больше 90°). Следовательно, для вычисления общей намагниченности необходимо I_r и I_i суммировать геометрически $\vec{I} = \vec{I}_r + \vec{I}_i$. Во всех случаях вектор остаточной намагниченности отклоняется от плоскости хоу как вверх, так и вниз, на угол меньше 45° . Это означает, что, несмотря на высокую остаточную намагниченность эффузивных пород, очень интенсивные магнитные аномалии в них наблюдаться не должны.

5. Интрузивные породы района исследования, судя по очень ограниченному количеству образцов (3 шт.), показы-

вают нормальную полярность. Отношение $I_r : I_i$ в отличие от эффузивных пород, составляет в среднем 2,3. Это означает, что в формировании аномального магнитного поля интрузивов важное значение имеют как остаточная намагниченность, так и магнитная восприимчивость. Угол наклона вектора I_r от плоскости хоу составляет в среднем 73° . Это показывает, что интрузивы должны обуславливать довольно интенсивные магнитные аномалии.

6. Фактический материал по намагниченности изверженных пород Араратской котловины показывает значительный разброс вектора естественной остаточной намагниченности и параметра Q ($Q = I_r : I_i$) для отдельных групп пород. Различие отношений $I_r : I_i$ для отдельных групп исследованных образцов позволяет вывести заключение о неоднородности природных условий намагничения, существовавших в период остывания отдельных интрузивных и эффузивных образований, представленных данными образцами. Можно предположить, что неравномерность остывания лав или интрузий при их образовании и явились основной причиной неоднородного намагничивания.

Однако при определении магнитного поля, создаваемого намагниченными породами, практически можно считать, что все изверженные породы как слабо магнитные, так и сильно магнитные, намагничиваются однородно (табл. 5).

Сравнивая результаты определения I_r пород, произведенные на полевом магнитометре М-2 и на астатическом магнитометре сист. Долгинова (табл. 5), можно заключить, что:

1. Остаточная намагниченность образцов грубо обработанной формы, измеренная на полевом магнитометре М-2 достаточно близко совпадает с величиной I_r , определенной на астатическом магнитометре нулевым методом (в большинстве случаев расхождение составляет не больше 20%).

2. Достаточное близкое совпадение величины φ, ψ углов, вычисленных из измерения Z, I_r образцов, грубо обработанной формы и правильной формы, также говорит о том, что для измерения I_r нет надобности изготавливать из образцов

Таблица 5

№№ образцов	Название породы	Возраст	Магнитометром М-2			Астатическим магнитомет- ром Ш. С. Долгинова			Содер- жание железа в %
			$I_r \cdot 10^6$	φ°	ψ°	$I_r \cdot 10^6$	φ°	ψ°	
17/52	Базальт долеритовый	Верхн. плиоцен	2850	150	-45	3200	130	-60	—
13/52	" "	"	9200	206	-52	8400	231	-61	8,64
19/52	" "	"	36300	205	-56	37000	193	-49	10,68
7/52	Базальт оливин.	"	6250	195	-45	8250	180	-60	—
245	Базальт долерит.	"	4400	185	-11	3300	210	-19	—
140	Андезито-базальт	Постплиоцен	4780	138	-26	3300	151	-23	—
88	Андезито-базальт	Рисс-вюрм	15700	24	59	17000	63	56	9,23
94	Андезито-базальт	"	2350	310	36	2700	340	45	—
196	Базальт	"	2830	325	51	2600	360	62	4,54
255	Базальт	"	14100	64	64	17300	46	68	—
20	Андезито-базальт	"	146000	10	6	180000	34	17	9,23
47	" "	"	2200	37	44	2060	48	40	9,43
186	" "	"	2200	338	25	2700	360	30	—
427	" "	"	3700	7	35	3200	20	24	—
4/52	Туф черный	Мицдел-рисс	5500	333	55	6230	340	56	—
20/52	Туф красный	"	7500	355	28	8600	330	32	—
16/52	Базальт	Постплиоцен	260000	157	-10	217000	178	-14	9,48
236	Андезито-базальт	Рисс-вюрм	1700	4	63	1800	45	36	8,25
238	" "	"	387000	44	48	360000	317	43	6,87
161	" "	"	2200	350	23	1500	335	0	8,42
456	Базальт долеритовый	Верхн. плиоцен	39000	276	-37	46600	335	-48	7,41

кубики и производить на это излишние затраты средств и времени.

Таким образом, проведенные специальные исследования на определение I_r , φ , ψ образцов горных пород района работ еще раз доказывают выводы А. А. Логачева (30) о возможности массового опробования образцов грубо обработанной формы в их естественном состоянии с погрешностью не выше 10—20%.

3. Относительно большое содержание железа (7—9%) в андезито-базальтовых лавах обуславливает их высокую намагниченность.

Намагниченность горных пород хотя и обуславливается присутствием магнетита, тем не менее она не находится в прямой зависимости от степени его содержания в породе, так как четкая закономерность в данном случае не наблюдается (15, 36).

3. НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ ОТНОСИТЕЛЬНО НАМАГНИЧЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД АРМЕНИИ

При современном состоянии сведений о намагниченности горных пород Армении не представляется возможным дать полную характеристику зависимости их магнитных свойств от стратиграфического положения, литолого-петрографического состава, структуры и текстуры, условий залегания, степени метаморфизма и т. д. Однако статистическая обработка имеющихся по намагниченности пород данных, результаты которой представлены в вышеприведенных таблицах, позволяет подметить некоторые закономерности, сводящиеся к следующему:

1. Породы вулканогенной толщи четвертичного и третичного возрастов, по сравнению с породами более древних осадочных толщ, характеризуются относительно высокой магнитной восприимчивостью. При этом породы вулканогенной толщи четвертичного возраста более магнитны, чем третичного возраста.

2. Песчано-глинистые отложения третичного возраста более магнитны, чем известково-мергелистые отложения третичного и более древних возрастов.

3. Известково-мергелистые отложения третичного и мелового возрастов, известково-мергелистые и песчано-глинистые отложения палеозоя практически немагнитны.

Следует отметить, что некоторые песчаники, глины и мергели третичного возраста, по сравнению с одноименными породами более древних возрастов, характеризуются относительно высокой магнитной восприимчивостью, что объясняется высоким содержанием магнетита в тяжелой фракции этих пород.

4. Метаморфические породы (сланцы, гнейсы) кембрия-докембрия по своим магнитным свойствам разделяются на две группы. При этом встречаются сланцы как практически немагнитные, так и слабо магнитные, что, по всей вероятности, связано с петрографическими особенностями этих пород и влиянием на них регионального и контактового метаморфизма.

5. Вулканогенные и интрузивные породы всех возрастов, как правило, не только высокомагнитны, но и обладают остаточной намагниченностью.

Эффузивные породы третичного и четвертичного возрастов (лавы различных генераций), характеризуясь высокой намагниченностью, как правило, показывают нормальную и аномальную полярность, причем ось намагничения у долеритовых базальтов верхнего плиоцена направлена снизу вверх, в то время как у четвертичных андезитов-базальтовых лав и вулканических туфов она направлена сверху вниз.

6. Для обоснованного истолкования магниторазведочных данных необходимо подвергать исследованию большое количество ориентированных образцов горных пород, ставя целью определить не только магнитную восприимчивость, недостаточно характеризующую изверженные породы, но и как величину, так и направление остаточной намагниченности, значение которой, в основном, и обуславливает наблюдаемое поле. Определение целесообразно производить в поле на Z магнитометре по образцам грубо обработанной формы.

7. Можно считать установленным, что намагниченность пород Армении изменяется в довольно широких пределах среди одновозрастных пород, в зависимости от их литолого-

петрографического состава, условий их залегания, влияния регионального и контактового метаморфизма. Выявление и изучение этих закономерностей имеет важное значение для разведочной геофизики и является самостоятельной исследовательской задачей.

8. Горные породы Араратской котловины и сопредельных районов Армянской ССР по намагниченности можно подразделить на три группы:

1) Практически немагнитные ($Z=0-100 \cdot 10^{-6}$) — известково-мергелистые и песчано-глинистые отложения палеозойского возраста, известково-мергелистые отложения третичного и мелового возраста и метаморфические сланцы кембрия-докембрия (частично).

2) Слабо магнитные ($Z=100-1000 \cdot 10^{-6}$) — вулканогенные породы мела и юры, песчано-глинистые осадки третичного возраста и метаморфические породы кембрия-докембрия (частично).

3) Магнитные ($Z=1000-5000 \cdot 10^{-6}$ и более) — вулканогенные и интрузивные породы четвертичного, третичного и, в меньшей мере, более древних возрастов.

Намагниченность пород возрастает от более древних геологических образований к более молодым, изменяясь при этом в довольно широких пределах внутри однотипных по возрасту и литологическому составу горизонтов. Следовательно, в условиях большой мощности третичных отложений, на основании данных магниторазведки, мы очевидно, не можем подойти к выяснению структуры палеозойского фундамента, а в некоторых случаях, особенно на участках, где имеют широкое распространение излившиеся породы третичного и четвертичного возрастов — и к выяснению структурных особенностей мезокайнозойской толщи.

На основании вышеизложенного более или менее отчетливо намечаются следующие границы раздела горных пород Армянской ССР по намагниченности: 1) между палеозойскими и мезо-кайнозойскими отложениями; 2) между третичными и меловыми отложениями; 3) между четвертичными и третичными отложениями.

Плотностная характеристика пород Армении представляется в следующем виде. Метаморфические сланцы кембрия-

докембрия $2,6—2,65 \text{ г/см}^3$, известняки девона и карбона $2,65 \text{ г/см}^3$, перми $2,55 \text{ г/см}^3$, глинистые сланцы девона и карбона $2,45—2,50 \text{ г/см}^3$, порфиры юры $2,6—2,65 \text{ г/см}^3$, осадочные отложения мела $2,5 \text{ г/см}^3$, песчано-глинистые отложения третичного возраста $2,15—2,20 \text{ г/см}^3$. Изверженные породы третичного и четвертичного возрастов (андезито-базальты и т. д.), — характеризуются средней плотностью $2,5—2,6 \text{ г/см}^3$, при этом значение σ колеблется от $2,3 \text{ г/см}^3$ до $2,75 \text{ г/см}^3$.

В отношении плотности можно выделить три основных границы раздела: 1) между третичными и четвертичными отложениями с разностью плотностей $0,1$; 2) между третичными и меловыми отложениями с разностью плотностей $0,1$ до $0,3$; 3) между мезозойскими и палеозойскими отложениями, с одной стороны, и кембрием-докембрием, с другой, с разностью плотностей в $0,1$.

Учитывая относительно небольшую мощность меловых отложений (до 600 м) в юго-восточной части Араратской котловины, можно полагать, что главная плотностная граница раздела находится между третичными и палеозойскими отложениями.

4. К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ НАМАГНИЧЕННОСТИ ЭФФУЗИВНЫХ ПОРОД АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ И СЛУЧАЯХ ОБРАТНОЙ ПОЛЯРНОСТИ НЕКОТОРЫХ ИХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ

Причины возникновения остаточной намагниченности горных пород достоверно не установлены. Существует несколько гипотез, объясняющих это интересное явление. Из них необходимо остановиться на высказанной Кенигсбергером и развиваемой Т. Н. Розе (52, 53), Г. Н. Петровой (45), М. А. Грабовским (19) и другими теории термореманенца, которая нашла широкое применение в геофизической науке и, по-видимому, является наиболее приемлемой. Преимущество этой теории заключается в том, что при помощи ее становится возможным, как на это справедливо указывает М. А. Грабовский (19), объяснить как повышенное значение остаточной намагниченности горной породы, направленной в сторону современного геомагнитного поля, так и происхождение остаточной

намагниченности ферромагнитной породы, направленной в противоположную сторону.

Изучение горных пород в лабораторных условиях показало, что действительно остаточная намагниченность получается во много раз большей в том случае, когда процесс намагничивания в постоянном магнитном поле происходит в условиях постепенного охлаждения породы, начиная от температуры точки Кюри.

Т. Н. Розе (53), изучая термоостаточное намагничение горных пород при различных температурах, пришла к выводу, что: а) термоостаточная намагниченность горных пород I_{rt} всегда значительно превосходит остаточную намагниченность I_r , полученную в обычных условиях; б) в слабых полях отношение $I_{rt} : I_r$ значительно больше, чем в сильных полях; в) чем больше коэрцитивная сила образца, тем больше величина отношения $I_{rt} : I_r$.

М. А. Грабовский, излагая физическую основу теории термоостаточной намагниченности и основываясь на экспериментальных исследованиях Т. Н. Розе и Нагата (37, 77), приходит к выводу, что теория термореманенца при объяснении наблюдаемого в природе повышенного, по сравнению с индуктивным I_i , значения остаточной намагниченности горной породы I_r имеет наибольшую достоверность.

Что касается намагничивания пород под действием тектонических или сейсмических явлений, то возможно, что в отдельных случаях они имели место и их влияние могло только усиливать или ослаблять общий процесс намагничивания, который происходил, по-видимому, в основном путем остывания горных пород с высоких температур в постоянном магнитном поле Земли.

Перейдем к рассмотрению вопроса о причине обратной намагниченности эффузивных пород Араратской котловины.

Как известно, в природе наблюдаются аномалии, вызванные обратной полярностью пород, когда вектор остаточной намагниченности направлен в сторону, противоположную направлению современного магнитного поля Земли (14, 29, 51).

К таким аномалиям в Советском Союзе относятся рудные залежи Ангари-Илимского района. Как известно, для объяс-

нения обратной полярности рудных залежей Ангаро-Илимского месторождения был предложен ряд гипотез. Достаточно подробно и критически они рассмотрены Л. Д. Берсудским (14). Не останавливаясь подробно на всех высказываниях, укажем лишь, что предположение будто намагниченная земным полем горная порода в результате тектонических процессов повернулась на большой угол (больше 90°) относительно своего первоначального залегания для объяснения обратной полярности диоритовых базальтов Араратской котловины по геологическим соображениям не может быть приемлемым.

Заслуживает внимания предположение некоторых авторов, допускающих появление остаточной магнитной полярности горных пород под действием грозových разрядов (28).

Нам представляется, что грозовые разряды способны в отдельных случаях вызывать намагничение горных пород и обуславливать аномалию меняющихся знаков, но только на весьма ограниченной площади. В условиях Араратской котловины очень трудно себе представить, что эффузивные породы, занимающие большие площади, могли быть намагничены грозовыми разрядами. Процесс намагничения эффузивных пород Араратской котловины протекал гораздо сложнее, чем мы можем представить в настоящее время.

Некоторые исследователи — Б. П. Кротов, К. А. Хейланд (64) и другие приходят к заключению, что остаточную намагниченность горных пород следует приписать действию земного магнитного поля под влиянием неравномерного охлаждения раскаленных или расплавленных горных пород.

Заслуживает внимания взгляд Л. Д. Берсудского, согласно которому ферромагнитная горная порода, определяющая отрицательную аномалию, образовалась из двух ферромагнитных пород, двух фаз. Первая ферромагнитная порода формировалась при более высокой температуре, вторая — при более низкой и под действием размагничивающего поля уже значительно намагниченной первой фазы. Л. Д. Берсудский допускает, что при этих условиях магнетит, проникший в месторождение на втором этапе, может намагнититься «аномально» (14).

М. А. Грабовский (19, 20) вносит следующее уточнение в теорию Л. Д. Берсудского: «магнетит, появившийся на первом этапе образования месторождения, должен обладать высокой точкой Кюри и небольшой коэрцитивной силой, в то время как магнетит, образовавшийся на втором этапе, наоборот, характеризуется более низкой точкой Кюри и по сравнению с «первичным магнетитом» сравнительно большой коэрцитивной силой».

М. А. Грабовский (19), основываясь на экспериментальных исследованиях, произведенных Нагата, и лабораторных данных Т. Н. Розе (53), приходит к выводу, что возникновение аномалий обратной полярности можно объяснить наличием на месторождении двух магнитных компонентов, отличающихся друг от друга структурными, химическими и, особенно, магнитными свойствами, которые при своем формировании претерпевают медленное охлаждение в магнитном поле Земли.

Должно быть, структура и текстура породы влияют на характер и интенсивность намагничивания эффузивных пород.

Особенно характерны структуры, связанные со степенью кристалличности горных пород. Полнокристаллическая структура получается при медленном охлаждении (кристаллизация). Такого рода структура особенно характерна для глубинных пород. При наименее благоприятных условиях кристаллизации (быстрое затвердевание высоко нагретой массы, отсутствие паров и газов) получается стекловатая структура.

В свете теории термореманенца процесс намагничивания эффузивных пород Араратской котловины и возникновения остаточной магнитной полярности можно представить в следующем виде.

Можно полагать, что остывание лавового потока начинается с поверхности как верхней, так и нижней. В результате неравномерного охлаждения в лавовом потоке выделяются как бы две среды — наружная с низкой температурой и внутренняя с более высокой температурой.

При охлаждении такой системы в земном поле, в ней, при прохождении первой среды своей точки Кюри, возникает термоостаточная намагниченность, которая, по всей вероятности,

находится значительно ниже, чем температура первоначального излияния магмы*.

Термоостаточное намагничение обуславливает появление вокруг первой среды внешнего поля, направленного противоположно земному полю. При дальнейшем охлаждении такой системы (лавовый поток) до температуры точки Кюри второй (внутренней) среды, вторая среда превращается как бы в ферромагнетик и, при температуре несколько ниже точки Кюри второй среды, в ней формируется своя термоостаточная намагниченность, тогда как первая среда уже прошла эту стадию. Так как термоостаточная намагниченность второй среды образуется под действием уже двух полей — магнитного поля Земли и размагничивающего поля первой среды, то, если коэрцитивная сила второй среды будет больше, чем в первой среде, термоостаточная намагниченность второй среды может оказаться выше, чем $I_{\text{н}}$ первой среды. В результате суммарное поле окончательного остывания лавового потока может быть направлено противоположно земному.

При сохранении вышеперечисленных условий, т. е. наличие двух фаз в лавовом потоке, различие температуры точки Кюри и коэрцитивной силы, теорией термореманенца, по-видимому, можно объяснить причины остаточной магнитной полярности некоторых эффузивов Араратской котловины. Насколько эти условия были обеспечены при остывании лав с высоких температур, нами не исследовано. Этот вопрос очень интересен и может служить самостоятельной темой исследования. В частности, необходимо подвергнуть лабораторному исследованию по возможности большое количество ориентированных образцов для определения коэрцитивной силы пород при различных температурах и различных намагничивающих полях.

Следует указать, что явление возникновения обратной полярности у более молодых лав не наблюдается. Это, по-видимому, связано с тем, что остывание упомянутых лав происхо-

* Т. Н. Розе (53), подвергая нагреванию и охлаждению образец базальта, взятого из окрестности г. Еревана, наблюдала, что при намагничивающем поле 250 эрстед точка Кюри базальта равна 585°C , коэрцитивная сила — 64 эрстед.

дило в сравнительно короткий срок и условий для появления термоостаточной намагниченности не было. Критерием быстрого остывания служит аморфная-стекловидная форма массы.

5. О ПАЛЕОМАГНЕТИЗМЕ ИЗВЕРЖЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД АРМЕНИИ

В последние годы, в связи с изучением магнитного поля областей развития эффузивных пород третичного и четвертичного возрастов Армянской ССР, мы продолжали систематическое изучение магнитных свойств большого количества эффузивных пород в связи с их возрастом, минерало-петрографическим и химическим составами, а также в связи с проблемой обратной намагниченности (5). Необходимость изучения вопросов остаточной и, в частности, обратной намагниченности эффузивов Армении диктовалась тем, что предыдущими исследованиями была установлена существенная роль остаточной намагниченности в формировании аномального магнитного поля и отмечен факт обратной намагниченности долеритовых базальтов верхнеплиоценового возраста, распространенных на большой площади в Приереванском районе (3). Чтобы проверить установленную закономерность между характером намагниченности эффузивных пород и их возрастом на более обширной площади, охватив при этом весь комплекс эффузивных пород Армении от нижнего эоцена до верхнечетвертичного возраста включительно, необходимо было расширить область исследования и выйти за пределы Араратской котловины.

Обстоятельное изучение эффузивов Армянской ССР диктовалось еще и тем, что в условиях Армении часто приходится сталкиваться с фактом, когда не удается установить центры излияния отдельных лавовых покровов и произвести корреляцию территориально разобщенных одновозрастных лав. Между тем, такая увязка имеет существенное значение в геологии, так как она дает возможность установить их стратиграфическое положение, а также провести разграничение разновозрастных лав.

Измерения напряженности магнитного поля и намагниченности изверженных горных пород Армении, результаты которых изложены в соответствующих работах (6, 8, 9), свидетельствуют о большой возможности применения магнитного метода в условиях Армении для геологического картирования эффузивных пород, расчленения лав различных возрастов, корреляции территориально разобщенных одновозрастных лав и т. д.

Важность данного вопроса очевидна из того, что геологические карты Армении, составленные разными достаточно опытными исследователями, оказывались малосравнимыми. Зачастую одни и те же толщи или покровы отнесены в одном случае к молодым лавам, в другом — к более древним долеритовым базальтам, или среди четвертичных лав иногда выделяются различные типы, возраст которых отдельными исследователями оспаривается (12, 42, 17). Объясняется это тем, что составители карт подобных вулканических районов часто, из-за скудости фактических данных, с одной стороны, территориальной разобщенности указанных пород, с другой, не могут произвести достоверную корреляцию изверженных пород по возрасту, вне зависимости от их местных петрографических вариаций.

Разбор фактического материала по намагниченности изверженных пород Армении (5) показывает, что между возрастом указанных пород и характером их намагниченности имеется определенная связь.

Критерием для относительного возрастного расчленения эффузивных пород служат следующие магнитные показатели: 1) отношение остаточной намагниченности к индукционной $Q = I_r : I_i$, 2) азимут вектора остаточной намагниченности (φ), 3) угол наклона вектора I_r к плоскости горизон — (ψ).

По этим показателям все изверженные породы Армении, начиная от среднего эоцена и кончая верхнечетвертичными, мы подразделяем на три группы:

1. Нормально намагниченные — туфогенные породы, порфириты и другие эффузивы среднего и верхнего эоцена. Магнитные характеристики: $Q = 8,4$; $\psi = 33^\circ$; $\varphi = 180-340^\circ$.

2. Обратно намагниченные — андезиты, андезито-базальты, долеритовые базальты верхнего плиоцена — постплиоцена. Характерные магнитные признаки: $Q = 9,3$; $\psi = -40^\circ$; $\varphi = 180^\circ$.

3. Нормально намагниченные — андезито-базальтовые, андезито-дацитовые лавы, вулканические туфы четвертичного возраста. Магнитные характеристики: $Q = 10,3$; $\psi = 42^\circ$; $\varphi = 2^\circ$.

Следует отметить, что по имеющимся данным, интрузивные породы эоцена намагничены нормально ($Q = 7$, $\psi = 4^\circ$), а плиоцена — обратно ($Q = 22$, $\psi = -43^\circ$).

Из приведенных данных явствует, что: а) параметр Q с уменьшением возраста породы возрастает, б) по мере уменьшения возраста породы, ψ растет, оставаясь все же меньше 45° ; в) у нормально намагниченных пород, как правило, I_r направлен сверху вниз, φ стремится к 0° , а для обратно намагниченных пород I_r направлен снизу вверх, φ стремится к 180° .

Используя указанные характерные особенности магнитных свойств изверженных пород, а также измерив магнитное поле этих пород, в определенной степени удалось применить магниторазведку в деле геокартирования вулканогенных пород и корреляции территориально разобщенных одновозрастных лав (6). Полученные по палеомагнетизму горных пород Армении данные свидетельствуют о существенном изменении направления земного магнитного поля в геологическом прошлом.

В заключение этой главы остановимся вкратце на учении о магнетизме горных пород, которое в последние годы усиленно развивается как в Советском Союзе, так и за границей.

За последние 4—5 лет в геофизической литературе участвовали факты появления работ, относящихся к палеомагнетизму горных пород. Из советской литературы заслуживают внимания работы А. Н. Храмова (66), А. Г. Комарова (26), М. А. Грабовского (19, 46), Г. Н. Петровой (45—48), В. И. Попова (50) и других. По затронутому вопросу имеются опубликованные труды и у автора настоящей работы (3, 5, 6, 8, 9). Из иностранной литературы следует упомянуть фундаментальную работу японского ученого Т. Нагата (37). Имеются также работы многих других иностранных специалистов (68—82), проводящих исследования в Северной Ирландии, Фран-

ции, Исландии, Англии, Германии, Новой Зеландии, США и в других странах.

Не вдаваясь подробно в изложение этих работ, укажем на основные выводы. А. Г. Комаров (26), изучив намагниченность изверженных пород палеозойского возраста Урала и Алтая, пришел к выводу о закономерной связи между вектором остаточной намагниченности изверженных пород и их возрастом: параметр $Q (Q = I_r : I_i)$ возрастает по мере уменьшения возраста пород.

По заключению А. Н. Храмова (66), изучившего осадочные породы Западной Туркмении, красцветные отложения полуострова Челекен намагничены обратно. Им же отмечено семь нормальных и семь обратно намагниченных стратиграфически выдержанных зон. Это чередование нормально и обратно намагниченных зон, он объясняет инверсией дипольного магнитного поля Земли.

Рюттен и Бур заметили, что лавы мио-плиоцена и плиоплейстоцена Франции показывают обратную намагниченность.

Диксиус (69), производя детальные исследования в бассейне Роны, где имеются положительные и отрицательные аномалии порядка 1000 гамм, связывает их с долеритовыми базальтами. Показано, что каждый тип базальтов в районе Роны имеет свое направление намагничения. Одинаковая остаточная намагниченность характеризует не петрографический состав, а возраст породы. Автор приходит к выводу, что магнитное поле Земли в разные эпохи было различным.

Факт обратной намагниченности наблюдал также Т. Нагата (77) на эффузивах Японии.

Грехэм (71, 72), изучив магнетизм горных пород и магнитное поле Земли в палеозое, пришел к выводу, что остаточная намагниченность большого количества стабильных образцов, взятых из различных районов, группируется вокруг некоторого среднего значения. Это дает основание заключить об отсутствии существенных изменений магнитного поля Земли с палеозоя.

Буллеруэлл, изучив магнитное поле Коалисланд (Северная Ирландия), сделал заключение, что выявленные интенсивные магнитные аномалии связаны с антримскими базаль-

тами третичного возраста, обладающими обратной полярностью.

Эйнарсон и Сигургейрссон (70) в результате изучения магнитных свойств горных пород Исландии отмечают, что примерно половина (по мощности) базальтовых лавовых потоков имеет остаточную намагниченность, совпадающую по направлению с современным геомагнитным полем. Другая половина имеет обратное направление остаточной намагниченности, что, по их мнению, объясняется изменениями направления геомагнитного поля.

Хосперс и Чарлсуэрт (75), изучив остаточную намагниченность так называемых нижних базальтов (нижние горизонты серий плато-базальтов) эоценового возраста Северной Ирландии, установили, что все они намагничены достаточно однородно в направлении противоположном современному магнитному полю Земли.

Многочисленные данные указывают на то, что магнитное поле Земли в течение геологической истории неоднократно принимало направление, обратное современному.

По данным Хосперса, дополненным Эйнарссоном и Сигургейрссоном, в мощной (21 километровой) вулканогенной толще Исландии, представленной рядом серий базальтовых потоков четвертичного и неогенового возрастов, наблюдаются чередования нормально и обратно намагниченных зон. Каждой зоне соответствует примерно, 0,25—0,5 миллиона лет.

Опдайк и Ранкорн (79) при изучении лавовых потоков Аризоны (США) также установили, что все лавовые потоки, более молодые, чем нижнечетвертичные (моложе 0,5 миллиона лет), намагничены нормально, а нижнечетвертичные и верхнеплиоценовые — обратно.

Рош (80), изучивший базальты центрального массива во Франции, нашел, что обратно намагниченные породы приурочены к трем различным эпохам: границе четвертичного периода и плиоцена, границе плиоцена и миоцена и к аквитанскому веку олигоцена.

Олигоценовые изверженные породы Северной Англии и Шотландии, по Брукшоу и Винсенцу (68), по времени их образования можно отнести к пяти эпохам — три эпохи, харак-

теризующиеся образованием обратно намагниченных пород, и две эпохи (в промежутках предыдущих), в продолжение которых образовались нормально намагниченные породы.

Хатертон Т. наблюдал, что отношение $I_r : I_n$ при приближении к поверхности слоя в Ново-Зеландских игнимбритах резко увеличивается. Измерение направления I_r дают основание считать, что магнитное поле в эпоху образования игнимбритов и по величине, и по направлению было аналогично современному.

Краткий и далеко неполный обзор литературного материала и результаты исследования намагниченности изверженных пород Армении показывают, что изверженные и отчасти осадочные породы позднеCRETACEOUS и раннечетвертичного возрастов почти по всему земному шару намагничены обратно. В свою очередь это наводит на мысль, что магнитное поле Земли во время образования указанных пород было направлено противоположно существующему (современному).

Изменение направления вектора естественной остаточной намагниченности горных пород в различные геологические эпохи некоторые исследователи склонны объяснять инверсиями магнитного поля Земли (25, 66, 67).

ГЛАВА IV. МЕТОДИКА МАГНИТОРАЗВЕДОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТОРАЗВЕДОЧНОЙ АППАРАТУРЫ

Приборами для наблюдений служили отечественные вертикальные магнитные весы типа М-2 № 6731 и № 2190, изготовленные Ленинградским заводом «Геологоразведка» (выпуск 1946 и 1948 гг.).

Постоянные приборов ежегодно, перед началом полевых работ и после возвращения с поля, определялись на магнитной обсерватории в Душети.

Магнитные моменты отклоняющих магнитов были определены на нормальном теодолите системы Вильда-Эдельмана. Вычисления произведены по формуле $M = \frac{HR^3 \sin \theta}{2}$ (67),

где M — магнитный момент отклоняющего магнита, H — горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля в месте наблюдения, R — расстояние между центрами магнита и стрелки, θ — средний угол отклонения при 4 положениях магнита.

Чувствительность магнитометра была определена путем отклонения магнитной системы весов малым добавочным магнитом с двух расстояний $R = 340$ мм и $R = 300$ мм, согласно известной схеме наблюдений (29, 30, 31, 67). Вычисления производились по формуле $\varepsilon = \frac{4M}{R^3(n_1 - n_2)}$, где M — магнитный момент магнита, R — расстояние между центрами магни-

тов, n_1 , n_2 — отсчеты на шкале прибора при двух диаметрально противоположных положениях северного полюса отклоняющего магнита. Температурные коэффициенты (q) магнитометров определялись на магнитной обсерватории в Душети ежегодно до и после полевых работ и систематически проверялись во время полевых работ. Поправка за температуру (τ) вводилась по формуле $\tau = q(20^\circ - t)$, где t — температура в момент наблюдения. Отсчеты приведены к 20°C . Поправка по этой формуле получается положительной для температур больше 20° и отрицательной — меньше 20° .

Съемка, в основном, была произведена магнитометром № 6731, а весы № 2190 служили для контроля работы весов № 6731 и увязки контрольного пункта № 1а с Душетской магнитной обсерваторией. Этим же магнитометром определены магнитные свойства горных пород в полевых условиях.

2. МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ РАБОТ

На площади около 4000 кв. км произведены определения вертикальной составляющей магнитного поля в 6600 пунктах. Густота пунктов магнитных определений в различных частях района неодинакова. Центральная часть Араратской котловины (Приереванский район) покрыта более детальной съемкой, средняя густота пунктов на 1 кв. км составляет 4. Северо-западная и юго-восточная части котловины покрыты маршрутно-площадной съемкой со средней густотой — одна точка на 2 км².

Маршруты располагались перпендикулярно к простиранию основных структурных единиц района исследования. Рас-

Связь КП Еревана с магнитной						
Приборы пункты наблюдения	6731		2190		9186	
	Z	ΔZ	Z	ΔZ	Z	ΔZ
Ереван	-1600 γ	1488 γ	-320 γ	1485 γ	-990 γ	1465 γ
Душети	-112 γ		1165 γ		475 γ	

стояние между маршрутами было принято от одного до двух километров. Пункты наблюдения на маршрутах располагались согласно характеру изменения Z_a на расстояниях от 100 до 500 м. При необходимости расстояние между пунктами наблюдения уменьшалось до 25—50 м. Съёмка, в основном, производилась пешком, местами применялся автотранспорт. Расстояние между пунктами наблюдения измерялось шагами и показаниями спидометров.

Разбивка сети производилась по топо-картам, а привязка осуществлялась по местным ориентирам. Наблюдения велись на контрольных пунктах при 4 посадках, а на рядовых — при 2 посадках магнитной системы. Следует отметить, что М. З. Нодиа (38) находит возможным, при тщательной регулировке прибора и при правильном уходе за ним, сократить количество посадок магнитной системы до одной, что приведет к продлению срока эксплуатации прибора и повышению производительности труда. Это подтверждается и многолетним опытом работ автора.

Все наблюдения приведены к контрольному пункту № 1а в городе Ереване (Комсомольский парк, координаты $\lambda = 44^\circ 32'$ в. д. $\varphi = 40^\circ 09'$ с. ш.), расположенном на участке развития немагнитных пород, абсолютная величина которого вычислена достаточно надежно, путем непосредственной увязки его с магнитной обсерваторией в г. Душети пятью приборами. Внесены поправки за температуру и за вариации. Поправка за вариации вводилась согласно ежечасным измерениям поля Z , получаемым из Душетской магнитной обсерватории.

Имея в виду, что съёмка производилась на большой площади, введена поправка за нормальный градиент геомагнит-

Т а б л и ц а 6

обсерваторией в Душети

9181		29860		29848		ΔZ средние
Z	ΔZ	Z	ΔZ	Z	ΔZ	
— 1585 γ	1500 γ	— 1445 γ	1465 γ	— 1480 γ	1508 γ	1485 $\gamma \pm 20 \gamma$
— 85 γ		20 γ		28 γ		

ного поля. Для вычисления поправки использована карта нормального поля эпохи 1940 г., составленная НИИЗМИР.

3. О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ Z_a

Средняя квадратичная погрешность отдельного измерения вычислена по разностям повторных наблюдений по формуле $m = \pm \sqrt{\frac{\overline{\Delta^2}}{2n}} = \pm 10\gamma$, где n — число использованных точек с двойными измерениями, Δ — разность повторных измерений.

Точки с большими аномальными значениями для вычисления не использовались. Для резко аномального магнитного поля средняя квадратичная ошибка получается ± 30 гамм.

Рассматривая кривую распределения ошибок (вариационная кривая фиг. 7), нетрудно заметить, что почти 75% повторных точек измерено с погрешностью не больше ± 15 гамм.

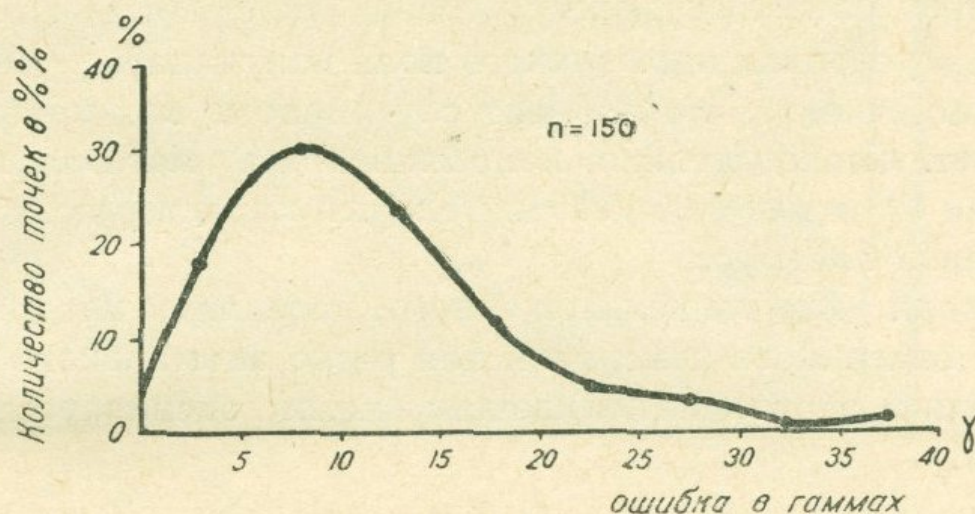
Отсюда отнюдь не следует, что съемка на исследованной площади произведена с точностью ± 10 гамм для относительно слабо аномального поля и ± 30 гамм для резко аномального поля. На точность наших измерений существенно могли влиять, и действительно влияли, такие факторы, как погрешности ряда поправок: за температуру, за вариации, за сползание нуля-пункта, за увязку контрольных пунктов между собою и т. д.

Попытаемся оценить указанные погрешности в отдельности.

1. **Погрешность при учете температуры.** Хотя и вносилась поправка за температуру, но температурные условия во время полевых работ были настолько различными и сложными, что отсчитанная температура могла значительно отличаться от действительной температуры магнитной системы. Можно предполагать, что ошибка от внесения поправки за температуру в некоторых случаях могла достигнуть величины порядка ± 3 гамм, что соответствует изменению температуры на 1°C .

2. **Погрешности, возникающие при учете вариации и при увязке КП между собою и с абсолютным пунктом.** Согласно сводкам Душетской магнитной обсерватории можно полагать,

что ошибка от внесения поправки за вариации магнитного поля, вследствие разности долгот и широт района работ и пункта обсерватории (230 км по прямой линии), могла достигнуть



Фиг. 7. Кривая распределения ошибок.

± 4 гамм. Ошибка при увязке контрольного пункта с Душетской магнитной обсерваторией составляет примерно ± 5 гамм, а при увязке контрольных пунктов между собою — ± 6 гамм.

Учитывая все вышеперечисленные источники ошибок, мы получаем точность порядка ± 20 —25 гамм. В большинстве случаев ошибка лежала значительно ниже указанного предела, но можно полагать, что в отдельные дни ошибка могла и выйти за указанный предел. Следовательно, ± 20 —25 гамм можно считать средней величиной, характеризующей точность всех наших измерений относительно слабо аномального поля исследованного района.

Совершенно иначе обстоит дело с оценкой точности измерения Z_a , когда съемка ведется в резко аномальном поле над эффузивными породами, где значение Z , в зависимости от рельефа местности и магнитности указанных пород, резко меняется.

В процессе полевых работ перед нами возник вопрос — могут ли в условиях аномального магнитного поля измеряемые величины ΔZ считаться некоторыми средними или близкими к ним значениями, характерными для определенной площади, или они являются случайными, вызванными местными локальными факторами? В связи с этим, по отдельным маршрутам,

около некоторых пунктов, в радиусе 5—10, 25—50 м, производились дополнительные измерения ΔZ в количестве от 2 до 5. Так как в подавляющем большинстве случаев значения ΔZ получались близкими между собой (средняя квадратичная ошибка в условиях аномального поля получалась ± 60 гамм), то можно считать, что элемент случайности, как правило, отсутствует. Следовательно, нанесенные на магнитную карту значения ΔZ отражают действительный характер поля для определенной площади.

Исходя из вышеизложенного, средняя квадратичная ошибка отдельного измерения для резко аномального магнитного поля в первом приближении нами оценивается ± 50 —60 гамм.

4. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ

Для обработки полевых данных и получения $Z_{ан}$ взамен ΔZ нами была принята методика, предложенная профессором М. З. Нодиа (38). Значение вертикальной составляющей магнитного поля в каждой точке можно представить в виде суммы $Z = Z_{кп} + \Delta Z$, где Z и $Z_{кп}$ — средние годовые значения вертикальных составляющих магнитного поля соответственно в пунктах наблюдения и в контрольном пункте; ΔZ — отклонение от $Z_{кп}$ в пункте наблюдения. Таким образом, к эпохе 1950 г. были приведены все значения вертикальной составляющей района исследования.

Обозначим значения вертикальной составляющей магнитного поля, приведенные к эпохе 1950 г., через Z_{50} . Вычисление значения аномальной составляющей магнитного поля нами произведено по формуле $Z_a = Z_{50} - Z_n$, где Z_n — значение нормального поля для эпохи 1950 г.

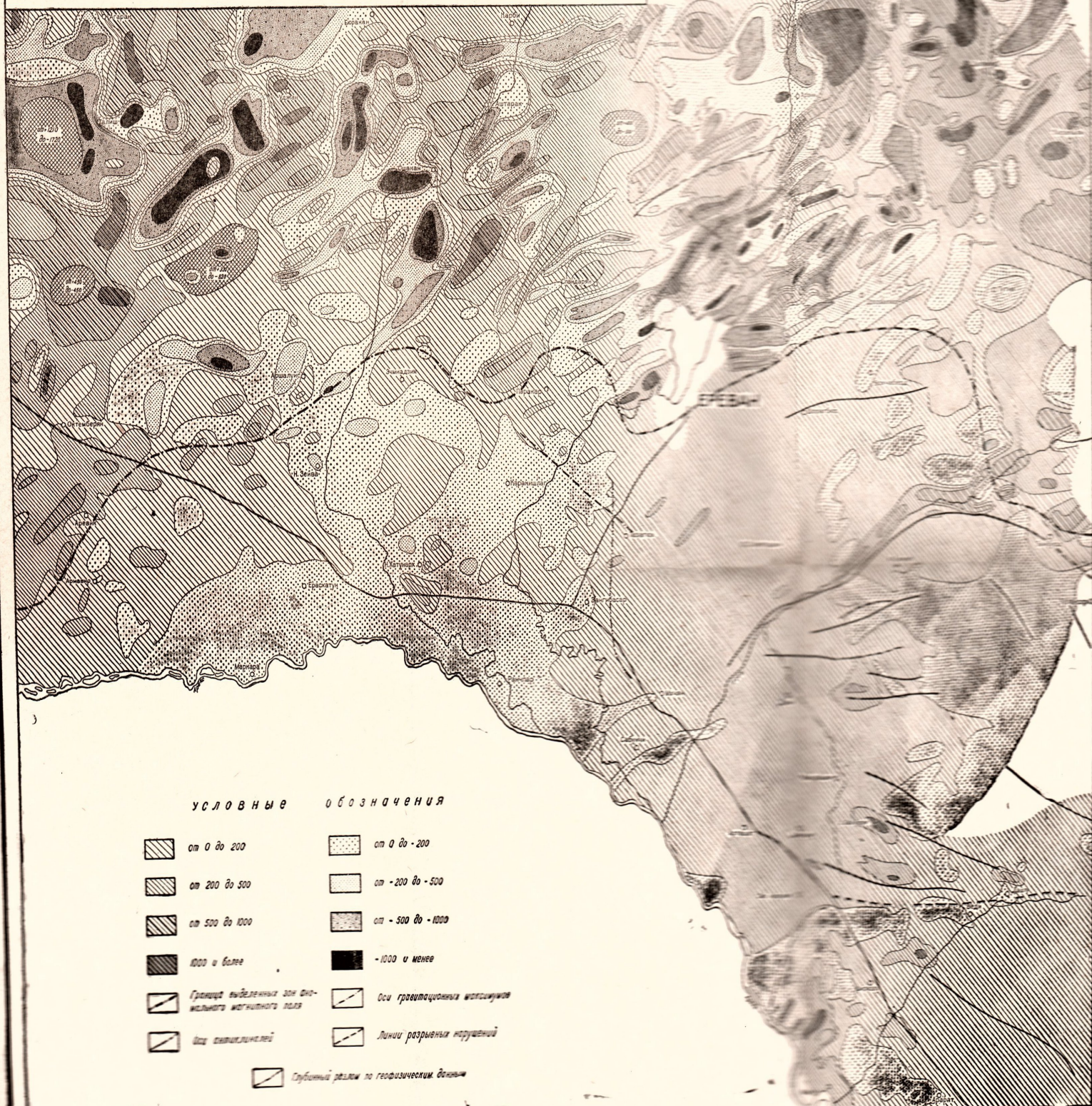
Результаты магнитной съемки представлены в виде каталога абсолютных и аномальных значений вертикальной составляющей магнитного поля.

На основании этих данных для территории Араратской котловины составлена карта аномального магнитного поля и графики Z_a вдоль наиболее характерных геологических разрезов, описание которых дается в следующей главе (фиг. 8).

КАРТА АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ За АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ АРМЯНСКОЙ ССР

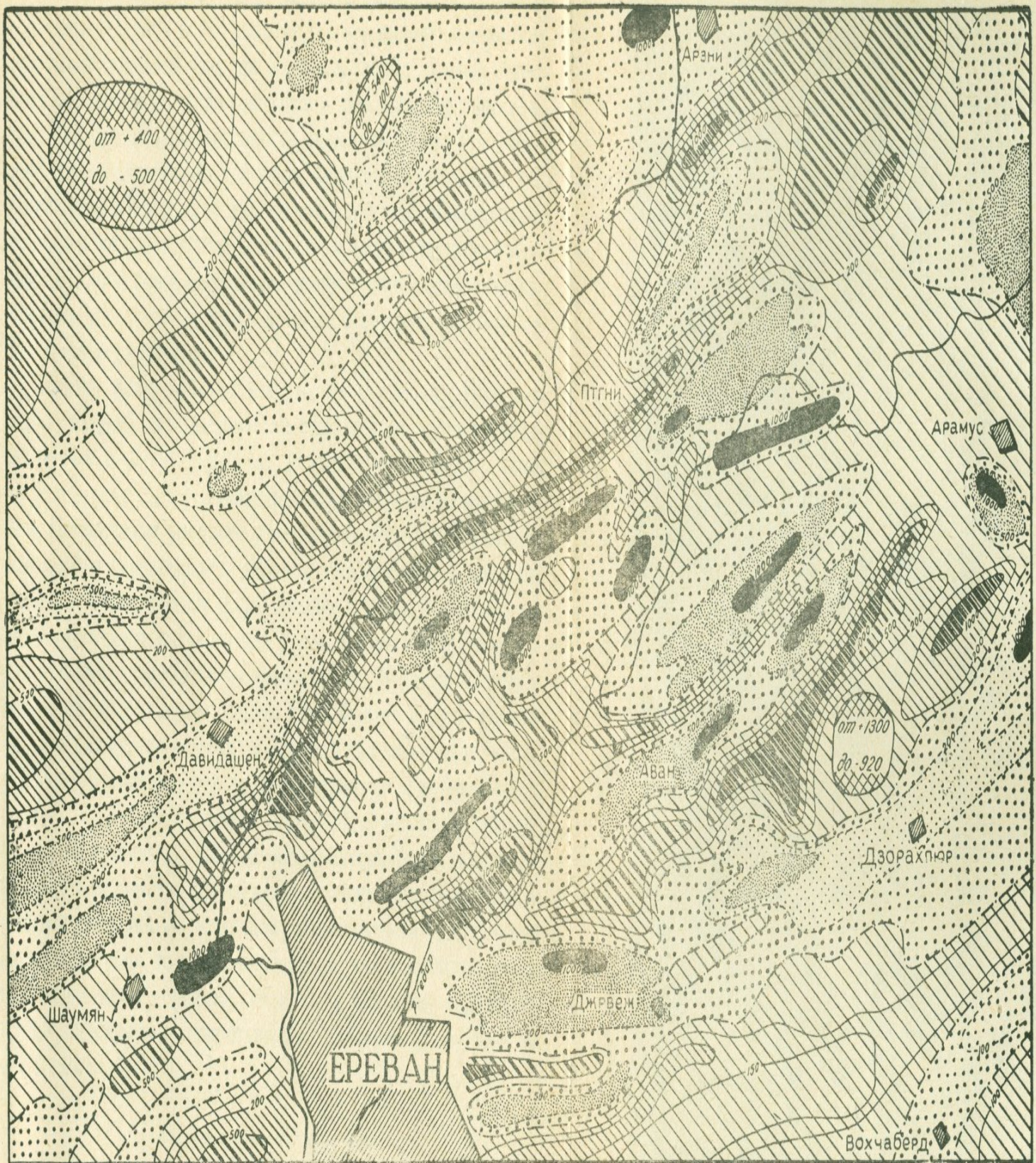
км. 1 0 1 2 3 4 5 6 7 км

составил Ц. Г. АКОПЯН
по данным личных исследований за 1948-1952 гг.

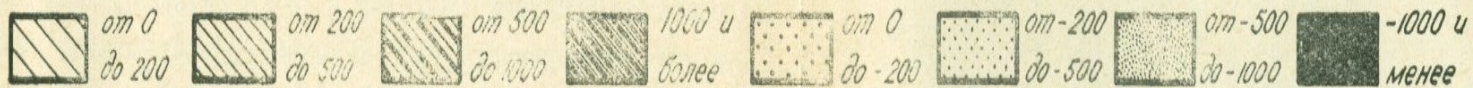


Фиг. 8. Карта аномального магнитного поля Араратской котловины Армянской ССР

Исходя из характера изменения магнитного поля, изодинамы Z проводились через 0—200—500—1000 гамм. Участки, внутри которых имелись большие значения градиентов ΔZ , что затрудняло проведение изодинамы Z_a , представлялись в виде заштрихованных контуров с указанием пределов изменения вертикальной составляющей аномального магнитного поля.



КМ. 1 0 1 2 3 4 КМ.



Фиг. 9. Карта аномального магнитного поля Приереванского района.
1—Интенсивность аномалии в гаммах.

ГЛАВА V. ГЛАВНЕЙШИЕ ЭЛЕМЕНТЫ АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ И ЕГО СООТНОШЕНИЕ С АНОМАЛЬНЫМ ГРАВИТАЦИОННЫМ ПОЛЕМ

1. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В зависимости от интенсивности и характера изменений вертикальной составляющей аномального магнитного поля на исследованной площади отчетливо намечаются две обширные, резко отличающиеся друг от друга зоны. Одна из них расположена к северу (северо-западу), а другая — к югу (юго-востоку) от населенных пунктов с. Аревик — г. Эчмиадзин — г. Ереван — с. Раздан. Южная зона, непосредственно примыкающая к р. Аракс с севера и востока, характеризуется относительно спокойным магнитным полем. Амплитуда изменений Z_a этого поля в среднем не превышает ± 200 гамм, за исключением отдельных локальных аномалий на крайнем юго-востоке у селений Даргалу, Дашлу, Двин, Шидлу, Ширазлу, где интенсивность аномалий достигает 1000, 1200, 500, 800 и 500 гамм соответственно.

Северная зона характеризуется резкими изменениями Z_a наличием большого количества положительных и отрицательных как узколокальных, так и значительно выдержанных по простиранию, аномалий, по интенсивности превышающих несколько тысяч гамм (Z_a меняется от $+6000$ до -4000 гамм) (фиг. 9).

Прежде всего бросается в глаза чрезвычайно сложный характер поля, изодинамы Z_a которого имеют причудливый, извилистый характер.

Не вдаваясь в подробное описание аномального магнитного поля северной зоны, укажем, что все выявленные аномалии как положительные, так и отрицательные, имеют отчетливо выраженные северо-восточное и юго-западное простирания. Как правило, интенсивность аномалии убывает по мере приближения к центральной части Араратской котловины, где излившиеся породы либо погружаются под современные отложения на большую глубину (западная часть Араратской котловины), либо вовсе отсутствуют и обнажаются осадочные отложения третичного и более древних возрастов (юго-восточная часть котловины).

Центры вулканических извержений (Гутан-сар, Ирак-сар и др.), а также гипсометрически приподнятые части участка, сложенные сильномагнитными андезито-базальтовыми лавами (лавы типа Д. Е.), характеризуются магнитным максимумом. Пониженные же части участка или места, где базальтовый покров перекрывается мощными наносами или вовсе отсутствует и обнажаются более древние и менее магнитные породы третичного мелового или более древнего возрастов, характеризуются магнитными минимумами. К таким участкам можно отнести район сс. Верхн. Ахта, Фонтан и др. По линии Н. Ахта (на северо-востоке) и Арзакан (на юго-западе) вдоль р. Раздан происходит резкая смена характера и интенсивности поля Z_a . Если юго-восточнее указанной линии магнитное поле над эффузивными породами характеризуется наличием большого количества интенсивных положительных и отрицательных значений Z_a различной интенсивности и площади распространения, то северо-западнее ее, над осадочными и метаморфическими породами, поле Z_a в основном характеризуется пониженным отрицательным значением ($Z_a =$ от 0 до —200 гамм).

Южная (юго-восточная) зона

Вдоль юго-восточной границы северной зоны, по линии Вохчаберд-Тазагюх с СВ на ЮЗ прослеживается аномальная зона (максимальная ширина 6—7 км) относительно повышенного магнитного поля Z_a от 100 до 200 гамм. К северо-востоку

от пос. Тазагюх эта аномалия разветвляется, как бы обтекая с юго-востока и северо-запада сводовую часть Шорагбюрской антиклинальной складки. Эта складка в магнитном отношении представлена несколько пониженным полем с редкими локальными аномалиями, интенсивность которых не превышает 150 гамм. Зона относительно повышенного поля от 100 до 200 гамм на юго-западе, по линии сс. Тазагюх-Зангибасар-Мхчян, сменяется областью относительно резких изменений магнитного поля, характеризующейся наличием положительных и отрицательных локальных аномалий с максимальным значением $Z_a \pm 200$ гамм.

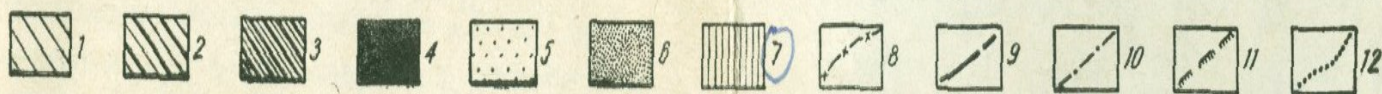
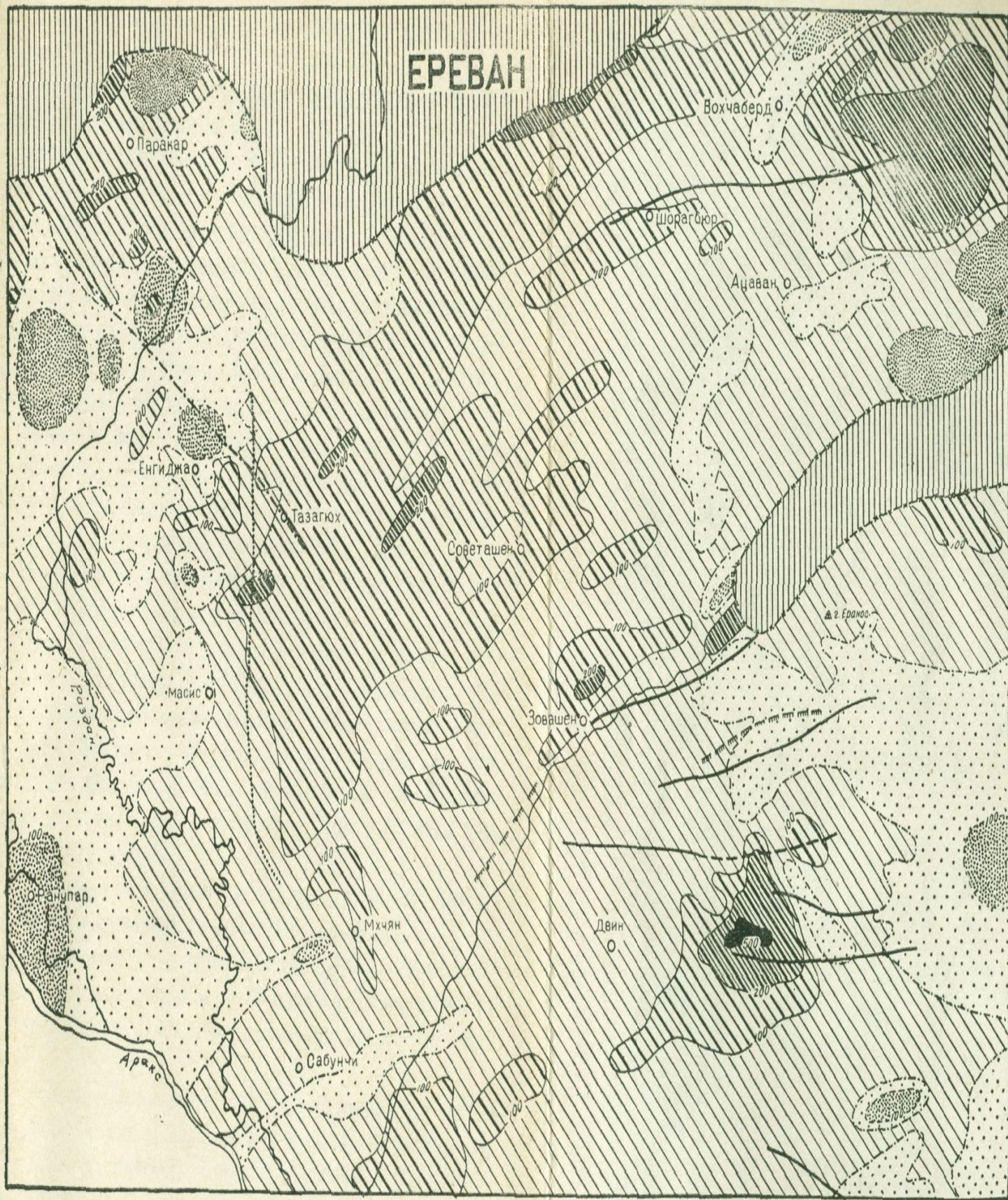
Такой же характер имеет магнитное поле, примыкающее к р. Аракс с севера и северо-востока, между г. Ереван на востоке и г. Октемберян на западе (фиг. 10).

В юго-восточной части участка, к юго-востоку от поселков Мхчян-Советашен, наблюдается поле, в общих чертах напоминающее по своему характеру и интенсивности магнитное поле над сводовой частью Шорагбюрской антиклинальной складки. Участок между с. Вохчаберд на СВ и с. Зовашен на ЮЗ характеризуется близким к нормальному магнитным полем $Z_a \pm 50$ гамм.

Междуречье рр. Гарни (Азат) и Куруселав, заполненное четвертичными андезито-базальтовыми лавами (лава типа «Е»), в магнитном отношении представлено интенсивными положительными аномалиями Z_a СВ—ЮЗ простираения с максимальным значением $Z_a \pm 3000$ гамм.

Участок, примыкающий к р. Аракс с СВ и заключенный между населенными пунктами Сапунчи-Зовашен на СЗ, свх. Арарат — с. Веди на ЮВ, в магнитном отношении представлен положительным полем Z_a при полном отсутствии отрицательных полей (за исключением района с. Сапунчи, где значение Z_a доходит до -50 гамм).

На общем фоне нормального поля Z_a от 0 до 100 гамм отчетливо выделяются отдельные участки, характеризующиеся повышенным значением Z_a . К таким участкам относятся район восточнее с. Верхн. Двин, привершинная часть горы Бозбурун, южный склон горы Бозбурун, у с. Дашлу, где ин-



Фиг. 10. Карта аномального магнитного поля Шорагбурского участка Приереванского района.

1—интенсивность аномалии от 0 до 100 гамм, 2—интенсивность аномалии от 100 до 200 гамм, 3—интенсивность аномалии от 200 до 500 гамм, 4—интенсивность аномалии свыше 500 гамм, 5—интенсивность аномалии от 0 до -100 гамм, 6—интенсивность аномалии от -100 до -200 гамм, 7—интенсивность аномалии от -200 до -500 гамм, 8—граница выделенных зон аномального магнитного поля, 9—оси антиклиналей, 10—оси гравитационных максимумов, 11—линии разрывных нарушений, 12—глубинный разлом по геофизическим данным.

тенсивность аномалии достигает 560, 1250, 730 и 1200 гамм соответственно.

Остановимся более подробно на характерных особенностях вышеуказанных аномалий.

В привершинной части горы Бозбурун (1419,2), на общем фоне пониженного поля Z_a выделяется узко локальная положительная аномалия изометрической формы, шириною в 1 км с максимальной интенсивностью в центре 1250 гамм. Южнее этой аномалии и параллельно ей, в широтном направлении оконтурена положительная аномалия длиною в 5 км, шириной в 2—2,5 км с максимальным значением $Z_a = 730$ гамм, интенсивность которой как на СЗ, так и на ЮВ постепенно затухает и сменяется нормальным полем Z_a от 0 до 100 гамм.

Восточнее с. Верхн. Двин оконтурена положительная аномалия с интенсивностью 560 гамм в центре. Далее на юго-восток у с. Дашлу на общем фоне пониженного поля Z_a наблюдается интенсивная положительная локальная аномалия с максимальной интенсивностью 1200 гамм.

На общем фоне относительно пониженного поля Z_a от 0 до —100 гамм, между сс. Ширазлу-Веди, выделяются обособленные положительные аномалии с максимальными значениями Z_a 330 гамм и 520 гамм. Как по размерам, так и по форме эти аномалии в общих чертах сходны с аномалиями, описанными нами выше,— восточнее с. Двин, у вершины горы Бозбурун, у с. Дашлу.

Из приведенной характеристики магнитного поля Араратской котловины можно сделать следующие выводы:

1. Изменение вертикальной составляющей магнитного поля по всему исследованному району весьма закономерно и позволяет выделить в общих чертах вышеописанные зоны и подзоны.

2. Зональный характер поля Z_a хорошо прослеживается над установленными геологической съемкой Шорагбюрской, Даргалинской, Ераносской антиклинальными и, заключенными между ними, синклинальными складками.

3. Установлено отчетливо выраженное СВ—ЮЗ простирание аномальных зон в северо-западной и центральной частях Араратской котловины. Простиранение аномалии, посте-

пенно изменяясь, приближается к широтному в юго-восточной части центрального участка и становится СЗ—ЮВ в крайней юго-восточной части котловины.

4. Выявлена резкая дифференциация пород по магнитному полю, что выражается в появлении аномальных полей различного порядка. В юго-восточной части Араратской котловины, где исключительно развиты осадочные отложения третичного и более древних возрастов, магнитное поле характеризуется в первую очередь равномерностью и малой изменемостью напряжения от пункта к пункту. В северо-западной части участка, где широко развиты андезиты-базальты, вулканические туфы и др. эффузивные породы третичного и четвертичного возрастов, магнитное поле резко расчленено на интенсивные положительные и отрицательные аномалии с градиентом изменения Z_a в несколько сот и даже тысяч гамм.

Прежде чем перейти к выяснению основных факторов, обуславливающих аномальное магнитное поле Араратской котловины, необходимо в общих чертах остановиться на характерных особенностях аномального гравитационного поля данного района (40, 41), знание которых в известной мере поможет нам подойти к более однозначному геологическому истолкованию магнитного поля.

2. ГЛАВНЕЙШИЕ ЭЛЕМЕНТЫ АНОМАЛЬНОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ

Изменение интенсивности аномалий силы тяжести на исследованной площади происходит в двух взаимоперпендикулярных направлениях. Первое, наиболее существенное изменение интенсивности аномалий происходит в направлении с СВ на ЮЗ, т. е. перпендикулярно простиранию Кавказской складчатости.

Второе, менее ярко выраженное изменение, или изменение интенсивности аномалий второго порядка, происходит с ЮВ на СЗ, т. е. перпендикулярно простиранию антикавказской складчатости. Эти два направления гравитационных волн соответствуют двум главнейшим, известным в пределах Малого Кавказа, простираниям складчатости (2, 40, 41).

Для главного направления изменения величины аномалий силы тяжести, в пределах рассматриваемой территории, характерным являются Тазагюхский, Октемберянский, Хорвирабский максимумы и Ранчпарский, Фонтанский минимумы.

Отмеченные выше максимумы, согласно данным региональной съемки, рассматриваются как небольшое «звено» в зоне обширного максимума протяжением около 250 км, расположенного на юге Армянской ССР вдоль долины р. Аракс, между Нахичеваном — на юго-востоке и ст. Алагез — на северо-западе. Эта зона в своей юго-восточной части пространственно совпадает с выделенной К. Н. Паффенгольцем (42, 44) Нахичеванской складчатой зоной.

Минимум, примыкающий с СВ к Тазагюхскому максимуму, следует рассматривать как небольшую область установленного региональной съемкой (2) обширного минимума силы тяжести, который охватывает всю центральную высокогорную часть Малого Кавказа и прослеживается от Ленинка на СЗ до Ордубада на ЮВ.

В юго-восточной части Араратской котловины в районе монастыря Хорвираб выявлен относительный максимум силы тяжести (2,41), интенсивность которого убывает к востоку, северо-востоку и северо-западу.

В центральной части Араратской котловины, в 8 км к юго-западу от г. Ереван, выявлен относительный максимум силы тяжести.

К ЮЗ от Тазагюхского максимума, в районе с. Ранчпар, установлена область минимума аномалий силы тяжести.

К северо-востоку от Тазагюхского максимума расположена зона регионального минимума силы тяжести, ось которого намечается в направлении сс. Раздан-Елгован и Арзни-Дечаткран. Далее, на СВ на фоне регионального минимума установлены Капутанский относительный максимум аномалии силы тяжести, Зарский относительный максимум и Канканский относительный максимум.

На крайнем севере исследованного района, в районе с. Фонтан, выявлен относительный минимум силы тяжести, на фоне которого отчетливо выделяются относительные миниму-

мы силы тяжести в селах Н. Ахта и В. Ахта, в районе сс. Бжни-Арзакан и др.

Далее, в западной части Араратской котловины, между г. Эчмиадзин на востоке и ст. Аракс на западе, расположена обширная область почти безградиентного поля, на фоне которого выявлен Октемберянский максимум и Айтахский минимум.

Из наиболее важных элементов гравитационного поля второго порядка необходимо отметить:

1. Локальный максимум СВ—ЮЗ простираения по линии Шорагбюр-Тазагюх, сочленяющийся в районе с. Тазагюх с гравитационным максимумом СЗ—ЮВ простираения, с центром в с. Тазагюх.

2. Локальный максимум СВ—ЮЗ простираения с осью, проходящей вдоль р. Гедар на участке Ереван-Аван-Маяковский.

3. Локальный максимум СВ—ЮЗ простираения с осью, проходящей по р. Занга на участке сс. Кетран-Спандарян.

4. Локальный минимум СВ—ЮЗ простираения между сс. Раздан-Арамус и т. д.

3. О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНЫХ СООТНОШЕНИЯХ МЕЖДУ МАГНИТНЫМ И ГРАВИТАЦИОННЫМ ПОЛЯМИ В АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЕ АРМЯНСКОЙ ССР

Накопившиеся к настоящему времени новые данные геофизических исследований позволяют произвести сопоставление между магнитным и гравитационным полями и наметить некоторые закономерности, характеризующие конкретные геологические условия Араратской котловины.

Из сопоставления Z_a и Δg вытекает следующее:

1. Относительному максимуму аномалии силы тяжести, расположенному в юго-восточной части Араратской котловины, в районе горы Хорвираб, соответствует относительный минимум Z_a (от 0 до —100 гамм). Указанный максимум аномалии совпадает с северо-западным окончанием обнажений палеозоя, представленных относитель-

но плотными ($\sigma = 2,6—2,65$ г/см³) и практически немагнитными ($\chi = 20 \cdot 10^{-6}$ CGSM) породами. Региональному убыванию аномалий силы тяжести к СЗ, в направлении на Арташат, соответствует плавное возрастание поля Z_a от -100 до $+100—200$ гамм.

Относительному максимуму Δg , расположенному в северо-восточной части Арагатской котловины, в районе сс. Арзакан-Бжни, соответствует относительный минимум Z_a (от 0 до -200 гамм). Этот максимум пространственно совпадает с обнажающимися там метаморфическими сланцами и гнейсами кембрия-докембрия, которые трансгрессивно перекрыты известково-мергелистыми отложениями верхнего мела. Последние представлены относительно плотными ($\sigma = 2,6—2,65$ г/см³) и практически немагнитными ($\chi = 20 \cdot 10^{-6}$ CGSM) породами. Региональному убыванию силы тяжести к юго-востоку, в направлении Алапарс-Фонтан, соответствует резкое повышение поля Z_a .

Наблюдается также обратное соотношение между магнитным и гравитационным полями в центральной части Арагатской котловины, в районе Шорагбюрской антиклинали, которая сложена осадочными отложениями третичного возраста. Здесь на общем фоне регионального спада аномалии силы тяжести от с. Тазагюх (на юго-западе) к с. Вохчаберд (на северо-востоке) выявлен локальный максимум Δg , которому соответствует относительный минимум Z_a (от $+50$ до $+100$ гамм). А на СЗ и ЮВ от этой линии относительному минимуму Δg соответствует относительный максимум Z_a (от $+100$ до $+200$ гамм), совпадающий в общих чертах с контурами выходов пестроцветной толщи среднего миоцена, слагающей СЗ крыло Шорагбюрской антиклинальной складки.

Таким образом, на этих трех, хорошо изученных в геологическом отношении, участках отчетливо наблюдается так называемое обратное соотношение между гравитационным и магнитным полями.

Из дальнейшего сопоставления Z_a и Δg следует, что относительному максимуму Δg на общем фоне регионального спада аномалии силы тяжести от с. Тазагюх к с. Маяковское, на участке Аван-Маяковское, соответствует относи-

тельный минимум Z_a . Относительному максимуму Δg на участке сс. Давидашен-Мгуб соответствует относительный минимум Z_a .

Центры вулканических извержений Гутан-Сар и Ирак-Сар, расположенные на северо-востоке исследованного района, характеризуются гравитационным относительным минимумом и интенсивным магнитным максимумом. Таким образом, здесь также имеет место обратное соотношение между гравитационным и магнитным полями.

2. Относительному минимуму Δg , расположенному на юго-западе от Тазагюха, в районе с. Ранчпар, соответствует относительный магнитный минимум ($Z_a =$ от 0 до — 150 гамм). Такое соотношение гравитационных и магнитных полей наблюдается также в северо-восточной части Араратской котловины, в районе с. Фонтан, где относительному минимуму силы тяжести Δg соответствует относительный минимум Z_a (до — 500 гамм). Далее, относительному минимуму Δg второго порядка на общем фоне регионального спада силы тяжести от с. Тазагюх до с. Птгни, на участке Канакер-Мгуб, соответствует магнитный относительный минимум Z_a . Такое же соотношение между указанными полями наблюдается и в районе с. Акунк, между сс. Агадзор-Елгован, и в районе с. Кетран.

Рассмотрим теперь случай, когда гравитационному относительному максимуму соответствует магнитный относительный максимум. К таким участкам на исследованной территории, по имеющимся данным, можно отнести районы восточнее с. Двин, у с. Верхняя Ахта и с. Капутан, где значениям силы тяжести соответствуют интенсивные положительные магнитные аномалии Z_a (+ 580 гамм, + 5000 гамм и + 1000 гамм).

Как видим, в данном случае отчетливо наблюдается прямое соотношение между магнитным и гравитационным полями.

Кроме этих двух очень важных типов соотношений, в пределах Араратской котловины наблюдается и другой тип соотношения между рассматриваемыми полями, играющий немаловажную роль в деле выяснения тектоники района, а именно: гравитационному относительному максимуму или минимуму соответствует относительно резкое изменение магнитно-

го поля. В качестве примера можно привести Приереванский район АрмССР.

Из сопоставления графиков Z_a и Δg , заданных перпендикулярно простиранию Тазагюхского (Енгиджинского) гравитационного максимума (фиг. 11), можно заметить, что кривые Z_a по двум, отстоящим на небольшом расстоянии, соседним профилям существенно отличаются между собой.

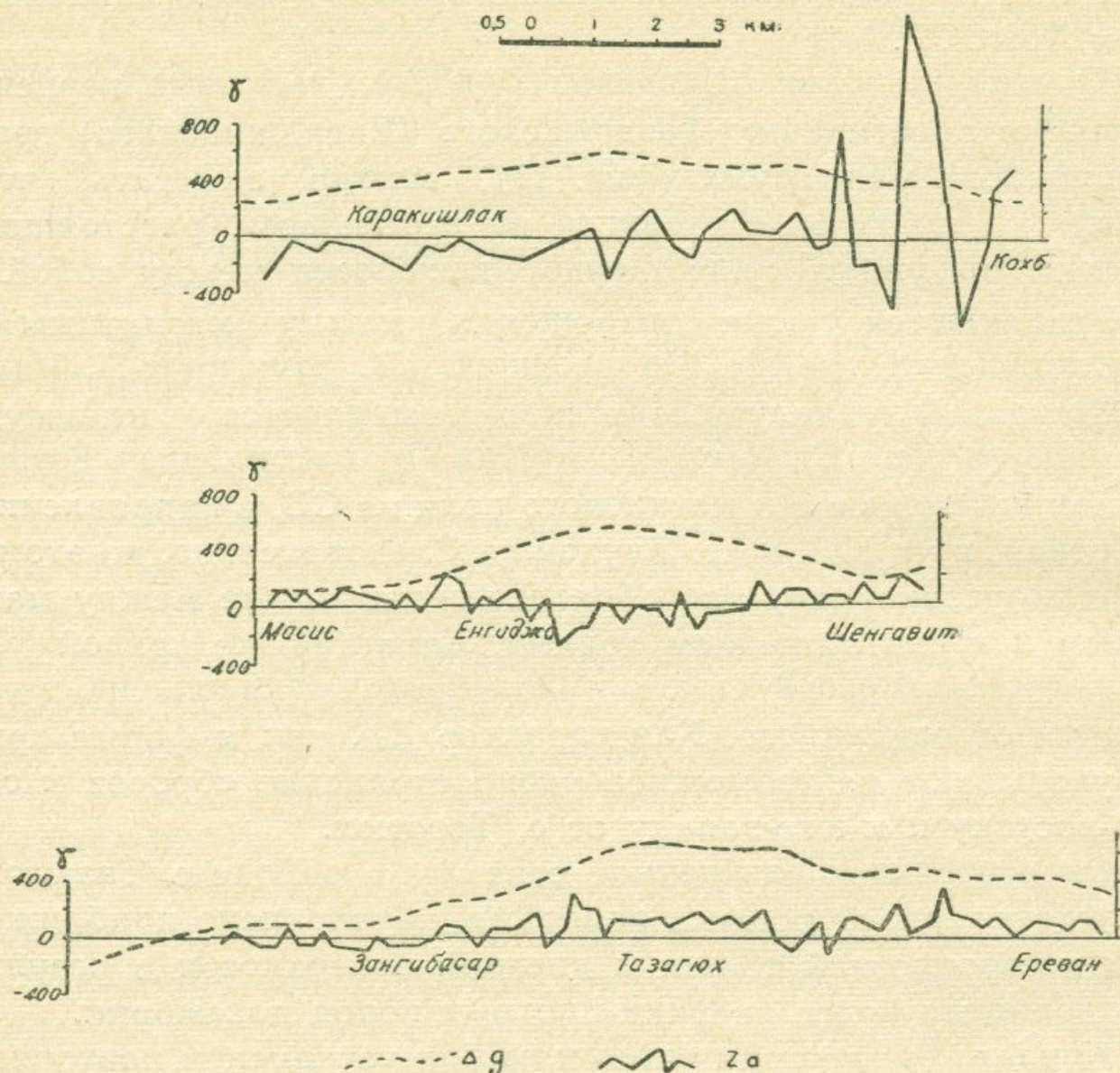
Различаются также соотношения между магнитным и гравитационным полем. По профилю В. Шингавит-Н. Чарбах-Енгиджа-Улуханлу отчетливо выявляется минимум Z_a в районе сс. Енгиджа-Н. Чарбах с постепенным возрастанием интенсивности магнитного поля на СВ, в направлении на Ереван, и на ЮЗ, к ст. Улуханлу. Следовательно, по этому профилю устанавливается обратное соотношение между магнитным и гравитационным полями. Характер же кривой Z_a по профилю Ереван-Тазагюх-Зангибасар существенно отличается от описанного. Как характер Z_a , так и форма кривой указывают на возможное распространение сбросов к северо-востоку и к юго-западу от с. Тазагюх.

Относительно повышенное поле Z_a в районе с. Тазагюх, как установлено буровыми работами, обусловлено приближением пестроцветной толщи к дневной поверхности в результате поднятия более древних плотных пород докембрия.

Кривая Z_a по этому профилю при усреднении повторяет характер кривой Δg , т. е. наблюдается прямое соотношение между указанными полями.

Тот факт, что два профиля, расположенные на расстоянии 2 км друг от друга, не идентичны, объясняется расположением профиля Ереван-Зангибасар в зоне, где гравитационные аномалии СЗ—ЮВ простирания сочленяются (возможно, пересекаются) с аномалиями СВ—ЮЗ простирания, в то время как профиль Шингавит-Енгиджа-Улуханлу расположен северозападнее места сочленения гравитационных аномалий двух направлений.

Буровыми работами установлено, что в аналогичных случаях наличие вулканических пород на некоторой глубине от поверхности в районах гравитационных аномалий бесспорно.



Фиг. 11. Графики Z_a и Δg над Енгиджинской структурой.

Таким образом, применительно к конкретным геологическим условиям Араратской котловины, можно выделить четыре типа соотношений между гравитационным и магнитным полями.

1 тип. Гравитационному максимуму соответствует магнитный минимум.

2 тип. Гравитационному максимуму соответствует магнитный максимум.

3 тип. Гравитационному минимуму соответствует магнитный минимум.

4 тип. Гравитационному минимуму соответствует магнитный максимум.

В настоящее время можно считать установленным, что природа гравитационных и магнитных аномалий для первого типа их соотношений обусловлена приближением к дневной поверхности плотных и практически немагнитных пород третичного или более древних возрастов, при полном отсутствии изверженных пород, или наличием в осадочных отложениях антиклинальных структур третичного и более древних возрастов.

В случае, когда гравитационному максимуму соответствует и магнитный максимум (второй тип), гравитационные и магнитные аномалии обусловлены наличием на некоторой глубине изверженных (интрузивных) пород.

Природу третьего типа соотношений следует видеть в увеличении мощностей третичных, менее плотных и практически немагнитных осадочных отложений, слагающих в данном районе синклиналичную структуру.

Четвертому типу соотношений между магнитным и гравитационным полями соответствуют центры вулканических извержений.

Как видно из вышеизложенного, в условиях Араратской котловины мы имеем дело со сложным соотношением между магнитным и гравитационным полями, которое обусловлено сложным геологическим строением. Тем не менее, в большинстве случаев имеет место так называемое обратное соотношение между указанными полями. Выявленные в соотношениях между гравитационным и магнитным полями закономерности мы использовали при геологическом истолковании аномального магнитного поля Араратской котловины и сопредельных районов Армянской ССР.

В заключение отметим, что эта закономерная связь между гравитационным и магнитным полями хорошо согласуется с геологическими данными и обусловлена физическими свойствами горных пород. По геологическим данным, общий план дислокации палеозойских (плотных и практически немагнитных) пород юго-восточной части Араратской котловины имеет общекавказское направление. Это обуславливает

гравитационное поле первого порядка и СЗ—ЮВ простира-
ние магнитных аномалий. Общий план дислокации более мо-
лодых (менее плотных и более магнитных) пород в направле-
нии с ЮВ на СЗ постепенно переходит на широтные (струк-
турные элементы мелового возраста), а затем на антикавказ-
ские простирания, что обуславливает изменение интенсивно-
сти гравитационного поля второго порядка и СВ—ЮЗ прости-
рание магнитных аномалий (структурные элементы Приере-
ванского района, сложенные породами палеогена и неогена).

Наблюдаемые в Приереванском районе, как правило, об-
ратные соотношения гравитационного и магнитного полей свя-
заны с тем, что изменение магнитного поля в данном случае
отражает главным образом структурные особенности третич-
ных отложений (строение и состав пород), в то время как из-
менение поля силы тяжести, наоборот, зависит в основном
от рельефа и структуры мезозоя и палеозоя, а при их отсут-
ствии, также до палеозойского фундамента.

ГЛАВА VI. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИСТОЛКОВАНИЕ АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Общие замечания

При геологическом истолковании карты магнитных аномалий Араратской котловины мы будем исходить из известных данных о геологическом строении района с учетом результатов структурного бурения, из магнитных свойств горных пород района, из установленных соотношений между магнитными и гравитационными полями района исследования, из основных факторов, обуславливающих аномальное магнитное поле Араратской котловины и, наконец, из общих данных теории о связи магнитных и гравитационных аномалий с глубинным строением складчатых областей.

Сопоставляя магнитную карту Араратской котловины с геологической, прежде всего можно отметить следующее:

1. Южная (юго-восточная) зона, или примыкающая непосредственно к р. Аракс зона спокойного магнитного поля, выделенная нами при обзоре поля Z_a , в региональном плане соответствует установленной вдоль р. Аракс (между Ереваном на северо-западе и Ордубадам на юго-востоке) так называемой Нахичеванской зоне (2, 4), пространственно отвечающей Нахичеванскому антиклинорию, сложенному в ядре породами среднего девона (42).

2. Северную (северо-западную) зону или зону резко аномального поля, в свою очередь можно рассматривать как небольшую часть Центральной зоны Малого Кавказа (4), отвечающую в общих чертах площади распространения вулка-

ногенных фаций (2, 42). Аномальное магнитное поле этой зоны (судя по большому количеству локальных аномалий различной интенсивности и различного знака) является функцией главным образом магнитных свойств и мощности обнажающихся либо погруженных на небольшую глубину наиболее магнитных пород района (эффузивов четвертичного и третичного возрастов).

3. Граница, отделяющая вышеуказанные зоны на участке Мангюз-Джрвеж-Закфедерация и дальше на юго-запад, достаточно точно (фиг. 8, 9, 10, 21) совпадает с границей распространения излившихся пород, севернее которой развиты исключительно вулканогенные образования, южнее — комплекс нормально осадочных пород. Эта же граница магнитной съемкой прослежена на юго-запад до реки Аракс.

4. Переход от северной зоны к южной происходит не плавно, а скачкообразно и при наличии больших градиентов изменения Z_a — от отрицательных значений к положительным, что геологически соответствует дизъюнктивной дислокации типа сброса. Согласно данным магнитной съемки, сброс с опущенным СЗ крылом фиксируется по линии Мангюз-Джрвеж-Закфедерация-Зангибасар, что хорошо увязывается с данными геологической съемки на участке Мангюз-Закфедерация.

1. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ АНОМАЛЬНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ

а) О соотношениях между магнитным полем и эффузивными породами третичного и четвертичного возрастов

Армения является типичной областью недавней интенсивной вулканической деятельности, о чем свидетельствуют имеющиеся на ее территории многочисленные потухшие вулканы.

Значительная часть Армении покрыта материалом выбросов из центральных вулканов и трещинных излияний. Эти образования представлены различными лавами и вулканическими туфами. За четвертичный период потоки андезито-базальтовых лав и покровы трахидацитовых туфов покрыли обширные пространства Гегамского нагорья, а также массива горы

Арагац. Согласно данным К. Н. Паффенгольца (42), почти все четвертичные покровы имеют хорошо выраженные центры излияний, приуроченные к крыльям синклиналей, и все проявления четвертичного вулканизма приурочены к складчатой зоне Армении.

С точки зрения объяснения причины магнитных аномалий северной зоны особенный интерес представляют изверженные породы вообще и долеритовые и андезитовые базальты, в частности.

Резкие изменения поля Z_a над Егвардским, Канакеро-Дзорагбюрским вулканическими плато и другими участками Араратской котловины обусловлены наличием базальтового покрова, имеющего широкое распространение и могущего создать поля порядка нескольких тысяч гамм.

В качестве примера вычислим магнитное поле Z_a над покровом долеритовых базальтов и андезито-базальтовых лав, имеющих большое распространение в северных частях Араратской котловины.

В данном случае намагниченное тело (лавовый покров) можно уподобить горизонтальному пласту бесконечного простираения и большого распространения в глубину. Напряженность поля Z_a над намагниченным телом, занимающим полупространство, вблизи его центральной части определяется уравнением $Z = 2\pi I$, где $I = I_r$, так как для эффузивных пород Армении (глава 3) $I_r : I_i = 10$. При косом намагничении интенсивность аномалии, в первом приближении, определяется уравнением $Z = 2\pi I \sin \psi$, где ψ — угол наклона вектора I_r к плоскости $хоу$.

Согласно нашим определениям, средняя величина намагниченности долеритовых базальтов верхнего плиоцена, вычисленная из 31 определения (табл. 4), равна $I_r = 9000 \cdot 10^{-6}$ CGSM, $\psi = -40^\circ$.

Вычисленное по данным параметрам поле Z , обусловленное долеритовыми базальтами, будет порядка 3600 гамм. В действительности площадь распространения долеритовых базальтов ограничена, вертикальная мощность невелика, интенсивность намагниченности в большинстве случаев ниже взятой для расчета величины и поэтому поле Z будет значи-

тельно ниже вычисленного. Однако в отдельных случаях значение I выше расчетного, и соответственно поле значительно выше вычисленного.

Вычисленное значение 3600 гамм можно рассматривать как величину, характеризующую порядок возможной аномалии, вызванной долеритовыми базальтами. Знак аномалии над долеритовыми базальтами будет отрицательным, так как вектор намагниченности направлен снизу вверх. Фактически над долеритовыми базальтами наблюдаются отрицательные аномалии со средней интенсивностью в 3000—3500 гамм, что соответствует вычисленным данным.

Далее, из табл. 4 (глава 3) видно, что относительно молодые андезито-базальтовые лавы обладают более высокими значениями остаточной намагниченности, чем долеритовые базальты, и способны обуславливать аномалии порядка 5200 гамм ($Z=6,3 \cdot 0,64 \cdot 1300 \cdot 10^{-6}$).

В действительности, у андезито-базальтовых лав наблюдается положительная аномалия с интенсивностью в 4000—5000 гамм и более.

Знак аномалии положителен, так как вектор намагниченности андезито-базальтовых лав, как было показано выше (глава 3), направлен сверху вниз.

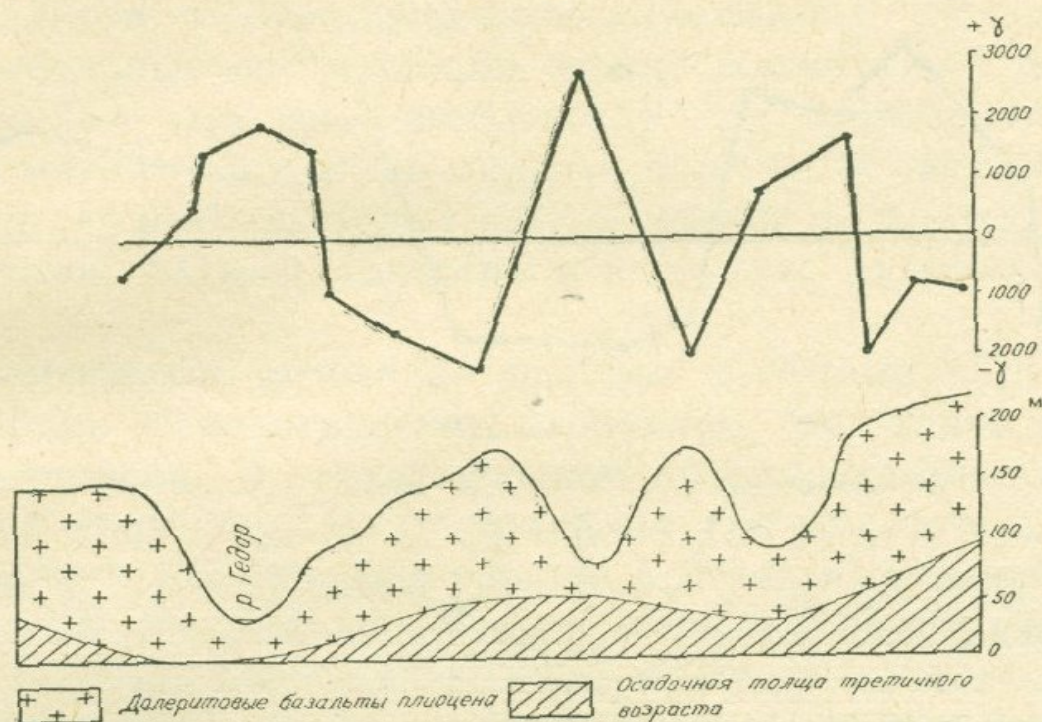
Таким образом, характер намагниченности горных пород для геологического истолкования магнитометрических данных является весьма важным фактором, ибо он дает возможность разобраться в природе тех или иных аномалий и прийти к правильному решению геологической задачи.

Из сопоставления магнитной и геологической карты района исследования явствует следующее:

1. Интенсивные положительные и отрицательные аномалии, наблюдаемые севернее широты г. Ереван, в общих чертах соответствуют излившимся породам третичного и четвертичного возрастов, представленных в основном многочисленными лавовыми потоками различной генерации, вулканическими туфами и другими эффузивами.

2. Как правило, у долеритовых базальтов, заполняющих плато Кызылов, а также Канакер-Дзорагбюрское, Егвардское, Сардарабадское плато и другие участки Араратской

котловины, обычно наблюдается отрицательная аномалия различной интенсивности и площади распространения, тогда как у остальных лавовых потоков (лавы типов Д, Е), вулканических туфов и других эффузивов, также имеющих в этом районе широкое развитие, наблюдается положительная аномалия (фиг. 12).



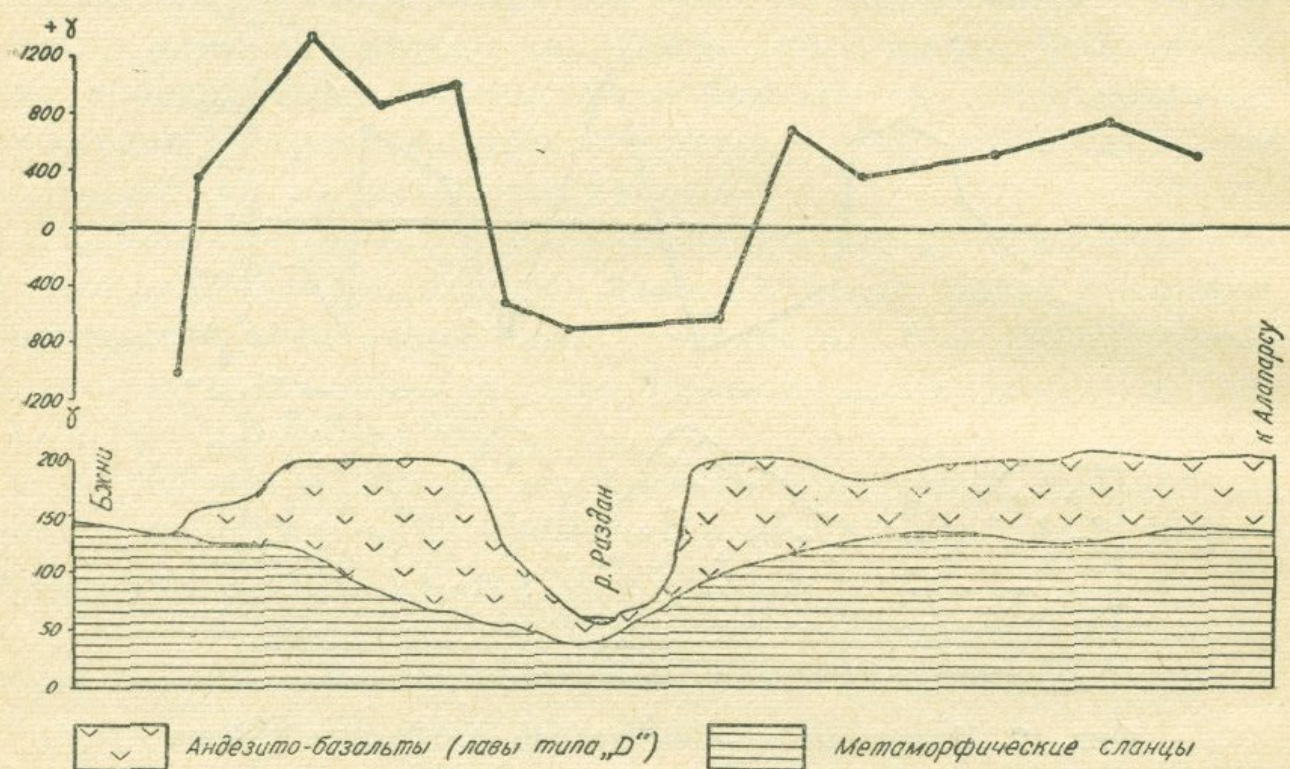
Фиг. 12. Магнитные и геологические профили в районе Зоопарка (ущелье р. Гедар).

3. В меньшей мере наблюдается обратное сочетание между наблюдаемым магнитным полем и геологическим строением района, сложенным этими же образованиями, что объясняется вариациями количественных соотношений между лавами различных генераций и вертикальными их мощностями. В данном случае наблюдается суммарный магнитный эффект, и на аномальное магнитное поле заметным образом сказывается влияние рельефа местности (фиг. 13).

4. Контуры интенсивных положительных аномалий междуречья рр. Гарни и Куруселав достаточно отчетливо совпадают с контурами андезито-базальтовых лав, заполняющих междуречье. Появление по склонам ущелий интенсивных отрицательных значений Z_a обусловлено тем же лавовым покровом. Следовательно, наблюдаемые интенсивные анома-

лии Гарнинского ущелья, вне всякого сомнения, связаны с андезито-базальтовым потоком.

Для ясного представления вышесказанного обратимся к фактическим материалам. На фиг. 15 представлен результат магнитной микросъемки над Гарнинским потоком андезито-базальтовых лав (тип Д, Е).



Фиг. 13. Магнитный и геологический профили по линии Бжни-Алапарс.

На магнитных профилях наблюдается следующая картина: на плато фиксируются исключительно положительные аномалии, интенсивность которых убывает по мере движения с ЮВ на СЗ (от р. Гарни к р. Куруселав), достигая интенсивного отрицательного значения на склонах ущелий, где базальтовый покров кончается.

Указанная закономерность между андезито-базальтовыми лавами (лава типа Д, Е) и магнитным полем в общих чертах наблюдается и на всех тех участках северной зоны, где имеется подобное сочетание вулканогенных и осадочных толщ. К таким участкам можно отнести среднее течение р. Занга, между населенными пунктами Кагси-Бжни, Гюмуш-Аширабад-Арзни и др.

Рассмотрим далее характер магнитного поля междуречья рр. Занга и Гедар.

Сопоставляя карту магнитного поля и профили Z_a с геологическими картами и профилями (фиг. 14), мы отмечаем, что по ущельям указанных рек наблюдаются положительные аномалии, а по их краям, на плато, сложенном из долеритовых базальтов — отрицательные аномалии.

Аналогичные соотношения между магнитным полем и геологическим строением наблюдали при производстве генеральной магнитной съемки территории СССР также М. С. Абакелиа (1) и М. З. Нодиа (39) в ущелье р. Храми, в зонах Степанавана, Ахталы, Сандари и в других районах Закавказья.

Геологическое строение долины р. Храми (Грузинская ССР) сходно с геологическим строением рр. Занга и Гедар. Касаясь вопроса о геологической интерпретации Храмской магнитной аномалии, М. С. Абакелиа (1) пишет: «...на плато Крцаниси и Топан, у краев ущелья р. Храми наблюдается отрицательный магнитный эффект, т. е. южный полюс магнитной системы прибора наклоняется вниз, а в самом ущелье, наоборот, наблюдается положительный магнитный эффект, т. е. северный полюс магнитной системы наклоняется вниз. Это явление, по всей вероятности, объясняется изменением места положения прибора относительно мощного (250 м) покрова долеритов, представляющих собой «естественный магнит», южный полюс которого лежит вне района исследования». Необходимо подчеркнуть, что М. С. Абакелиа, констатируя наблюдаемый факт, объясняет его, на наш взгляд, не совсем правильно. Наиболее существенное возражение вызывает заключение автора о долеритовом покрове, представляющем «естественный магнит», южный полюс которого лежит вне района исследования.

Нам представляется, что для решения подобных задач основное внимание исследователя должно быть обращено на изучение магнитных свойств указанных пород, в особенности на определение величины и направления вектора остаточной намагниченности, которые приобретают решающее значение

при объяснении природы интенсивных отрицательных аномалий, часто наблюдаемых у долеритовых базальтов.

Из вышесказанного следует, что имеются отчетливо выраженные два типа соотношений между наблюдаемым магнитным полем и эффузивными породами (долеритовыми и андезито-базальтовыми лавами) — магнитное поле над долеритовыми базальтами отрицательно, что обусловлено характером намагниченности долеритов (вектор остаточной намагниченности направлен снизу вверх, глава III), а Z_a над андезито-базальтовыми лавами и вулканическими туфами положительно, что объясняется нормальной намагниченностью указанных пород (вектор остаточной намагниченности направлен сверху вниз).

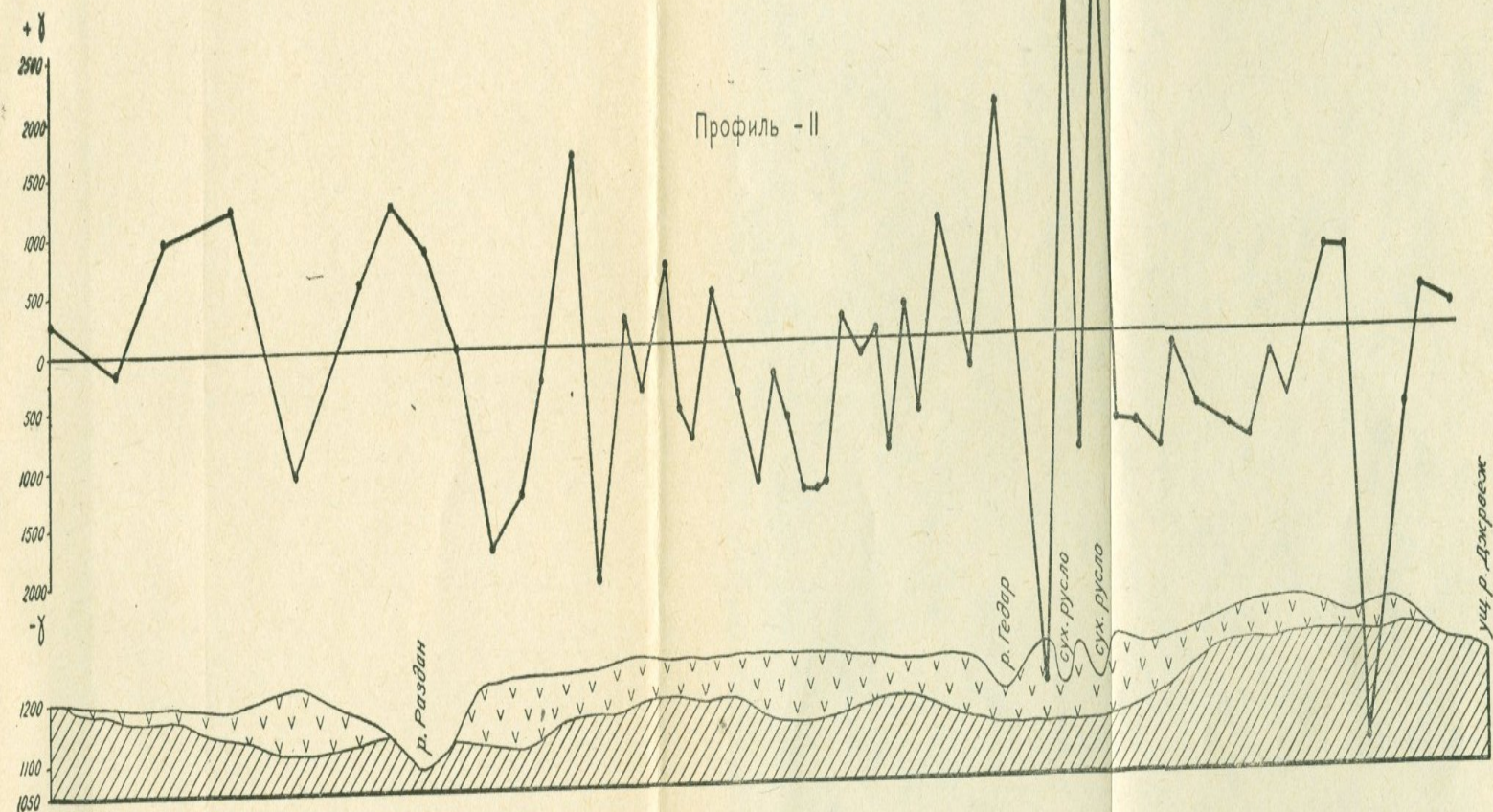
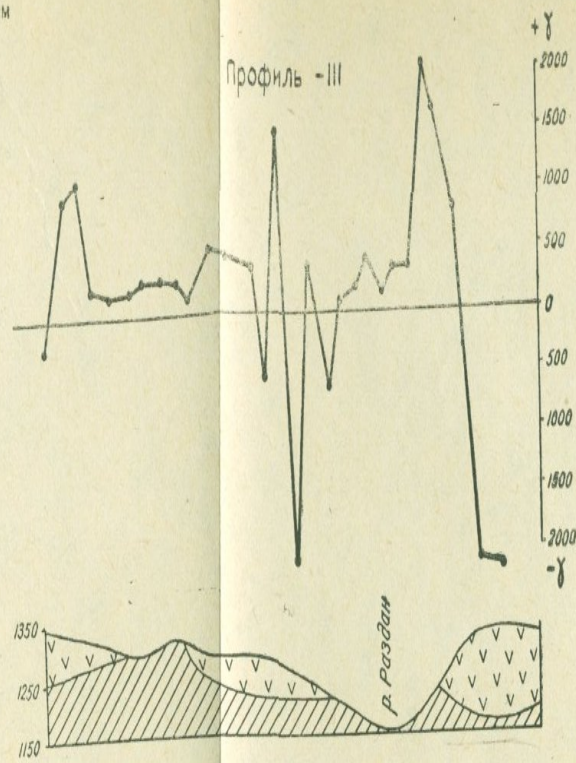
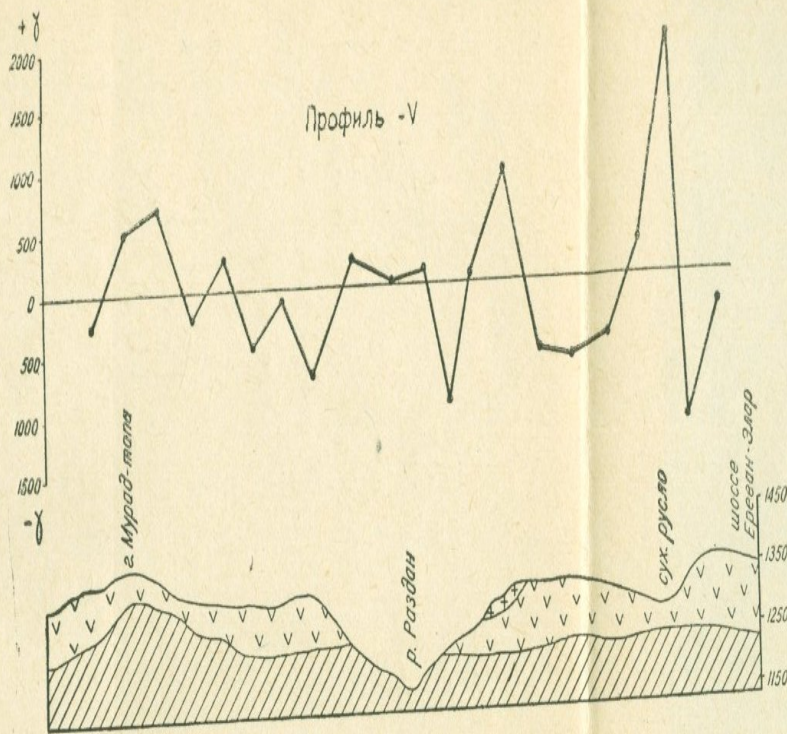
Экспериментальные данные (фиг. 15) показывают, что существует прямая связь между наблюдаемым магнитным полем и вертикальной мощностью андезито-базальтового покрова. Чем мощнее покров, тем интенсивнее наблюдаемая в нем положительная аномалия.

Известно, что при однородной намагниченности с увеличением глубины распространения породы возрастает и интенсивность магнитной аномалии. В данном случае однородная намагниченность подтверждается результатами измерения намагниченности 6 образцов, взятых из различных частей лавового покрова.

Установлена обратная связь между наблюдаемым магнитным полем и мощностью долеритового покрова, а именно: при однородной намагниченности, чем больше мощность покрова, тем интенсивнее наблюдаемая в нем отрицательная аномалия (фиг. 12, 14). Однако могут быть и случаи, когда при одинаковой вертикальной мощности лавового покрова интенсивность аномалии будет меняться вследствие неоднородности намагниченности.

Таким образом, создается возможность судить о мощности базальтового покрова по интенсивности наблюдаемых аномалий. При однородной намагниченности чем мощнее покров, тем интенсивнее должны быть наблюдаемые аномалии.

м. 250 0 0,5 1,0 1,5 км



Андезит-базальты (лавы типа "Е")



Долеритовые базальты плиоцена



Осадочная толща третичного возраста

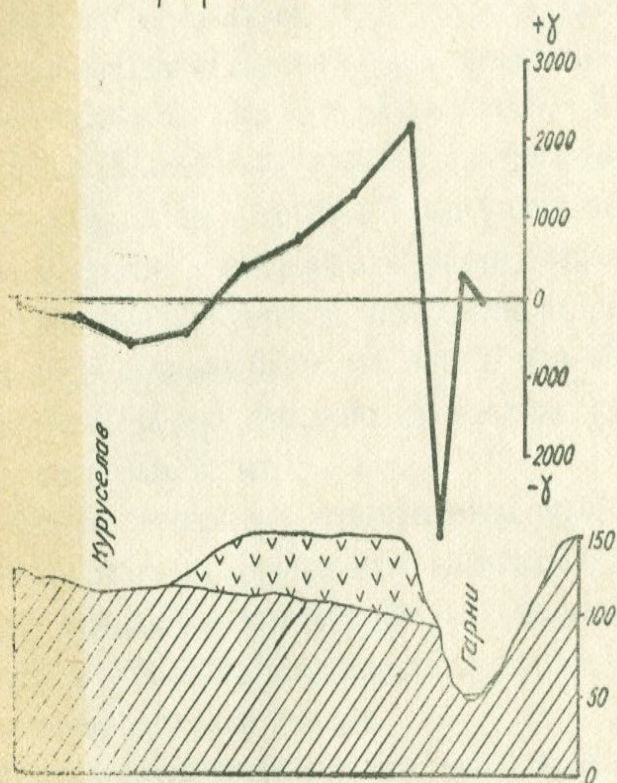


Графики За

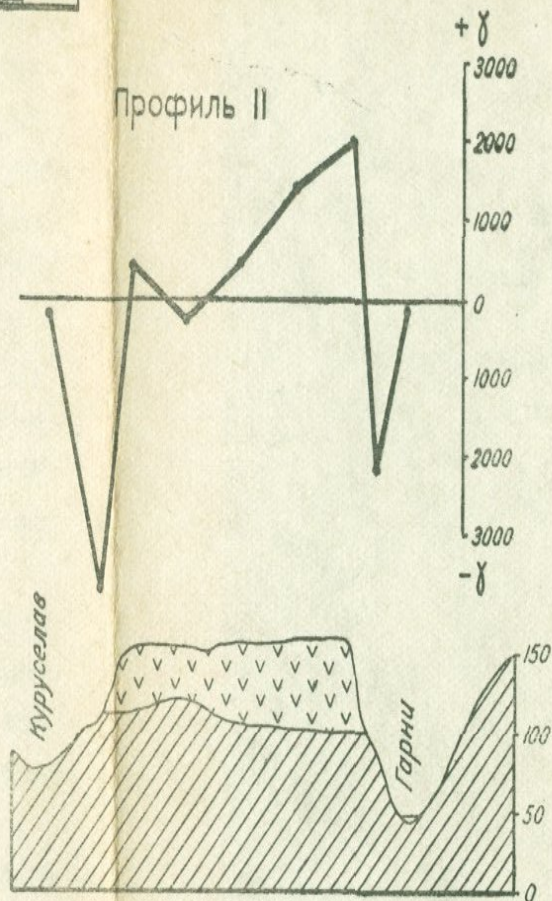
Фиг. 14. Магнитные графики по характерным геологическим профилям Зангинского участка.

М. 100 0 100 200 300 М.

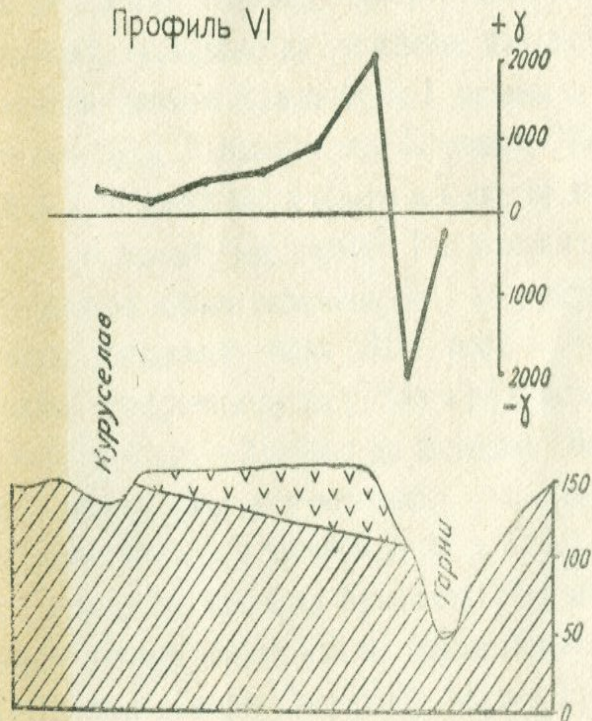
Профиль I



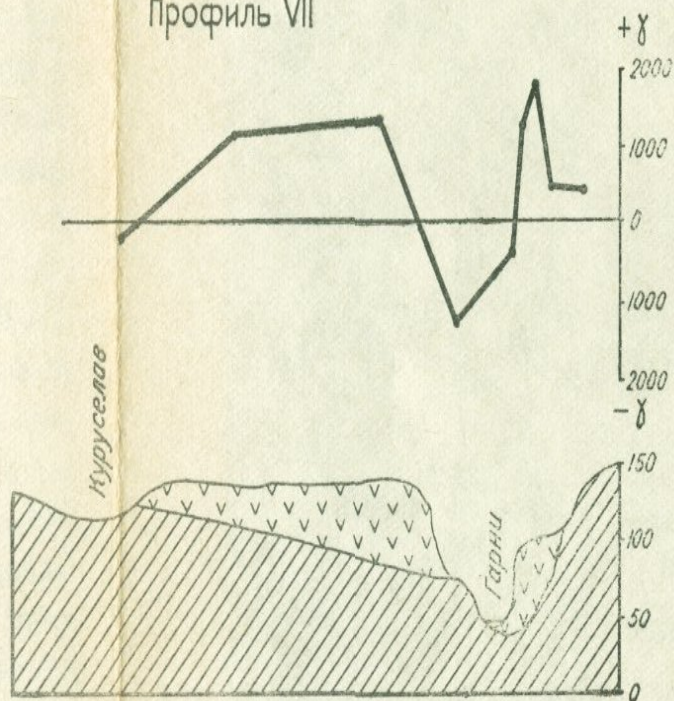
Профиль II



Профиль VI



Профиль VII



Андезито-базальтовый поток (лавы типа „Е”)



Песчаники и глины
(вулканогенно-осадочная толща эоцена)

Фиг. 15. Магнитный и геологический профили междуречья Гарни и Куруселав.

В рассмотренном случае интенсивные положительные аномалии наблюдаются по правому берегу р. Гарни на плато (фиг. 15), что явно указывает на увеличение мощности андезито-базальтового покрова. Точно так же надо полагать, что центры интенсивных положительных аномалий Z_a по линии сс. Кагси-Солак (южнее 1 км), Алапарс (СЗ — 1 км) — Озанлар, Бжни (ЮВ — 1,5 км) указывают на увеличение мощности андезито-базальтового покрова. Такие утолщения говорят о наличии древних углублений или ущелий, заполненных впоследствии лавами. Возможно, что р. Занга на участке Кагси-Озанлар до излияния базальтов (лавы типа «Д», центр извержения Инак-сар) протекала значительно юго-восточнее, чем в настоящее время.

Центры интенсивных отрицательных аномалий между речья рр. Занга и Гедар, согласно вышесказанному, характеризуют участки, где мощность покрова возрастает до максимума, а убывание интенсивности аномалий указывает на уменьшение мощности покрова.

Центры интенсивных отрицательных аномалий, отмеченных на карте Z_a по линии Гямрез-Дзорагбюр-Джрвеж (севернее на 0,5 км) — Ереван, Арамус-Аван, Мгуб-Арабкир, по-видимому, указывают на утолщение базальтового покрова. Согласно данным скважины № 1, мощность базальтов у радиомачты (сев. Канакера), где Z_a равно — 2200 γ , доходит до 180 м, в то время как к северу и к югу от этой скважины мощность их значительно меньше. Так, например, в скв. № 2, расположенной южнее скважины № 1 на расстоянии 1,5 км, мощность составляет лишь 80 м, поле $Z_a = -700 - 800 \gamma$. Возможно, что древнее русло р. Занга на участке Арзни-Кетран, Мгуб (Птгни) — Арабкир до излияния базальтов проходило значительно юго-восточнее современного. То же самое можно сказать о древнем русле р. Гедар, которое, возможно, к моменту излияния базальтов, судя по магниторазведочным данным, проходило по линии Арамус-Аван. Точно также участок Гямрез-Дзорагбюр-Джрвеж-Ереван (на 0,5 км к югу от предместья Норк) к моменту излияния базальтов, возможно, представлял древнее русло какой-то реки.

Эти предположения находятся в некотором соответствии

с геоморфологическими и гидрогеологическими данными, согласно которым, к моменту излияния лавы существовал выработанный на более древних породах рельеф, в понижение которого и устремились андезито-базальтовые лавы. Одна из таких ложин, с общим наклоном З — ЮЗ. как на это указывает магнитная съемка, была между г. Атис (сложенная кислыми породами) и андезитовым хребтом Кюллуджа-Тутия. Выполнившая ее лава Гегамского хребта (как на это совершенно справедливо указывает гидрогеолог М. П. Казаков) полностью отразила детали древнего рельефа, определившего волнообразное залегание андезито-базальтов.

Точно так же к моменту излияния лавы Инак-сара и Гегамского хребта между южным отрогом Мисханского хребта (на севере) и вулканическими центрами Гутан-сар — Атис (на юге) существовал выработанный рельеф, с общим наклоном на запад-юго-запад, в понижение которого и устремились андезито-базальтовые лавы.

Таким образом, выполненная на рассматриваемой площади магнитометрическая съемка дает возможность воссоздать основные черты древнего рельефа к моменту излияния базальтов, что имеет важное значение для геологии и, особенно, гидрогеологии, инженерной геологии и геоморфологии.

Судя по магниторазведочным данным, можно утвердительно говорить о наличии таких подлазовых долин по линиям Егвард-Аштарак, Нурнус-Арзни, Кетран-Птгни-Давидашен-4-е селение, Арамус-Аван, Гямрез-Дзорагбюр-Ереван и др.

На основании имеющихся данных мы приходим к выводу, что причина пестроты в распределении аномального магнитного поля северной зоны заключается в наложении друг на друга многократных излияний лавовых потоков различных генераций, иногда с длительным и глубоким эрозионным циклом, в результате чего в некоторых случаях потоки ложились, по-видимому, непосредственно на осадочные породы. Показателем глубины и длительности эрозии является мощность самих покровов, достигающих в некоторых местах ущелий рр. Занга и Гарни 100 и более метров.

Из всего вышесказанного следует, что обычно наблюдаемые интенсивные положительные и отрицательные аномалии

северной зоны Араратской котловины связаны с проявлением третичного и четвертичного вулканизма, получившего широкое развитие на Малом Кавказе.

б) Влияние рельефа местности на поле Z_a в связи с характером намагниченности эффузивных пород

Горный пересеченный рельеф местности оказывает существенное влияние на результаты магниторазведки в условиях Армении. Поэтому при производстве магниторазведочных работ необходимо обращать особое внимание на влияние рельефа местности на поле Z_a .

Для решения этой задачи мы проводили специальные исследования в бассейнах рр. Касах, Занга, Гедар, Азат, Арпа и других районах Армянской ССР.

Исследования проводились как на плато, так и в ущельях рек на различных террасах.

Во всех случаях, когда это представлялось возможным, наблюдения велись над лавовыми потоками, слагающими плато и каньон реки, и у их подножья.

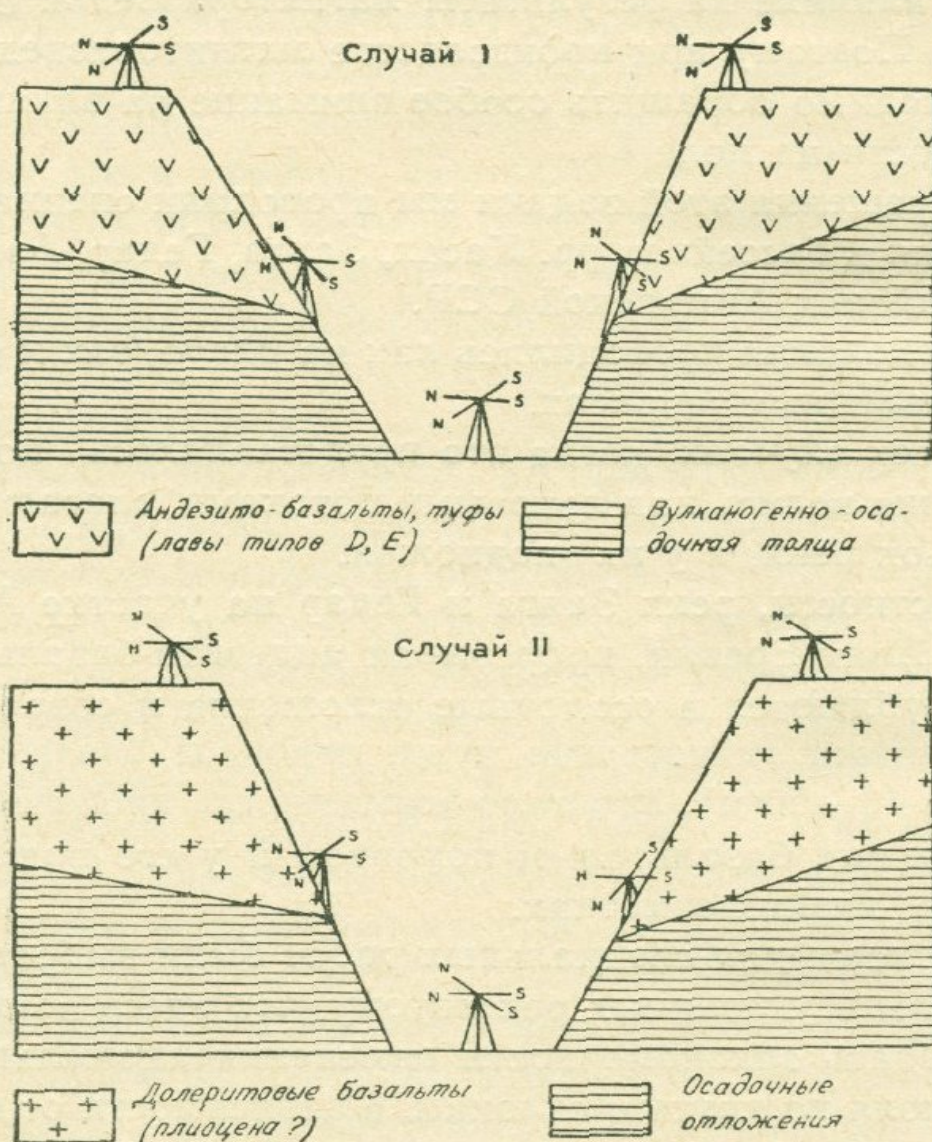
В частности, реки Занга и Гедар на участке Арзни-Ереван и Аван-Ереван, прорезывая андезито-базальтовый покров, углубляются в осадочные отложения и современное их русло местами значительно ниже подошвы базальтового покрова (на 10—50 м). Это дало возможность произвести наблюдения как над базальтовым покровом и у его подножья, так и на более низких отметках.

Участками для специальных работ были выбраны именно каньоны вышеуказанных рек потому, что здесь возможно было наблюдать закономерности изменения аномального магнитного поля по крутым склонам, в зависимости от места расположения прибора по отношению к верхней и нижней поверхности лав.

В результате этих исследований установлено, что во всех случаях, над эффузивными породами и у их подошвы наблюдаются аномалии противоположного знака. При этом, когда слагающие участок породы представлены долеритовыми базальтами, над ними наблюдается отрицательная аномалия, а

у подошвы (подножья) — положительная аномалия (фиг. 12). Совершенно иначе обстоит дело, когда участок сложен андезито-базальтовыми лавами, вулканическими туфами и др. эффузивами. В этом случае, наоборот, над ними наблюдается положительная аномалия, а под ними (у подошвы) — отрицательная аномалия (фиг. 13).

В обоих случаях, когда прибор устанавливается ниже подошвы лавового покрова, наблюдается аномалия такого же



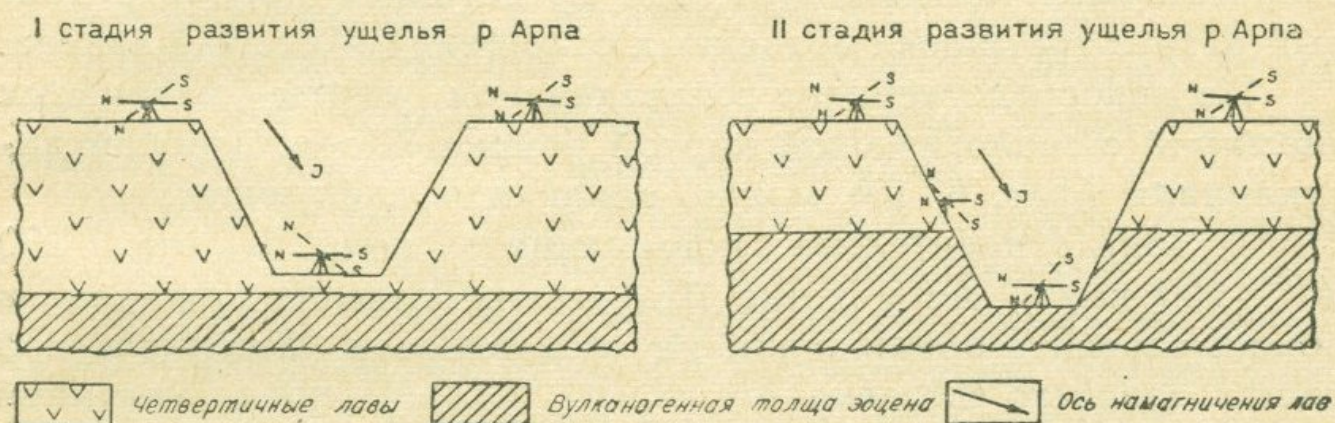
Фиг. 16. Схема возникновения аномалий различных знаков в зависимости от места стоянки прибора по отношению к лавовому покрову.

знака, как и над лавовым покровом. Сказанное достаточно отчетливо наблюдается на графиках Z_a (фиг. 12, 13) и на

фиг. 16 (случай I, II). Из графиков Z_a (фиг. 12, 13) явствует, что форма кривых Z_a над долеритовыми базальтами является зеркальным изображением рельефа, тогда как над андезитобазальтами и вулканическими туфами она является прямым изображением рельефа.

Установленный факт приобретает решающее значение при производстве магниторазведочных работ в высокогорных областях с резко расчлененным рельефом, когда участок сложен существенно магнитными породами.

Таким образом, если участок сложен магнитными породами, горный пересеченный рельеф местности существенно искажает магнитное поле района. Чтобы исключить искажающее влияние рельефа на поле Z_a , необходимо в процессе магнитной съемки учитывать рельеф района, наносить точки расположения прибора на топокарту, а в полевых журналах делать соответствующие зарисовки. Это даст возможность ра-



Фиг. 17. Схема, показывающая различные стадии эрозионного развития ущелья р. Арпа.

зобратся в природе полученных аномалий и исключить из дальнейших построений аномалии, вызванные рельефом местности.

В заключение отметим, что во всех случаях, когда в ущельях рек не наблюдаются аномалии, аналогичные аномалиям, наблюдаемым на каньонах и на плато, следует считать, что эрозия не достигла древнего ложа и современный базис эрозии находится выше, чем слагающие ущелье породы. В про-

тивном случае, в ущелье наблюдались бы аномалии того же знака, что и на плато.

Сказанное схематически представлено на фиг. 17, показывающей различные стадии эрозионного развития ущелья р. Арпа. В настоящее время р. Арпа на участке курорта Джермук находится в своей первой стадии развития.

Используя данные наблюдений Z_a у краев ущелья, на плато и в самом ущелье, можно судить о мощности слагающих его базальтов.

в) О соотношениях между магнитным полем и находящимися в осадочной толще структурами, не покрытыми эффузивными породами

Анализ рассматриваемого вопроса целесообразно начать на базе данных центральной части Араратской котловины — Приереванского района, как наиболее изученного в геологическом и геофизическом отношениях и, в частности, района Шорагбюрской антиклинали, где представлен наиболее полный разрез третичных осадочных отложений Малого Кавказа.

Из непосредственного сопоставления карты магнитных аномалий с геологической картой района Шорагбюрской антиклинали (фиг. 8, 10) можно заключить следующее:

1. Зона относительно повышенного поля Z_a (от +100 до +200 гамм) на участке Шорагбюр-Тазагюх совпадает в общих чертах с обнажением на поверхности пестроцветной толщи среднего миоцена ($\chi = 340 \cdot 10^{-6}$ CGSM), представленной красными глинами, рыхлыми конгломератами, песчаниками и галечниками, слагающими северо-западное крыло Шорагбюрской антиклинали.

2. Границы распространения пестроцветной толщи среднего миоцена (?) в области периклинального замыкания Шорагбюрской антиклинали в районе канала им. И. В. Сталина также отвечают контурам зоны относительно повышенного поля Z (от 100 до 200 гамм).

3. Разрозненные выходы пестроцветной толщи к юго-западу от населенных пунктов Н. Джрашен-Советашен и к востоку от с. Ацаван отвечают локальным аномалиям с интенсивностью поля Z_a от 100 до 200 гамм.

4. Осевая часть Шорагбюрской антиклинали, сложенная породами олигоценового и эоценового возрастов, представлена в известково-мергельной и глинисто-песчанистой фациях ($\chi = 150 \cdot 10^{-6}$ CGSM) и характеризуется несколько пониженным полем Z_a (от 50 до 100 гамм).

Из теории магниторазведки следует, что напряженность поля над намагниченным телом, занимающим полупространство, пропорциональна интенсивности намагниченности (I), т. е. $Z = 2\pi I$.

Исходя из уравнения $Z = 2\pi \chi H = 0,314 \chi \cdot 10^4 \gamma$, вычислим в первом приближении магнитное поле, которое могут создать породы пестроцветной толщи, слагающие СЗ крыло Шорагбюрской антиклинали.

Напряженность поля Z в точках, расположенных над указанной толщей вблизи его центральной части, будет согласно (29,67) $Z = 0,314 \chi \cdot 10^4 \gamma$, где магнитная восприимчивость пестроцветной толщи по имеющимся определениям (глава III) равняется в среднем $340 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

Подставляя значение χ в уравнение, получим $Z = 100$ гамм. Следовательно, обусловленная этими породами возможная аномалия будет порядка 100 гамм.

Исходя из того, что в пестроцветной толще встречаются породы, обладающие магнитной восприимчивостью, достигающей до $700 \cdot 10^{-6}$ CGSM, и могущие создать аномалию порядка 150—200 гамм, мы приходим к заключению, что значение Z_a от +100 до +200 гамм в первом приближении может быть принято за величину, характеризующую порядок возможной аномалии, вызванной пестроцветной толщей среднего миоцена (?).

Учитывая вышеизложенное, а также факт наличия пониженного поля (от 50 до 100 γ) непосредственно над сводом Шорагбюрской антиклинали и юго-восточной частью участка, где пестроцветная толща отсутствует и обнажаются породы олигоценового и эоценового возрастов, можно считать, что причина увеличения интенсивности магнитного поля над крыльями указанной антиклинали от 100 до 200 гамм, вне всякого сомнения, связана с магнитными свойствами пород пестроцветной толщи. Это позволяет считать пестроцветную

толщу среднего миоцена маркирующим горизонтом во всем разрезе осадочных отложений, слагающих Шорагбюрскую антиклиналь.

Асимметричное строение Шорагбюрской антиклинали нашло свое отражение в различии характера магнитного поля над юго-восточным и северо-западным крыльями складки.

Резкая смена характера магнитного поля в СЗ направлении обусловлена крутым падением северо-западного крыла антиклинали, сопровождающимся дизъюнктивной дислокацией типа сброса, а незначительные изменения поля Z_a в юго-восточном направлении обусловлены, наоборот, пологим падением соответствующего крыла складки.

Далее, из сопоставления карт следует, что контуры относительно пониженных значений Z_a (от 0 до 100 гамм) между населенными пунктами Геташен на юго-западе и Байбурт на северо-востоке в общих чертах соответствуют практически немагнитным ($\chi = 20 \cdot 10^{-6}$ CGSM) известково-мергелистым отложениям мела, слагающим ядро Ераносской антиклинали. Такого же характера поля наблюдаются между сс. Шугаиб-Верхн. Кетанлу и между горами Бозбурун-Илан-даг, что также соответствует мергелистым известнякам и известковым песчаникам мела, слагающим ядро Шугаибской и Бозбурунской антиклиналей.

Относительно повышенное поле Z_a на участке В. Агбаш-Джанлатлу, между с. Верхн. Двин и развалинами с. Чатма, в общих чертах соответствует СЗ и ЮВ крыльям Ераносской дуги брахиантиклиналей, сложенной относительно магнитными ($\chi = 150 \cdot 10^{-6}$; породами вулканогенного эоцена и палеоцена.

Известково-мергелистые отложения мела, слагающие сводовые части Ераносской, Байбуртской, Шугаибской и Бозбурунской антиклиналей, практически немагнитны ($\chi = 20 \cdot 10^{-6}$ CGSM). Поле над ними понижено ($Z_a =$ от 0 до -100γ). Песчано-глинистые отложения мелового и третичного возрастов характеризуются сравнительно высокими магнитными свойствами, а поле на крыльях вышеуказанных структур повышенное. Учитывая эти особенности, можно считать что Шорагбюрская и Ераносская антиклинальные структуры, сложен-

ные из осадочных пород мела и палеогена, характеризуются относительными минимумами Z_a , в то время как крылья складок и, в особенности, синклинальные структуры, в разрезе которых имеются изверженные вулканогенные или интрузивные породы, характеризуются относительными максимумами Z_a .

Таким образом, вопрос о возможности геологического картирования методом магниторазведки антиклинальных структур типа Ераносской и Шорагбюрской складок, в условиях отсутствия излившихся вулканогенных пород, решается положительно. Из этого следует, что общий характер магнитного поля в северо-восточной части Приереванского района, хорошо изученного в геологическом отношении, находится в определенной зависимости от геологического строения исследованной площади.

Теперь рассмотрим вопрос о связи магнитного поля со структурными особенностями, определяющими возможность прослеживания Шорагбюрской и параллельной ей антиклинали на юго-запад, в сторону р. Аракс.

Зона относительно повышенного поля Z_a (от 100 до 200 гамм), характеризующая пестроцветную толщу среднего миоцена, как это следует из общего обзора магнитного поля, прослежена в ЮЗ направлении до ж/д линии Ереван-Зангибасар-Мхчян (северная окраина). Далее к юго-западу она сменяется областью с относительно резкими изменениями магнитного поля (± 200 гамм), что связано с погружением пестроцветной толщи в направлении к сс. Зангибасар, Енгиджа и появлением на небольшой глубине вулканогенных магнитных пород типа андезито-базальтовых лав (долеритовые базальты). Это подтверждено скважинами, заложенными в ходе геофизических работ 1948 г. в сс. Енгиджа, Верхн. Чарбах и Зангибасар, где на разных глубинах от поверхности (50, 110 и 60 м) вскрыт базальтовый покров. Периклинальное замыкание Шорагбюрской антиклинали и пестроцветной толщи среднего миоцена (?) в районе канала им. И. В. Сталина и повышение интенсивности поля Z_a показывают относительно резкое погружение шарнира Шорагбюрской антиклинали на юго-запад с последующим увеличением мощно-

сти пестроцветной толщи, а относительно пониженное поле Z_a в районе с. Тазагюх обусловлено выклиниванием или полным отсутствием пестроцветной толщи. Последующие буровые работы в с. Тазагюх (скв. № 7) показали, что действительно мощность пестроцветной толщи в районе Тазагюх резко уменьшается. Так, например, скважины № 7 и 10, расположенные на оси максимума в сс. Тазагюх и Енгиджа, прорезав современные аллювиальные отложения, не встретили гипсоносную толщу и сразу вошли в пестроцветную толщу на глубине 25 м и 145 м. При этом скважина № 10 на глубине 426 м остановлена в пестроцветной толще, а скважина № 7 вскоре вышла из пестроцветной и Шорагбюрской толщ и на глубине 260 м вошла в эоценовые отложения, а на глубине 520 м — в метаморфические сланцы кембрия-докембрия.

Сопоставляя данные скважин № 7, 5, 4 и опорной (1) скважины в с. Аван, можно отметить, что в Тазагюхской скважине полностью отсутствует гипсоносная толща, $3/4$ части пестроцветной толщи и почти вся Шорагбюрская олигоценовая толща, в то время как в 4 км к СВ от с. Тазагюх, в районе стрельбища (скв. № 5), они представлены в полном составе.

Таким образом, древний субстрат в районе с. Тазагюх находится минимум на полтора-два км ближе к дневной поверхности, чем в районе сс. Аван и Шорагбюр. Учитывая возрастание силы тяжести и убывание интенсивности магнитного поля с СВ и ЮЗ в направлении к тазагюхскому максимуму, что связано с приближением к дневной поверхности более плотных и практически немагнитных пород палеозоя и может быть допалеозойского фундамента, можно утверждать, что по мере приближения к оси гравитационного максимума СЗ—ЮВ простирания с центром в Тазагюх-Енгиджа должно происходить уменьшение мощности третичных отложений с возможным выклиниванием отдельных горизонтов. Последующие буровые работы подтвердили эти наши предположения.

На возможность уменьшения мощности и выклинивания отдельных горизонтов третичных отложений к оси гравитационного максимума указывает наличие перерывов в осадконакоплении и несогласное залегание отдельных толщ третич-

ного бассейна Приереванского района (11, 42). Однако этот факт не исключает возможную перспективность Енгиджа-Тазагюхского участка в отношении нефтеносности. Наоборот, материалы структурного бурения показывают, что, несмотря на уменьшение мощности третичных отложений к оси гравитационного максимума Тазагюх-Енгиджа с возможным выклиниванием отдельных горизонтов, этот район в смысле нефтегазонасности может представить практический интерес. Нужно лишь не ограничиваться поисками нефти и природных газов только в пределах нормальных антиклиналей, а следует рассчитывать на поиски перспективных площадей и в зонах выклинивания третичных отложений, в направлении к осевой линии, допалеозойского поднятия.

Судя по характеру поля Z_a , можно сказать, что Ераноская и Бозбурунская антиклинальные складки далее на юго-запад не прослеживаются и быстро замыкаются у сс. Геташен и Чффорд-гюх. Относительно спокойнее поле Z_a , заключенное между р. Аракс на юго-западе и воздушной линией, проходящей на северо-востоке через г. Бозбурун — с. Геташен. Это поле обусловлено комплексом третичных осадочных отложений при полном отсутствии излившихся пород.

Шагапская синклиналичная долина, заполненная нормально осадочными отложениями среднего и верхнего олигоцена, характеризуется относительно пониженным полем Z_a (от 0 до 100 гамм).

Осевая полоса урцской антиклинальной складки в магнитном отношении представлена практически немагнитными породами палеозоя и характеризуется близкими к нормальному полю значениями Z_a (от 0 до +100 гамм).

Теперь перейдем к геологическому истолкованию магнитного поля юго-восточной части Араратской котловины, южнее сс. Юва, Веди, непосредственно примыкающей к р. Аракс и покрытой современными аллювиально-делювиальными и озерными отложениями.

Относительный минимум аномального магнитного поля Z_a (от 0 до —100 гамм), расположенный к югу-юго-западу от с. Кичик-Веди, совпадает с северо-западным окончанием обнажений палеозоя в районе горы Хор-вираб. Поля анало-

гичного характера наблюдаются между сс. Арарат и Халиса, в районе горы Сари-баба, сложенной осадочными отложениями палеозоя. Следовательно, относительный минимум аномального магнитного поля на этих участках, вне всякого сомнения, обусловлен выходом на дневную поверхность практически немагнитных ($\chi=0-20 \cdot 10^{-6}$ CGSM) пород палеозоя. Погружение палеозоя как на СЗ, в направлении к пос. Арташату и сс. Реганлу-Ширазлу, под толщу третичных и меловых отложений, так и на ЮВ, в направлении к Шихляр-Шидлу-Арарат, характеризуется повышением интенсивности поля Z_a , а появление интенсивных положительных аномалий по направлению свх. Арарат-Енгиджа (Бединского района) и на юго-восток по линии Ширазлу-Арарат, Шидлу-Халиса-Арарат указывает на относительно крутое погружение поверхности палеозоя с последующим увеличением мощности мезозойских и третичных отложений.

Таким образом, палеозойские отложения, обнажающиеся в виде островков в районах горы Хор-вираб и Сари-баба, погружаются как на северо-запад, так и на юго-восток с соответствующим увеличением мощности мезозойских и, в особенности, кайнозойских отложений. На это указывают структурные скважины № 4 (22) в с. Нижн. Новрузлу и 2 (19) в с. Арарат (ЮВ—3 км). Действительно, скважина № 4, расположенная на расстоянии 10 км от горы Хор-вираб, глубиной 435 м, прорезавшая четвертичные отложения, не встретила базальтового покрова и на глубине 332 м вошла в коренные породы третичного возраста.

Скв. № 2, расположенная на расстоянии 4 км от горы Сари-баба (около с. Арарат), глубиной 353 м, прошла четвертичные отложения и на глубине 332 м, вскрыла коренные породы третичного возраста.

Следовательно, относительно повышенное поле между гг. Хор-вираб и Сари-баба, возможно, указывает на наличие синклинального прогиба, заполненного молодыми отложениями.

Судя по характеру поля, можно допустить, что палеозойские отложения образовали также синклинальный прогиб между Урцским хребтом на востоке и Сари-баба на западе,

который впоследствии был заполнен мощной толщей (порядка 1—1,5 км) третичных отложений, чем и обуславливается наблюдаемое между ними повышенное поле.

Таким образом, в результате магниторазведочных работ в юго-восточной части Араратской котловины выявлены аномалии двух различных категорий: резко аномальное поле и спокойное (близкое к нормальному) поле. Первое обусловлено андезито-базальтовыми лавами, находящимися на некоторой глубине (около 100 м), а второе — осадочными отложениями палеозоя при их резком погружении под третичные отложения.

Ко второй категории можно отнести аномалию над палеозойским поднятием Хор-вираб и Сари-баба с интенсивностью от 0 до —100 гамм и относительно повышенное поле от 0 до 200 гамм и более на северо-западе от Кичик-Веди, северо-востоке от сс. Шихляр (восточнее на 2,5 км) — Арарат, что обусловлено резким погружением палеозойского фундамента под мощную толщу меловых и третичных отложений.

Прямым доказательством правильности такой трактовки вопроса могут служить данные гравиметрических работ, проведенных Институтом геологических наук Академии наук АрмССР в 1948 году. Указанными работами в районе Хор-вираб был выявлен относительный максимум аномалии силы тяжести, что геологически интерпретируется как приближение к дневной поверхности относительно плотных ($2,6—2,65 \text{ г/см}^3$) пород палеозоя.

Погружение палеозоя в направлении к пос. Арташат под толщу третичных отложений характеризуется резким убыванием интенсивности аномалии силы тяжести.

Зона относительно больших градиентов аномалии силы тяжести на участке Кичик-Веди — Арташат, отвечающая области уступообразного погружения палеозоя, имеет направление, близкое к меридианальному, и А. Т. Донабедовым рассматривается как крупная дислокация дизъюнктивного характера.

Теперь рассмотрим геологическое истолкование аномального магнитного поля Арзаканского участка.

Понижение поля над метаморфическими породами кем-

брия-докембрия и обнажающимися в районе сс. Бжни-Арзакан осадочными отложениями мелового возраста объясняется практической немагнитностью указанных пород (табл. 1). Переход от пониженных значений Z_a к интенсивным положительным и отрицательным аномалиям с севера на юг от сс. Арзакан-Бжни к сс. Алапарс-Фонтан, возможно, обусловлен резким погружением на юг и ЮВ практически немагнитных пород кембрия-докембрия с последующим увеличением мощности третичных отложений, которые перекрываются более молодыми покровами андезито-базальтовых лав Гегамского хребта (вершины Инак-сар, Гутан-сар и др.).

г) О соотношениях между магнитным полем
и интрузиями изверженных пород

Как показывают наши исследования (глава III), магнитные свойства изверженных пород резко отличаются от пород осадочного комплекса. Намагниченность изверженных пород в несколько (10—30 и более) раз больше вектора I осадочных пород, следовательно, поля, обуславливаемые этими породами, резко отличаются от поля, обусловленного породами осадочного происхождения. Изверженные породы, залегающие на некоторой глубине от земной поверхности, способны вызывать на поверхности интенсивные аномалии, отличающиеся по форме и характеру от поля, вызванного осадочными породами.

Экспериментальные исследования по изучению магнитных свойств изверженных пород (табл. 4) показывают, что эффузивные породы по намагниченности ведут себя иначе, чем интрузивные породы.

Если для эффузивных пород отношение I_r к I_i составляет 10 и более, что указывает на преобладающее влияние I_r над I_i , т. е. $I_i \ll I_r$, следовательно, $I \approx I_r$, то для интрузивных пород $I_r : I_i$ составляет 1—2, реже 5. Это в свою очередь говорит о том, что для формирования аномального магнитного поля интрузивных тел важное значение имеют как χ , так и I_r , следовательно, $\vec{I} = \vec{I}_i + \vec{I}_r$.

Кроме того, если для эффузивных пород наклон вектора близок к горизонтальной плоскости ($\psi < 45^\circ$), то для ин-

трузивных тел этот вектор приближается к вертикальной плоскости ($\psi > 45^\circ$).

Следовательно, при одинаковой величине намагниченности изверженных пород есть основание предполагать наличие у интрузивных тел более интенсивных магнитных аномалий, чем у эффузивных образований.

Наконец, характерной особенностью магнитного поля над эффузивными образованиями является его своеобразная — полосчатая форма, вытянутость в определенном направлении. Между тем над интрузивными телами наблюдаются обычно аномалии, имеющие более или менее изометрическую форму.

Сопоставляя магнитную карту Араратской котловины с геологической картой, мы обнаруживаем, что: 1. аномалия Z_a с интенсивностью до 780 гамм в привершинной части горы Бозбурун совпадает с выходом (диаметром 500 м) на поверхность интрузивных пород основного состава; 2. аномалия Z_a у с. Дашлу с интенсивностью 1200 гамм также совпадает с обнажающейся там интрузией габбродиоритов.

Обе указанные аномалии, несомненно, связаны с интрузивными телами, так как на указанных участках не имеется других пород, способных обуславливать аномалию порядка 800—1200 гамм и больше.

Чтобы убедиться в правильности такого истолкования, рассмотрим решение геологической задачи по кривой Z_a , полученной над указанным объектом.

Как известно (29), вертикальная составляющая магнитного поля бесконечно простирающегося вертикального пласта, мощностью $2b$ и большого распространения в глубину, определяется уравнением

$$Z = 2I \left(\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{x+b}{R} - \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{x-b}{R} \right) * \quad (A)$$

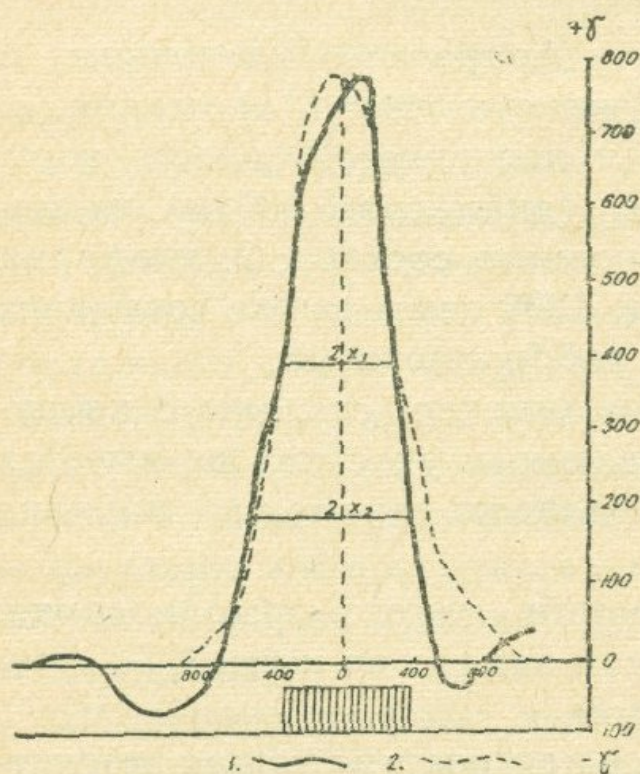
причем R — глубина залегания верхнего края залежи и b — полуширина определяются уравнениями

* Формула (A) применима для бесконечно простирающегося пласта, а здесь мы имеем дело с телом ограниченных размеров; для центральной части, в первом приближении, при вычислении порядка возможной аномалии можно пользоваться формулой (A).

$$R = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2x_1}; \quad b = \sqrt{x_1^2 - R^2}, \quad (Б)$$

где x_1 и x_2 — абсциссы соответствующих точек при $Z=0,5 Z_{\max}$ и $Z=0,25 Z_{\max}$. Зная R и b , можно вычислить I из уравнения $Z_{\max} = 4 I \operatorname{arctg} \frac{b}{R}$.

Рассматривая кривую Z_a , по меридиональному профилю, проходящему через вершину горы Бозбурун (фиг. 18), мы замечаем, что она симметрична относительно оси Z , что свидетельствует о вертикальном падении тела.



Фиг. 18. Кривая Z_a над Бозбурунской интрузией.

1 — наблюдаемая кривая.
2 — теоретическая (вычисленная) кривая.

В действительности глубина залегания андезитового нека, обнажающегося в привершинной части г. Бозбурун, составляет 50 м от вершины горы, а диаметр поперечного сечения согласно геологическим данным — 0,5 км (глава II).

Образец № 303, взятый на поверхности обнажения интрузии, был подвергнут полевому и лабораторному исследова-

Несмотря на наличие слабых отрицательных полей при незначительной глубине залегания верхней поверхности, нижняя поверхность мало влияет на напряженность поля в центральной его части. Следовательно, для решения геологической задачи можно применить вышеприведенные формулы А и Б.

По графику Z_a устанавливаем $Z_{\max} = 800$ гамм, $2x_1 = 700$ м, $2x_2 = 800$ м, следовательно, $R = 53$ м, $b = 346$ м, $I = 1430 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

По найденным значениям вычислена теоретическая кривая, изображенная на чертеже пунктиром.

ниям для определения χ , I_r . Полевые исследования показали, что $\chi = 1100 \cdot 10^{-6}$ CGSM, $I_r = 1170 \cdot 10^{-6}$ CGSM, $I = 1720 \cdot 10^{-6}$ CGSM, $I_r : I_i = 2$ (определение произведено на магнитометре М-2, при цене деления $16,5 \gamma$).

Для определения χ на астатическом магнитометре образец растирался в порошок. На трех разных магнитометрах определения $\chi \cdot 10^{-6}$ CGSM дали следующие результаты: 940; 880; 940.

Принимая среднюю величину χ равной $920 \cdot 10^{-6}$ CGSM, $I_r = 1170 \cdot 10^{-6}$ CGSM, $I_i = 400 \cdot 10^{-6}$ CGSM, получим $I = 1550 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

Сравнивая значение I , полученное из расчета с значением I , определенным экспериментально по образцам, мы убеждаемся, что задача в первом приближении решена правильно.

Теперь решим геологическую задачу по Дашлинской интрузии. По геологическим данным, интрузия представлена габбро-диоритами, поперечное сечение которой по естественным обнажениям равно 0,5—0,7 км. Определения χ , I_r пород этой интрузии показали, что $\chi = 1850 \cdot 10^{-6}$ CGSM, $I_r = 1200 \cdot 10^{-6}$ CGSM, $I = 2100 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

Определим I , R , b , используя кривую Z_a , выведенную путем усреднения двух кривых Z , полученных при пересечении интрузии в двух разных направлениях (фиг. 19).

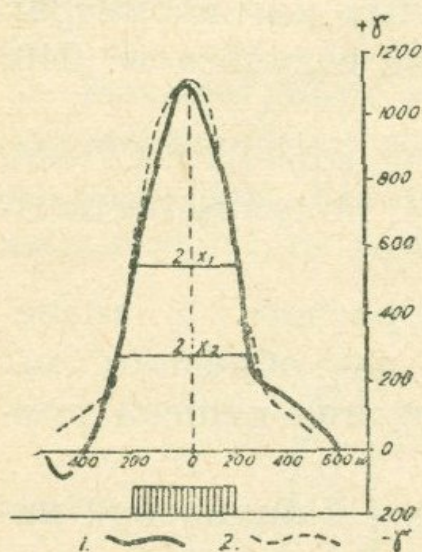
Снимая с графика Z_a расстояния $2x_1$, $2x_2$, соответствующих абсциссам, где $Z = 0,5 Z_{\max}$ и $Z = 0,25 Z_{\max}$, находим $x_1 = 200$ м, $x_2 = 240$ м, $R = 45$ м, $b = 200$ м, $I = 2060 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

По найденным значениям вычислена теоретическая кривая Z , показанная на чертеже пунктиром. Сопоставляя эти данные с экспериментально полученными показателями, приходим к убеждению о правильности решения задачи.

Таким образом, повышенная напряженность магнитного поля Z_a у вершины г. Бозбурун и с. Дашлу, несомненно, связана с интрузивными породами основного состава.

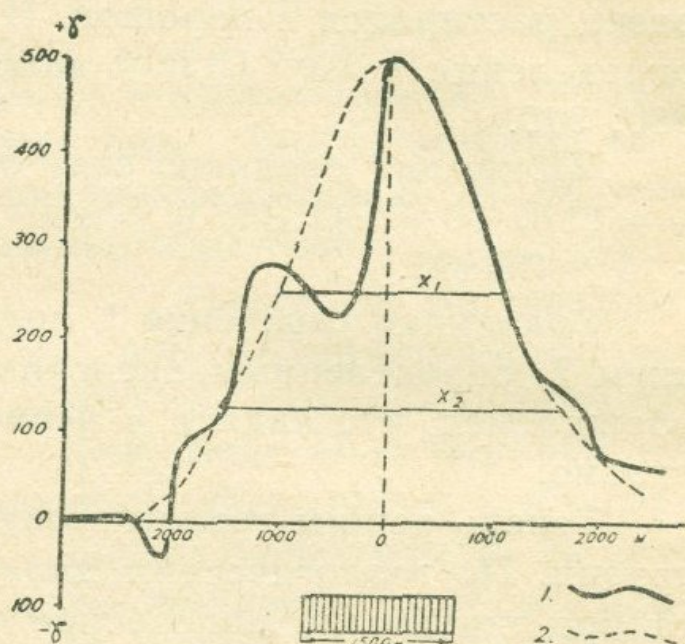
Учитывая отмеченные соотношения между магнитным полем и интрузиями изверженных пород, мы можем подойти к геологическому истолкованию интенсивной положительной аномалии на участке восточнее селения Двин.

Интенсивность аномалии у с. Двин доходит до $+580$ гамм, и ее форма аналогична отмеченной выше аномалии у вершины горы Бозбурун и с. Дашлу. Кроме этого, магнитный максимум сопровождается гравитационным локальным мак-



Фиг. 19. Кривая Z_a над Дашлинской интрузией.

1-наблюденная кривая,
2-теоретическая (вычисленная) кривая.



Фиг. 20. Кривая Z_a над интрузией у с. Двин

1-наблюденная кривая,
2-теоретическая (вычисленная) кривая.

симумом, выявленным в результате гравиметрических работ в 1948 году. Такое соотношение между магнитным и гравитационным полем, с учетом вышеизложенного, дает нам основание допустить, что в с. Двин (восточнее на 1 км) в толще осадочных отложений мезокайнозоя, возможно, имеется погребенная интрузия изверженных пород основного состава (фиг. 20).

Решая геологическую задачу по этой аномалии (фиг. 20), находим: $x_1=1050$ м, $x_2=1600$ м, $R=700$ м, $2b=1560$ м, $I=1700 \cdot 10^{-6}$ CGSM, т. е. изверженные породы, вызывающие аномалию, находятся приблизительно на глубине 700 м.

Можно допустить, что аномалия восточнее с. Двин вызвана вулканогенно-осадочными отложениями эоцена, образующими две сближенные узкие антиклинали широтного простирания, тем более, что на графике Z_a отчетливо видны два экстремума Z_a , а это свидетельствует о наличии двух близко

расположенных друг к другу самостоятельных тел. Решив геологическую задачу по каждому экстремуму в отдельности, мы получим следующую картину:

Для левой части кривой Z_a $R_1=250$ м, $2b_1=1000$ м, $I_1=700 \cdot 10^{-6}$, а для правой части кривой Z_a $R_2=530$ м, $2b_2=620$ м, $I_2=1630 \cdot 10^{-6}$, т. е. объекты, вызывающие аномалию, находятся на разных глубинах и имеют различную интенсивность намагниченности. Однако конфигурация аномалии у с. Двин, а также ее совпадение с гравитационным максимумом говорит в пользу первого предположения — о возможной его связи с интрузией. Характерно то, что внедрение интрузивных массивов приурочено, как правило, к присводовой части антиклинальных структур. Магнитные максимумы в районе горы Бозбурун, у с. Дашлу (восточнее с. Двин) приурочены к сводам антиклиналей и отвечают развитым здесь основным интрузиям.

Учитывая мощность третичных и меловых отложений рассматриваемого участка, можно допустить, что интрузия не древнее третичного возраста.

Некоторое повышение поля Z_a на южном склоне горы Бозбурун у канала им. Сталина, по-видимому, связано с диабазовыми порфиритами и их туфами мелового возраста, слагающими ядро Даргалинской антиклинали. Согласно нашим определениям, магнитная восприимчивость этих порфиритов в среднем составляет $400-600 \cdot 10^{-6}$ CGSM, и они могут обуславливать поле с интенсивностью 200—300 гамм.

Относительно резкое изменение поля Z_a (от +800 до —590 гамм на участке Кичик-Веди, Шихляр-Шидлу, Халиса-Арабат) мы связывали с нахождением на некоторой глубине изверженных пород типа андезито-базальтовых лав. И действительно, скважины, пробуренные в указанном районе Армянским геологическим управлением (для гидрогеологических целей), на глубине вскрыли базальтовый покров различной мощности. Так, например: скв. № 16 (в с. Шидлу), 11 (в с. Халиса), 14 (СЗ горы Хор-вираб на 2 км), 17 (на берегу р. Аракс), 19 (у ст. Араздзян) и структурная скважина № 2 (южнее с. Арабат на 3 км), прорезав аллювиально-делювиальные и озерные отложения на глубине 93,

119, 114, 124, и 120 м от поверхности, вошли в базальтовый покров. Почти все скважины, кроме скв. № 2, остановлены в базальтах на разных глубинах.

Учитывая практическую немагнитность палеозойских отложений (глава III) и относительно высокую магнитность андезито-базальтовых лав, в первом приближении вычислим поле, создаваемое андезито-базальтами в зоне контакта этих пород с породами палеозоя по линии Кичик-Веди-Шидлу.

Известно, что вертикальная составляющая магнитного поля над вертикальным контактом пород с различной намагниченностью определяется уравнением

$$Z = 2I \arctg \frac{xI}{x^2 + h^2 + hI}, \quad (B)$$

где I — мощность магнитной породы по вертикали; h — глубина залегания контакта (мощность наносов).

Из уравнения (B) следует, что при $x = 0$, $Z = 0$, т. е. над линией контакта кривая Z проходит через нуль, а в точке $x = \pm \sqrt{h(h+I)}$ достигает соответственного максимума и минимума.

Для нашего случая глубина залегания базальтового покрова, согласно данным скважин, $h = 100$ м, вертикальная мощность в среднем 30—40 м, $Z_{ex} = 600—700$ гамм (по линии Кичик-Веди-Шидлу). Принимая $Z = 650$ гамм, $h = 100$ м, $I = 35$ м, получим величину I по формуле (B) равным $20 \cdot 10^{-3}$ CGSM. Иначе говоря, чтобы получить на земной поверхности аномалию порядка +650 гамм, породы, находящиеся на глубине 100 м от поверхности и имеющие в среднем мощность 40 м, должны обладать намагниченностью, равной в среднем $20000 \cdot 10^{-6}$ CGSM*. Необходимо указать, что четвертичные базальтовые лавы Приереванского района, согласно имеющимся данным, характеризуются значением $I_r \cdot 10^{+6}$ от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч. Следовательно, в принципе, находясь на глубине, они могут обуславливать указанную аномалию.

* Предположительно принимаем, что наносы существенного искажения в данные измерения не вносят.

Как конфигурация аномалии, так и площадь распространения и характер поля Z_a допускают предположение, что андезито-базальтовый поток стекал с юга (со стороны горы М. Арарат) и заполнял гипсометрически пониженные участки между горами Хор-вираб и Сари-баба.

Что касается аномалий на участке сс. Верх. Даргалу-Юва, то они, по-видимому, связаны с наличием в третичных и меловых отложениях отдельной толщи, которая выделяется по своим магнитным свойствам из комплекса слагающих данный район осадочных пород, находящихся на некоторой глубине и могущих создать поле Z_a порядка 100—200 гамм. Такими породами в осадочной свите могут быть красные глины, песчаники и галечники наподобие пестроцветной толщи (среднего миоцена?), слагающей СЗ крыло Шорагбюрской антиклинали.

Интенсивные положительные аномалии на участке Веди-Ширазлу-пос. Цемзавод свидетельствуют либо о наличии на этом участке, на небольшой глубине, отдельных интрузивных залежей, либо отдельных останцев изверженных пород. Возможно также наличие в осадочной толще свит с повышенной намагниченностью.

Однако, исходя из формы аномалии и ее интенсивности, можно допустить, что аномалия между сс. Тайтан и Веди вызвана погребенной интрузией изверженных пород основного состава, наподобие описанной выше Дашлинской интрузии.

Решая геологическую задачу по этой аномалии, мы устанавливаем, что $R=500$ м, $2b=1100$ м, $I=1650 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

Мощность третичных отложений дает основание полагать, что интрузия не древнее третичного возраста.

Несколько слов о природе магнитного локального максимума в районе с. Аван (между сс. Аван и Ариндж). Исходя из формы (изометричности) и интенсивности этой аномалии, мы склонны видеть ее природу в наличии на некоторой глубине от земной поверхности погребенной интрузии, которая была вскрыта буровыми работами в районе с. Аван. Мощность силовой залежи интрузивных базальтов, вскрытой опорной скважиной на глубине 560 м, составляет 200 м. На основании определений магнитной восприимчивости указанных

базальтов ($\chi = 3000 \cdot 10^{-6}$ CGSM), принимая случай прямой намагниченности в первом приближении, нами вычислена возможная аномалия, обусловленная указанной залежью.

В качестве примера вычислим по формуле (В) поле Z_a над интрузивными базальтами мощностью 200 м при глубине их залегания от поверхности в 560 м.

Принимая $I = 6500 \cdot 10^{-6}$ CGSM, $l = 200$ м, $h = 560$ м, получим $Z_{ex} = 200$ γ.

Учитывая неоднородность перекрывающих толщ, можно прийти к выводу, что максимум поля Z_a в районе с. Аван, возможно, связан с интрузивными базальтами.

Достигающие нескольких тысяч гамм интенсивные магнитные аномалии, выявленные нами в 1947 г. в районе с. Капутан, вызваны наличием железорудного проявления (7).

Сопровождение магнитной аномалии в районе с. Капутан гравитационным относительным максимумом дает основание предполагать наличие здесь не вскрытого эрозией глубинного интрузивного массива.

д) О соотношениях между магнитным полем
и тектоническими нарушениями

Тектонические нарушения, если они на каком-либо горизонте захватывают магнитные породы, вызывают магнитные аномалии, по виду и форме которых возможно прослеживание тектонических разрывов.

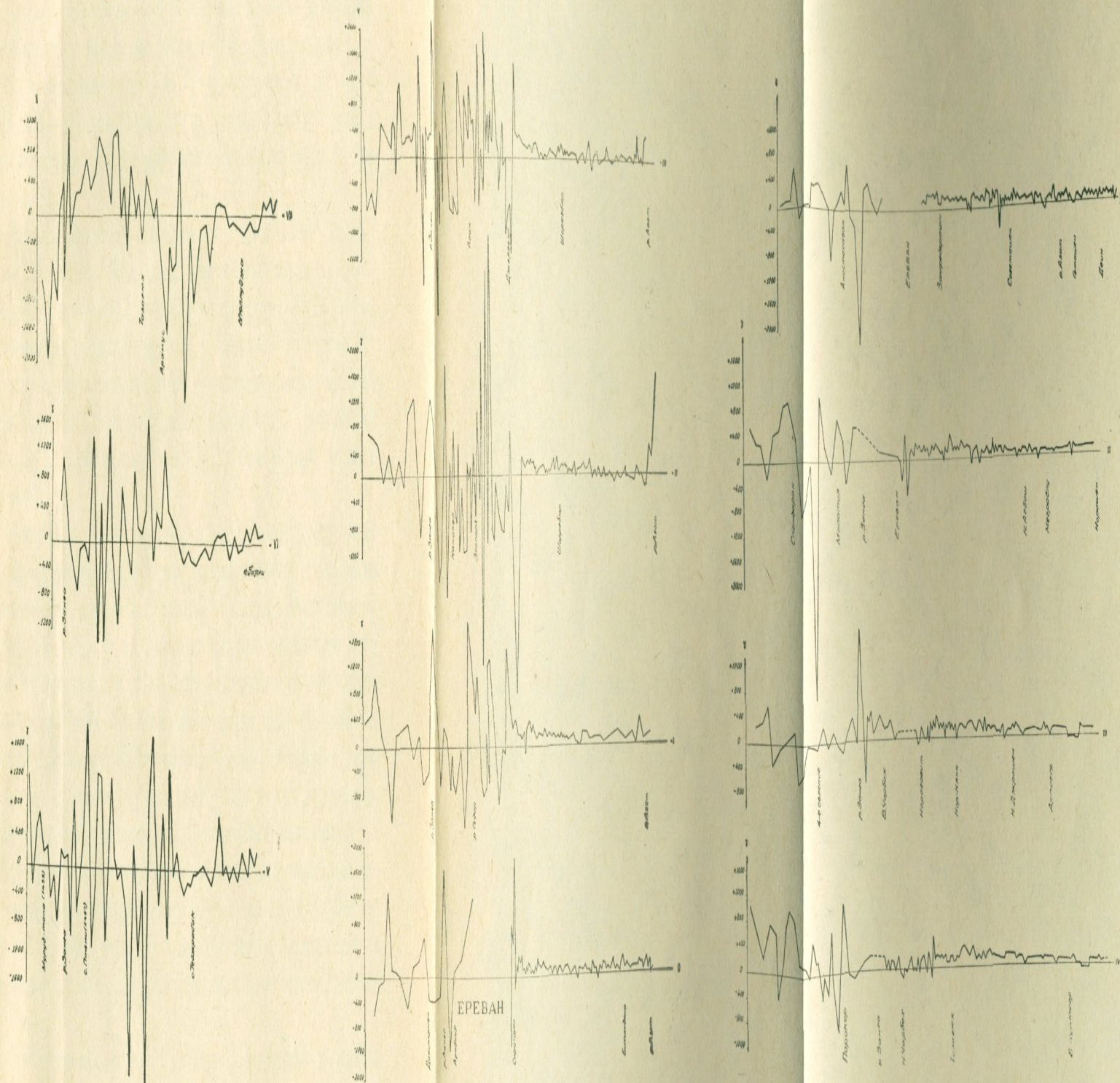
Большую роль в тектонике Араратской котловины играют нарушения дизъюнктивного характера. Касаясь вопросов тектоники Армении, Освальд указывает: «В Армении миоценовое складкообразование прошло предел пластичности и на обширном пространстве Армянского нагорья появляются трещины разлома, разбивающие область на отдельные глыбы, частично опустившиеся, частично поднятые вверх и надвинувшиеся друг на друга». Среди направлений, по которым произошли разломы и нарушения, Освальд указывает СЗ—ЮВ, СВ—ЮЗ и меридиональное направления. Как доказательство, Освальд приводит линейное расположение некоторых вулканических очагов Армении и шлаковых конусов Гегамского хребта.

ГРАФИКИ Z_d ПРИЕРЕВАНСКОГО РАЙОНА

1 2 3 4 км

Составил: А. В. Ц. П.

1950



Фиг. 21. Графики Z_d Приереванского района.

Как на магнитной карте, так и на магнитных профилях контакт между вулканогенными и осадочными толщами по линии сс. Ахта-Солак-Бжни-Арзакан и далее на запад хорошо отбивается в виде перехода от резко аномального поля над изверженными (эффузивными) породами к спокойному, близкому к нормальному и слабо отрицательному, полю Z_a над комплексом немагнитных пород мелового и кембрий-докембрийского возрастов Бжни-Арзаканского массива.

Характер изменения поля Z_a этого участка по линии сс. Н. Ахта-Арзакан указывает на наличие между указанными пунктами сброса широтного простирания вдоль р. Занга (фиг. 8).

Контакт между вулканогенными и осадочными отложениями по линии Кюлуджа-Джрвеж-Закфедерация, выявленный геологической съемкой, отчетливо отражается на карте магнитных аномалий (фиг. 8) и графиков Z_a (фиг. 21), как зона резко переходящая от интенсивных аномалий (обоих знаков) над вулканогенными породами к спокойному, близкому к нормальному, полю над осадочными отложениями.

Контакт вулканогенных пород с осадочными, установленный магнитометрией и хорошо согласующийся с данными геологической съемки на участке Кюлуджа-Закфедерация, прослеживается, как это видно из анализа магнитного поля, далее на юго-запад и юг до железнодорожной линии Ереван-Зангибасар-Мхчян. Следовательно, магнитной съемкой на участке Закфедерация-Зангибасар-Мхчян установлена скрытая под наносами контактовая зона между вулканогенными и осадочными породами. Относительно повышенное поле Z_a северо-восточнее указанной линии и относительно пониженное (отрицательное) поле на юго-западе от нее дает основание полагать о наличии дизъюнктивного нарушения в центральной части Араратской котловины по линии Зангибасар-Мхчян.

Наше предположение о наличии нарушения в районе сс. Зангибасар-Мхчян находит подтверждение в гравиразведочных данных. Согласно этим данным интенсивность относительного максимума силы тяжести в районе с. Тазагюх

интерпретируемая А. Т. Донабедовым как приближение к дневной поверхности относительно плотных пород палеозоя и кембрия-докембрия, убывает как на северо-восток — к Еревану, так и на юго-запад — к р. Аракс. При этом убывание Δg на юго-востоке к Зангибасару происходит с относительно большим градиентом, что, возможно, указывает на резкое погружение поверхности палеозоя и увеличение мощности более молодых третичных и четвертичных отложений.

В пользу нашего предположения о наличии нарушения в районе Зангибасар-Мхчян свидетельствуют имеющиеся травертиновые щиты и выход ряда источников в районе с. Агамзалу.

Следующее нарушение дизъюнктивного характера, отмеченное на геологической карте А. Т. Асланяна с востока на запад по линии Чиманкенд-Веди-Енгиджа (севернее 1 км), достаточно отчетливо выявлено магнитной съемкой и отрисовано далее на запад-юго-запад до р. Аракс (фиг. 8).

Группа тектонических нарушений Араратской котловины не нашла отражения как на карте Z_a , так и на графиках Z_a , по-видимому, эти группы нарушений охватывают относительно небольшие по мощности и мало отличающиеся по своим магнитным свойствам толщи в осадках. К таким нарушениям можно отнести: шорагбюрский сброс, отмеченный А. Т. Асланяном (12) над сводом Шорагбюрской антиклинали, и зовашенский сброс, указанный на геологической карте по линии Зовашен-В. Агбаш (фиг. 8).

2. О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ КАРТИРОВАНИЯ ПОКРЫТЫХ ЭФфуЗИВНЫМИ ПОРОДАМИ СТРУКТУР В ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩЕ

При производстве магниторазведочных и гравиразведочных работ в Араратской котловине, нами была сделана попытка применить в данных условиях магниторазведку для выявления (картирования) структур в осадочных отложениях, покрытых магнитными породами типа андезито-базальтовых лав.

Широкое распространение андезито-базальтовых лав в Армении и Закавказье вообще, Западной Сибири и других районах Союза обуславливает актуальность и большое практическое значение решения поставленной задачи.

В результате проведенной магнитной съемки намечены подлазовые долины по линиям: Гямрез-Дзорагбюр-Джрвеж-Ереван, Арамус-Аван, Кетран-Птгни-Давидашен и др. Поскольку древним долинам обычно могут соответствовать антиклинальные и синклинальные структуры, появляется возможность косвенным путем судить об антиклинальных и синклинальных структурах в осадочных отложениях, погребенных под лавами.

С точки зрения перспективности в отношении возможной нефтегазоносности практический интерес чаще представляют антиклинальные структуры.

Чтобы выяснить тектоническую структуру подлазовых долин, выявленных магниторазведкой, мы обратились к данным гравиметрических исследований.

Подлазовые долины, характеризующиеся гравитационным максимумом, мы считаем антиклинальными, а характеризующиеся гравитационным минимумом — синклинальными.

В описываемом случае магнитному минимуму по линии Гямрез-Дзорагбюр-Джрвеж-Ереван соответствует гравитационный относительный минимум, что говорит о возможности наличия здесь под лавами синклинальной структуры в осадочных отложениях.

Магнитному относительному минимуму по линии Арамус-Аван соответствует относительный максимум аномалии силы тяжести, что свидетельствует об антиклинальном характере намеченной магниторазведкой подлазовой долины. Точно такое же соответствие магнитного минимума гравитационному относительному максимуму по линии Кетран-Птгни-Давидашен говорит, по-видимому, о наличии на этом участке антиклинальной долины.

Особенности полей Z_a и Δg приводят к мысли о наличии ряда мелких складок СВ—ЮЗ простирания под лавами в тре-

тичных отложениях между сс. Кетран-Егвард на СВ и сс. Давидашен-Аштарак на ЮЗ. Для их выявления и прослеживания необходимы дальнейшие детальные геофизические работы.

Таким образом, представляется возможность, путем сопоставления магнитного и гравитационного полей между собой отличать антиклинальные долины от синклиналичных.

Установленные соотношения справедливы при условии, если лавовый покров налегает непосредственно на осадочную немагнитную толщу и не перекрывается другими эффузивами. Когда же лавовый покров перекрывается более молодыми андезито-базальтовыми лавами, имеют место как отрицательные, так и положительные аномалии, вследствие чего в их соотношениях аналогичная закономерность не наблюдается.

До сих пор рассматривалась возможность картирования структур в осадочных отложениях, покрытых магнитными эффузивами, обнажающимися на дневной поверхности. Теперь рассмотрим случай, когда эффузивы (долеритовые базальты) покрыты современными аллювиальными и деллювиальными отложениями.

Как известно, эффузивные породы третичного и четвертичного возрастов, широко развитые в северо-восточной части Араратской котловины, по мере движения на ЮЗ, к р. Аракс, погружаются под аллювиальные отложения. По данным скважин, пробуренных в целях геологического изучения Араратской котловины, мощность наносов возрастает в общем с севера на юг, достигая на отдельных участках близ р. Аракс 200 м. На большей части площади южной зоны, между с. Джанфида на западе и гор. Ереван на востоке, озерно-речные, аллювиальные и пролювиальные отложения подстилают базальтовый покров различной мощности от 0 до 200 м. Это, возможно, находит свое подтверждение в факте перемежаемости аномалии Z_a различного знака и интенсивности, в отличие от площади к ЮВ от гор. Ереван, где излившиеся вулканогенные породы отсутствуют и магнитное поле, обусловленное мощной толщей осадочных образований, характеризуется исключительно положительными значениями Z_a .

Общее понижение магнитного поля на участке Ниж. Чарбах-Енгиджа, по сравнению с СВ частью участка, где отсутствует базальтовый покров, очевидно указывает на наличие подластовой долины на этом участке, но так как магнитному минимуму ($Z_a = -150\gamma$ в с. Енгиджа) соответствует гравитационный относительный максимум, эта долина должна считаться антиклинальной.

Далее на юг, между сс. Зангибасар и Ранчпар, относительному минимуму магнитного поля Z_a соответствует относительный минимум силы тяжести, что дает основание связывать подластовую долину СЗ—ЮВ простираения с наличием в осадочных отложениях синклинальной структуры.

Возможно, что к моменту излияния лав древнее русло р. Аракс на участке Кархун-Шуракенд пролегало значительно севернее, чем в настоящее время.

Приведенные примеры с определенной убедительностью говорят о некоторых возможностях изучения глубинного геологического строения Араратской котловины на участках, покрытых эффузивами третичного и четвертичного возрастов методами магниторазведки в комплексе с гравиразведкой.

Вообще же андезито-базальтовые лавы различной генерации, благодаря своим высоким магнитным свойствам, создают весьма неблагоприятные условия изучения подластовой структуры методом магниторазведки. Для исключения влияния лав съемку необходимо производить с высоты.

Приближенный математический расчет показывает, что при высоте полета самолета от поверхности Земли в 1000 м андезито-базальтовые лавовые покровы мощностью 100 м при намагниченности в $5000 \cdot 10^{-6}$ CGSM заметного влияния на магнитное поле оказывать не будут.

* * *

Говоря о геологическом значении аномалии силы тяжести, необходимо подчеркнуть сделанные А. Т. Донабедовым, Ц. Г. Акопяном и П. Е. Безукладниковым еще в 1948 году общие выводы о том, что относительный максимум аномалии силы тяжести, расположенный в юго-восточной части Арарат-

ской котловины, южнее с. Кичик-Веди, пространственно совпадает с северо-западным окончанием обнажений палеозоя, представленного относительно плотными ($\sigma = 2,6 - 2,65 \text{ г/см}^3$) породами.

«Так как гравитационный максимум в районе Кичик Веди,— пишет А. Т. Донабедов,— объясняется неглубоким залеганием палеозойских отложений с плотностью 2,6—2,65 и соответственно неглубоким залеганием докембрийского фундамента, то весьма вероятно, что и максимум в районе с. Тазагюх обусловлен поднятием мезозойских, палеозойских и кембрий-докембрийских отложений, а убывание интенсивности аномалий к СВ, в направлении к Еревану, Авану и далее к с. Фонтан, и к ЮЗ, в направлении к Зангибасару и долине р. Аракс, обусловлено погружением этих отложений и соответственно возрастанием мощности менее плотных третичных и возможно мезозойских отложений».

Следовательно, относительный максимум аномалий силы тяжести в районе Тазагюх объясняется поднятием сравнительно плотных пород, слагающих ядро большой ($20 \times 10 \text{ км}^2$) антиклинальной складки СЗ—ЮВ простираения с осью, проходящей через Тазагюх-Енгиджа-Агавнатун.

В настоящее время наличие поднятия в районе Тазагюх-Енгиджа установлено крелиусными и 1-ой (опорной) Аванской скважинами (см. главу II).

Далее, из сопоставления магнитных и гравитационных карт (см. фиг. 11) северной зоны (с учетом физических свойств пород) и данных буровых скважин, следует, что региональное убывание интенсивности аномалии силы тяжести с юго-запада на северо-восток, от с. Тазагюх к с. Элар и появление интенсивных отрицательных и положительных магнитных аномалий в том же направлении обусловлены погружением на большую глубину более плотных ($\sigma = 2,6 - 2,8 \text{ г/см}^3$), практически немагнитных пород палеозоя и, возможно, кембрия-докембрия, с последующим увеличением мощности менее плотных ($\sigma = 2,15 - 2,35 \text{ г/см}^3$) и относительно магнитных пород третичного и четвертичного возрастов.

«Относительно высокий градиент убывания Δg , возможно, указывает на резкое погружение кристаллического фун-

дамента к северо-востоку от Тазагюхского максимума». Это мнение, высказанное А. Т. Донабедовым, в некоторой степени подтверждается результатами пробуренных в Приерезанском районе скважин.

Действительно, опорная скважина в с. Аван вскрыла пестроцветную толщу среднего миоцена (?) на глубине 1168 м от поверхности, а Шорагбюрскую толщу — на 1670 м, в то время как последняя в скв. № 7 (Тазагюх) была вскрыта лишь на глубине 200 м от поверхности. Таким образом, на расстоянии 15—17 км к СВ от Тазагюхского гравитационного максимума мощность третичных отложений возрастает и, согласно данным А. А. Габриеляна (16, 18) и А. Т. Асланяна (11, 13), в указанном районе доходит до 3 км и больше.

Общее понижение магнитного и гравитационного полей как на Канакер-Дзорагбюрском плато, так и в районе с. Фонтан в определенной степени связывается нами с резким погружением на указанных участках древних плотных пород и увеличением мощных толщ третичных и четвертичных отложений. Наличие третичного соленосного бассейна в Приерезанском районе в настоящее время устанавливается скважинами № 2, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24, опорной № 1 (в Аванском районе), 12 (с. Верх. Чарбах), 14 (с. Давидашен), 30 (с. Маяковское), 8 и 9 (г. Ереван), 26 (на р. Занга) и скважинами у сел. Нурнус и Элар. Границы соленосного бассейна проходят: на юге по линии Ереван-Чарбах-Эчмиадзин, на западе и севере — Эчмиадзин-Аштарак-Егвард-Нурнус-Соллак-Н. Ахта, на востоке — западный склон Гегамского хребта по линии Инак-сар-Атис-Тутия-Вохчаберд-Ереван.

Вулканические конусы Гутан-сар и Атис представляют собой локальное поднятие на общем фоне крупной депрессии, заполненной в значительной мере соленосными отложениями.

ГЛАВА VII. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И НАПРАВЛЕНИЕ ДАЛЬНЕЙШИХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ

Научные и практические выводы

В результате магниторазведочных работ, проведенных в 1948—1952 гг., впервые составлена сводная карта аномально-го магнитного поля Араратской котловины и прилежащих районов Армянской ССР масштаба 1 : 100.000 и выяснены основные факторы, обуславливающие магнитное поле исследованной территории. Анализ магниторазведочных работ позволяет сделать следующие научные и практические выводы.

1. Магниторазведка вполне применима для картирования вулканогенных и осадочных пород в исключительно сложных геолого-геофизических условиях Араратской котловины, где широкое распространение имеют магнитные эффузивы поздне-третичного и четвертичного возрастов, перекрывающих более древние породы.

2. Магниторазведка дала положительные результаты в работах по выявлению интрузивных массивов основного состава в осадочных отложениях, когда последние не покрыты магнитными эффузивами.

3. Магниторазведка применима также для выявления и прослеживания линий тектонических нарушений под наносами.

4. Магниторазведка применима для геокартирования обнажающихся и погребенных третичных и более древних структур, не покрытых лавами, при условии, когда в этих осадочных отложениях имеются толщи, выделяющиеся по своим магнитным свойствам от остальных толщ, участвующих

в геологическом строении района (при разности $Z > 200 \cdot 10^{-6}$ CGSM).

5. Эффузивные породы Араратской котловины и, возможно, большей части Армянской ССР и Закавказья, намагничены косо по отношению к земному полю.

Впервые доказано, что в условиях Армении остаточная намагниченность горных пород является важным, определяющим фактором формирования геомагнитного поля. Именно влиянием остаточной намагниченности можно объяснить полосовой характер магнитных аномалий, приуроченных к областям распространения эффузивов.

Как правило, направление вектора естественной остаточной намагниченности не совпадает с направлением индуцированной намагниченности и для вычисления общей намагниченности необходимо I_r и I_i суммировать геометрически.

6. Обычно наблюдаемые над молодыми магнитными эффузивами интенсивные отрицательные и положительные аномалии обусловлены в основном направлением вектора остаточной намагниченности и зависят от места установки прибора (магнитометра) по отношению к лавовому потоку. Измерение аномального магнитного поля над краями ущелий и над террасами рек, сложенными магнитными породами, не может служить основанием для определения вертикального градиента, так как в подобных случаях сказывается искажающее влияние рельефа на поле Z_a . Это следует иметь в виду при производстве магниторазведочных работ в высокогорных областях с резко выраженным рельефом.

7. Произведенная автором статистическая обработка данных по магнитным свойствам горных пород Араратской котловины и сопредельных районов Армянской ССР, в зависимости от стратиграфического положения, литолого-петрографического состава, позволяет подразделить их на 3 группы:

- а) практически немагнитные ($Z=0-100 \cdot 10^{-6}$ CGSM);
- б) слабо магнитные ($Z=100-1000 \cdot 10^{-6}$ CGSM);
- в) магнитные ($Z=1000-5000 \cdot 10^{-6}$ CGSM и более).

Установлено, что в общем магнитность пород возрастает от более древних геологических образований к более молодым, изменяясь при этом в довольно широких пределах вну-

три однотипных по возрасту и литологическому составу горизонтов.

8. Для выявления и прослеживания структур в осадочных отложениях как не покрытых, так и покрытых эффузивами целесообразно применять магниторазведку с гравиразведкой. Комплексное применение этих двух методов дает возможность подойти к более однозначному истолкованию аномалий.

В результате комплексного применения гравиразведки с магниторазведкой, в центральной части Араратской котловины выявлена погребенная структура СЗ—СВ простирания с центром Тазагюх-Енгиджа.

Кроме того, гравиметрическими и магниторазведочными работами к северо-западу от Кичик-Веди выявлена протяженная зона уступообразного опускания палеозоя с резким возрастанием мощности кайнозоя и мезозоя.

9. Магниторазведочные исследования в Араратской котловине, на участках, заполненных андезито-базальтовыми лавами, позволяют воссоздать основные черты древнего рельефа к моменту излияния базальтов, что может иметь важное значение для геологии и особенно гидрогеологии и инженерной геологии.

Проведенной магнитной съемкой на исследованной территории намечены подластовые долины по линиям Раздан-Дзорагбюр-Джрвеж-Ереван, Арамус-Аван, Птгни-Давидашен — 4-е селение и др.

10. Разбор фактического материала по намагниченности изверженных горных пород Армении показывает, что существует закономерная связь между возрастом указанных пород и характером их намагниченности, а именно: параметр Q возрастает по мере уменьшения возраста породы, а параметр ψ — возрастает, оставаясь все же меньше 45° .

Как правило, для нормально намагниченных пород I_r направлен сверху вниз, азимут вектора I_r стремится к 0° , а для обратно намагниченных пород I_r направлен снизу вверх, азимут вектора I_r стремится к 180° .

Используя указанные характерные особенности магнитных свойств изверженных пород Армении и измерив магнитное поле над ними, удалось в определенной степени приме-

нить магниторазведку для геокартирования вулканогенных пород, а также произвести корреляцию территориально разобщенных разновозрастных лав (6).

Полученные по палеомагнетизму изверженных пород Армении данные свидетельствуют о существенном изменении направления магнитного поля Земли в геологическом прошлом.

6. Направление дальнейших геофизических работ

Из рассмотрения карт магнитных и гравитационных аномалий и их геологического истолкования, с учетом результатов других методов разведочной геофизики, материалов структурного бурения, а также геологических исследований, можно сделать следующие выводы о направлении дальнейших геофизических работ.

1. Для выяснения характера погружения палеозоя и мощности мезо-кайнозойских отложений в области вероятного крутого погружения палеозоя к западу от с. Кичик-Веди необходимо произвести электроразведочные и сейсморазведочные работы. Исходя из того, что палеозойские и, возможно, кембрий-докембрийские породы должны резко отличаться от пород мезозоя и кайнозоя своим высоким удельным сопротивлением и высокими скоростями распространения сейсмических волн, применение этих методов даст возможность проследить погружение палеозоя под мезозойские и кайнозойские отложения к северо-западу от выходов этих пород на поверхность в районе г. Хорвираб.

Эта задача может быть выполнена применением метода ВЭЗ и электропрофилирования, а также сейсмическими работами методом преломленных волн. Необходимо произвести сейсмокаротаж во всех или в большинстве имеющихся в Араратской котловине крелиусных и глубоких структурных скважин, так как знание изменений средней скорости с глубиной имеет первостепенное значение для обоснованного применения и интерпретации результатов в методе как отраженных, так и преломленных волн.

Для определения глубины залегания и литолого-фациальных особенностей третичных отложений и их физических свойств, в пределах указанной зоны опускания палеозоя, а

также с целью изучения глубоких горизонтов третичных и мезозойских отложений и возможного выявления нефтегазоносных структур типа стратиграфических ловушек, необходимо заложить по крайней мере одну скважину северо-западнее г. Хорвираб, в 1,5 км к западу от Кичик-Веди*.

Учитывая, что скважина № 22 (4), в с. Новрузлу, на глубине 425 м вошла лишь на несколько метров в самые верхи третичных отложений, намечаемую скважину необходимо за проектировать на глубину не менее 1500—2000 м.

2. Учитывая, что гравиразведкой и магниторазведкой в районе Зангибасара отмечено нарушение дизъюнктивного характера, имеющего близкое к меридиональному простиранию, применение метода отраженных волн, возможно, не даст указаний о наличии сбросов. В этом случае прослеживание линий нарушений можно произвести методом преломленных волн, при помощи нескольких профилей, перпендикулярных к предполагаемой линии нарушения.

Сейсморазведочные работы в районе сс. Тазагюх-Зангибасар дадут ценный материал для выяснения взаимоотношений различных структур в месте их сочленения или пересечения.

3. Необходимо провести гравиразведочные исследования в юго-восточной части Араратской котловины, восточнее населенных пунктов Геташен (на севере) и Кичик-Веди, г. Хорвираб (на юге) до условной линии, проходящей через населенный пункт Гелайсор (на севере), Чиманкенд-Армаш (на юге). При этом особое внимание должно быть уделено изучению гравитационного поля между горами Еранос и Бозбурун, а также участка между сс. Анастасаван-Кичик-Веди-Арарат-Веди.

В результате магниторазведочных работ в юго-восточной части Араратской котловины, в 2 км восточнее с. Двин, в вулканогенно-осадочных отложениях эоцена, слагающих небольшую антиклиналь широтного простирания, выявлен магнитный максимум с значением $Z_a = 560$ гамм, который интерпре-

* Бурение в районе Арташатской зоны больших градиентов А. Т. Донабедовым было предложено еще в 1949 г., однако до сего времени оно не выполнено.

тируется нами как признак наличия в ядре складки погребенной интрузии. По материалам гидрогеолога В. А. Аветисяна, воды двинских источников характеризуются высоким содержанием хлоридов щелочей, отсутствием или весьма незначительным содержанием иода (4—6 миллиграмм в литре), присутствием брома и нафтеновых кислот. Благоприятность этих показателей, а также выходы минеральных источников в непосредственной близости к указанной аномалии дают основание считать район к востоку от с. Двин перспективным в отношении возможной нефтеносности. Исходя из этого, а также с целью проверки геологической интерпретации магниторазведочных данных, необходимо заложить одну скважину в районе с. Двин, восточнее канала им. Сталина на 1,5—2 км. Глубина скважины 800—1000 м.

Следует отметить, что ввиду малой глубины (от 300 до 600 м) и незначительности числа крелиусных скважин, пробуренных в юго-восточной и центральной частях Араратской котловины, где четвертичные отложения имеют большую мощность, нельзя рассчитывать на выявление с их помощью геологической природы гравитационных и магнитных аномалий. Бурение здесь должно быть доведено до глубины 1000 м и более.

4. Желательно проведение детальных гравиметрических и магниторазведочных работ на Егвардском плато, между реками Занга (Раздан) и Касах.

5. В северо-восточной части Араратской котловины в районе с. Фонтан выявлен обширный по площади гравитационный минимум силы тяжести, который на общем фоне пониженного поля Z_a сопровождается резкими изменениями аномального магнитного поля. Такое же соотношение между магнитным и гравитационным полями, наблюдаемое на Канакеро-Дзорагбюрском вулканическом плато, объясняется погружением палеозойского и кембрий-докембрийского фундамента с одновременным увеличением мощности мезозойских и кайнозойских отложений, в особенности гипсоносно-соленосной толщи.

Учитывая сказанное, необходимо заложить одну скважину на фонтанском минимуме силы тяжести и магнитного поля.

Место заложения скважины — с. Фонтан, проектная глубина ориентировочно — 1200—1500 м. Нами предполагается здесь следующий разрез: скважина, прорезав четвертичные вулканогенные образования (андезито-базальтовые лавы), на глубине 150—200 м вскрыет кровлю третичных отложений и на глубине 300—400 м войдет в соленосную толщу миоцена, мощность которой возможно окажется 300—500 м.

6. Необходимо продолжить систематическое изучение физических свойств пород и кернов буровых скважин Армении для выявления закономерностей изменения физических свойств горных пород и минералов, способствующих правильной интерпретации материалов геофизических исследований.

Изучение физических свойств горных пород с целью выявления их пространственного изменения должно производиться в зависимости от минералогического состава, петрографических особенностей, структуры, текстуры горных пород, степени метаморфизма, а также их возраста и положения в различных условиях залегания и т. д.

7. Электроразведочными исследованиями 1949 г. в Приереванском районе и в центральной части Араратской котловины установлена возможность частичного применения этого метода для картирования структур третичных отложений. Для более полного представления об этом методе в деле изучения кровли вулканогенных пород, вскрытых в основании гипсо-носно-соленосной толщи крелиусными и опорными скважинами в Аванском районе, а также оконтуривания соленосных отложений Ереванского и Аванского районов, необходимо провести дополнительные электроразведочные работы по методу ВЭЗ и глубинному электропрофилированию.

В заключение следует указать, что дальнейшие, более детальные геофизические исследования, несомненно, внесут в нашу концепцию дополнения и уточнения. Тем не менее, если на данном уровне наших знаний о физических свойствах горных пород, опыта применения геофизических методов разведки для целей геологического картирования в условиях широкого распространения эффузивных пород эта работа все же принесет некоторую пользу, то нашу задачу можно будет считать выполненной.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Абакелиа М. С.* Геологические причины Храмской магнитной аномалии. Труды Тбилисского геофизического института, том 3, 1938
2. *Аджимамудов Э. Б.* О связи гравитационного поля с тектонической зональностью Малого Кавказа. ДАН АрмССР, том 24, № 4, 1957.
3. *Акопян Ц. Г.* О магнитных свойствах горных пород Армении. Труды Института геофизики АН ГрузССР, том XIV, 1955.
4. *Акопян Ц. Г.* Магнитное поле АрмССР и прилежащих частей Малого Кавказа по данным аэромагнитной съемки. Тезисы доклада, прочитанного на 8 научной сессии Института геофизики АН ГрузССР, посвященной 25-й годовщине со дня основания ин-та.
5. *Акопян Ц. Г.* О палеомагнетизме изверженных горных пород Армении. Изв. АН СССР, серия геофизическая, № 8, 1958.
6. *Акопян Ц. Г.* Опыт стратиграфической корреляции новейших вулканогенных образований Центральной Армении методом магниторазведки. ДАН АрмССР, том XXVII, № 1, 1958.
7. *Акопян Ц. Г., Арутюнян Э. А.* Опыт магнитной разведки железорудного месторождения в сложных геологических условиях. Изв. АН АрмССР, серия геологических и географических наук, том 10, № 4, 1957.
8. *Акопян Ц. Г.* Об одновозрастности долеритовых базальтов Приереванского района и Лорийского плато ДАН АрмССР, 21, № 5, 1955.
9. *Акопян Ц. Г.* Магнитная характеристика горных пород района курорта Джермук и некоторые особенности применения магниторазведки к геологическому картированию в условиях широкого распространения лавовых покровов. Сб. научн. трудов Ер. ПИ, № 13, вып. 3, 1956.
10. *Аракелян Р. А.* Стратиграфия палеозойских отложений юго-западной Армении и прилежащих частей Нахичеванской АССР. Изд. АН АрмССР, 1952.
11. *Асланян А. Т.* Региональная геология Армении. Айпетрат, 1958.
12. *Асланян А. Т.* Стратиграфия вулканогенных пород Приереванского района. ДАН АрмССР, том XI, № 5, 1950.

13. Асланян А. Т. Основные черты послемiocеновой истории тектонического развития Армении. Сб. научн. тр. Ер. ПИ, № 8, 1954.
14. Берсудский Л. Д. К вопросу о причинах обратной магнитной полярности рудных залежей Ангaро-Илимского района. Госуд. объедин. научно-технич. издательство, Свердловск—Москва, 1937.
15. Берсудский Л. Д. О зависимости магнитных свойств горных пород от количественного содержания ферромагнитных минералов. Геофизика, сборник, № 13, 1948.
16. Гaбриелян А. А. Третичные отложения Котайкского района АрмССР, стратиграфический очерк. Изд. АН АрмССР, 1947.
17. Гaбриелян А. А. О стратиграфическом положении и возрасте долеритовых базальтов Приереванского района. ДАН АрмССР, том IX, № 1, 1948.
18. Гaбриелян А. А. К тектонике Араратской котловины. ДАН АрмССР, том XI, № 1, 1949.
19. Грабовский М. А. Термоостаточный магнетизм горных пород. Изв. АН СССР, серия геофизическая, № 3, 1953.
20. Грабовский М. А., Пушкин А. Н. К вопросу о возникновении остаточной намагниченности обратной полярности в горных породах. Изв. АН СССР, серия геофизическая, № 4, 1954.
21. Грабовский М. А., Петрова Г. Н., Исакова Л. И. О возникновении термоостаточного намагничивания горных пород. Изв. АН СССР, серия геофизическая, № 1, 1956.
22. Егоян В. Л. Верхнемеловые отложения юго-западной части Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, 1956, Ереван.
23. Казанский А. П. Об определении элементов залегания полезного ископаемого по данным магнитометрии. Изв. АН СССР, отдел математики и естественных наук, 1938.
24. Калашников А. Г. Магнитные свойства осадочных пород. Изв. АН СССР, серия географическая и геофизическая, 1941.
25. Крапоткин П. Н. Значение палеомагнетизма для стратиграфии и геотектоники. Бюллетень московского общества испытателей природы, отдел геологический, 4, 1958.
26. Комаров А. Г. Остаточное намагничивание горных пород и их возраст. Изв. АН СССР, серия геологическая, № 10, 1957.
27. Лебедев Т. С. Гравитационные и магнитные аномалии Припятской впадины и их связь с геологическим строением. Труды Ин-та геологич. наук АН УССР, серия геофизическая, вып. 2, 1958.
28. Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Опыт намагничивания горных пород. Избр. труды, том I, Изд. АН СССР, 1949.
29. Логачев А. А. Курс магниторазведки. Госгеолиздат, М., 1951.
30. Логачев А. А. Методика исследований магнитных свойств горных пород для геолого-разведочных целей. Труды ВИРГ, вып. I, 1959.
31. Логачев А. А. Методическое руководство по аэромагнитной съемке. Госгеолтехиздат, 1955.

32. *Малинина Н. Е.* Магнитное поле Западной Сибири. Изв. АН СССР, серия географическая и геофизическая, том XI, № 1, 1947.
33. *Месропян А. И.* О генезисе четвертичных туфов Армении. Изв. АН АрмССР, том IV, 1951.
34. *Месропян А. И.* Геологическое строение Армянской ССР и перспектива нефтеносности. Труды ВНИГРИ, 1956.
35. *Миков Д. С.* Применение магнитометрии для геологического картирования. Геология и геофизика, вып. 1, 1938.
36. *Михайлова Н. П.* К вопросу о магнитности горных пород среднего Приднепровья. Труды Ин-та геологических наук АН УССР, серия геофизическая, вып. 2, 1958.
37. *Нагата Т.* Магнетизм горных пород. М., 1956.
38. *Нодиа М. З.* Новые методы полевых измерений с помощью магнитных весов. Изд. АН ГрузССР, Тбилиси, 1951.
39. *Нодиа М. З.* Магнитная микросъемка в районах Степанавана, Ахталы и Сандари. Труды Тбилисского геофизич. ин-та, том 3, 1938.
40. *Оганисян Ш. С.* О плотности горных пород Армении. Изв. АН АрмССР, серия геологических и географических наук, том XI, № 3, 1958.
41. *Оганисян Ш. С.* О природе региональных аномалий силы тяжести Араратской котловины. Изв. АН АрмССР, серия геологических и географических наук, том XI, № 1, 1958.
42. *Паффенгольц К. Н.* Геологический очерк Кавказа, Изд. АН АрмССР, 1959.
43. *Паффенгольц К. Н.* Стратиграфия четвертичных лав восточной Армении. Зап. Росс. Мин. Общества, часть X, вып. 2, 1931.
44. *Паффенгольц К. Н.* Сейсмоструктура Армении и прилегающих частей Малого Кавказа. Изд. АН АрмССР, 1946.
45. *Петрова Г. Н.* Идеальное намагничение как одно из причин высокого остаточного намагничения горных пород. Изв. АН СССР, серия географическая и геофизическая, том XII, № 5, 1948.
46. *Петрова Г. Н., Юхновец Н. И.* Изменение магнитных свойств горных пород в зоне разлома. Изв. АН СССР, серия геофизическая, № 2, 1953.
47. *Петрова Г. Н.* Три вида намагничивания горных пород. Изв. АН СССР, серия геофиз., № 4, 1956.
48. *Петрова Г. Н.* Магнитная стабильность горных пород. Изв. АН СССР, серия геофизическая, № 1, 1957.
49. *Пейсик М., Горбенко Л.* Изучение магнитной восприимчивости пород. Азерб. нефтяное хоз-во, № 9, 1934.
50. *Попов В. И.* Изучение палеомагнетизма в связи с применением магнитометрического метода. Советская геология, № 25, 1947.
51. *Почтарев В. И.* О возможной причине обратной магнитной полярности железорудных залежей. Труды НИИЗМ, вып. 7, 1952.
52. *Розе Т. Н.* О естественном остаточном намагничении горных пород. ДАН СССР, том 31, № 7, 1941.

53. *Розе Т. Н.* Магнитные свойства некоторых горных пород при разных температурах. Ученые записки ЛГУ, серия физическая, вып. 7, 1949.
54. *Розе Т. Н.* Краткий обзор отечественной и иностранной литературы по вопросам магнитных аномалий. Труды НИИЗМ, вып. 7, 1952.
55. *Скопиченко М. Ф.* Некоторые особенности геомагнитного и гравитационного аномальных полей центральной части Причерноморской впадины и их геологическое истолкование. Труды Ин-та геологических наук АН УССР, серия геофизическая, вып. 2, 1958.
56. *Собакарь Г. Т.* Тектоника закрытой части зоны сопряжения Донбаса с Приазовским массивом по геофизическим данным. Там же.
57. *Соллогубь В. Б.* К вопросу о тектоническом строении Преддобруджинского прогиба и юго-западной границы Русской платформы по данным геофизических исследований. Труды Ин-та геологич. наук АН УССР, серия геофизическая, вып. 2, 1958.
58. *Солодухо О. Ю.* Геологическое картирование магнитной съемкой Причарской полосы основных пород. Труды ГГО, вып. 7, 1938.
59. *Сорокин Л. В., Урысон В. О., Рябинкин Л. А., Долицкий В. А.* Курс геофизических методов разведки нефтяных месторождений. Гостоптехиздат, 1950.
60. *Строна А. А.* Магнитные аномалии Западной области. Проблема советской геологии, том 5, № 9, 1935.
61. *Строна А. А.* Геологические задачи для магнитометрии в изучении докембрия Европейской части СССР. Проблемы Советской геологии, том 5, № 6, 1935.
62. *Тархов А. Г.* Опыт применения геофизических методов к разведке геологических структур Европейского севера СССР. Геофизика, Сборник 11, 1947.
63. *Феофилова А. П.* Опыт применения геофизических методов при геологическом картировании. Проблемы советской геологии, № 5—6, 1940.
64. *Хейланд К. А.* Геофизические методы разведки в США. ГОНТИ, 1931.
65. *Хатько Ж. П., Бондаренко Б. В.* Основные тектонические структурные элементы Белорусской ССР по геофизическим данным. ДАН СССР, т. 106, № 4, 1956.
66. *Храмов А. Н.* Палеомагнитная корреляция осадочных толщ. Гостоптехиздат, 1958.
67. *Яновский Б. М.* Земной магнетизм. М., 1953.
68. *Bruckshaw J. Vincenz S. A.* The permanent magnetism of the Mull lavas. Monthle Notic, Roy. Astro. Society Geophys. Supple V., 6, № 9, 579—589, 1954.
69. *Dixius R.* Anomale magnetisierungsrichtungen der Rhon — Basalte, Geofis. pura e applic. 28, 109, 1954.

70. *Einarsson T., Sigurgeirsson T.* Rock magnetism in Iceland. *Nature*, 175, № 4468, 892, 1955.
71. *Craham J. W.* Rock magnetism and the earth's magnetic field during paleozoic time. *Geophys., Res.* 59, № 2, 215, 1954.
72. *Graham J. W. T. Hales A. L.* Paleomagnetic measurements on Karroodolerites. *Advanc. Physics*, V, 6, № 22, 1957.
73. *Criffiths D. H., King R. E.* Natural magnetization of igneous and sedimentary rocks. *Nature*, 173, № 4415, 1114, 1954.
74. *Hospers J.* Rock magnetism and polar Wandering, *Nature*, 173, № 4416 1183, 1954.
75. *Hospers J., Charlesworth H. A. K.* The natural permanent magnetization of the lower Basalte of Northern Ireland. *Monthly Notices Roy Astron. Soc.*, 7, № 1, 32, 1954.
76. *Hospers J.* Rock magnetism and polar Wandering. *Journ. Geology*, V, 63, № 1, 1955.
77. *Nagata T.* Natural remanent magnetism of igneous rocks and its mode of development. *Nature*, 165, 245, 1950.
78. *Nagata T.* Reverse thermoremanent magnetism. *Nature*, V. 169, 704, 1952.
79. *Opdyke N. D., Runcorn S. K.* New evidence for reversal of the geomagnetic field near the Pliocene-Pleistocene boundary. *Science* v. 123, № 3200, 1956.
80. *Roche A.* Sur L'origine des inversions d'aimantation constatées dans les roches d'Auvergne. *Compte Rend. Acad. Sci. Paris*, t. 236, № 1, 107—109, 1953.
81. *Rutten M. G., den Boer J. C.* Inversion de l'aimantation dans Les basaltes de Coiron (Ardèche) *Gompt. Rendu Soc. geol. France*, № 5, 106, 1954.
82. *Runcorn S.* Palaeomagnetic survey in Arizona and Utah: Preliminary results. *Bull. Geol. Soc. Amer*, V. 67, № 3, 1956.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	5
Глава I. Краткий обзор предшествовавших магниторазведочных и других геофизических работ	9
Общие замечания	—
1. Геофизическая изученность района	10
Глава II. Краткая характеристика геологического строения Ара- ратской котловины и сопредельных районов Армянской ССР	16
1. Орогидрография	—
2. Стратиграфия и литолого-петрографическая характери- стика пород Араратской котловины	18
3. Тектоника	25
Глава III. Намагниченность горных пород	31
Общие замечания	31
1. Методика измерения намагниченности и отбора образ- цов горных пород	33
2. Главнейшие особенности дифференциации горных по- род Араратской котловины и сопредельных районов Армянской ССР по намагниченности	37
3. Некоторые выводы относительно намагниченности гор- ных пород Армении	51
4. К вопросу о возможных причинах намагниченности эф- фузивных пород Араратской котловины и случаях об- ратной полярности некоторых их разновидностей	54
5. О палеомагнетизме изверженных горных пород Арме- нии	59
Глава IV. Методика магниторазведочных исследований	65
1. Краткая характеристика магниторазведочной аппаратуры	—
2. Методика полевых работ	66
3. О точности измерения Z_a	68
4. Методика построения карт магнитных аномалий	70
Глава V. Главнейшие элементы аномального магнитного поля Араратской котловины и ее соотношение с аномальным гравитационным полем	72
1. Основные элементы аномального магнитного поля	—
2. Главнейшие элементы аномального гравитационного поля	76

3. О некоторых закономерных соотношениях между магнитным и гравитационным полями в Араратской котловине Армянской ССР	78
Глава VI. Геологическое истолкование аномального магнитного поля Араратской котловины	85
Общие замечания	—
1. Основные факторы, обуславливающие аномальное магнитное поле Араратской котловины	86
а. О соотношениях между магнитным полем и эффузивными породами третичного и четвертичного возрастов	—
б. Влияние рельефа местности на поле Z_a в связи с характером намагниченности эффузивных пород	95
в. О соотношениях между магнитным полем и находящимися в осадочной толще структурами, не покрытыми эффузивными породами	98
г. О соотношениях между магнитным полем и интрузиями изверженных пород	106
д. О соотношениях между магнитным полем и тектоническими нарушениями	114
2. О некоторых вопросах картирования покрытых эффузивными породами структур в осадочной толще	116
Глава VII. Основные выводы и направление дальнейших геофизических работ	122
а. Научные и практические выводы	—
б. Направление дальнейших геофизических работ	125
Литература	129

Цолак Григорьевич Акопян

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ
АРМЯНСКОЙ ССР

С 1/1 1961 г. цена 54 к.

Ответственный редактор Г. М. ВАНЦЯН
Редактор издательства А. А. ВАРТАНЕСОВА
Технический редактор Г. С. САРКИСЯН
Корректор М. Т. ДАЛЬВАДЯНЦ

ВФ 08872	Заказ 421	РИСО 561	Изд. 1744	Тираж 500
----------	-----------	----------	-----------	-----------

Сдано в набор 22/VIII 1959. Подписано к печати 6/V 1960. Бумага 60×92¹/₁₆.
Уч. изд. 7.7 л. печ. 8,5 л. +6 вкл. Цена с переплетом 5 р. 35 к.

Типография Издательства АН Армянской ССР, Ереван, Абовяна, 124.

12537