

На правах рукописи

Э.В.АНАНЯН

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ КАФАНСКОГО
БРАХИАНТИКЛИНОРИЯ И РУДНОГО ПОЛЯ
(123. Геотектоника)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель -
член-корреспондент АН СССР
профессор В.В.БЕЛОУСОВ

АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ им.акад.И.М.ГУБКИНА

На правах рукописи

Э.В.АНАНЯН

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ КАФАНСКОГО
БРАХИАНТИКЛИНОРИЯ И РУДНОГО ПОЛЯ
(I23. Геотектоника)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель -
член-корреспондент АН СССР
профессор В.В.БЕЛОУСОВ

Баку - 1968



Работа выполнена в Институте геологических наук
АН Армянской ССР.

Научный руководитель - член корреспондент АН СССР,
профессор В.В.БЕЛОУСОВ.

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических
наук Э.Ш.Шихайлибейли, кандидат геолого-минералогических
наук В.Н.Шолпо.

Ведущее предприятие - Управление Сов.Министров Арм.ССР
по геологии.

Автореферат разослан "12" Декабря 1968 г.
Защита диссертации состоится "14" Января 1969 г.

на заседании Ученого Совета Института геологии им.акад.
И.М.ГУБКИНА по присуждению ученых степеней по геолого-мине-
ралогическим наукам.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
геологии.

Ваш отзыв в 2-х экземплярах просим направить по адресу:
Баку - 5, ул. Низами, 67.

Ученый секретарь
Ученого совета,
кандид. геолого-
минералогических наук

/И.А.ШИРВАНЗАДЕ/

В последнее время в тектонических исследованиях особое место занимает вопрос о механизме формирования складчатых и разрывных нарушений. Выяснение последовательности развития отдельных участков земной коры в особенности тех, к которым приурочены рудные поля и месторождения очень важно, для выяснения последовательности развития рудовмещающих структур. Препятствия исследователями окончательно не решен вопрос тектоники Кафанского района, а также совершенно не было обращено внимание на такую важную проблему, как механизм образования Кафанского брахиантиклинория и рудного поля.

Оруденение в Кафанском рудном поле контролируется в основном структурными элементами, как связными, так и разрывными нарушениями.

Целью автора было выяснение условий и механизма формирования брахиантиклинория, а также закономерности размещения оруденения на рудном поле в свете последовательности зарождения и развития складчатых и разрывных нарушений, в частном случае брахиантиклинальных складок, крупных разрывных нарушений, а также мелкой трещиноватости пород района.

С целью решения этих задач были проведены полевые геологические исследования на территории Кафанского брахиантиклинория, а также экспериментальные исследования с целью проверки концепций о ходе развития как всего брахиантиклинория, так и рудного поля.

Тектонофизические исследования в Армении проводятся впервые. Некоторые затруднения возникли при применении подобных исследований для территорий, сложенных вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями.

Во время полевых исследований на территории Кафанского брахиантиклинория были выполнены следующие работы: составлены четыре сквозных профиля масштаба 1:10000, была дополнена геологическая карта В.Т.Акопяна масштаба 1:50000, была составлена первая структурная карта территории юго-восточного Зангезура. На разных частях брахиантиклинория детально была измерена мелкая трещиноватость пород. Аналогичные исследования были проведены на рудниках "Капитальная штольня", № 6 и "Барабатум". На основании этих замеров восстановлено среднеюрское-нижнемеловое

тектоническое поле напряжений Кафанского брахиантиклинория.

Во время лабораторных исследований было поставлено свыше 30 опытов с целью изучения механизма поперечного изгиба, прослеживания хода развития крупной и мелкой трещиноватости на брахиантиклиналях, а также образования горстов, грабенных сбросов и пр. Были определены прочностные свойства основных эффузивных и осадочных образований, составляющих брахиантиклинорий, при одноосном сжатии. Проанализирован также большой фактический материал Кафанского междуречного комбината в особенности материалы по документации старых горных выработок.

Представленная диссертационная работа является результатом 5-летних (1962-1967) исследований и состоит из 213 машинописных страниц с 62 иллюстрациями и 2 таблицами физико-механических свойств главных пород Кафанского района. В работе затронуты вопросы геологического строения, структуры, истории геологического развития района, а также вопросы экспериментальной тектоники с применением тектонофизических исследований в условиях широкого развития мощных вулканогенных и вулканогенно-осадочных образований юры и мела.

В процессе работы автор постоянно пользовался консультацией зав.отделом региональной геологии Р.А.Аракеляна, кандидата геолого-минералогических наук В.Т.Акопяна. При проведении экспериментальных исследований автор пользовался консультацией доктора геолого-минералогических наук М.В.Гзовского, сотрудницы Тектонофизической лаборатории ИФЗ АН СССР Д.Н.Осокиной. Всем названным лицам, а также товарищам по работе - сотрудникам отдела региональной геологии АН Арм.ССР автор выражает свою искреннюю благодарность.

Автор считает своим приятным долгом выразить искреннюю благодарность и глубокое уважение научному руководителю работы члену-корреспонденту АН СССР, профессору В.В.Белоусову, которому он всецело обязан достигнутыми результатами.

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Геологическое строение Кафанского района

Стратиграфический разрез района начинается лавобрекчиями андезитовых порфиров и туфобрекчий байоса. Наблюдается фациальное замещение этих двух разновидностей как по вертикали, так

и по горизонтали. На разных горизонтах толщи наблюдаются линзы туфопесчаников. Видимая мощность толщи 600 м, возраст - нижний байос. На эти образования согласно налегает 450 метровая свита андезитовых, андезито-дацитовых и андезито-дацитовых кварцевых порфиров, средне-верхнебайосского возраста. В основании свиты залегает маломощная пачка туфоосадочных образований. Возраст этой свиты средний-верхний байос.

Верхнеюрские образования трансгрессивно, через базальные конгломераты налегают на среднеюрские образования. Нижняя часть верхнеюрских образований образует свиту вулканогенно-обломочных пород, представленных туфоконгломератами и туфобрекчиями андезито-дацитовых порфиров с линзами осадочных образований. Мощность свиты 900-950 м., возраст - верхний оксфорд (лузитан) - киммеридж. Титон-средневаланжинские образования представлены вулканогенно-обломочными и вулканогенно-осадочными отложениями тапасар-кармиракарской и хуступ-чимянской свит. Эти две свиты одного возраста и фациально замещают друг друга. Общая мощность пород составляет около 1000-1100 м. В составе свит местами наблюдаются мощные пачки чисто осадочного облика (известняки). На породы этих двух свит согласно налегают породы агаракской свиты верхневаланжин-готеривского возраста, представленные известняками. Мощность свиты 180 м. Известняки кармирванкской свиты - 120 м, возраст - барремский. На северо-восточной части района обнажаются песчано-мергелистые отложения нижеаптского возраста мощностью около 80 м.

На нижеаптские осадочные образования с угловым и азимутальным несогласием налегают породы верхнего апта окузаратской свиты, представленные вулканогенными и осадочными отложениями. Эти породы обнажаются на северо-западном и северо-восточном крыльях Кафанского брахиантиклинория. Мощность 300 м.

Породы татевской свиты (мощность 310 м, возраст верхний турон (?) - нижний коньяк) несогласно налегают на нижнемеловые образования; они представлены карбонатными и туфогенными образованиями.

Верхнеконьякские туфоконгломераты, туфобрекчии и туфопесчаники сваранцкой свиты мощностью 380 м согласно налегают на породы татевской свиты и обнажаются в северо-западной части брахиантиклинория.

Разрез верхнеюрских образований венчают порфириды и туфобрекчии сраберд-такцарской свиты северо-западной части района.

Возраст пород свиты сантонский, мощность около 350 м.

Плиоценовые вулканогенно-обломочные образования Горисской свиты несогласно налегают на сантонские образования. На территории брахиантиклинория обнажаются также четвертичные андезитово-базальтовые лавы.

В Кафанском районе присутствуют интрузивные образования, представленные гранитоидами, граносиенитами, раббро-диоритами, диоритами, гранитами посленеокомского и третичного возрастов. Широко представлены дайковые тела в основном диабазового состава.

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Структура

В структурном отношении Кафанский брахиантиклинорий входит в состав Сомхето-Кафанского тектонического комплекса. Здесь обнажается крупный, асимметричный Кафанский брахиантиклинорий северо-западного простирания, отличающийся от соседних зон Малого Кавказа историей развития, фациями, характерными чертами структуры, а также комплексом полезных ископаемых и механизмом формирования основных структурных элементов.

Брахиантиклинорий с юга-запада граничит с Армянской складчатой областью - зоной Хуступ-Гиратахского разлома глубокого заложения, а с северо-востока - с Акеринским (Гочасским) синклинорием.

Кафанский брахиантиклинорий, площадью около 800 кв.км, является крупной брахискладкой с более крутым юго-западным и сравнительно пологим северо-восточным крыльями. Юго-восточная периклиналь по сравнению с северо-западной более крутая. Юго-западное крыло брахиантиклинория осложнено рядом вторичных складок в основном брахиформных, которые к юго-западу от сводовой части к зоне Хуступ-Гиратахского разлома становятся линейно-брахиформными и простираются почти параллельно зоне разлома. На этом крыле мы различаем Шикахохскую, Хлатах-Карадгинскую группы, Джрахорскую, Эшак-Мейданскую антиклинали и Хач-Карскую, Шгарджикскую, Бехскую синклинали. Северо-восточное крыло брахиантиклинория сравнительно спокойное. Здесь наблюдаются Кахнут-Давидбекская синклиналь и Северо-Восточная или Агаракская антиклиналь, в основном линейно-брахиформные. В районе с.Халадж наблюдается некоторое осложнение крыла брахиантиклинория в виде ма-

ленькой антиклинали. Широкая Юго-Восточная чашеобразная синклиналь осложняет юго-восточную периклиналь, а Татевская группа брахиантиклиналей и брахисинклиналей - северо-западная периклиналь. Складки Татевской группы в основном коробчатые и гребневидные. В центральной части брахиантиклинория выступает Кафанская брахиантиклиналь северо-западного простирания, на северо-восточном крыле которой расположено Кафанское медно-колчеданное и полиметаллическое месторождение.

Углы падений слоев на северо-восточном крыле сравнительно пологие и колеблются в пределах $10-25^{\circ}$. На участках развития разрывных нарушений углы падений доходят до 45° (участок с.Ар-фик). На юго-западном крыле падение слоев местами доходит до 50° . Но в основном они в пределах $25-30^{\circ}$. На юго-восточной периклинали падение слоев ничтожное $10-20^{\circ}$, а на переходе от Кафанской брахиантиклинали к Юго-Восточной синклинали они достигают до 30° . Северо-западное периклинальное погружение спокойное, углы падений в пределах $20-25^{\circ}$.

Юго-западной границей Кафанского сегмента с Армянской складчатой зоной является зона Хуступ-Гиратахского разлома глубокого заложения, с шириной до 200-250 м, в которой наблюдается несколько крупных оперяющих трещин, характеризующихся довольно большими зонами дроблений.

Крупные разрывные нарушения сосредоточены в основном на северо-восточном крыле брахиантиклинория. Крупные тектонические разрывные нарушения рудного поля контролируют оруденение на месторождении. Все крупные разломы рудного поля имеют многостадийную историю развития, начиная с конца средней юры до неокома включительно. Самыми крупными из них считаются Мец-Магаринский, Барабатум-Халаджский, Каварт-Джурский, Восточно- и Западно-Саядкарские, Башкендский и Шаумянская группа разломов. В основном они северо-западного простирания с крутыми углами падений зон нарушений. Большинство из них извилистые по простиранию и по падению (Мец-Магаринский, Барабатум-Халаджский, Каварт-Джурский и др.). Морфология зон не оставляет сомнения в их принадлежности к крупным трещинам типа отрывов, впоследствии подвергавшихся повторным тектоническим подвижкам, приводившим к увеличению мощности зоны за счет раздробления пород многочисленными оперяющими трещинами и участками повышенной трещиноватости. По вертикали, что хорошо видно в горных выработках месторождения, зоны утолща-

ются и утоняются, образуя раздувы и пережимы. Ширина последних иногда достигает 200 м. Некоторые разломы часто дают крупные оперяющие трещины, отходящие от этих зон под довольно острыми углами.

На местах стыковки двух крупных разломов часто образуются мощные зоны повышенной трещиноватости, послужившие в дальнейшем прекрасными трещинными "ловушками" на пути рудоносных растворов. На таких участках обычно образуются крупные штокверковые тела (штокверки рудников № 1-2, № 7-10, № 6 и др.). Некоторые из них располагаются на лежащих крыльях разломов и хорошо выдержаны как по простиранию, так и по падению.

Наличием крупных разломов рудного поля объясняется многообразие структурных форм. Здесь наблюдаются сбросы, горсты, грабены, своим происхождением находящиеся в прямой зависимости от развития крупных разрывных нарушений.

Почти все исследователи Кафана принимают дорудный возраст крупных разломов Кафанского рудного поля. Тот факт, что эти разломы (Мец-Магаринский, Барабатум-Халаджский) секут также породы верхнеюрских образований, а некоторые участки, сложенные верхнеюрскими породами, опущены иногда до 150-200 м (Новокавартская грабен-синклиналь) говорит об их послевеерхнеюрском возрасте. Кроме этого, формирование этих крупных разломов нельзя представить вне зависимости формирования связанных нарушений, имеющих явно послевеерхнеюрский возраст, ввиду наличия довольно интенсивно смятых верхнеюрских и нижнемеловых толщ.

Некоторые разломы с наиболее маломощными зонами наблюдаются на крайнем северо-восточном крыле брахиантиклинория. По простиранию эти разрывные нарушения (Агарацское, Арцваникское, Кармирванкское) почти параллельны оси брахиантиклинория и имеют северо-западное простирание. В зонах этих разломов нормально-осадочные образования довольно интенсивно смяты и раздроблены. Падение слоев достигает иногда 70° .

Другим важным фактором в локализации оруденения в Кафанском рудном поле является мелкая трещиноватость пород, сконцентрированная в основном на сводовых и присводовых частях северо-восточного крыла Кафанского брахиантиклинория. Густая сеть трещин в этих частях складки обусловила развитие широких полей гидротермальной измененности пород.

Около 95% рудных тел представлены трещинами отрыва. На это указывает их извилистость по простиранию и по падению.

Окончания рудных жил почти всегда представлены зонами мелкой трещиноватости, напоминающими "конские хвосты". Очень часто наблюдаются раздувы и пережимы, свидетельствующие о мелкоамплитудных подвижках по этим трещинам. Падение всех рудных жил исключительно южное с широтными простираниями, в довольно больших углах (до $65-70^{\circ}$).

С целью выяснения характера мелкой трещиноватости пород брахиантиклинория были проведены массовые замеры трещин на ее разных частях. Выяснилось, что трещиноватость находится в зависимости от литологического состава пород, от их местоположения на складках, а также близости от зон крупных разрывных нарушений. Образование штокверкового оруденения рудного поля в основном находится в прямой зависимости от тектонических подвижек по зонам крупных разломов, создавшим зоны интенсивной мелкой трещиноватости.

Образование трещин отрывов северо-восточного крыла брахиантиклинория совпало с поступлением рудоносных растворов. Горизонтальная зональность на территории рудного поля, выражающаяся в размещении медно-колчеданного оруденения на присводовых частях и полиметаллического оруденения на крыле, отдаленном от свода, хорошо согласуется с последовательностью образования трещиноватости, начинающейся от сводов и мигрирующей к крыльям. Здесь происходят два явления: образование трещиноватости на близких частях свода (в основном отрыва) и поступление медно-колчеданного оруденения, затем происходит миграция процесса трещинообразования в наиболее отдаленные части от свода и поступление растворов с полиметаллической рудой.

Мелкая трещиноватость нами подразделяется на три группы: а) дорудную, б) внутрирудную и в) послерудную.

Дорудные трещины, образовавшиеся на ранних стадиях формирования брахиантиклинория, не могут быть широко распространены, ввиду наличия слабых тектонических полей напряжений. В основном по ним развивались будущие крупные разломы, а также часть внутрирудных трещин, развивающихся по ослабленным зонам этих трещин. Это в основном продольные трещины и ориентированы почти параллельно оси брахиантиклинория. К группе внутрирудных трещин относятся все трещины, заполненные медно-колчеданной, полиметаллической рудами, а также продуктами других этапов минерализации. Сюда входит часть трещин, заполненных прожилковым оруденением, возникшим на стадиях интенсивного развития брахиантиклинория.

Послерудные трещины смещают или просто секут рудные тела, до-
рудные дайковые тела. Амплитуды смещений по этим трещинам не-
большие и в основном измеряются сантиметрами. По всей вероят-
ности к послерудным относятся также те трещины, которые разви-
ты на отдаленных участках от свода брахиантиклинория. Неболь-
шие амплитуды послерудных смещений говорят о том, что в это
время формирование брахиантиклинория в основном уже находилось
в стадии завершения и происходило затухание тектонических уси-
лий.

История геологического развития района в мезозое.

Как и в других частях Малого Кавказа, здесь юрские образо-
вания налегают на интенсивно дислоцированные и метаморфизован-
ные палеозойские образования (С.С.Мкртчян, К.Н.Паффенгольц,
А.Т.Асланян и др.). Общее погружение района, начавшееся с нача-
ла юры, привело к образованию мощных толщ терригенных и вулка-
ногенных отложений. Во время байосской региональной трансгрес-
сии происходило накопление мощной (1600-2000 м) толщи вулка-
ногенных и вулканогенно-осадочных образований в основном андези-
тового состава. Причем, вулканогенно-осадочные образования на-
капливаются в основном в центральных частях Кафанского района,
а вулканогенные - на его периферии.

В начале батского времени начинается постепенное воздыма-
ние района, приводившее к частичной эрозии среднеюрских образо-
ваний. В то время происходит зарождение простого брахиантикли-
нального поднятия со сводом в районе г.Кафан, первых трещин,
соответствующих будущим крупным разломам в сводовой части склад-
ки.

Верхнеюрская мощная трансгрессия и активизация вулканичес-
кой деятельности приводит к накоплению мощных толщ туфоконгло-
мератов, туфобрекчий и порфиритов в основном андезито-дацитово-
го состава. В основании верхнеюрской толщи образуются базальные
конгломераты мощностью до 80 м (р-н с.Каварт и р.Чинар). На об-
щем фоне вулканогенных образований наблюдается образование оса-
дочных пачек и линз в условиях спокойного морского режима. Вверх
по разрезу количество осадочных образований начинает преобладать
над вулканогенными. Суммарная мощность верхнеюрских образований
составляет около 2000 м, причем уменьшение мощностей происходит

от крыльев к сводовой части уже зародившегося брахиантиклинория. Морские изолированные бассейны образуются на разных частях района, где появляются пачки и линзы осадочных образований с характерной фауной.

Общая тенденция погружения территории продолжается также в нижнемеловое время. Однако в центральной части района происходят движения обратного знака и морской бассейн мигрирует от центральных к периферийным частям. Здесь в узких бассейнах накапливаются чисто осадочные образования (в основном карбонатные) которые в периферийных частях переходят в терригенные образования. Это особенно хорошо видно на примере неокотских образований, распространенных на крыльях брахиантиклинория и представленных известняками. Мощность этих образований около 300 м. В конце нижнего мела район имеет общую тенденцию подъема. Между нижним и верхним аптом происходит интенсивное поднятие района и частичная эрозия накопившихся отложений. Основными областями размыва являются территории: юго-западная — зона Хуступ-Гиратахского разлома, а также центральная часть района.

Основное формирование брахиантиклинория происходило в верхнеюрско-нижнемеловое время, в особенности в конце этого времени. Крупные разломы почти сформировались. Образовались также все рудовмещающие структурные элементы рудного поля. Формируются также крупные разломы в породах нижнемелового возраста, однако основное их формирование отстает от других разломов.

Отложения верхнего апта трансгрессивно, с угловым и азимутальным несогласием налегают на породы нижнего апта, неокота. Они в основном образуются на северо-западе и северо-востоке. Мощность этих осадочных образований около 300 м.

В общем в верхнемеловое время происходит ослабление вулканической деятельности и тектонических подвижек.

Для Кафанского брахиантиклинория выделяются следующие этапы развития:

1. Среднеюрский — образование мощных толщ вулканогенно-обломочных образований и маломощных пачек туфоосадочных отложений. В бат-келловейское время происходит общее поднятие и зарождение простого брахиантиклинального поднятия. Зарождение первых трещин, соответствующих будущим разломам.

2. Верхнеюрский — нижнемеловой. Общее погружение района, образование вулканогенных и вулканогенно-

обломочных образований, причем последние преобладают в верхних частях разреза. В конце нижнего мела на границе нижнего и верхнего апта происходит интенсивный подъем района, образование Кафанского брахиантиклинория с подчиненными структурными элементами. В альб-сеномане происходит интенсивный размыв ранее образованных отложений.

3. В е р х н е м е л о в о й . Опускание морского дна на периферийных частях района, образование нормально-осадочных толщ с подчиненными пачками вулканогенных образований. Ослабление вулканической деятельности. Окончательное формирование брахиантиклинория. Образование разрывных нарушений на крыльях вторичных складок. Появление слабых тектонических подвижек, соответствующих послерудным подвижкам на рудном поле.

Тектонофизическое направление исследований геологических процессов.

В последнее время в тектонических исследованиях особое место занимает вопрос о механизме формирования связанных и разрывных нарушений. Этим вопросом занимается тектонофизика - "учение о механизме развития деформационных структурных элементов земной коры" (М.В.Гзовский). В тектонофизических исследованиях особое место занимает экспериментальное воспроизведение тектонических явлений. Эксперименты на моделях проводятся с учетом условий подобия, с применением эквивалентных материалов-заместителей горных пород в лабораторных условиях. Метод моделирования, развитый отечественными (В.В.Белоусов, М.В.Гзовский, Н.Б. Лебедева и др.) и зарубежными (Г.Кенигсбергер, О.Морат, Линк, Мид, Э.Рейер и др) геологами, был применен для выяснения механизма формирования Кафанского брахиантиклинория и рудного поля, а также для выяснения причин, вызывающих образование крупного Кафанского брахиантиклинория и структурных элементов Кафанского рудного поля, обусловивших размещение и накопление медно-колчеданного и полиметаллического оруденения.

С целью решения этих вопросов следовало удовлетворить основные условия подобия, для чего необходимо иметь основные физико-механические характеристики главных пород Кафанского района. Были испытаны многочисленные образцы этих пород и установлены такие важные характеристики как коэффициент Пуассона μ , модуль Юнга E , модуль сдвига G . Самыми большими значениями μ обла-

дают туфобрекчии дацитовых порфиритов (0,32), самыми меньшими - андезито-дацитовые кварцевые порфириты (0,21). Модуль Юнга F известняков баррема ($6,83 \cdot 10^5$ кг/см²), андезито-дацитовых порфиритов ($2,31 \cdot 10^5$ кг/см²). Модуль сдвига андезитовых порфиритов (I_3) $2,75 \cdot 10^5$ кг/см², а андезито-дацитовых порфиритов $1,03 \cdot 10^5$ кг/см². Были выяснены также прочностные свойства на одноосное сжатие основных пород района. Выяснилось, что самыми большими прочностями на одноосное сжатие обладают дацитовые порфириты хуступ-чимянской толщи ($1,4 \cdot 10^2$ кг/см²), а самыми малыми - андезито-дацитовые кварцевые порфириты и известняки баррема ($0,5 \cdot 10^2$ кг/см²).

При испытании образцов под гидравлическим прессом были получены типичные трещины отрывов и сколов. Последние в большинстве случаев с осью активно сжимающих механических сил образовали острые углы (меньше 45°). В соответствии с физико-механическими свойствами пород района был выбран эквивалентный материал, моделирующий механизм поперечного изгиба слоев. 50% - ная влажная бакинская бентонитовая глина в основном может моделировать мощную толщу вулканогенных и вулканогенно-осадочных образований Кафанского района. Глина, помимо образования складки, при деформации дает также хорошо фиксируемые разрывные нарушения на складках.

В целом наши исследования по выяснению механизма формирования Кафанского брахиантиклинория* и разрывных нарушений на складке охватывали следующие основные этапы: а) полевые исследования с учетом использования материалов в целях тектонофизических исследований (трещиноватость) формы вторичных складок, характерные черты крупных разрывов, горстов, грабенов, сбросов и др.), б) выбор предполагаемого механизма образования складок и разрывных нарушений, выяснение тектонических полей напряжений, в) определение физико-механических свойств горных пород, составляющих исследуемый район, г) экспериментальные исследования на моделях, д) анализ экспериментальных исследований, е) сопоставление результатов полевых и экспериментальных исследований, ж) механизм формирования исследуемого объекта.

Исходя из основных структурных особенностей района, анализа крупной и мелкой трещиноватости пород, а также особенностей пространственного расположения медно-колчеданного и полиметаллического оруденения, нами предполагалось, что механизмом фор-

мирования Кафанского брахиантиклинория и рудного поля является поперечный изгиб. Надо было выяснить также вопросы образования горстов, грабенных, сбросов, мелкой и крупной трещиноватости, вторичных складок, осложняющих брахиантиклинорий.

М е т о д р а б о т ы

Исходя из геологического развития территории в мезозойское время, сильно отличающееся от развития соседних тектонических зон Армянской складчатой области и Акеринского синклинория — нами предполагалось решающее значение блоковых подвижек в этом процессе. Поэтому штамп представлял собой полуовал,двигающийся по вертикали вверх и вниз. Во время экспериментов мы исходили из следующих условий: $C_L = 1 \cdot 10^{-5}$ (геометрический масштаб 1:100.000), $C_t = 1 \cdot 10^{-11}$ (1 минута опыта соответствует 100.000 годам). По формуле $C_v = \frac{C}{2C_s}$; $C_\tau = \frac{1}{2} C_L$; $C_\eta = C_L C_t$ получаются $C_v = 5 \cdot 10^5$; $C_\tau = 5 \cdot 10^{-5}$ и $C_\eta = 10^{-15}$. Принимаем $C_g = 1$ (сила тяжести остается без изменения) и $C_p = 0,5$ (прочность горных пород в два раза меньше прочности эквивалентного материала^X). Размеры модели равнялись 50x30 см, слой влажной глины 3-5 см, скорость подъема менялась в пределах 4-10 мин. В конце подъема производился медленный спуск штампа, соответствующий ослаблению тектонических восходящих сил. Опыты детально описывались и фотографировались.

Результаты моделирования складок и разрывных нарушений. Поперечный изгиб слоев.

С в я з н н ы е н а р у ш е н и я . Спустя некоторое время после начала подъема штампа наблюдалось зарождение куполовидного поднятия. Первые трещины образовались через некоторое время, после пластической деформации слоя глины. Абсолютного сходства Кафанского брахиантиклинория и модели не было получено. Только на крыльях наблюдались линейно-брахиформные складки, рас-

X) $C_L, C_t, C_v, C_\eta, C_\tau, C_g, C_p$ — соответствуют множителям подобия масштаба, времени, скорости, вязкости, касательного напряжения, силы тяжести, прочности. Множители подобия — соотношения между одноименными сходными величинами природного объекта и модели.

положенные параллельно оси брахиантиклинория. Формы куполовидного поднятия, а также углы падений на крыльях строго соответствовали природному объекту с характерным крутым - юго-западным и пологим северо-восточным крыльями.

Основное тектоническое поле Кафанского брахиантиклинория.

"Тектоническое поле напряжений - это совокупность напряжений, возникающих и действующих в земной коре в связи с развитием определенного тектонического элемента ее структуры" (М.В. Гзовский). О них можно судить по пластическим деформациям и наблюдающимся разрывным нарушениям. С этой целью следует найти направление осей алгебраически максимальных (σ_1), минимальных (σ_3) и средних (σ_2), главных нормальных напряжений, расположенных перпендикулярно друг к другу. При сжатии σ_3 является биссектрисой острого угла между сопряженными трещинами скалывания, а σ_1 - тупого угла.

Восстановление древних тектонических полей напряжений сводится к нахождению осей главных нормальных напряжений и составлению карт и профилей с нанесенной на них траекторией этих осей. С этой целью на территории брахиантиклинория были выявлены многочисленные сопряженные сколовые трещины с установленными направлениями по плоскостям этих трещин. Лучшие результаты дают сопряженные пары систем однозначных трещин, выявленных путем составления диаграмм трещиноватости и выделения на них четко выраженных максимумов сколовых трещин.

Для Кафанского брахиантиклинория в мезозойское время было выявлено почти горизонтальное расположение осей σ_1 и σ_2 , а главная ось σ_3 занимает вертикальное или почти вертикальное положение. Только на некоторых участках эта ось падает под углом до 50° . Это, по всей вероятности, зависит от местонахождения сопряженных трещин (разные части вторичных складок). На разрезах траектории осей σ_1 и σ_3 перпендикулярны друг к другу, причем на антиклиналях траектории σ_3 образуют веер, открывающийся кверху, а траектории σ_1 повторяют очертания куполовидного поднятия в мезозойское (I_2-C_{r2}) время. Ось σ_2 параллельна шарниру складки.

Исходя из вышеотмеченного надо полагать, что в указанное время действовал механизм поперечного изгиба, т.е. действие активно сжимающих тектонических сил снизу вверх и веса пород - действующих сверху вниз.

Разрывные нарушения. Основная часть крупной и мелкой трещиноватости пород сосредоточена в сводовых частях северо-восточного крыла Кафанского брахиантклиория, а также горсты, грабены, обычные и сложные сбросы.

Подъем штампа приводит к появлению первых элементарных трещин на сводовой части поднятия. Эти трещины разбросаны по всему своду и расположены кулисообразно. Падения плоскостей в основном крутые и направлены в сторону крыльев складки. Дальнейший подъем штампа приводит к значительным смещениям по плоскостям и объединению соседних элементарных разрывов. Вместе с этим происходит трещинообразование на крыльях складки, причем почти всегда зарождавшиеся трещины крутые. Одновременно ранние трещины сводового поднятия почти перестают развиваться, ввиду появления многочисленных новообразованных трещин на стыках двух соседних разрывов. Следует отметить, что простирающие эти трещин на ранних стадиях подъема штампа почти параллельно оси складки. Это - продольные трещины отрыва и скола, причем очень часто трещины отрыва в последующих стадиях развития складки превращаются в сколовые. Появление поперечных трещин происходит намного позже, а именно на этапах больших величин подъема штампа. И так как их рост очень слабый они в редких случаях смещают раннеобразованные трещины.

Рост складки приводит к изменению в падениях раннеобразованных трещин. Первые крутопадающие трещины выполаживаются за счет поворота всего слоя. На моделях особенно хорошо наблюдается миграция трещинообразования, происходящая от сводовых частей к крыльям. Ранние трещины теперь или не развиваются или развиваются очень слабо. Основными частями трещинообразования теперь становятся крылья, на которых образуются крутые трещины в основном со схожими падениями и простирающими. В это же время ранние трещины на сводовых частях складки соединяются через зону интенсивной мелкой трещиноватости. Такие зоны образуют раздувы в строении крупных разломов как по вертикали, так и по простираению.

Строение зон крупных разломов не оставляет сомнения в их образовании путем соединения первичных кулисообразно расположенных элементарных трещин. Мощность раздувов зависит от скорости роста складки и мощности деформируемой толщи. Чем медленнее скорость роста складки и мощнее деформируемая толща, тем

546
они больше и наоборот. Таким образом наличие раздувов в виде зон интенсивной мелкой трещиноватости указывает на стадийность развития крупных, волнистых разломов. Трещины, падающие в разные стороны, при дальнейшем подъеме штампа образуют горсты, грабены, а некоторые также ступенчатые сбросы. Они образуются в основном на поздних стадиях развития куполовидного поднятия, на фоне уже сформировавшейся антиклинали. На этих стадиях развития складки не происходит дальнейшего развития трещин, так как напряжения разряжаются на стыках двух близко расположенных трещин. Основные подвижки происходят по плоскостям сколовых трещин, вследствие чего отдельные блоки движутся с разными скоростями относительно друг друга. Сложные горсты образуются при захвате несколькими крупными трещинами участков с интенсивной трещиноватостью. Зарождающиеся здесь мелкие горсты больше не развиваются и к подъему привлекаются уже довольно крупные участки. Вследствие поворачивания отдельных блоков падения плоскостей горстов могут меняться в зависимости от амплитуды подъема штампа. Падения плоскостей трещин, ограничивающих горсты, обращены в основном в сторону крыльев. Некоторые грабены могут возникать уже после ослабления механических восходящих сил, т.е. при спуске штампа. Образование основной массы сбросов возникает на конечных стадиях развития складки, а трещины обуславливающие их являются всегда сколового типа с хорошо выраженными следами смещений. Таким образом, эксперименты разрешают проследить общую картину образования и развития брахиантиклинальных складок, а также развитие разрывных нарушений, как мелких так и крупных трещин, горстов, грабенов и сбросов в условиях действия механизма поперечного изгиба слоев, т.е. при приложении активно сжимающих механических сил, ориентированных перпендикулярно к слоистости.

Сопоставление результатов исследований природных объектов с результатами лабораторных исследований.

Анализ полевого материала и результатов лабораторных исследований показывает сходство процесса образования связанных и разрывных нарушений. Разумеется, что полного сходства между моделью и природным объектом нельзя ожидать ввиду несовершенства техники эксперимента и неясности природы сложных тектонических явлений, происходивших в геологическом прошлом данного района.



С в я з н ы е н а р у ш е н и я . Асимметричное строение Кафанского брахиантиклинория на моделях выразилось аналогичным куполовидным поднятием. Углы падений на крыльях и периклиналях складки на модели строго соответствовали углам падений в природе. Это значит, что на моделях было создано такое основное поле напряжений, которое существовало в верхнеюрско-верхнемеловое время на Кафанском брахиантиклинории. На крыльях складок были получены линейно-брахиформные складки, оси которых в основном параллельны оси брахиантиклинория. Аналогичная картина наблюдается на северо-восточном и юго-западном крыльях Кафанского брахиантиклинория. На крыле на модели была получена чашеобразная впадина, соответствующая Юго-Восточной синклинали в природе.

Р а з р ы в н ы е н а р у ш е н и я . Основная масса крупной и мелкой трещиноватости приходится на крылья брахиантиклинория. На моделях выступает аналогичная картина. Первые трещины, образованные на своде структуры, в дальнейшем почти не развиваются. Происходит миграция трещинообразования от свода к крыльям. В природе с этим процессом хорошо согласуется горизонтальная зональность оруденения. Ранние трещины (близко к своду) заполнены медно-колчеданной, а позднее (дальше свода) полиметаллической рудой. Это надо объяснить тем, что вначале из рудоносных растворов оседают высокотемпературные оруденения и заполняют ранние трещины, а затем во вновь образованных трещинах (на крыльях, дальше от свода) оседают полиметаллическое оруденение.

Все крупные разломы района представлены мощными (до 200 м) зонами дроблений, по простиранию и по падению они непрямолинейны. Для них характерно наличие раздувов и пережимов по простиранию и по падению, что указывает на их многостадийность развития. В качестве примера можно привести Мец-Магаринский, Каварт-Джурский, Барабату-Халаджский и др. разломы. На территории брахиантиклинория основные трещинные "ловушки" приурочены к стывкам больших разломов (штокверки рудников № 5, № 7-10, № I-2 и др.). Горсты, полученные на моделях, соответствуют в природе Арфикской горст-антиклинали с пологим сводом и крутыми крыльями, Шаумянскому горстовому поднятию. Из грабенов можно отметить Новокавартский, образованный вследствие оседания блока, заключенного между Башкентским и Восточно-Саядкарским разломами.

На территории брахиантиклинория можно наблюдать также широкое распространение сбросов, взбросов, особенно в районах интенсивной мелкой трещиноватости.

Общая схема механизма формирования Кафанского брахиантиклинория.

Таким образом выясняется общая картина образования Кафанского брахиантиклинория.

Механизм образования брахиантиклинория является поперечный изгиб, создающий своеобразный комплекс связанных и разрывных нарушений: брахиформные складки на сводовых частях и линейно-брахиформные на крыльях, сложно-построенные крупные разломы на присводовых частях складки, интенсивная трещиноватость в присводовых частях складок, а также типичные разрывные нарушения, связанные своим происхождением с действием восходящих тектонических сил (грабены, горсты, сбросы и др.).

Крутые падения основных крупных разломов и рудовмещающих трещин рудного поля, а также их извилистые строения указывают на их принадлежность к трещинам отрыва, факты, наблюдающиеся на моделях, действующих по механизму поперечного изгиба. Наличие этого механизма подтверждает также восстановление осей деформаций. Вертикальное или почти вертикальное положение оси σ_3 является лучшим доказательством этого. В свете всего этого предполагается общее опускание Кафанского сегмента в байосское время, зарождение скелета брахиантиклинория в бат-нелловейское время. Общее опускание в верхнеюрское и нижнемеловое время приводят к образованию мощной толщи вулканогенных, вулканогенно-осадочных и осадочных образований. В конце неокома и начале алта с общим воздыманием района происходит основное формирование брахиантиклинория с характерными связными и разрывными нарушениями. Последующие подвижки лишь подчеркивают основные структурные элементы брахиантиклинория и рудного поля.

ВЫВОДЫ

1. В присводовых частях Кафанского брахиантиклинория преобладают типичные брахиакладки. На крыльях появляются линейно-брахиформные складки, а на краях крыльев - линейные.

2. На ранних стадиях развития брахиантиклинальных складок

на их сводовых частях образуются элементарные; кулисообразно расположенные трещины в основном типа отрывов, общее направление которых соответствует простираниям будущих крупных разломов.

3. Крупные разрывные нарушения образуются путем соединения соседних трещин через мощные зоны с интенсивной трещиноватостью, причем происходит миграция напряжений с центра к краям элементарных трещин. Вследствие этого процесса образуются сложно построенные, волнистые разломы.

4. Развитие складки обуславливает центробежную миграцию процесса трещинообразования от сводовых частей складки к ее крыльям. На конечных этапах развития складки трещины на сводовых частях или не развиваются или развиваются очень слабо.

5. Зоны с интенсивной трещиноватостью образуются на участках развития вторичной мелкой складчатости (в особенности на крыльях). Эти трещины в основном типа скалывания с довольно большими амплитудами смещений.

6. После образования мелкой трещиноватости образуются такие структурные формы как горсты, грабены, сбросы и другие. Причем, они особенно развиваются на последних стадиях формирования складок.

7. Для Кафанского брахиантиклинория характерны следующие положения осей напряжений деформаций: ось алгебраически наибольшего главного нормального напряжения (σ_1) параллельна напластованию пород, ось алгебраически наименьшего главного нормального напряжения (σ_3) перпендикулярна к слоистости и ориентирована вертикально, а промежуточная ось (σ_2) параллельна шарниру складки.

8. Механизмом формирования Кафанского брахиантиклинория является поперечный изгиб слоев, то есть активно действующие тектонические силы направлены снизу вверх, которым противодействует вес толщ, подвергающихся деформации. Все структурные элементы Кафанского рудного поля являются результатом того же механизма, который образовал Кафанский брахиантиклинорий.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

1. К вопросу о полосчатости в дайках диабазовых порфиритов ДАН СССР, том 169, № 2, 1966 (совместно с Казарином А.Г.).

2. Некоторые черты трещиноватости пород Кафанского брахи-

антиклинория. Изв. АН Арм.ССР, Науки о Земле, XIX, 3, 1966.

3. Тектонофизические исследования разрывных нарушений (на примере Кафанского района Арм.ССР). Изв. АН Арм.ССР. Науки о Земле, 3, 1968.

4. Тектонические поля напряжений в пределах Кафанского брахиантиклинория (в печати).

Заказ 282 ВФ 03920 Тираж 150

Издательство и типография Ереванского
государственного университета, Ереван,

ул. Мравяна № 1

975-