

А. В. ВАРДАНЯН

О НОВОМ НАПРАВЛЕНИИ В ИЗУЧЕНИИ ТЕКТОНИКИ
АРМЯНСКОЙ ССР

В последние годы в геотектонике особое место занимает проблема складкообразования, так как правильное ее решение может осветить многие вопросы строения и развития нашей планеты. В этой проблеме кардинальным вопросом является механизм формирования складчатых деформаций и, в частности, характер и направление сил, образующих эти деформации.

Однако, при решении подобной задачи выяснилось, что существующие до сих пор обычные геологические методы неполноценны и поэтому тектонисты прибегли к помощи таких наук, которые занимаются вопросами деформаций твердых тел. Так родилась молодая отрасль геотектоники — тектонофизика, которая занимает среднее положение между тектоникой и физикой.

«Общая задача тектонофизики заключается в освещении механизма развития деформаций и разрывов, возникающих в земной коре вследствие глубинных процессов» [3].

Разумеется, сложность и специфичность тектоногенеза придает полевым наблюдениям ведущую роль, поэтому моделирование опирается на прочную базу полевых наблюдений, и если представления, основанные на последних, верны, то моделирование будет не только адекватным, но и во многом уточнит и дополнит полевые наблюдения.

В моделировании принципиальной стоорной являются условия подобия. «Уравнения, указывающие при каких соотношениях между множителями подобия физические явления подобны, называются условиями подобия» [4]. Смысл его состоит в следующем:

$$C_{\eta} = C_{\tau} \cdot C_t = C_p \cdot C_g \cdot C_l \cdot C_t,$$

$$C_s = C_p \cdot C_G$$

где C_{η} — соотношение величины вязкости модели и моделируемого объекта; C_{τ} — отношение напряженности модели и объекта; C_t — отношение продолжительности развития процесса на модели и в натуре; C_p — отношение плотности модели в объекте; C_g — отношение ускорения модели и объекта; C_l — отношение геометрических размеров модели и объекта; C_p — отношение прочности модели в объекте и C_G — отношение упругости модели и объекта.

Для дополнения и уточнения представлений условий и механизма формирования некоторых складок Арагац-Нахичеванской тектонической зоны [6], нами в 1967 г. произведена серия опытов в лаборатории тектонофизики геологического факультета МГУ под руководством

члена корр-а АН СССР профессора В. В. Белоусова и доцента кафедры динамической геологии МГУ Н. Б. Лебедевой. Подобные эксперименты проводились впервые, поэтому серия этих опытов представляет собой особый интерес.

При моделировании автор принимал за основу те соображения В. В. Белоусова, которые касаются механизма формирования складок и их кинематической классификации [1, 2].

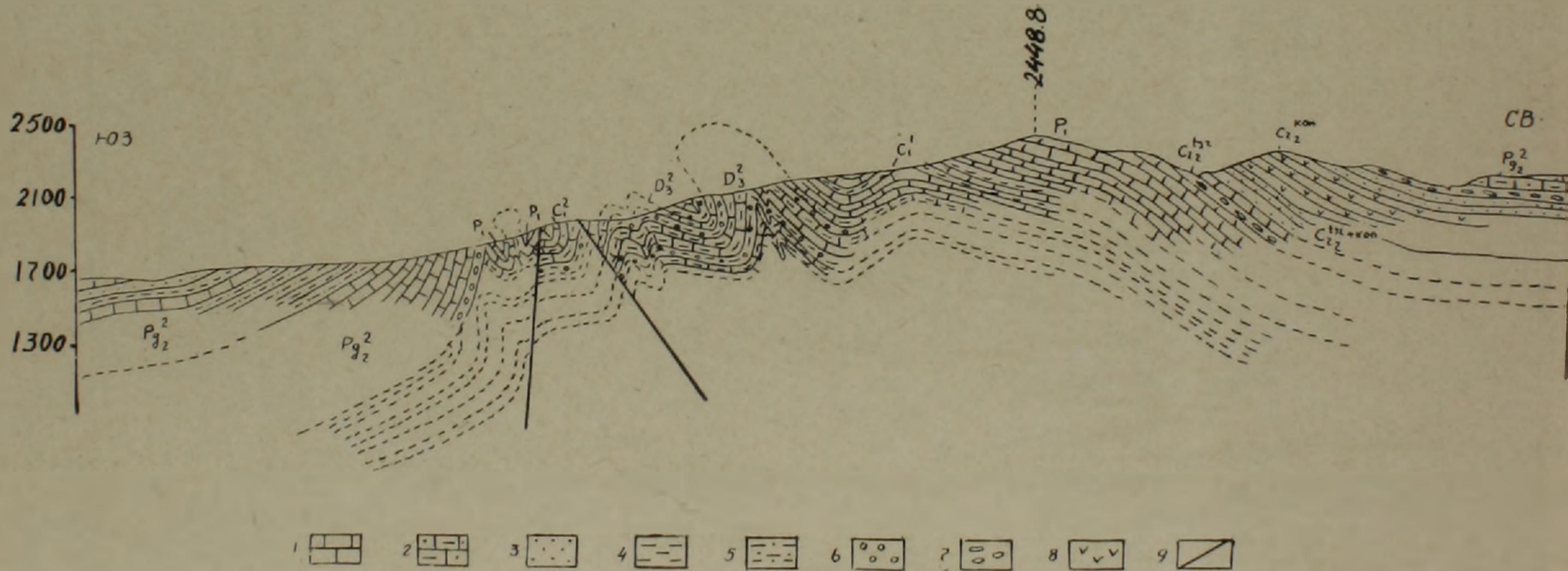
Для конкретного примера взята Кадрлинская антиклиналь (Веддинский р-н, Арм. ССР), геологическое строение которой детально изучено автором при полевых наблюдениях. При моделировании изучаемой складки наша задача заключалась в получении приближенных к природным структур и в тщательном наблюдении за механизмом их формирования.

Кадрлинская антиклиналь соответствует Дагнинскому хребту и имеет общекавказское простирание. Складка брахиформная, длина ее более чем 10 км, ширина от 2 до 4 км. Кадрлинская антиклиналь имеет резко асимметричное строение, ее северо-восточное крыло более широкое и пологое ($20-50^\circ$), а юго-западное — узкое и более крутое ($60-80^\circ$), и на значительном участке подвернутое. Ось Кадрлинской антиклинали проходит по юго-западному склону хребта.

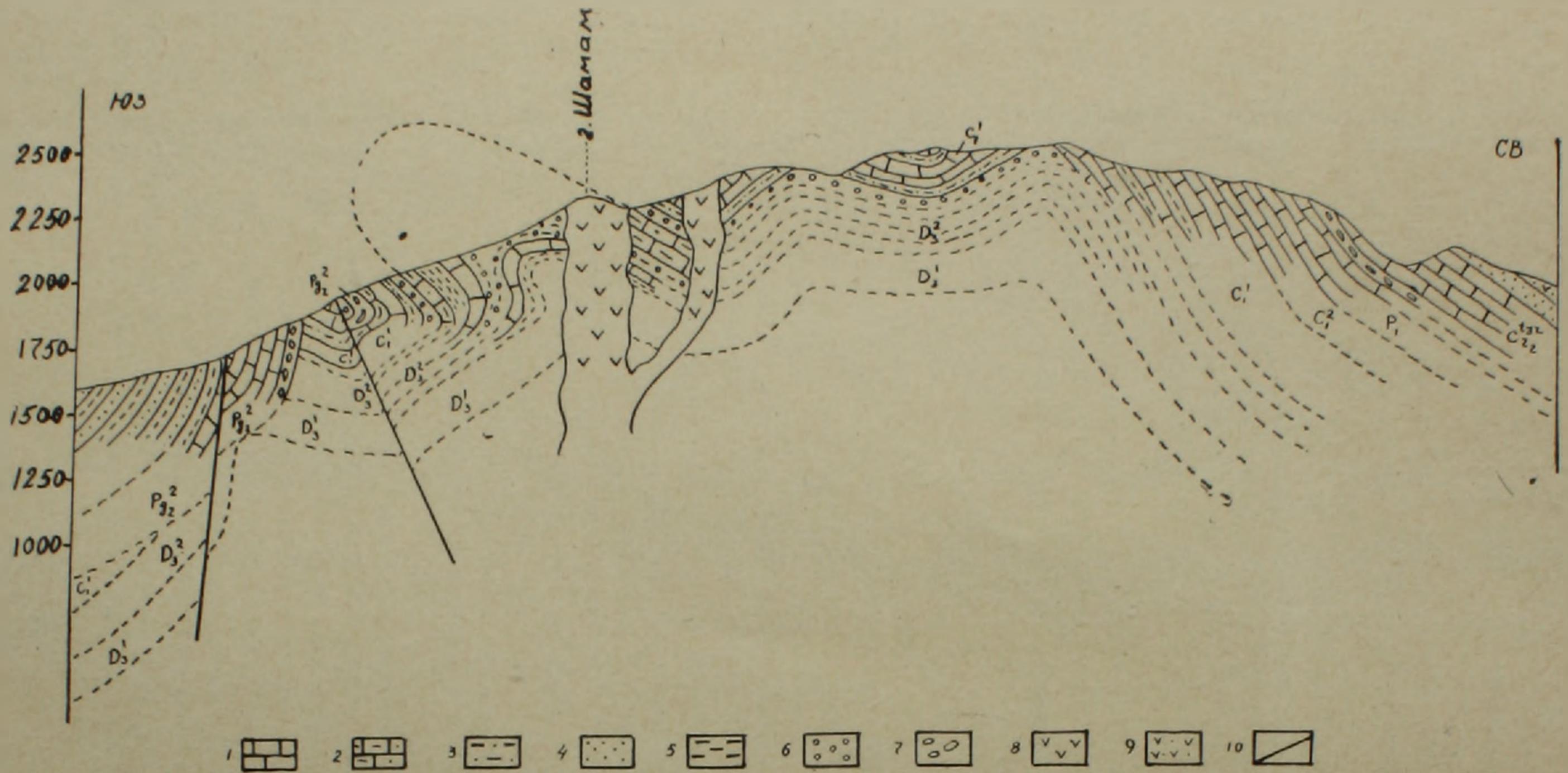
Складка имеет коробчатый вид. По мере приближения от крыльев к ядру картина меняется. Ядро сложено карбонатно-терригенными породами фаменского яруса: это различные известняки, глинистые сланцы, песчаники и кварциты мощностью 300 м. Отложения фаменского яруса постепенно и согласно переходят в сходные по составу породы турнейского яруса, мощность которых на северо-восточном крыле 265 м, а на юго-западном 160 м. На обоих крыльях выступают также известняки визе и перми, суммарная мощность которых на юго-западном крыле 300—350 м, а на северо-восточном 700—750 м. На северо-восточном крыле на перми трансгрессивно залегают известняки турона с базальным конгломератом в основании, а на юго-западном крыле отложения турнейского яруса с большим угловым несогласием перекрываются карбонатно-терригенными отложениями среднего эоцена.

Ядро Кадрлинской антиклинали вытянуто в близширотном направлении и сложено интенсивно дислоцированными породами, которые на востоке образуют две антиклинальные складки, а на западе — только одну гребневидную антиклиналь, опрокинутую к юго-западу. Помимо этих деформаций, породы фаменского яруса смяты в более мелкие складки, порядка нескольких метров, разлинзованы, разорваны маленькими разрывами, а в глинистых сланцах здесь наблюдается клаваж параллельный осевым поверхностям складок.

Дополнительные складки, осложняющие крылья Кадрлинской



Фиг. 1. Структурный профиль ущелья р. Шамами-дзор. 1 — известняки, 2 — чередование известняков, песчаников и глинистых сланцев, 3 — песчаники, 4 — глинистые сланцы, 5 — песчано-глинистые породы, 6 — кварциты, 7 — конгломераты, 8 — вулканогенная толща. 9 — разрывы.



Фиг. 2. Структурный профиль ущелья р. Аршаки-ахпюр. 1 — известняки, 2 — чередование известняков, песчаников и глинистых сланцев, 3 — песчано-глинистые породы, 4 — песчаники, 5 — глинистые сланцы, 6 — кварциты, 7 — конгломераты, 8 — интрузия трахи-андезитового состава, 9 — вулканогенная толща, 10 — разрывы,

структуры, представлены самыми разными морфологическими типами, которые более развиты и разнообразны на юго-западном крыле. Также, как и в основной складке, в мелких осложняющих складках наблюдается общий наклон осевых поверхностей к юго-западу. Юго-западное крыло антиклинали осложнено также двумя разрывными нарушениями типа сбросов.

Литологический состав пород, слагающих Кадрлинскую антиклиналь, говорит о том, что отложения фаменского и турнейского возрастов являются менее плотными и более пластичными породами, чем покрывающие их отложения. Геологические данные наводят нас на мысль, что в формировании сложных складок ядра наверняка действовал комплекс механизмов: глыбовой, нагнетания и общего смятия [2].

Интересно рассмотреть стадии развития Кадрлинской структуры во времени. С конца фамена или в начале турне в пределах складки отчетливо выделяется местный прогиб и поднятие, последнее намечается на месте юго-западного крыла. Рост блока фундамента на этом участке привел к тому, что образовалось поднятие юго-запад—северо-восточного простирания. Можно предположить, что складкообразование в этом периоде произошло одновременно с седиментацией, т. е. слои фамена и турне, являясь пластичными, под собственной тяжестью оттекали в сторону опущенного блока, где, нагромождаясь, сминались в складки.

В ранневизейское время дифференциация вертикальных движений продолжается. Восходящие вертикальные усилия перемещаются к северо-востоку и отчетливо намечаются в осевой зоне Кадрлинской антиклинали. С этого времени начали свое образование те гребневидные и веерообразные складки, которые зафиксированы на юго-западном крыле антиклинали.

В конце нижнего визе наблюдается общее поднятие всего региона, вследствие чего средне-верхнекаменноугольные породы вовсе отсутствуют.

В ранней перми происходит новое общее погружение всего региона. Кадрлинская антиклиналь вовлекается в неравномерное опускание, но на этом этапе максимальную амплитуду погружения имеет северо-восточное крыло. По всей вероятности, ранее существовавший юго-западный блок одновременно с общим погружением сохранил тенденцию к поднятию. Однако при последующем всеобщем поднятии в верхнетриасовое время северо-восточный блок оказался наиболее активным, что привело к образованию крупной флексуры с гипсометрически приподнятым северо-восточным и относительно опущенным юго-западным крылом.

Именно с этой стадией связано формирование современной структуры Кадрлу. Мы склонны думать именно так по следующей причине. Пластическое перераспределение материала (фамен-турне) должно

было происходить лишь вследствие инверсий плотностей, а также неравномерной нагрузки вышележащего тяжелого комплекса. Образование пермской покрывки ускорило движение пластического материала, который должен был оттекать к зонам пониженных давлений. Такой зоной оказался верхний замок флексуры, где пластический материал, нагнетаясь, в дальнейшем образовал ядро протыкания. После перми создались реальные условия для гравитационного расползания слоев с северо-восточного крыла в сторону юго-западного. Таким образом, все дополнительные складки, которые осложняют современную структуру Кадрлу, образуются именно с этого времени. Очевидно, частые знакопеременные движения вышеуказанных двух блоков и, вероятно, резкое поднятие северо-восточного блока в верхнетриасовое время, настолько обособили зону крутого крыла флексуры, что здесь образовался разрыв.

Описание эксперимента

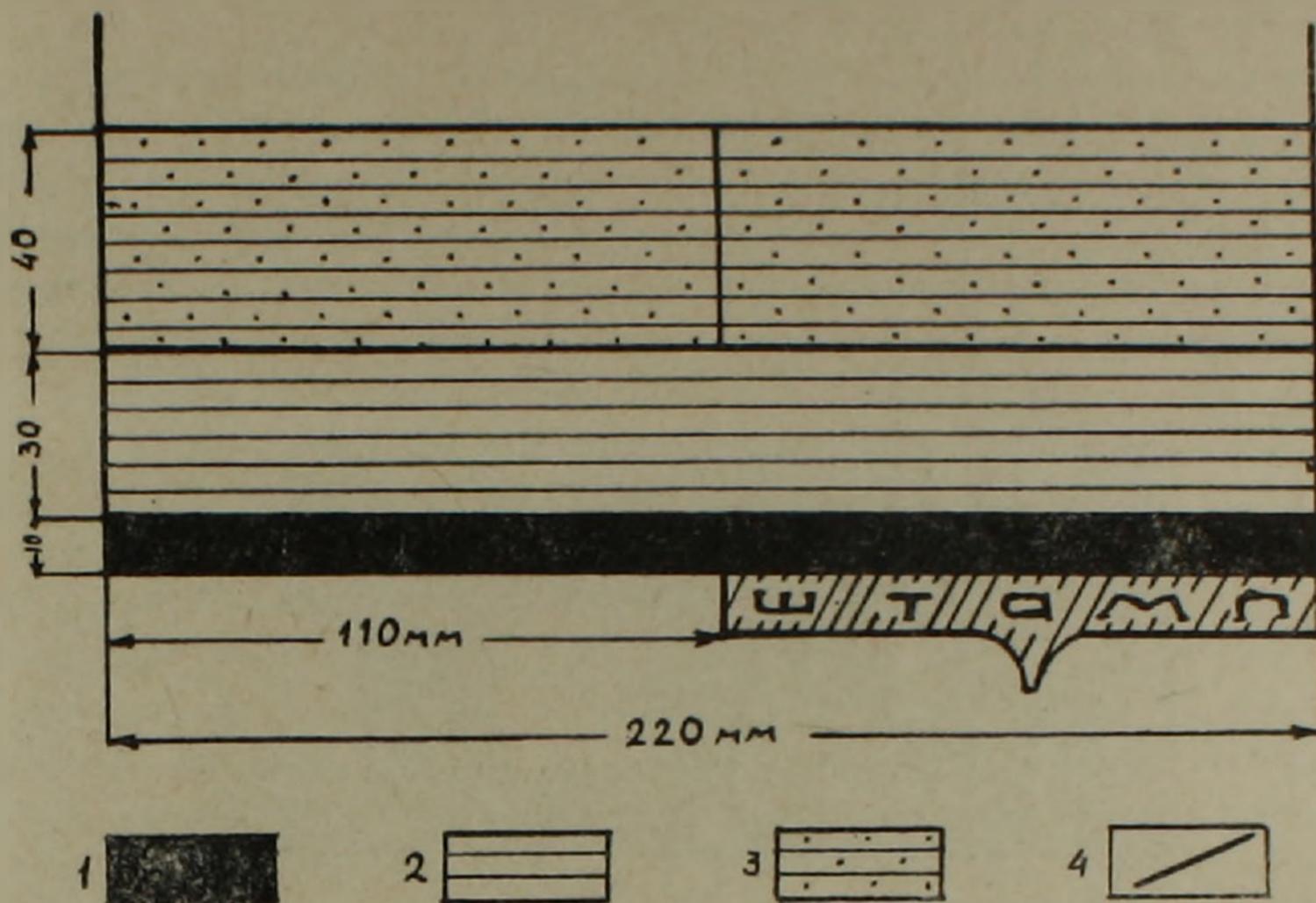
Эксперимент проводился в прямоугольном ящике размером $220 \times 100 \times 100$ мм. На дне ящика был помещен металлический штамп сечением 110×100 мм, который мог бы вертикально двигаться вверх и вниз. На дне ящика слоем в 10 мм была залита смесь пушечной смазки (50%) и машинного масла СУ (50%). Эта смесь, имея относительно большую вязкость и удельный вес, в течение всего опыта не подвергалась деформации и в данном случае играла роль фундамента (1).

Осадочные породы среднего пластичного комплекса (фаментурне) моделировали: материал—канифоль 68%, машинное масло СУ 32%; плотность $0,99 \text{ г/см}^3$ и вязкость около 10^4 пуаз. Этот пластичный комплекс (2), общей мощностью 30 мм, был залит послойно и мощность каждого слоя составила 5 мм. Слои отделены друг от друга глинистой промазкой.

Верхний более тяжелый комплекс (3) моделировали: материал — канифоль 75%, машинное масло СУ 25% и белая глина 8 г на 100 г смеси; плотность $1,08 \text{ г/см}^3$ и вязкость около 10^5 пуаз. Этот комплекс мощностью 40 мм также был залит послойно и каждый слой был промазан глиной.

В верхнем комплексе на уровне левого края штампа сделан вертикальный разрыв.

После приготовления образца, модель была поставлена в холодильник, где температура -2° . Через три часа, когда образец был заморожен, модель снова экспонировалась при комнатной температуре и на протяжении 10 минут штамп был приподнят нами на 25 мм. Правая сторона образца возвышалась над левой на 20 мм. В течение 15 часов модель стояла при комнатной температуре. Для выявления конечного результата эксперимента, образец снова был заморожен, затем продольно разрезан и сфотографирован.



Фиг. 3. 1 — пушечная смазка 50%, машинное масло СУ 50%; 2 — канифоль 68%, машинное масло СУ 32%; 3 — канифоль 75%, машинное масло СТ 25%, белая глина 8 г; 4 — разрыв.

Результаты эксперимента и некоторые выводы

При наблюдении за ходом эксперимента выяснилось, что при складкообразовании действовали два механизма — нагнетание и гравитационное расползание.

Рассмотрим первый механизм.

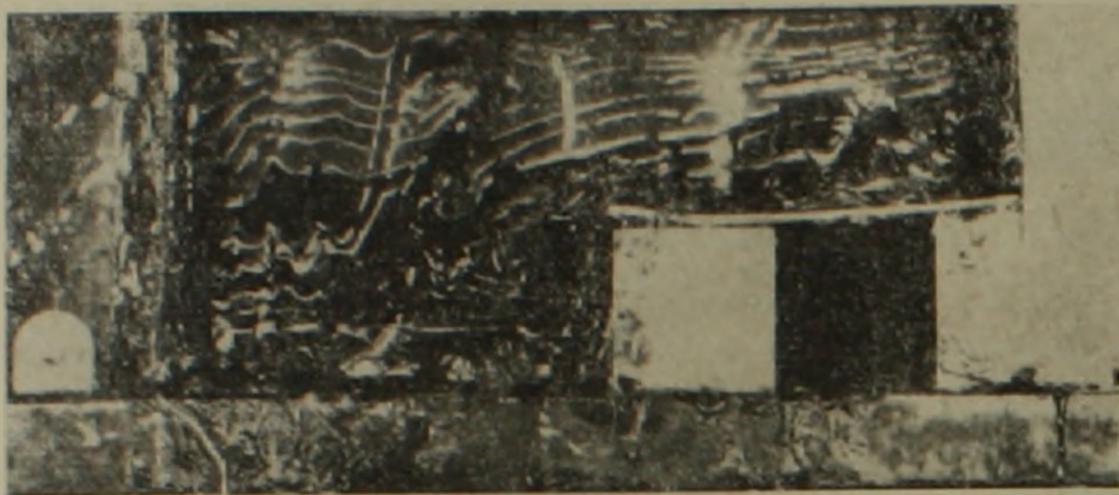
Сразу же после поднятия штампа, означающего дифференциальное вертикальное движение земной коры, наблюдалось течение слоев среднего пластичного комплекса (2) на левую сторону модели, притом, слои околофлексурной зоны не отрывались, а плавно изгибались. Над штампом из-за течения и растяжения материала, напряжения превосходили его предел прочности и слои отрывались.

При сравнении левой и правой частей пластичного комплекса видно, что, если на правой стороне они отрывались и почти не сминались в складки, то на левой стороне наблюдалась противоположная картина. Здесь слои подвергались интенсивной мелкой складчатости, особенно около флексуры и в центральной части пластичного комплекса.

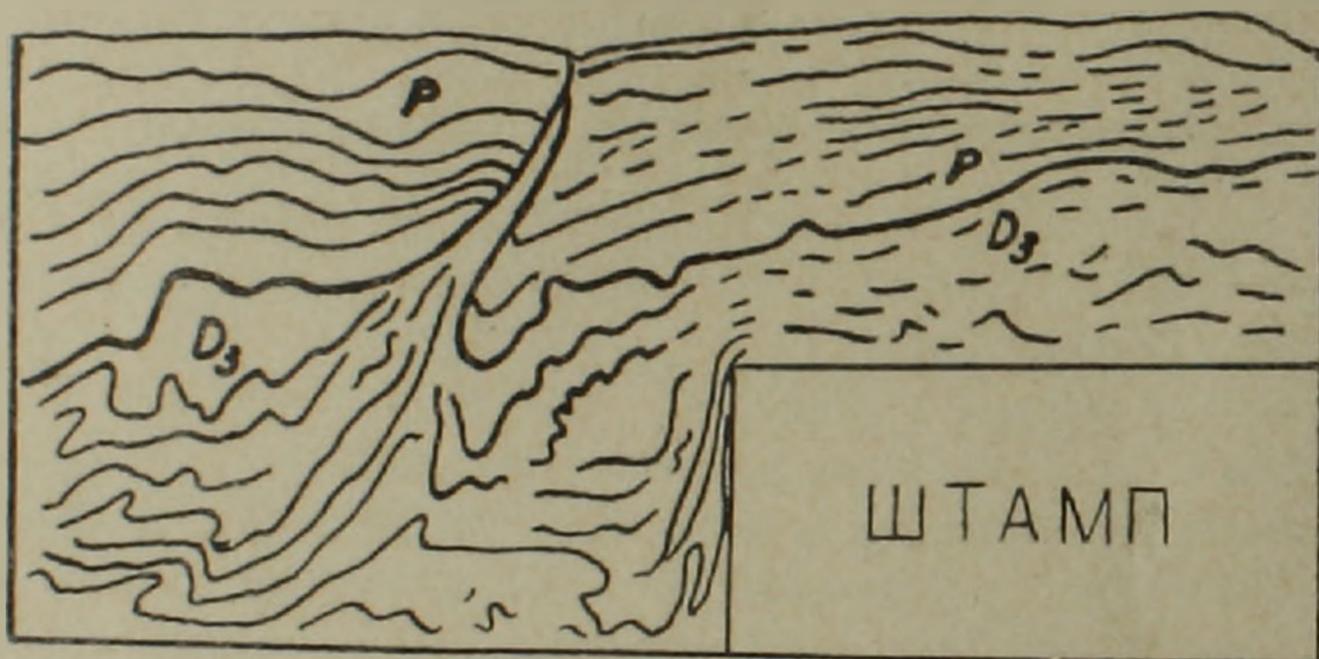
Так как над пластичным и более легким комплексом (2) лежит более вязкий и плотный комплекс (3), то создается инверсия плотностей. Для равновесия нижележащий комплекс должен выжиматься в ослабленные зоны для создания равновесия. В данном случае зоной такого пониженного давления оказался разрыв в верхнем комплексе. Пластичные слои по разрезу выжимались наверх, нагнетаясь наподобие диапировых куполов [5].

Второй механизм заключается в гравитационном расползании поднятого блока в сторону опущенного.

Далее уже отмечалось, что после поднятия штампа правый блок возвышался за левым блоком на 20 мм. В течение 15 часов слон правого блока расползались к опущенному блоку и их поверхности сравнялись. Благодаря боковому давлению и из-за выжимания средних пластичных слоев, слон левой части комплекса 3 сминались в мелкие складки.



Фиг. 4. Продольный срез образца после эксперимента (фото).



Фиг. 5. Зарисовка образца по фото.

Кроме того, при изготовлении образца разрыв был вертикальным и находился прямо над левым краем движущего штампа. После эксперимента стало очевидным, что разрыв из-за гравитационного течения слоев правой части комплекса 3, приобрел правый наклон и от первоначального положения сдвинулся влево на 15—20 мм. Можно предположить, что те разрывные смещения, которые на поверхности представлены наклонно, где-то на глубине вертикальны.

Структуры, полученные на моделях, аналогичны природным и это во многом помогло нам выяснить некоторые детали механизма образования ряда складок.

Ա. ՎԱՐԳԱՆՅԱՆ

ՆՈՐ ՈՒՂՂՈՒԹՅՈՒՆ ՀԱՅԿՍՍԿԱՆ ՍՍՀ ՏԵԿՏՈՆԻԿԱՅԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՄԵՋ

Ա մ փ ո փ ու մ

Վերջին ժամանակներս գեոտեկտոնիկայի մեջ առաջնակարգ նշանակու-
թյուն է ստացել ծալքառաջացման պրոբլեմը, որը օգնելու է որոշել այն
ուժերի բնույթը և ուղղությունը, որոնք ստեղծում են ծալքավոր դեֆորմա-
ցիաներ: Քանի որ սովյալ խնդիրը կապված է պինդ մարմինների դեֆորմա-
ցիաների հարցերի հետ, ապա տեկտոնիկան օգտվելով համապատասխան
դիտությունների տվյալներից, կարողացել է լուծել մի շարք բարդ և դժվարին
հարցեր: Այս նոր ուղղությունը գեոտեկտոնիկայում ստացել է տեկտոնոֆի-
զիկա անվանումը: Տեկտոնոֆիզիկայի հիմքում դրված է նմանության պայման-
ները, որի իմաստը կայանում է մոզելի շափերի, պրոցեսի տեղումնային, փոր-
ձարկվող նյութի ամրության և մածուցիկության համապատասխան կրճատու-
մը: Տեկտոնոֆիզիկական փորձերը վերջին ժամանակներս բավականին մեծ
օգնություն են ցույց տվել տեկտոնիստներին հատկապես ծալքառաջացման
մեխանիզմները բացատրելու համար:

Արագած-Նախիջևանի տեկտոնական դոնայի որոշ ծալքերի ձևավորման
մեխանիզմի բացատրության ճշտման և լրացման համար, հեղինակի կողմից
Մոսկվայի Լոմոնոսովի անվան պետական համալսարանի տեկտոնոֆիզիկայի
լաբորատորիայում դրվել են մի քանի փորձեր, որոնք տվել են հաջող
արդյունքներ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Белоусов В. В. Типы и происхождения складчатости. Сов. геология, № 1, 1958
2. Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. Госгеолтехиздат, М., 1962
3. Гзовский М. В. Метод моделирования в тектонофизике. Сов. геология, № 4, 1958
4. Гзовский М. В. Основные вопросы тектонофизики и тектоника Байджансанского ан-
тиклинория. Изд-во АН СССР, кн. III и IV, Москва, 1963.
5. Лебедева Н. Б. О механизме образования глиняных диапиров. Сов. геология, № 11,
1958.