

МОСКОВСКОЕ ОБЩЕСТВО ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ
Межсекционный семинар по применению математики
в геологии

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

(Материалы заседаний 1976-1978 гг.)

Издательство "Наука"
Москва 1981

Максимум в (4) легко находится перебором.
В случае, когда точки r_1, \dots, r_M расположены

сборник "Математические методы анализа
геологических явлений" , М. , Наука, 1981
с. 70 - 76.

ДВЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО
СОКРАЩЕНИЯ ПО МОРФОЛОГИИ СКЛАДОК

Ф.Л.Яковлев

Оценки абсолютных величин деформации пород имеют большое значение прежде всего для выяснения механизма образования линейной складчатости. Делать такие оценки по отдельным складкам нельзя без одновременного решения вопроса

о механизме образования этих складок.

Предлагается систематика простых механизмов образования складок, в основу которой положено проявление в одном слое известных из физики простых деформаций сжатия, растяжения, изгиба и сдвига. Рассматриваются каждый раз два случая: случай, когда слой горизонтален и складки нет; и случай, когда складка есть, а потому в слое различаются по-разному деформируемые замок и крыло. Все деформации однородные и плоские.

При действии сжатия, когда складки нет, длина слоя уменьшается, горизонтальное положение его сохраняется, мощность увеличивается. Это простой механизм продольного укорочения. Когда складка есть, действие сжатия проявляется как механизм сплющивания: мощность слоя в замке увеличивается, угол падения крыла увеличивается, мощность слоя на крыле при углах меньших 45° увеличивается, а при больших углах падения - уменьшается. При действии растяжения возникают, соответственно, простые механизмы продольного удлинения и вырождения. Последний механизм очень ограничен во времени: он может проявляться в момент смены обстановки сжатия обстановкой растяжения, при которой в дальнейшем образуются складки второй генерации (или наложенные). Деформация изгиба в обоих случаях проявляется как простой механизм изгиба. При этом изменяется только угол падения слоя на крыле и уменьшается его горизонтальное положение. Деформация сдвига поперек слоя в обоих случаях приводит к появлению простого механизма скалывания. Мощность слоя в замке при этом механизме сохраняется, угол падения крыла увеличивается, уменьшается его мощность и, что особенно важно, сохраняется горизонтальное положение слоя. Сдвиг вдоль слоя в случае, когда складки нет, приводит к возникновению простого механизма перекашивания: при этом в слое изменяется только угол между направлением кливажа и слоистостью. В случае, когда складки есть, сдвиг вдоль слоя проявляется как простой механизм перекашивания с поворотом. Это происходит, когда соседние более вязкие слои испытывают изгиб. При этом механизме увеличивается угол падения слоя на крыле, уменьшается угол между кливажем и слоистостью, сохраняется мощ-

ность слоя на крыле, увеличивается мощность слоя вдоль кливажных поверхностей за счет сдвиговой деформации и, в результате этой же деформации, увеличивается мощность слоя в замке складки.

Продольное удлинение, продольное укорочение, перекашивание не образуют складок и действуют на первой стадии до образования складки. В процессе развития складок в более вязких слоях участвуют совместно изгиб, сплющивание и скалывание, в более пластичных слоях - перекашивание с поворотом, сплющивание и скалывание.

Представления о простых механизмах образования складок использованы в предлагаемых методиках. В первой методике (Яковлев, 1978) по форме складок единичного вязкого слоя определяется размер горизонтального сокращения (РГС) и механизмы их образования. Эти складки образуют синусоидально изогнутые слои песчаника или алевролита, окруженные менее вязкими сланцами. Их размер - от первых сантиметров до первых метров. Такие складки образуются в результате совместного действия простых механизмов изгиба, сплющивания и скалывания, которое и положено в основу методики.

Для определения РГС и механизмов образования складок пачек слоев используется морфология более жесткого слоя, разбитого трещинами кливажа. Угол падения крыла складки α , угол между направлением кливажа и слоистостью β , а также отношение мощности слоя на крыле складки (измеренное там же, где и углы α и β) к его мощности в замке

h/H однозначно определяют наиболее важные особенности формы складки. Деформация в более жестком слое происходит в результате совместного действия трех простых механизмов - изгиба, сплющивания и скалывания. Одновременное их действие заменяется последовательным с малыми приращением каждого механизма, которое повторяется большое число раз. Разные постоянные соотношения между приращениями механизмов дают любые варианты развития складок. Используя формулы, которые характеризуют изменение формы складки за счет действия этих простых механизмов, на ЭВМ было проведено моделирование таких вариантов развития складок. По результатам вычислений были построены три номограммы

(рис. 1,2). На номограмме А по оси абсцисс откладывался угол падения слоя на крыле складки α , отсчитываемый от плоскости, перпендикулярной осевой поверхности складки, по оси ординат - угол между направлением кливажа и слоистостью β . Показаны изолинии РГС ($- \epsilon$) и изолинии доли изгиба (ϵ_n/ϵ), построенные по результатам вычислений вариантов развития складок за счет действия изгиба и сплющивания. Эти же изолинии показаны на номограмме Б, где по оси ординат откладывалось отношение мощности слоя на крыле к его мощности в замке h/H . На номограмме В нанесены два семейства линий скалывания для номограмм А и Б - направления, вдоль которых смещаются от истинных значений $- \epsilon$ и ϵ_n/ϵ параметры формы складки (α , β , h/H), образующие "мнимые" значения $- \epsilon$ и ϵ_n/ϵ , если в развитии складки участвовало скалывание. Процесс обработки показан на номограммах на примере конкретной природной складки.

В результате применения разработанных методик определения РГС для складок флишевого синклиория южного склона Большого Кавказа в бассейнах рек Риони, Ардон, Большая Диахва была выяснена следующая связь этой величины со структурами второго и третьего порядков (Яковлев, 1978). В глубоких частях структуры, в западной части района средней РГС для отдельных складок в центральной антиклинальной зоне и в соседних синклиналичных зонах практически одинаков (52, 54, 56%). Средний РГС в более верхних частях структуры далее к востоку в северной приразломной зоне (72 и 66%) и в центральной антиклинальной зоне в целом (48, 55, 61, 68, 70% и другие значения) больше, чем в северной синклиналичной (54, 58, 52%) и южной синклиналичной зоне (56, 57, 47, 39%). В центральной антиклинальной зоне, состоящей на востоке из нескольких коробчатых складок, РГС в подзонах их крыльев всегда больше (58, 68, 70% и другие значения), чем в подзонах сводов (48, 52, 56%). В южной синклиналичной зоне с запада на восток, из глубоких к верхним частям структуры средний размер горизонтального сокращения снижается (с 56 до 39%).

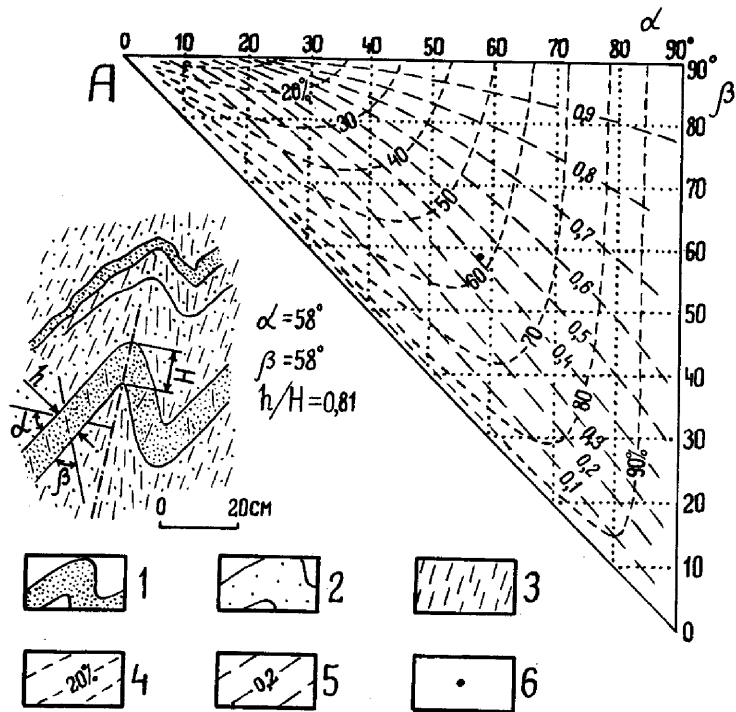


Рис 1. Схема замеров формы природной складки; номограмма А. Для схемы замеров: 1 - песчаник, 2 - глинистый сланец, 3 - положение трещин кливажа. Для номограммы А, а также номограмм Б и В на рис 2: 4 - изолинии размера горизонтального сокращения $-\epsilon$, ($\epsilon = [(l - l_0)/l_0] \cdot 100\%$, где l_0 - начальная длина слоя, l - длина горизонтального проложения слоя после деформации, 5 - изолинии доли изгиба ϵ_u/ϵ (отношения РГС за счет простого механизма изгиба к общему РГС, возникающему в результате действия изгиба и сплющивания), 6 - точки, соответствующие форме складки, показанной на схеме замеров, имеющие "минимые" значения $-\epsilon$ и ϵ_u/ϵ .

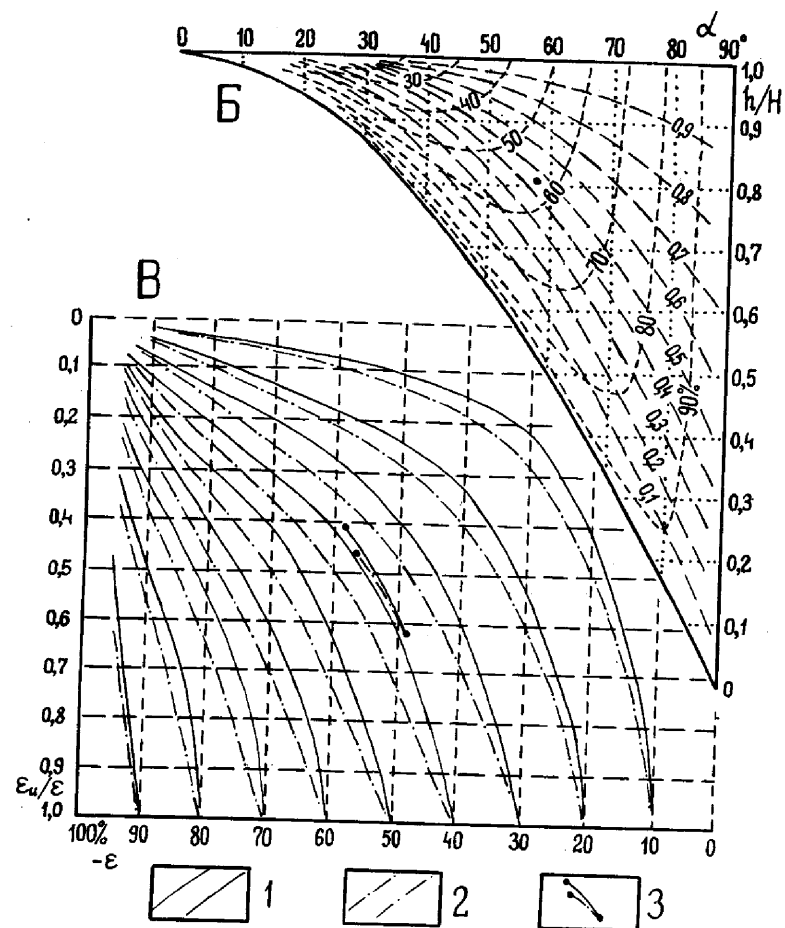


Рис 2. Номограммы Б и В. Для номограммы В: 1 - линии скальвания для значений $-\epsilon$ и ϵ_u/ϵ с номограммы А, 2 - то же с номограммы Б, 3 - точки, перенесенные с номограмм А и Б по "минимым" значениям $-\epsilon$ и ϵ_u/ϵ ; линии скальвания, проведенные от этих точек; линия пересечения этих линий, имеющая истинные значения $-\epsilon$ и ϵ_u/ϵ . Результат обработки замеров формы складки на рис 1: $-\epsilon = 48\%$; $\epsilon_u/\epsilon = 0,62$; скальвание $\Delta \epsilon \approx 10\%$.

Значения РГС для отдельных складок не следует переносить на горизонтальное сокращение всего складчатого района без тщательного рассмотрения возможных механизмов образования складчатости. Вместе с тем, значения РГС, касающиеся только отдельных складок, могут помочь в понимании как самой складчатой структуры, так и механизма ее образования.

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СХЕМЫ, РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ИХ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ

В.М.Гороховский

В настоящее время достаточно распространенным стало обоснование правил формирования расчетных значений фильтрационных параметров характером фильтрационной схемы. Например, при фильтрации вдоль слоистости в качестве расчетной предлагается средняя водопроницаемость, при фильтрации к водозаборному колодцу средняя геометрическая водопроницаемость, а поперек слоистости - среднее фильтрационное сопротивление. Такое обоснование, основывающееся на общих соображениях, не достаточно. В частности, ниже приводится пример, когда в одной фильтрационной схеме разные задачи требуют различных способов формирования расчетных значений параметров.

Также неудовлетворительным представляется обоснование статистических подходов к решению обсуждаемой задачи общими соображениями об ошибках информации, ее неполноте, неопределенности ситуации и т.п. Среди многих возражений, которые оно вызывает, укажем здесь лишь одно. Есть множество статистических характеристик объектов. Общие соображения редко позволяют осуществить выбор среди них и, вообще, доказать возможность использования статистических методов. Для этого необходим конкретный анализ решаемой задачи и геологической обстановки. Рассматриваемые примеры сопровождаются такого рода анализом.

Поскольку цель настоящей работы - выяснение некоторых

методологических положений, демонстрирующий их пример выбран простым, чтобы технические сложности не отвлекали внимания от сути дела. А именно, рассмотрим фильтрацию к совершенной дрены на горизонтальном водоупоре, которая описывается уравнением

$$d(K(x)h - \frac{dh}{dx}) / dx = -W, \quad (I)$$

где h - мощность грунтового потока, $K(x)$ - значения коэффициента фильтрации вдоль профиля, нормального к дрены, и W - инфильтрация, принимаемая постоянной. В качестве граничных условий примем мощность потока h_g в дрены ($x = 0$) и удельный приток к ней q . Пусть объектом прогноза является мощность потока h_M на расстоянии M от дрены. Интегрирование уравнения (I) при заданных граничных условиях дает

$$h_M^2 - h_g^2 + 2 \int_0^M \frac{q - wx}{K(x)} dx. \quad (2)$$

Выражение (2) точно решает задачу, если известно $K(x)$. Проблема выбора расчетных значений коэффициентов фильтрации возникает потому, что вместо $K(x)$ известны только коэффициенты фильтрации в отдельных, обычно немногочисленных точках. Предположим, что геологический разрез литологически и генетически однороден и дает основания для введения вместо $K(x)$ одного расчетного значения K_p . Возникает вопрос, как сформировать его из результатов обследования.

Обычным приемом здесь является сопоставление решения (2) с решением, полученным в предположении, что $K(x) = K_p$:

$$h_M^2 - h_g^2 + \frac{2qM - wM^2}{K_p} \quad (3)$$

Поскольку замена должна обеспечивать одинаковые значения h_M в выражениях (2) и (3) сразу находим:

$$\frac{1}{K_p} = \int_0^M \frac{p(x)}{K(x)} dx, \quad (4)$$