

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

А. И. Трегуб, О. В. Жаворонкин

ВВЕДЕНИЕ В ТЕКТОНОФИЗИКУ

Учебное пособие для вузов

Воронеж
Издательский дом ВГУ
2014

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ ДЕФОРМАЦИЙ И РАЗРУШЕНИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ.....	5
1.1. Элементы тектонофизики сплошной среды	5
1.1.1. Тектоническое течение	5
1.1.2. Напряженное состояние сплошной среды	11
1.2. Общие представления о тектонофизике структурированной среды	22
1.2.1. Деформационный процесс на атомно-молекулярном (микроструктурном) уровне	23
1.2.2. Деформационный процесс на мезоструктурном уровне (уровне горных пород, их слоев и пачек слоев).....	28
1.2.3. Особенности тектонических деформаций (деформации на макроуровне)	42
1.3. Структурные парагенезы	53
1.3.1. Элементарные геодинамические обстановки	53
1.3.2. Пространственное сочетание структурных парагенезов как результат компенсационной организации тектонического течения	57
2. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ И РЕКОНСТРУКЦИИ ПОЛЕЙ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ..	62
2.1. Стрейн-анализ.....	62
2.1.1. Изучение внутрислойных деформаций	64
2.1.2. Изучение деформаций слоев и пачек слоев	71
2.1.3. Тектонофациальный анализ.....	72
2.1.4. Использование материалов дистанционного зондирования Земли при изучении полей деформаций	74
2.2. Стресс-анализ	76
2.2.1. Изучение современных полей тектонических напряжений	76
2.2.2. Реконструкция полей палеонапряжений по анализу геолого-структурных данных	77
Литература.....	90

пределами изучаемого объема геологической среды, а координаты Лагранжа находятся в его пределах.

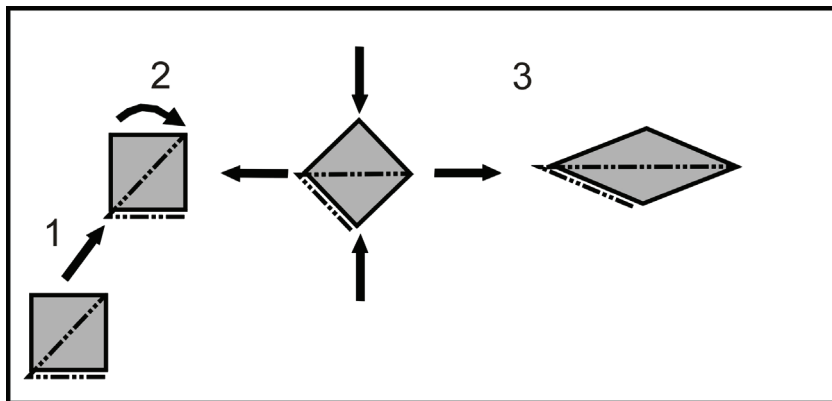


Рис. 1.1. Составляющие тектонического течения элементарного объема:

1 – поступательное движение, 2 – вращение, 3 – деформация
(по М. Г. Гончарову и др., 2005)

Поступательное движение – это векторная величина, которая характеризуется направлением и размером перемещения изучаемого объема как единого целого в прямоугольной системе координат, где оси X и Y находятся в горизонтальной плоскости, а ось Z направлена вертикально. Величина поступательного движения одинакова для всех элементарных объемов, выделяемых в пределах изучаемого объема. Примерами поступательного движения в тектонике могут служить перемещения аллохтонов относительно автохтонов в надвиговых структурах, смещения крыльев сбросов или взбросов и т. п. При этом величина поступательного движения определяется амплитудой смещения, а направление – элементами залегания сместителя.

Вращение изучаемого объема определяется величиной угла его поворота в прямоугольной системе координат, а также направлением (по часовой стрелке или против часовой стрелки; вправо или влево от начального положения). Как и в поступательном движении, величина вращения одинакова для всех элементарных объемов. Примером вращения в тектонике может служить процесс преобразования горизонтального залегания слоя в моноклиналь-

ное. При этом элементы залегания слоя характеризуют величину его вращения.

При поступательном движении и вращении ни объем, ни форма тела не изменяются.

Дилатация представляет собой изменение объема тела при сохранении его формы. Она сопровождается изменением (увеличением или уменьшением) плотности вещества. В геологических условиях изменение плотности может быть обусловлено литостатическим давлением, приводящим к обезвоживанию осадка, уменьшению его пористости в процессе литогенеза. Увеличение объема пород может быть связано с их гидратацией или декомпрессией (снятием литостатической нагрузки) в зоне гипергенеза. На других иерархических уровнях изменения объема вещества могут быть вызваны процессами метаморфизма, магматизма, фазовыми переходами под действием меняющихся давлений и температур.

Деформация – это изменение формы тела и формы его элементарных объемов. Деформация выражается изменением взаимного расположения частиц элементарных объемов. Деформация в одном направлении – изменение длины отрезка прямой (так называемого *волокна*) в пределах тела измеряется двояко. Первый способ – *процентная мера* (ε – *эпсилон*, буква греческого алфавита). Он заключается в определении отношения приращения длины волокна, возникшего вследствие деформации (ΔL), к его длине до деформации (L_0):

$$\varepsilon = (L - L_0) / L_0 \cdot 100 \% = \Delta L / L_0 \cdot 100 \%,$$

где L – длина волокна после деформации, L_0 – до деформации, ΔL – приращение длины волокна вследствие деформации.

Процентная мера обычно используется для характеристики *малой деформации*, когда последняя не превышает 1 %.

Второй способ – *кратная мера*. Он заключается в определении отношения длины волокна после деформации (L) к его длине до деформации (L_0):

$$k = L / L_0.$$

Процентная и кратная меры являются безразмерными величинами.

Величина деформации различна для волокон, ориентированных в разных направлениях. Для однозначной характеристики изменения длины некоторого волокна элементарного объема требуются три параметра: величина максимального удлинения, направление оси максимального удлинения и угол, образуемый волокном с осью максимального укорочения до деформации. Такие величины в физике называются *тензорами*.

Деформация всего изучаемого объема, состоящего из элементарных объемов, характеризуется *полем деформации*. В физике полем называется совокупность значений какой-либо величины в некоторой области. Поле может быть скалярным, векторным и тензорным. Поле деформаций – это совокупность значений деформаций элементарных объемов, из которых состоит изучаемый объем. Оно является тензорным полем. Различают однородные и неоднородные поля деформаций. При однородной деформации все элементарные объемы деформированы одинаково, а при неоднородной – по-разному. После однородной деформации прямые линии в пределах деформируемого тела остаются прямыми, плоскости плоскостями. Однородная деформация может быть *линейной (одноосной), плоской (двухосной), объемной (трехосной)*.

Объемная деформация характеризуется эллипсоидом деформации. Три его оси называются *главными осями деформации*. Вдоль первой происходит максимальное удлинение ϵ_1 (k_1), вдоль третьей – максимальное укорочение ϵ_3 (k_3), а вдоль второй (промежуточной) оси – или удлинение или укорочение ϵ_2 (k_2). Деформация удлинения (растяжения) считается *положительной*, а укорочения (сжатия) – *отрицательной*.

Выделяются три простейших типа полей деформаций:
удлинение–укорочение (чистый сдвиг), простой сдвиг, изгиб (рис. 1.2).

Деформация *удлинения–укорочения* (в зарубежной литературе – *чистый сдвиг – pure shear*) является однородной и вызвана силами, ориентированными вдоль общей оси и направленными навстречу друг другу (сжатие) или в противоположные стороны (растяжение).

Простой сдвиг (simple shear) – однородная деформация, вызванная двумя разно направленными параллельными силами, приложенными к различным частям тела. Мерилем деформации простого сдвига является отношение величины горизонтального перемещения верхней стороны первичного квадрата к сохраняю-