

Проблемы и парадоксы геологической интерпретации сейсмоочаговых систем земной коры

Чиков Б.М.
Институт геологии и минералогии СО РАН

bmchikov@mail.ru
333-08-62

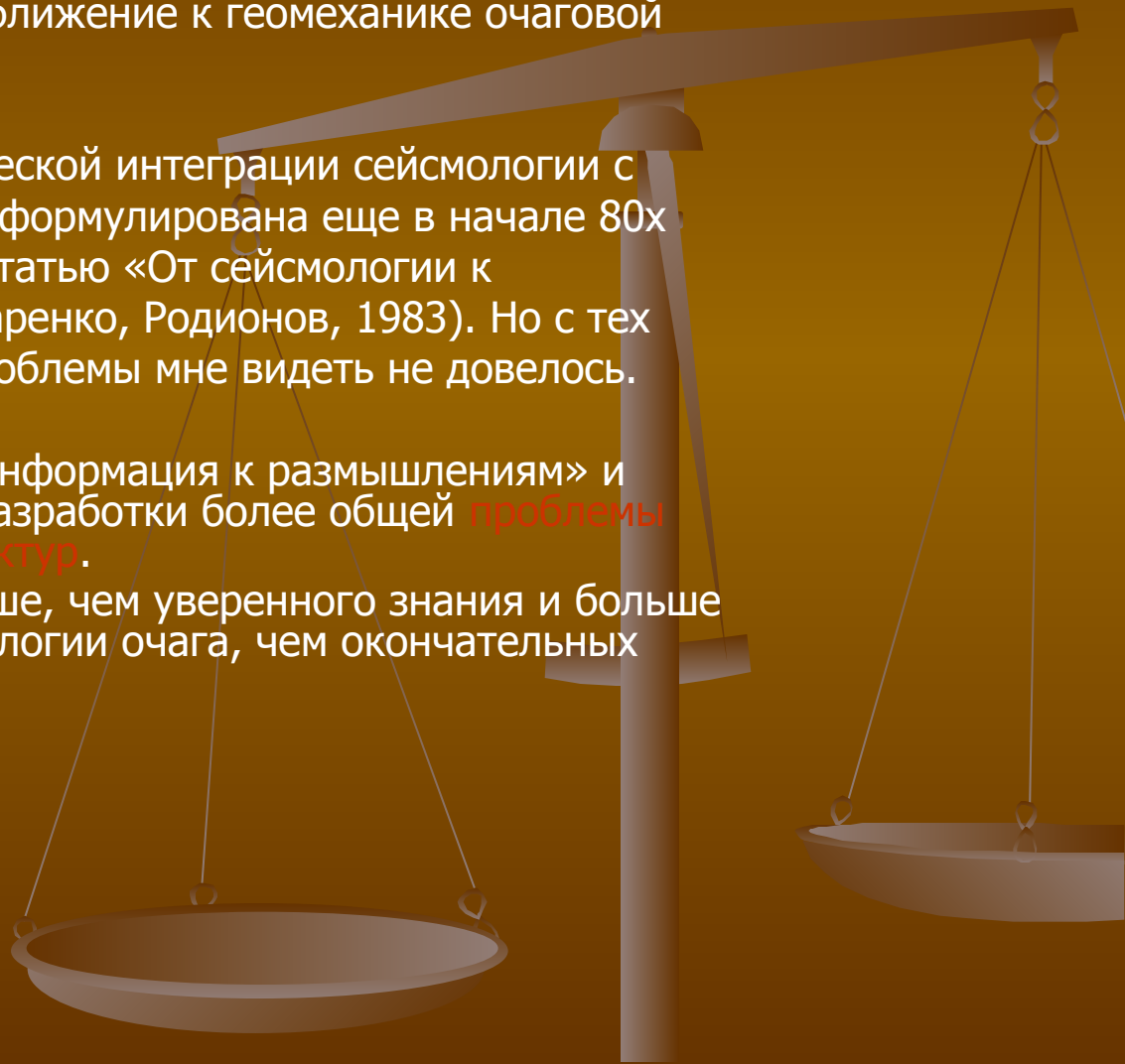


Традиции интерпретации сейсмических явлений ориентированы преимущественно на актуальную задачу прогноза события. При этом в теоретических физических моделях параметры очага соотносятся с условной точкой, для которой диагностируются координаты, тип напряжения и ориентировка деформации [Костров, 1975; Соболев, Пономарев, 2003; Mulargia, Castellaro, Ciccotti, 2005]. Это своего рода краевое решение, как первое приближение к геомеханике очаговой зоны.

Вместе с тем проблема «гармонической интеграции сейсмологии с геологией и геомеханикой» была сформулирована еще в начале 80х годов прошедшего столетия (см. статью «От сейсмологии к геомеханике ...» - Садовский, Писаренко, Родионов, 1983). Но с тех пор систематического анализа проблемы мне видеть не довелось.

Предлагаемое сообщение – это «информация к размышлениям» и попытка объединить усилия для разработки более общей **проблемы геомеханики сейсмоочаговых структур**.

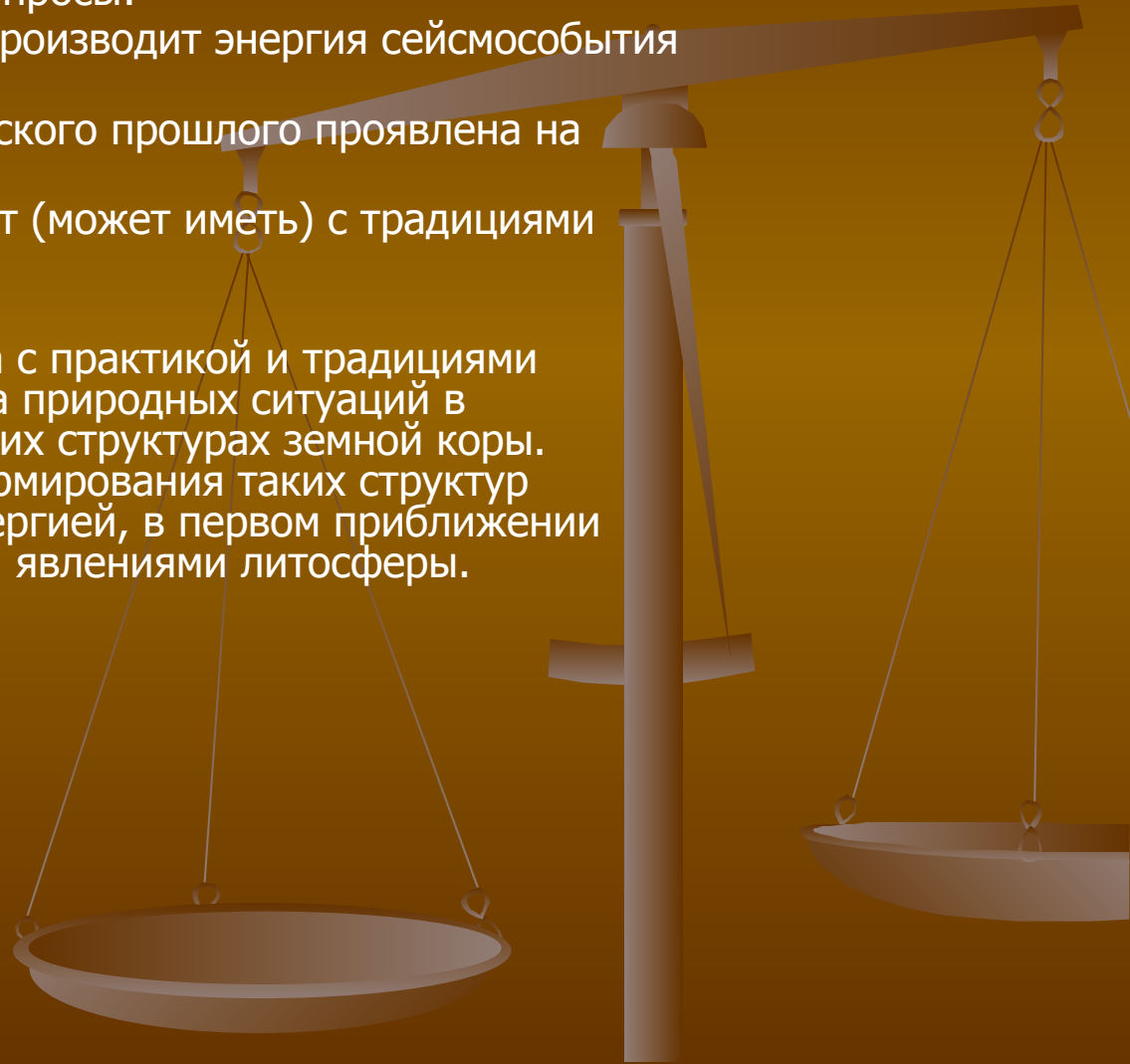
В этой попытке сомнений не меньше, чем уверенного знания и больше желания привлечь внимание к геологии очага, чем окончательных решений.



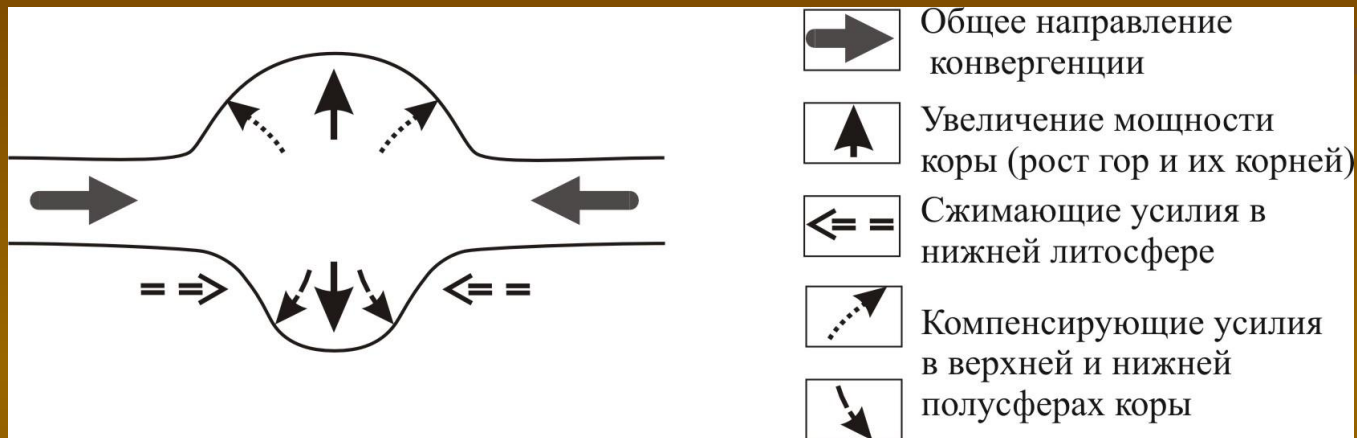
Безусловно, прогноз события в связи с катастрофами социального плана и анализом сейсмодислокаций на поверхности Земли - это чрезвычайно актуальная **геодинамическая задача** с большими социальными последствиями. Но она не исключает проблему более общего **геомеханического моделирования** структуры очага с ответом на вопросы:

- Какую геологическую работу производит энергия сейсмособытия в недрах?
- Как работа в очагах геологического прошлого проявлена на поверхности Земли?
- Какую связь сейсмология имеет (может иметь) с традициями геологии?

Постановка сообщения связана с практикой и традициями геолого-геофизического анализа природных ситуаций в деформационно-метаморфических структурах земной коры. Представляется, что условия формирования таких структур определяются механической энергией, в первом приближении представленной сейсмическими явлениями литосферы.



По-видимому, природа **внутриконтинентальной** региональной сейсмичности - результат конвергенции литосферных блоков и коллизии фрагментов земной коры .

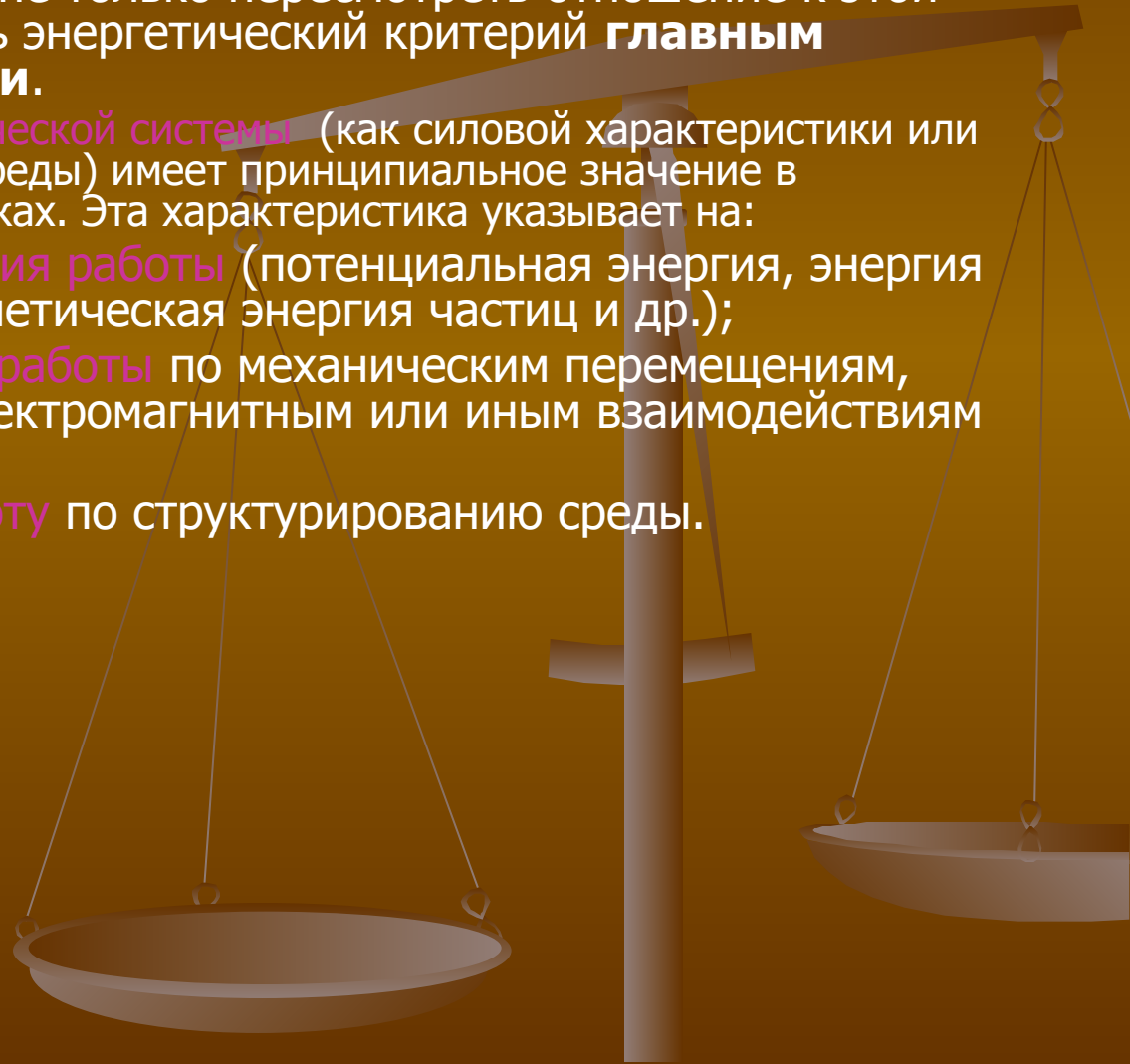


Конвергенцию сопровождают: рост напряженного состояния коры, горобразование с «хрупкими» деформациями и фрагментацией верхней литосферы на дискретные блоки.

Фрагменты коллизионно взаимодействуют с выделением энергии в форме землетрясений «столкновения» и «срыва»

■ Энергия геологической среды.

- Долгое время я скептически и даже негативно относился к проблеме энергии геологических явлений. Однако задачи тектонического моделирования заставили не только пересмотреть отношение к этой проблеме, но даже считать энергетический критерий **главным принципом геодинамики**.
 - **Понятие энергии геологической системы** (как силовой характеристики или свойства материальной среды) имеет принципиальное значение в геодинамических установках. Эта характеристика указывает на:
 - а) **возможность совершения работы** (потенциальная энергия, энергия массы, внутриатомная кинетическая энергия частиц и др.);
 - б) **природу совершаемой работы** по механическим перемещениям, химическим, тепловым, электромагнитным или иным взаимодействиям элементов этой среды;
 - в) **уже совершенную работу** по структурированию среды.
- .



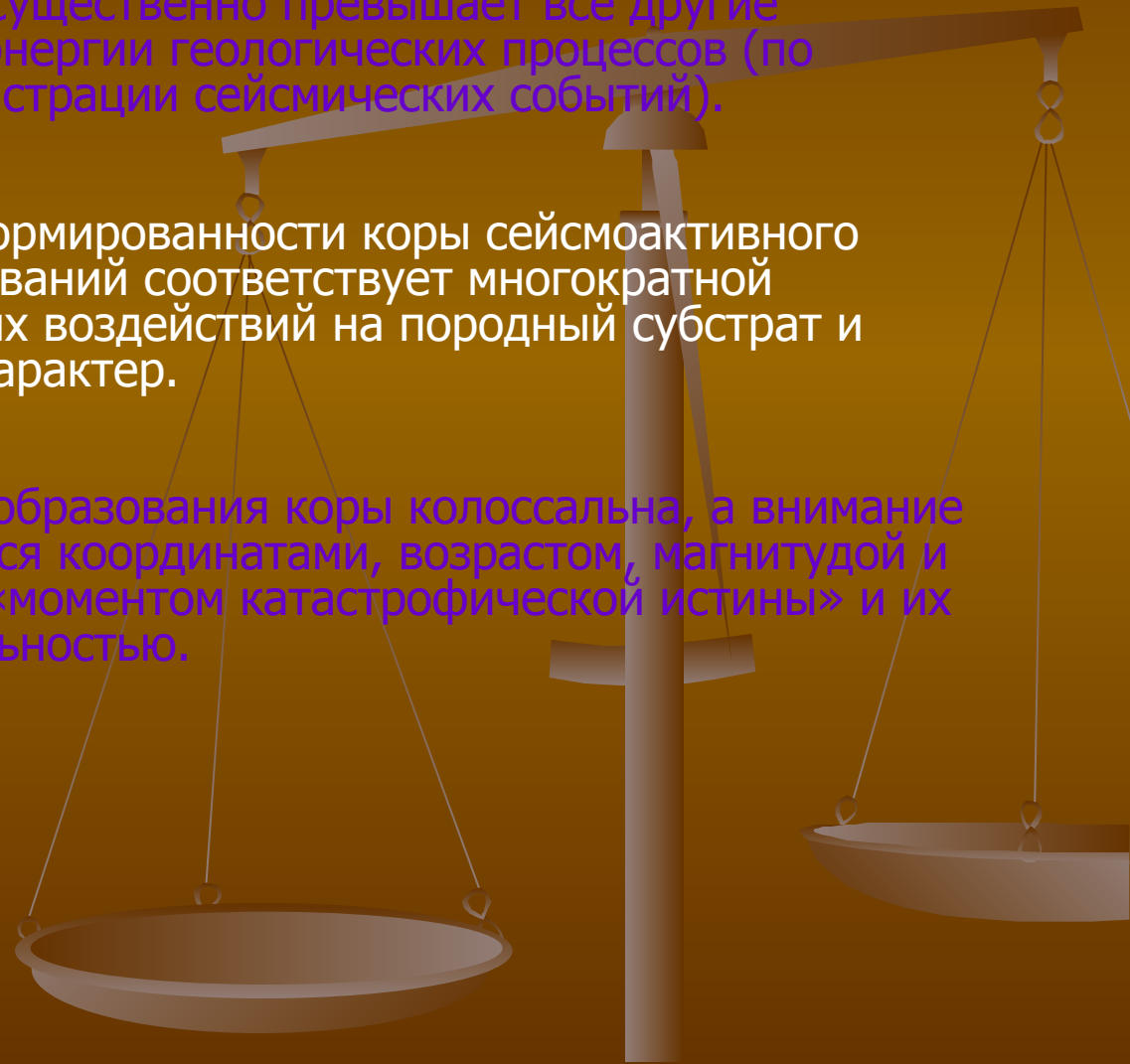
- Учитывая множество и повторяемость событий, а также оценки параметров очаговых зон можно определить, что в количественном отношении механическая энергия сейсмичности, соотнесенная с временными интервалами, существенно превышает все другие проявления эффективной энергии геологических процессов (по крайней мере за время регистрации сейсмических событий).

Ожидаемые следствия:

Накопительный режим деформированности коры сейсмоактивного региона; частота преобразований соответствует многократной повторяемости механических воздействий на породный субстрат и имеет «телескопический» характер.

Парадокс:

Энергия регионального преобразования коры колоссальна, а внимание специалистов ограничивается координатами, возрастом, магнитудой и кинематикой событий, т.е. «моментом катастрофической истины» и их исторической последовательностью.



Геодинамика очага

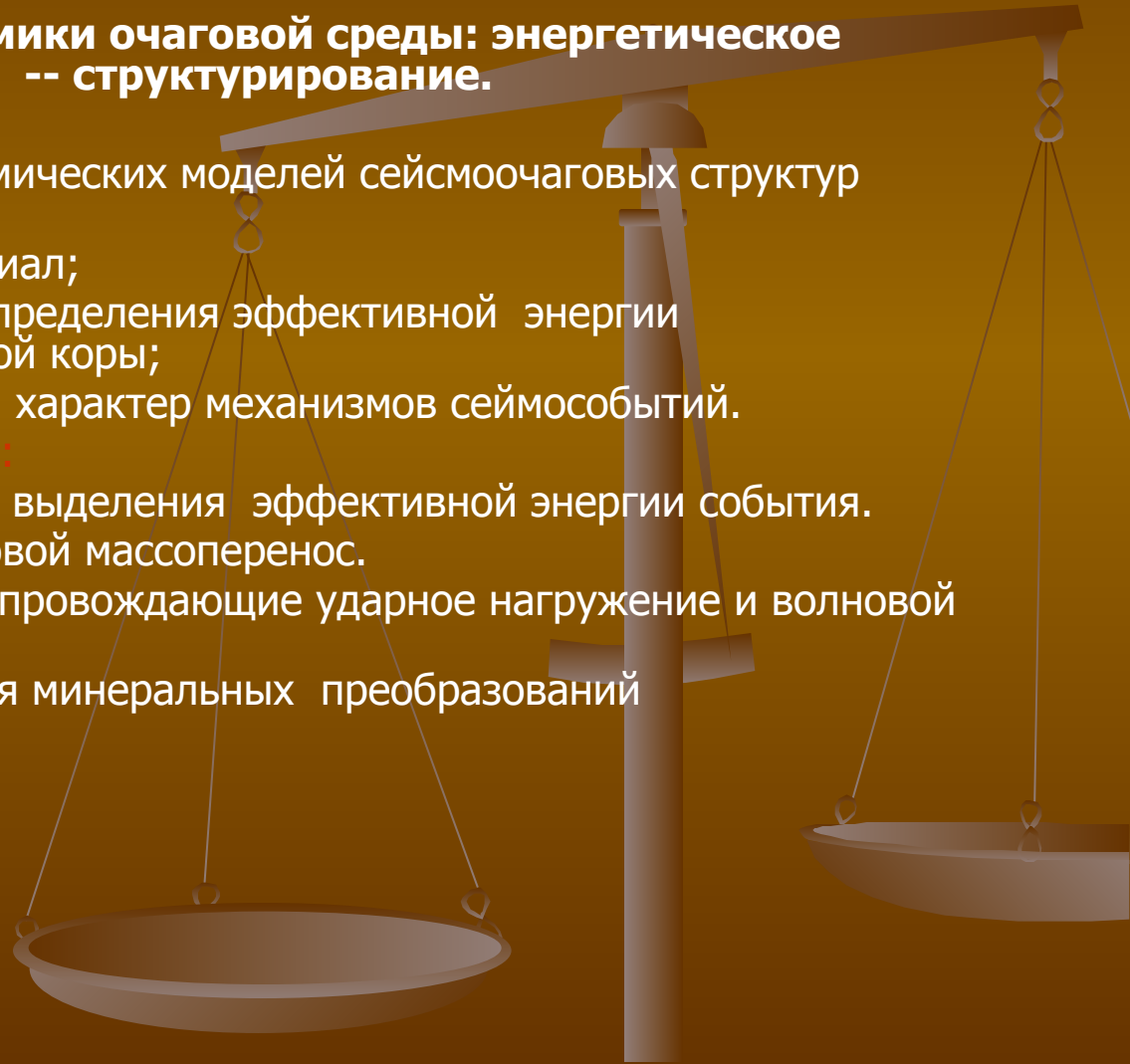
- **Очаг землетрясения** - локальный объем земной коры, в котором разрядка внешнего механического нагружения сопровождается фиксированным разрушением и неоднородным преобразованием геологической среды вокруг условного центра (гипоцентра).
- **Исходный принцип геодинамики очаговой среды: энергетическое воздействие – массоперенос -- структурирование.**

Фундаментальной основой геодинамических моделей сейсмоочаговых структур являются:

- их энергетический потенциал;
- условия контрастного распределения эффективной энергии преобразования субстрата земной коры;
- импульсно-колебательный характер механизмов сеймособытий.

Механизмы структурирования очага:

- а) Деструкция среды в области выделения эффективной энергии события.
- б) Ударная волна (УВ) и волновой массоперенос.
- в) Колебательные эффекты, сопровождающие ударное нагружение и волновой массоперенос.
- г) Механохимическая активация минеральных преобразований диспергированной среды.



Главным элементом геодинамики очага является механическая энергия. Она «несет ответственность» за фиксируемое разрушение и качественное преобразование геологической среды в области эффективного воздействия.

В формализованном виде энергетика очаговой области (E_{ss}) земной коры представлено выражением:

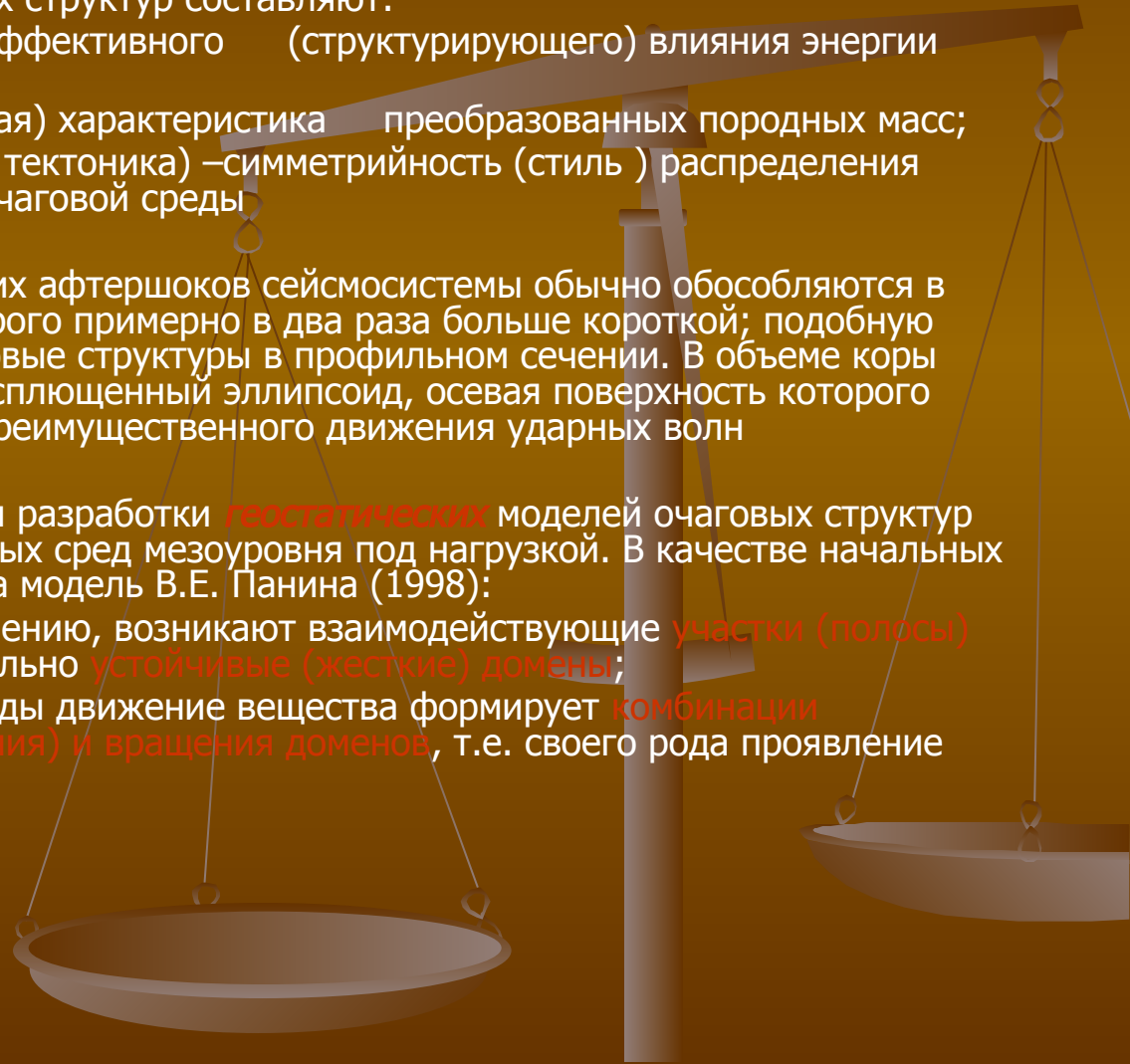
$$E_{ss} = E_1 (e_s \odot e_p) \odot E_2 (e_d \odot e_v \odot e_k) \odot E_3, \text{ где:}$$

- E_1 – энергия внешнего поля напряжения, включающая энергию регионального стресса (e_s), а также энергию литостатического давления и «всестороннего обжатия» (e_p);
- E_2 – энергия разрушения и пластической деформации породных масс, включающая собственно энергию деструкции (e_d), а также поверхностную энергию частиц (e_v) и энергию трения и сцепления (e_k), возникающую за счет работы по фронту разрушения.
- E_3 – энергия минеральных преобразований (химические взаимодействия, рекристаллизация и перекристаллизация минеральных масс очаговой области).
- \odot – знак перечисления (суммирования) разновидностей энергии с учетом отношений взаимоперехода механической энергии в тепловую, химическую и другие формы (и наоборот).
- Мы еще не умеем количественно определять значения **всех** разновидностей энергетических характеристик геосистем, но представляется важным **выделение** (в явном виде) и **инвентаризацию** основных понятий с последующей **разработкой физических моделей** и, соответственно, количественными определениями.
- Исключение «формализма» (как и иного способа описания) будет означать, что проблема «не входит в круг наших понятий» и не заслуживает обсуждения. А это не является решением самой проблемы, о насущной необходимости разработки которой говорил В.И. Вернадский уже в начале прошлого столетия.

Геостатические модели очаговых структур

Исходный принцип преобразования очаговой среды: энергетическое воздействие — массоперенос -- структурирование.

- Основу геостатики сейсмоочаговых структур составляют:
 - а) **форма и размеры** области эффективного (структурирующего) влияния энергии землетрясения;
 - б) **вещественная** (формационная) характеристика преобразованных породных масс;
 - в) **Упорядоченность** (очаговая тектоника) — симметричность (стиль) распределения вещественных неоднородностей очаговой среды
- Эпицентры очагов и сопутствующих афтершоков сейсмосистемы обычно обособляются в форме эллипса, длинная ось которого примерно в два раза больше короткой; подобную морфологию имеют и сейсмоочаговые структуры в профильном сечении. В объеме коры такие концентрации напоминают сплюснутый эллипсоид, осевая поверхность которого ориентирована по направлению преимущественного движения ударных волн
- Принципиальными предпосылками разработки **геостатических** моделей очаговых структур служат условия разрушения твердых сред мезоуровня под нагрузкой. В качестве начальных условий геомеханики очага удобна модель В.Е. Панина (1998):
 - на стадиях, предшествующих разрушению, возникают взаимодействующие **участки (полосы) пластического течения** и относительно **устойчивые (жесткие) домены**;
 - в процессе разрушения очаговой среды движение вещества формирует **комбинации деформаций сдвига (в зонах течения) и вращения доменов**, т.е. своего рода проявление турбулентности в твердом теле.



Материальная основа очаговой структуры

- Проблема формационного состава сейсмоочаговых структур заключается в том, что метаморфизм породных масс **в условиях ударного и вибрационного нагружения** имеет контрастный характер, а практика их диагностики несовершенна.
- Соответствующая информация если и есть, то рассредоточена и завуалирована традиционными процедурами «восстановления первичного состояния» объектов наблюдения. **А это уже традиции парадокса дезинформации**, т.е. нарушение принципа адекватности описания природного явления.

Ожидаемые типы породных масс
очаговой деструкции:

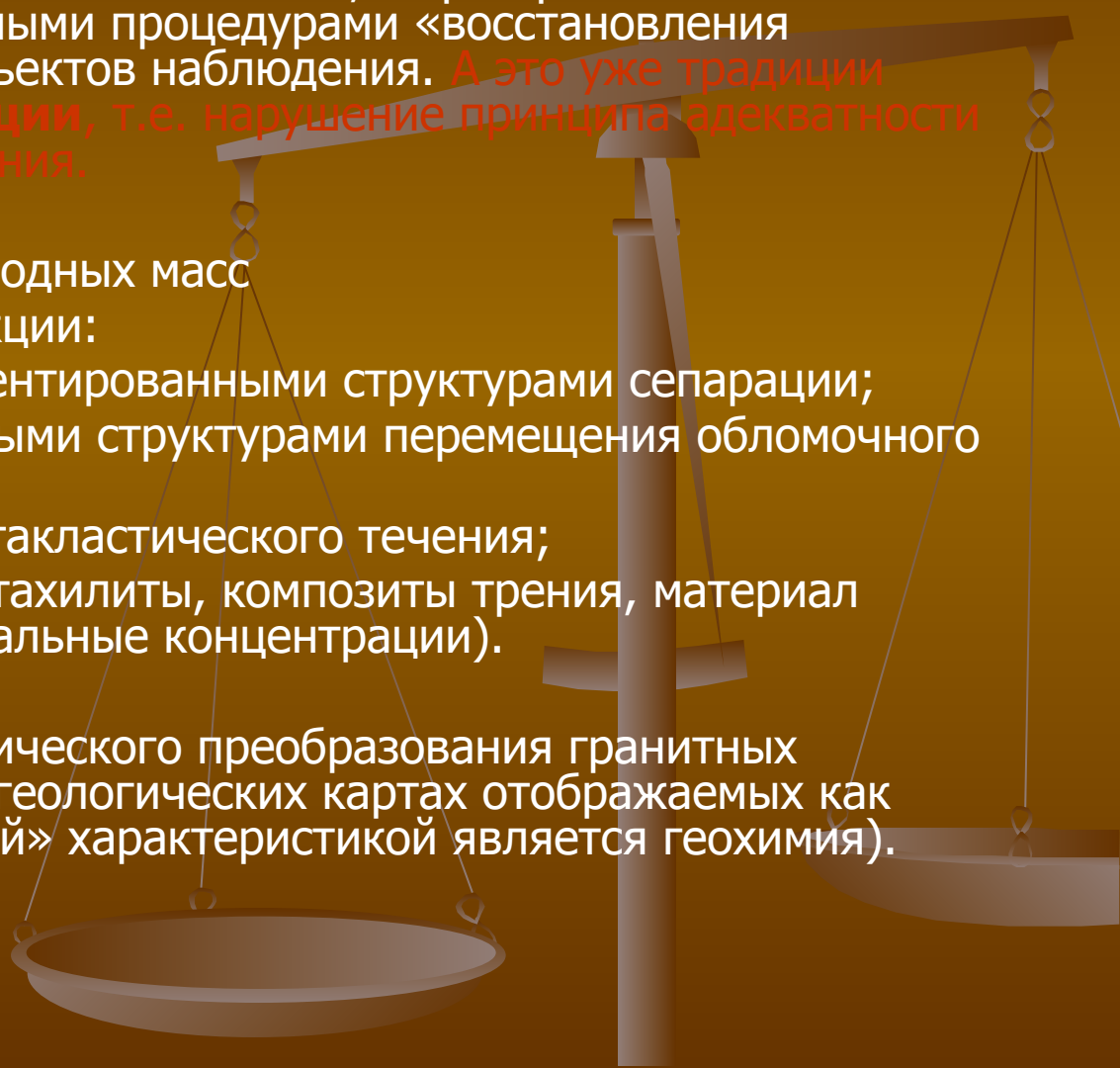
Катаклазиты с веерно ориентированными структурами сепарации;

Меланжи с ориентированными структурами перемещения обломочного материала;

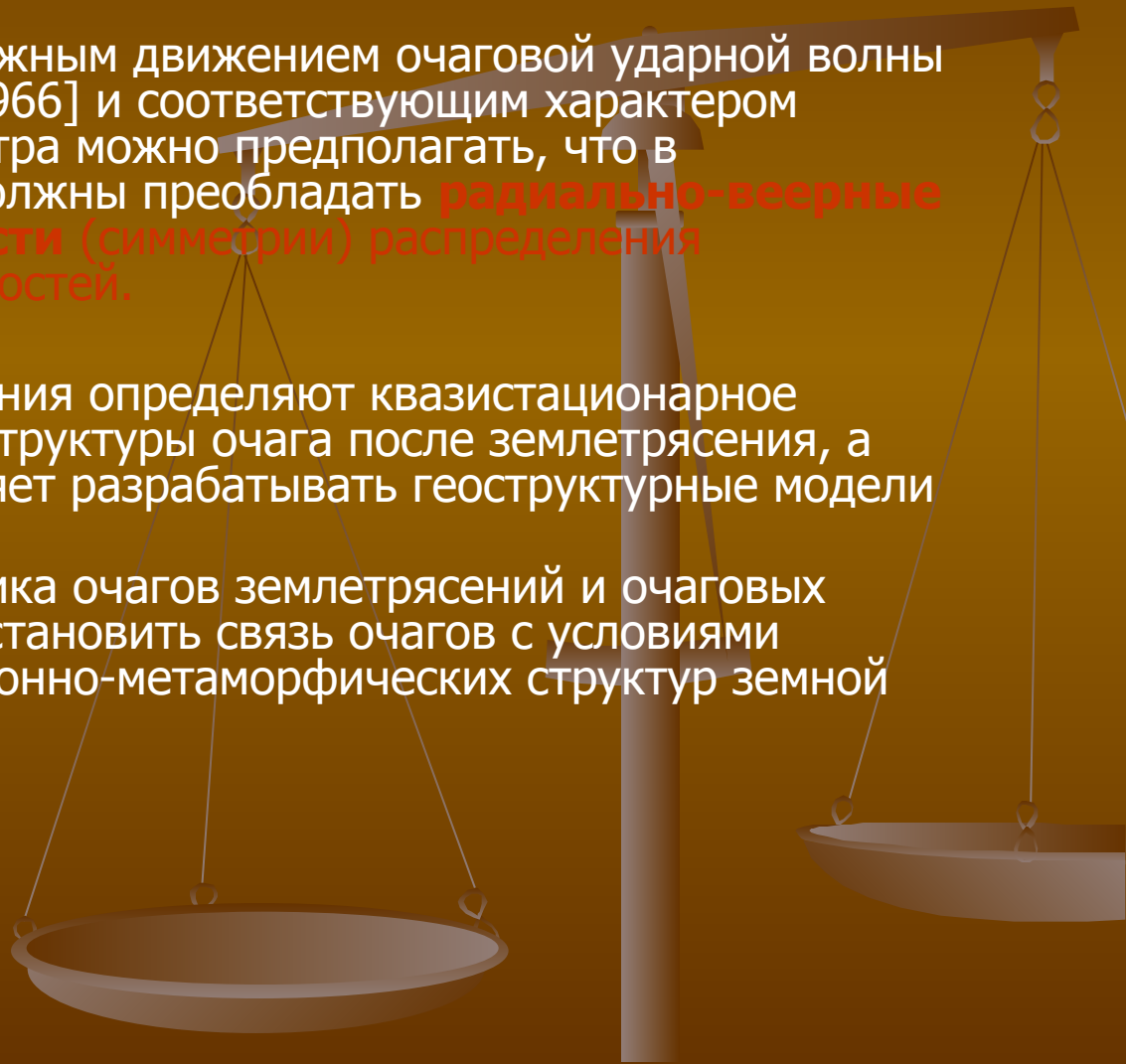
Сланцы со структурами катакластического течения;

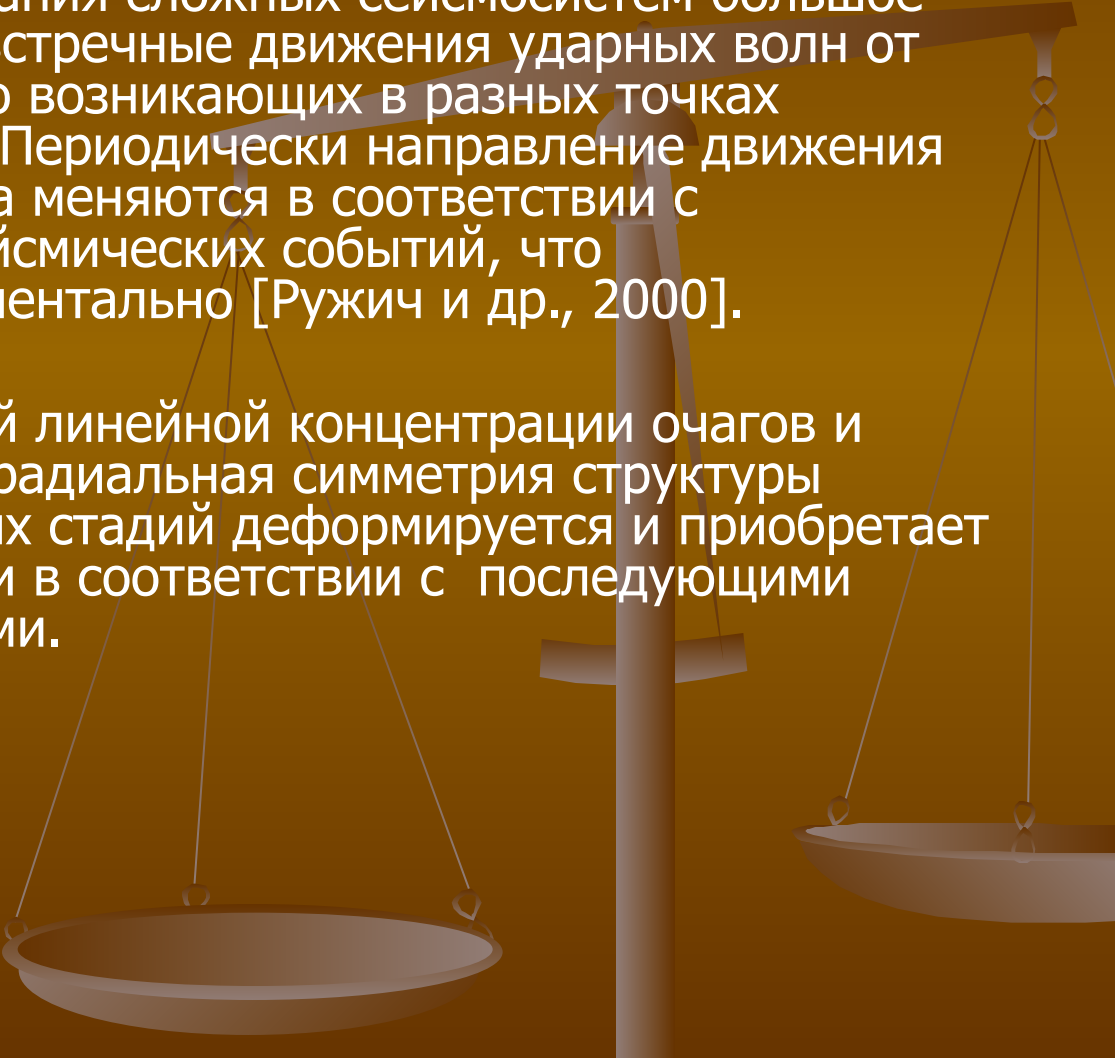
Механокомпозиты (псевдотахилиты, композиты трения, материал подплавления, мономинеральные концентрации).

Пример породных масс механического преобразования гранитных тектонитов, на детальных геологических картах отображаемых как граниты (общей «гранитной» характеристикой является геохимия).



- После завершения активной стадии сейсмоочага региональное литостатическое давление и всестороннее обжатие обеспечивают литификацию диспергированной минеральной среды и закрепление основных черт упорядоченности симметричных отношений деформационно-метаморфических структур.
- В соответствии с центробежным движением очаговой ударной волны [см. Зельдович, Райзер, 1966] и соответствующим характером массопереноса от гипоцентра можно предполагать, что в структурировании очага должны преобладать **радиально-векторные системы упорядоченности (симметрии) распределения вещественных неоднородностей**.
- Эти симметричные отношения определяют квазистационарное состояние геологической структуры очага после землетрясения, а геомеханика очага позволяет разрабатывать геоструктурные модели очаговых систем.
- Соответственно, геомеханика очагов землетрясений и очаговых сейсмосистем позволяет установить связь очагов с условиями формирования деформационно-метаморфических структур земной коры.

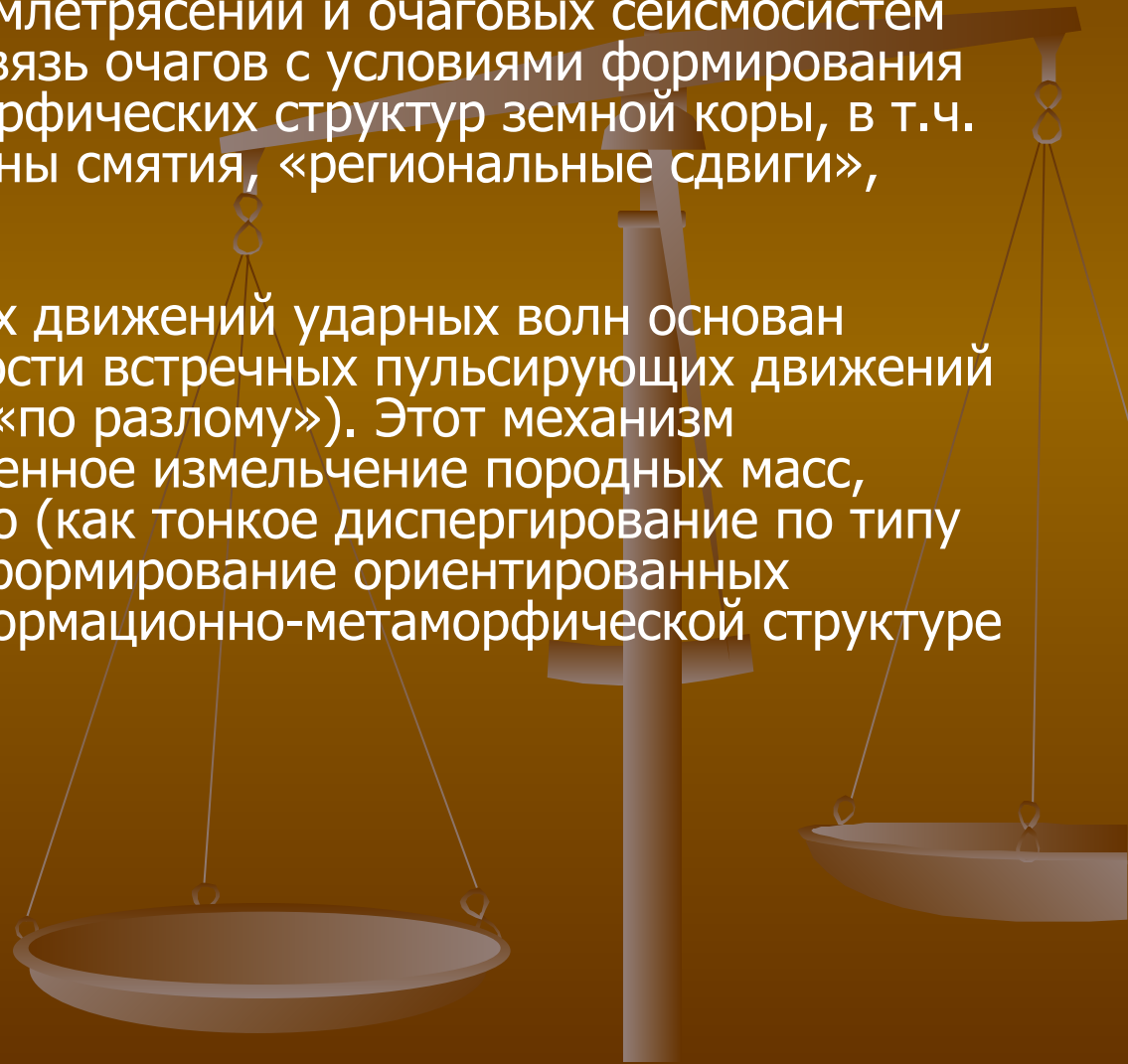


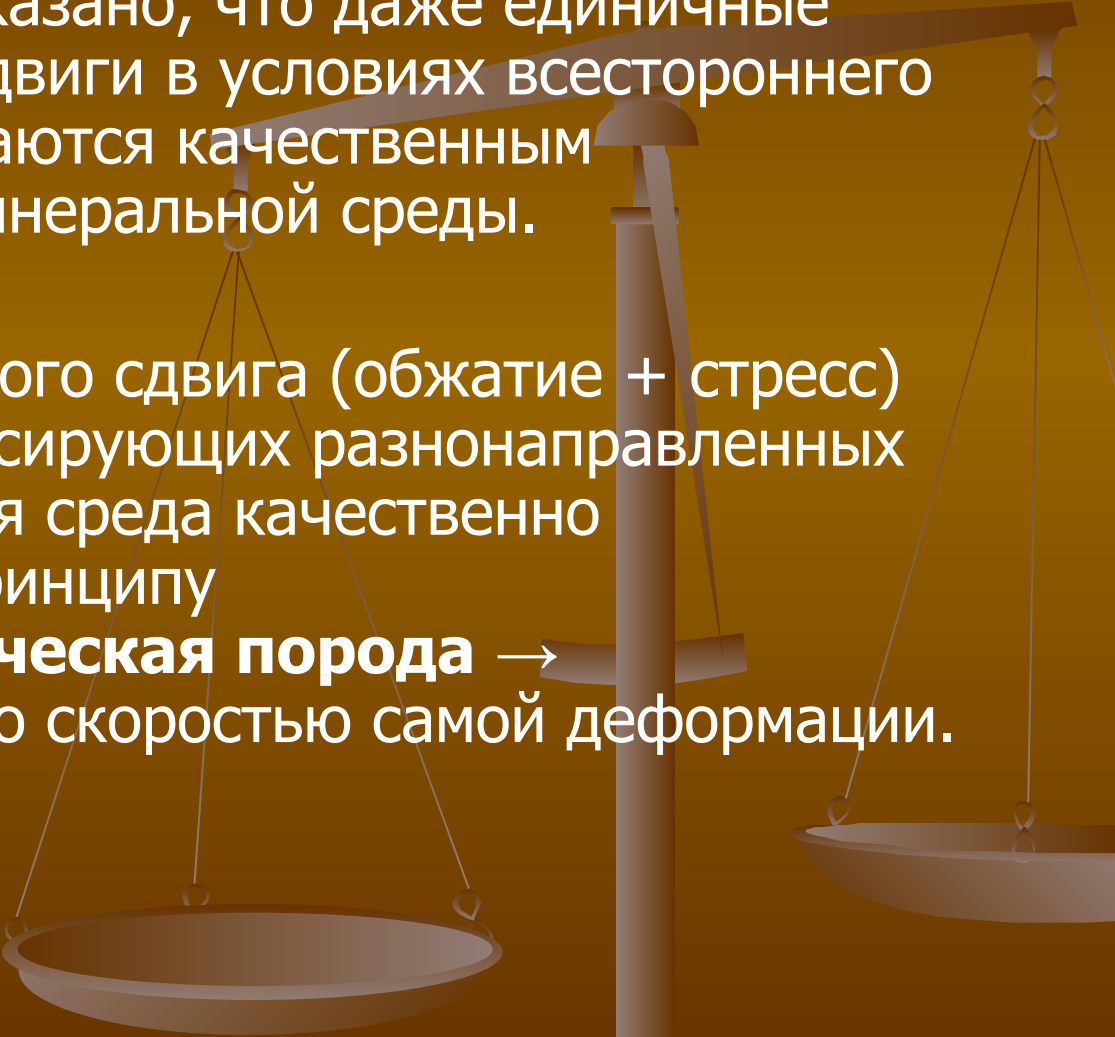
- 
- В механизмах формирования сложных сейсмосистем большое значение приобретают встречные движения ударных волн от очагов, последовательно возникающих в разных точках сейсмофокальной зоны. Периодически направление движения энергии и массопереноса меняются в соответствии с положением центров сейсмических событий, что подтверждается инструментально [Ружич и др., 2000].
 - В условиях региональной линейной концентрации очагов и афтершоков первичная радиальная симметрия структуры единичных очагов ранних стадий деформируется и приобретает свойства анизотропности в соответствии с последующими сейсмическими событиями.

От сейсмосистемы к деформационно-метаморфической структуре земной коры

Геомеханика очагов землетрясений и очаговых сейсмосистем позволяет установить связь очагов с условиями формирования деформационно-метаморфических структур земной коры, в т.ч. линеamentного типа (зоны смятия, «региональные сдвиги», shear zones).

На принципе встречных движений ударных волн основан механизм множественности встречных пульсирующих движений по оси сейсмосистемы («по разлому»). Этот механизм обеспечивает множественное измельчение породных масс, включая милонитизацию (как тонкое диспергирование по типу дисковой мельницы) и формирование ориентированных структур течения в деформационно-метаморфической структуре линеamentного типа.



- 
- В экспериментах показано, что даже единичные малоамплитудные сдвиги в условиях всестороннего обжатия сопровождаются качественным преобразованием минеральной среды.
 - В условиях стесненного сдвига (обжатие + стресс) или множества пульсирующих разнонаправленных сдвигов минеральная среда качественно преобразуется по принципу **«полнокристаллическая порода → бластомилонит»** со скоростью самой деформации.

■ Заключение

- Практика геологической съемки и поиска полезных ископаемых показывает на широкое распространение геологических ситуаций, когда наблюдаемое множество пород и породных масс с характерными типами структурной упорядоченности не «вписываются» в традиционные классификации интрузивных, осадочных, вулканических или метаморфических формаций. Их природа может иметь связь с сейсмоочаговыми структурами.
- Представляется, что исследования результатов «геологической работы» энергии сейсмоочаговых структур имеют большие перспективы в отношении деформационно-метаморфических структур и в связи с более общими проблемами геомеханического моделирования тектоники земной коры.
- Энтузиасты – это ваши перспективы!

