

Влияние геодинамических факторов на устойчивость протяженных инженерных сооружений

В.В.Адушкин, Г.Г.Кочарян

Институт динамики геосфер РАН

gevorgkidg@mail.ru

Секция «Комплексная безопасность зданий и сооружений».

20 мая 2014г.

Геодинамические факторы, представляющие опасность для протяженных инженерных сооружений:

1. Повышенная концентрация активных газов и флюидов.

Значительная часть обследованных разрывов труб и участков повышенной коррозии резервуаров приурочены к зонам повышенной проницаемости горного массива. (*Медведев, 1992; Лебедич, Дворников и др., 1998*).

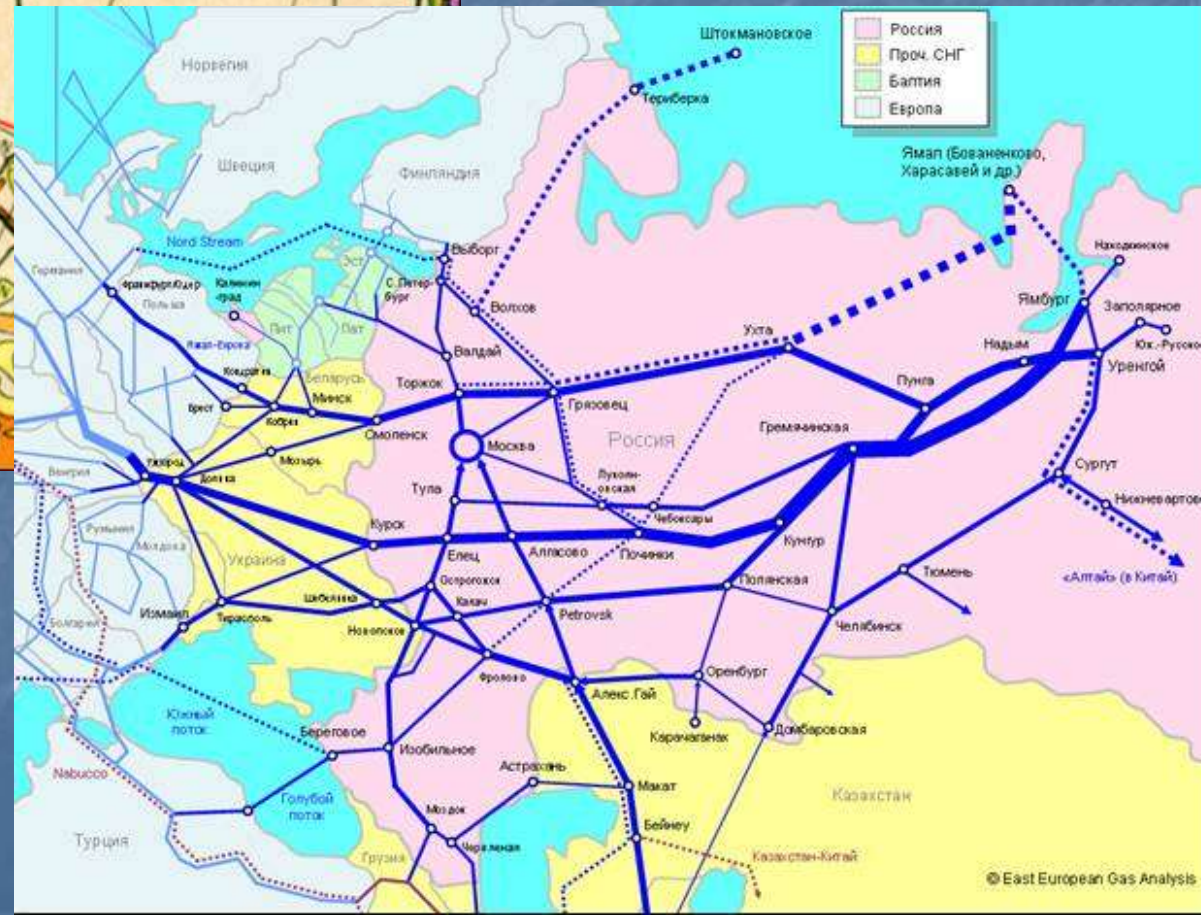
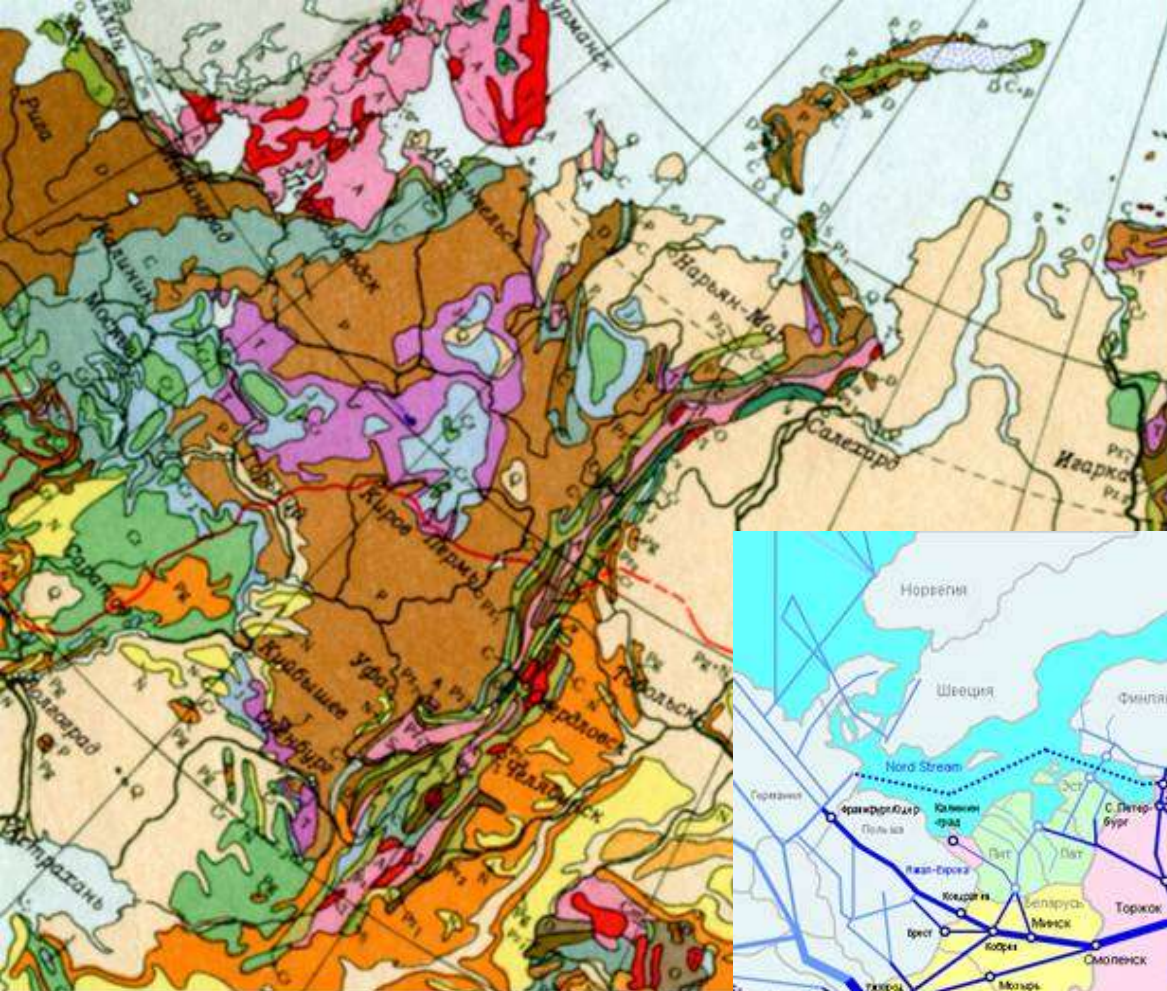
2. Медленные дифференциальные перемещения блоков земной коры, подвижность опор, сезонные изменения свойств грунтов и т.д.

На некоторых участках активных разломов наблюдаются резкие смены скоростей вертикальных движений блоков земной коры – от единиц до первых сотен мм/год. (*Касьянова, Кузьмин, 1996; Кузьмин, 2006 и др.*).

3. Воздействие сейсмических колебаний малой амплитуды.

(*Адушкин и др. 1999; Кочарян, Спивак, 2003; Кочарян 2012 и др.*)

Геологическая карта части Европейской части России и Западной Сибири



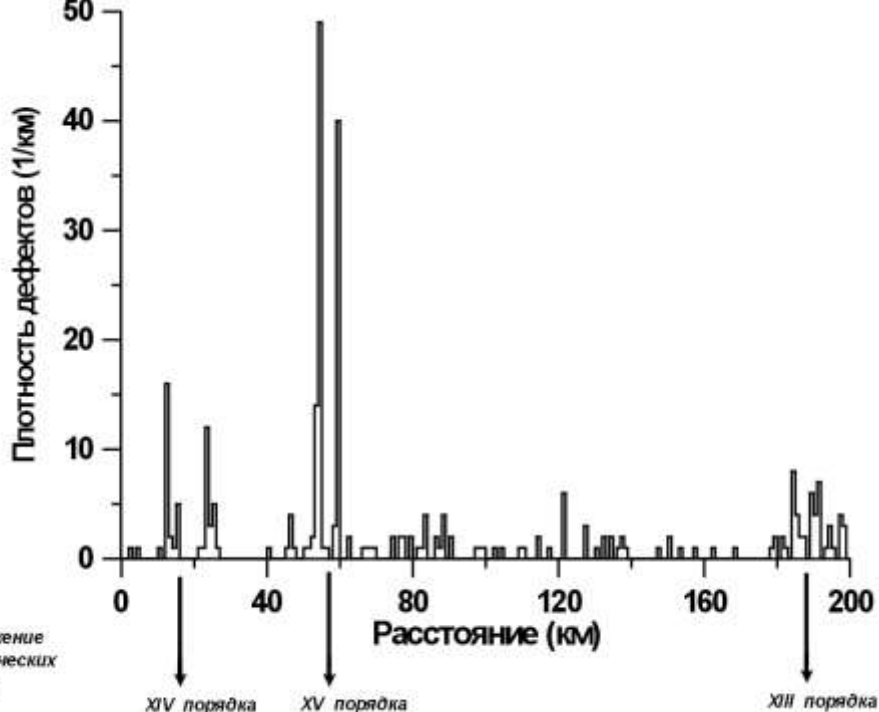
Единая система газоснабжения России
Протяженность российских магистральных трубопроводов превышает 221 тыс. км, из которых 153 тыс. км – это магистральные газопроводы, около 70 тыс. км – магистральные нефтепроводы, более 20 тыс. км – магистральные нефтепродуктопроводы.

http://www.eegas.com/fsu_r.htm

Воздействие сейсмических колебаний малой амплитуды

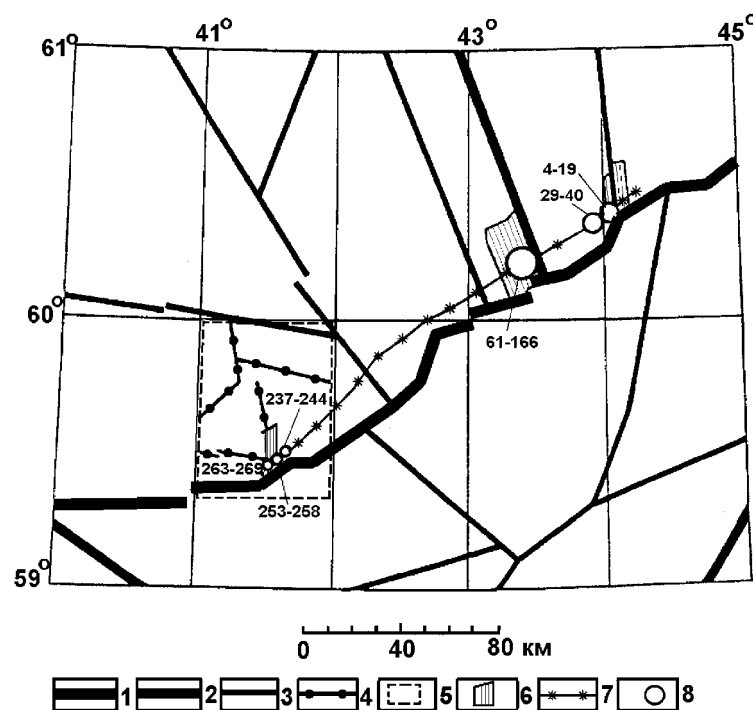
- Большей частью микросейсмические колебания безвредны.
- На участках, где могут наблюдаться высокие градиенты амплитудных и частотных характеристик микросейсмических колебаний, в самом трубопроводе могут возникнуть деформационные волны.
- Высокая добротность материала трубы создает предпосылки для развития резонансных собственных колебаний конструкции на самых разных частотах — от долей герца до сотен герц.
- Высокие скорости деформаций могут стать причиной накопления неупругих деформаций, инициирующих в конечном итоге рост стресс-коррозионных трещин (Адушкин и др. 1999).
- Подходящие условия наблюдаются на участках пересечения с зонами активных разломов.

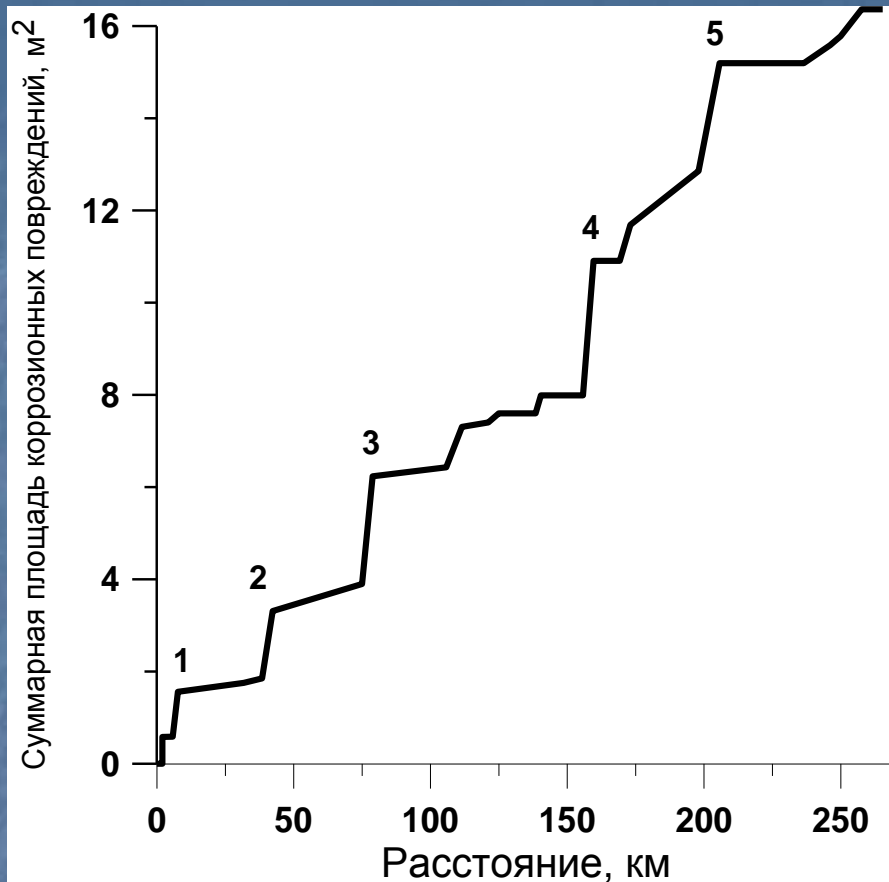
Распределение плотности выявленных дефектов по длине обследованного участка газопровода Ямал-Европа. Стрелками показаны участки пересечения крупных тектонических узлов.



Карта сети активных разломов района диагностики магистрального газопровода Ямал - Европа.

1– 4 - активные разломы различного порядка, 5- участок детализации; 6 – зоны субпараллельного расщепления разломов в тектонических узлах; 7 – участок внутритрубной диагностики газопровода; 8 – участки концентрации дефектов трубы (цифры у знака – номера дефектов).





Кумулятивная кривая распределения коррозионных повреждений металла в трубе нефтепровода Альметьевск – Самара II (Лебедич и др., 1998)

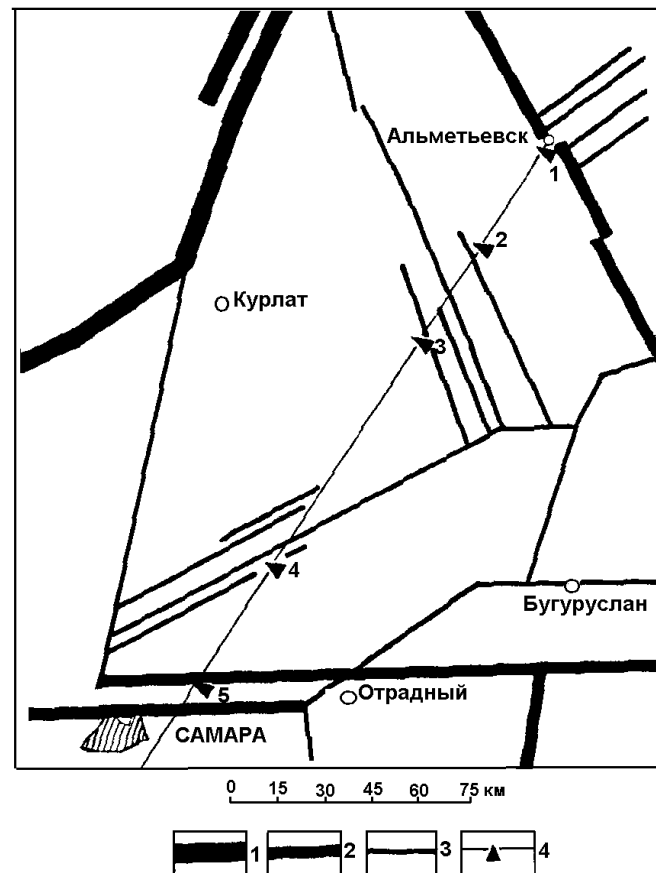


Схема активных разломов участка трассы нефтепровода Альметьевск – Самара II. Цифрами помечены участки концентрации дефектов.



www.manhunter.ru

Пожар на газопроводе на западе Москвы 09 мая 2009г.
Авария произошла на участке пересечения с зоной Павлово-
Посадского глубинного разлома (по данным ИФЗ РАН).

Распределение причин возникновения аварий газопроводов



Деформографические наблюдения

Свято-Троицкая Сергиева Лавра



Братская ГЭС



Железногорск-Илимский



Байкал 2006-10



Лебединский Гок



Талая –
постоянная
регистрация





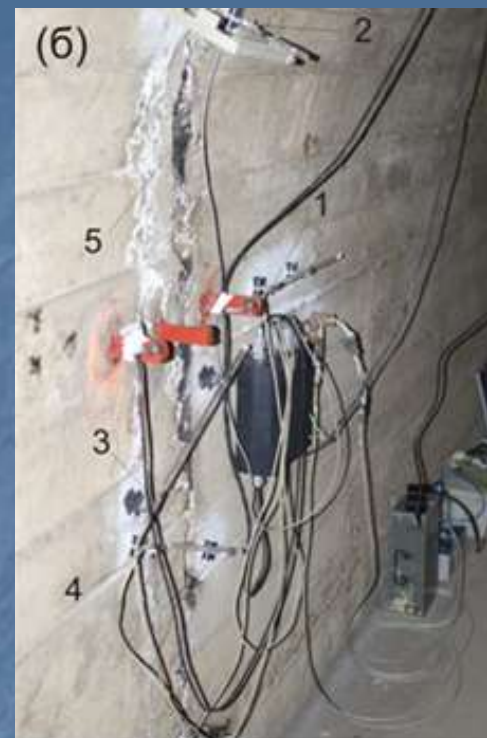
Трещины в стене здания
заводуправления ЛГоКа,
образовавшиеся в результате
многократного воздействия
взрывов..

Вид измерительной точки,
расположенной на трещине в
здании заводуправления ЛГоКа.



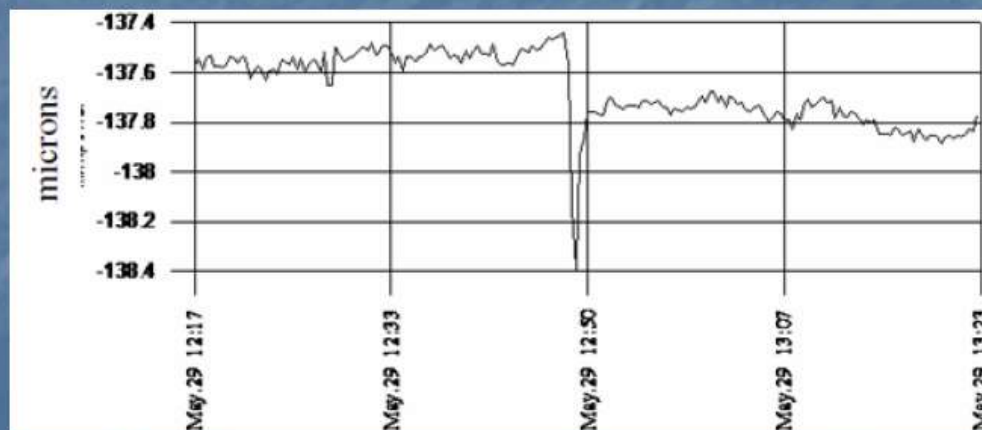
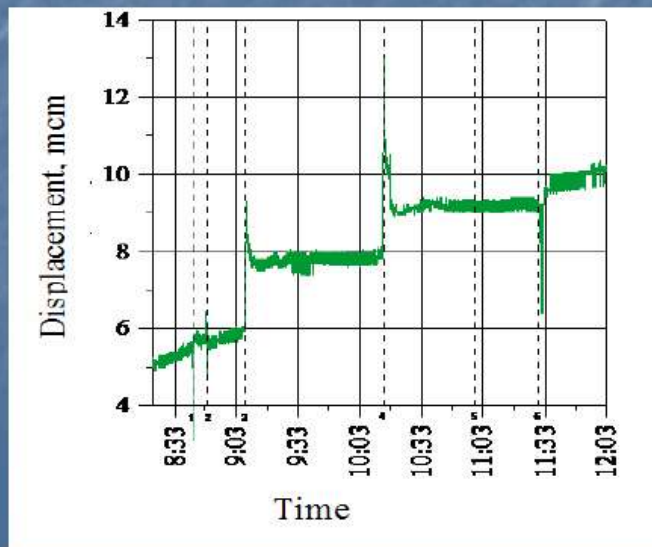
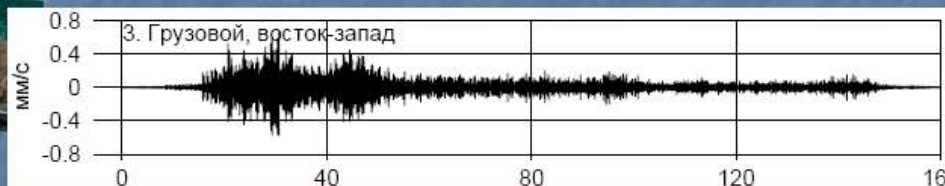
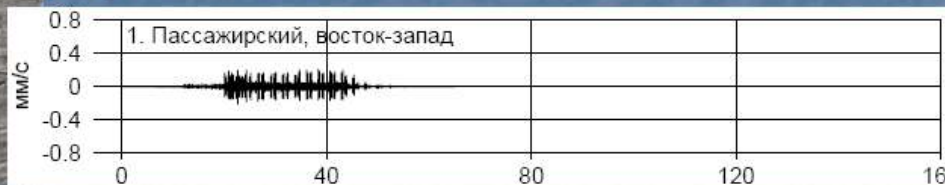


Вид измерительной точки,
расположенной на трещине в
стенке штольни сейсмостанции
«Талая».

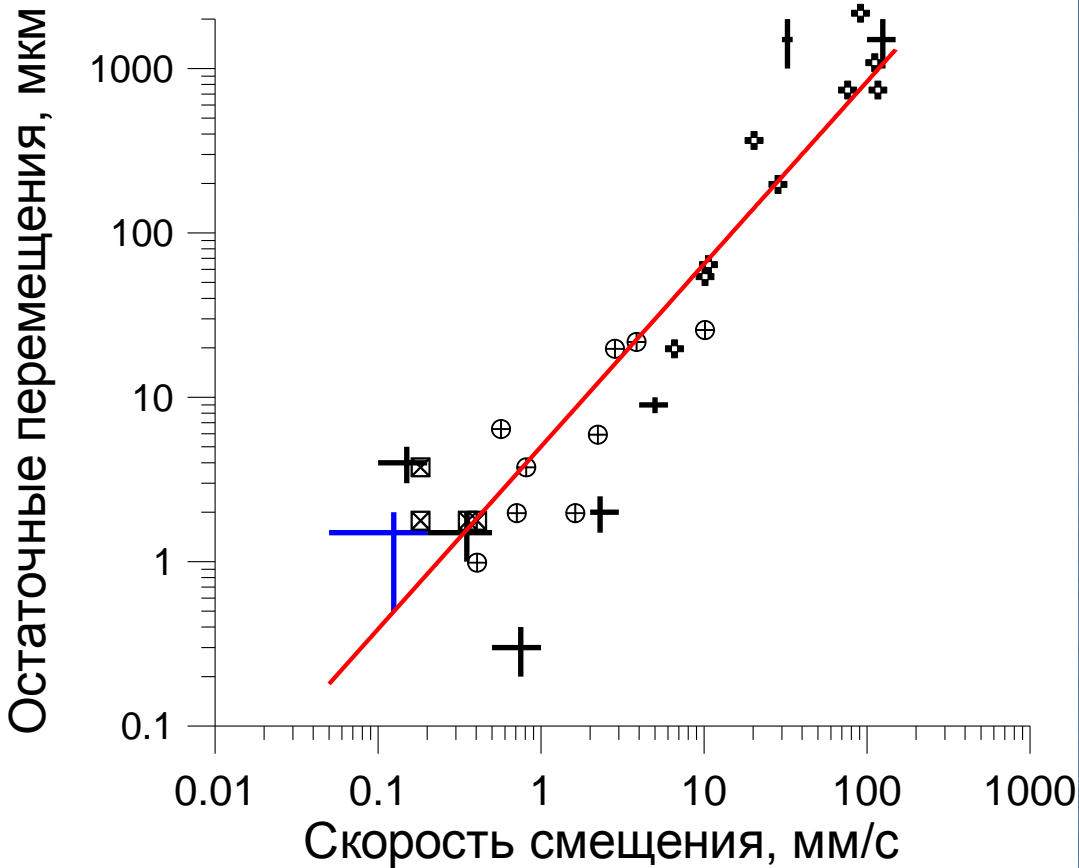


Вид измерительной точки,
расположенной на трещине в
стенке галереи плотины Братской
ГЭС.

Всегда наблюдаются радикальные различия в результатах регистрации деформаций на трещинах и на ненарушенных участках.

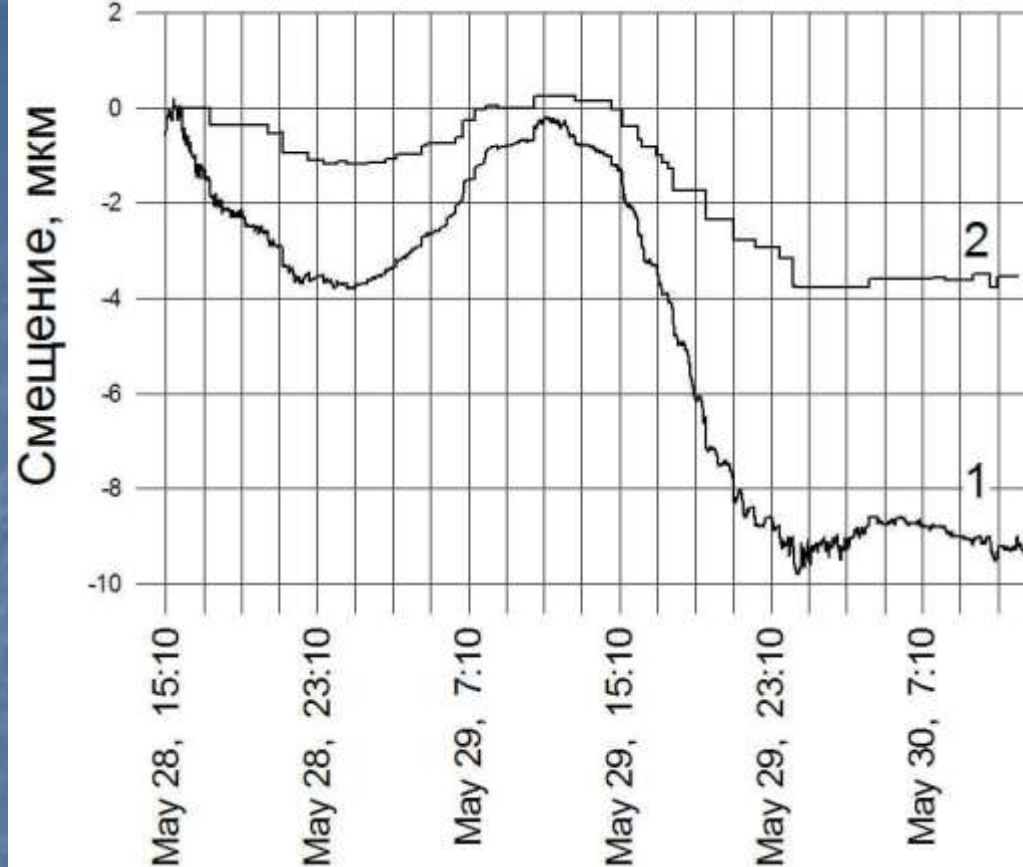


Остаточное смещение на трещине, вызванное прохождением поезда



$$\Delta W = 3.2 \cdot u_m^{1.06}$$

Зависимость зарегистрированных остаточных перемещений от амплитуды динамического воздействия.



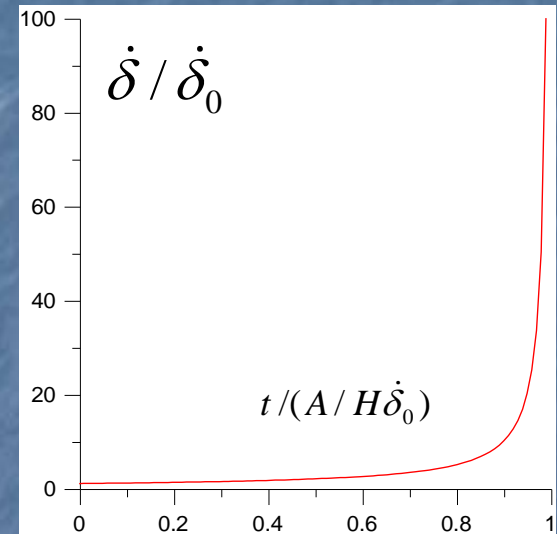
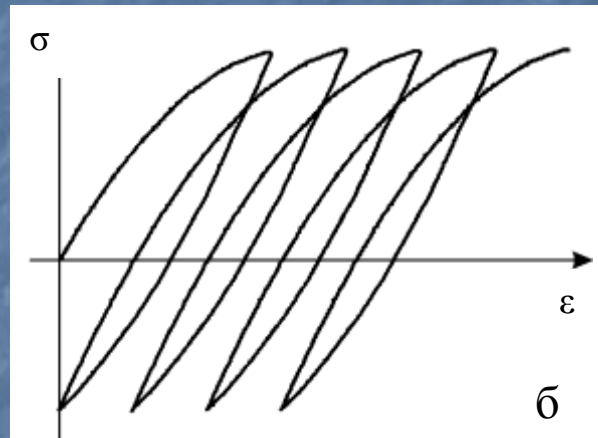
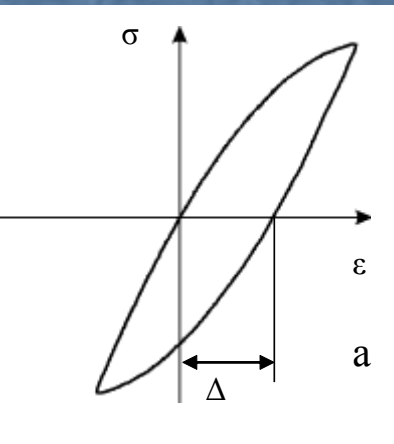
Результаты измерений относительного смещения берегов трещины между секциями бетонной плотины Братской ГЭС 28-30 мая 2008 г.

1 – начальная запись, 2 – термальные деформации и низкочастотный тренд удалены. Большинство ступенек амплитудой 0.2-0.4мкм соответствуют моментам прохождения поездов по гребню плотины ГЭС.

кумулятивная величина деформаций, связанных с низкоамплитудными динамическими воздействиями, достигает половины полного смещения берегов.

Знак остаточных перемещений совпадает со знаком низкочастотного тренда.

Необратимые деформации могут накапливаться при циклическом воздействии.



Закономерности роста трещины в этом случае определяются эволюционным уравнением, связывающим вариацию напряжения $\Delta\sigma(t)$ в стенках трубы при воздействии микросейсмических колебаний и изменение длины трещины $\Delta\delta(t)$.

(Кочарян, 2012)

$$\frac{\Delta\sigma(t)}{\sigma_0} = -\frac{1}{p} \ln \dot{\delta}_0 + \frac{1}{p} \ln \dot{\delta} - \frac{1}{2} \frac{\Delta\delta}{\delta_0}$$

σ_0 - постоянная составляющая поля напряжений в трубопроводе, обусловленная давлением газа, изгибом трубы на опорах, деформацией грунта и т.д., δ - текущее, δ_0 -- начальное значение длины трещины, p - константа.



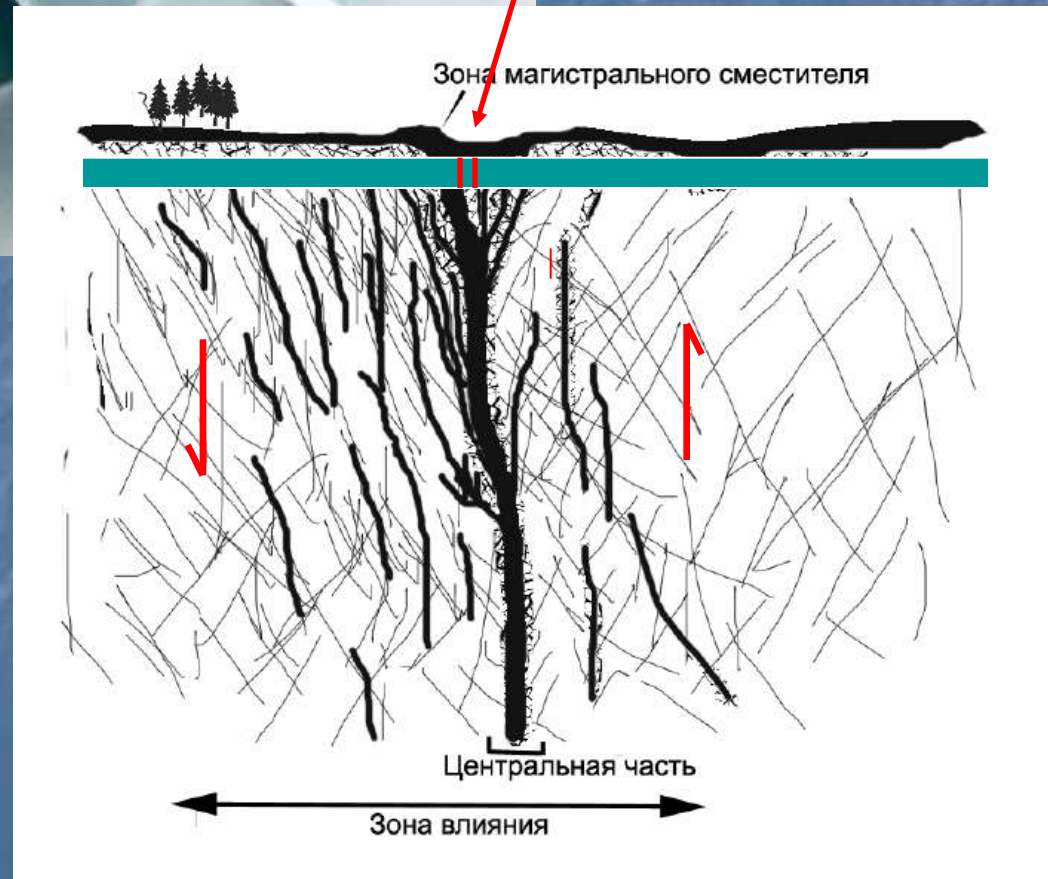
EQ Denaily Fault, 2002, $M_w = 7.9$

Горизонтальные
смещения 2.5-5.5м





Участок трубопровода с постоянным деформационным трендом



Выводы

- Рассмотренный эффект накопления деформаций под действием низкоамплитудных колебаний связан, в первую очередь, со специфической реологией нарушений сплошности материала.
- Поскольку знак остаточных деформаций совпадает с квазистатическим трендом, то в случае знакопеременных медленных нагрузок, таких как приливы, температурные деформации и др., кумулятивная величина деформаций чаще всего не достигает критической величины.
- В тех случаях, когда имеет место направленный деформационный тренд, воздействие слабыми колебаниями приводит к накоплению остаточных деформаций одного знака, что вызывает существенное увеличение скорости деформации.
- В тех регионах, где землетрясения не слишком часты, воздействие слабых сейсмических колебаний может оказаться фактором, определяющим сейсмическую безопасность. В этой связи представляется необходимым проведение ревизии содержания и методик геофизического мониторинга, которые должны быть приспособлены к условиям конкретных охраняемых объектов.