

Влияние раскрытости и площади
слипания трещин на численное
моделирование реальных трещиноватых
коллекторов нефтегазовых резервуаров

Левянт В.Б. (ЦГЭ),

Миряха В.А., Муратов М.В., Петров И.Б. (МФТИ)

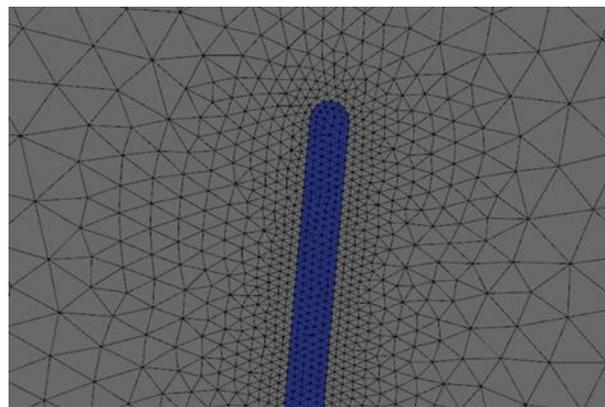
Основные виды трещин нефтегазовых резервуаров

Тип трещин	Высота	Раскрытость	Аспектное отношение (АО)
Мезотрещины	1–10м	от 0,2мм до 1мм	1:1000 – 1:10000
Макротрещины	от 30–50м до 100–150м	от 0,5мм до 2мм	1:10000 – 1:100000

Оценка возможности использования модели бесконечно тонкой трещины (БТТ) при исследовании трещин конечной раскрытости

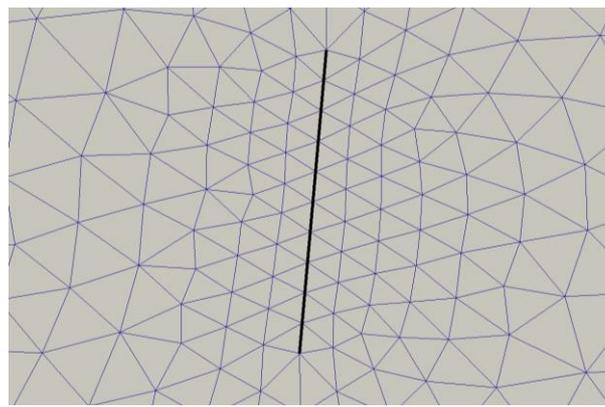
Линейно упругая модель среды без учёта поглощения и анизотропии

1см



Макротрещина в модели конечной раскрытости

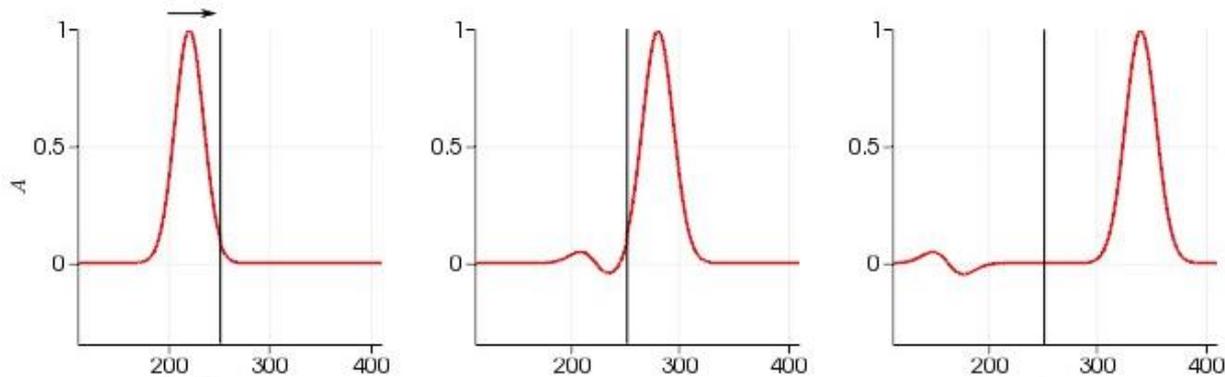
100м



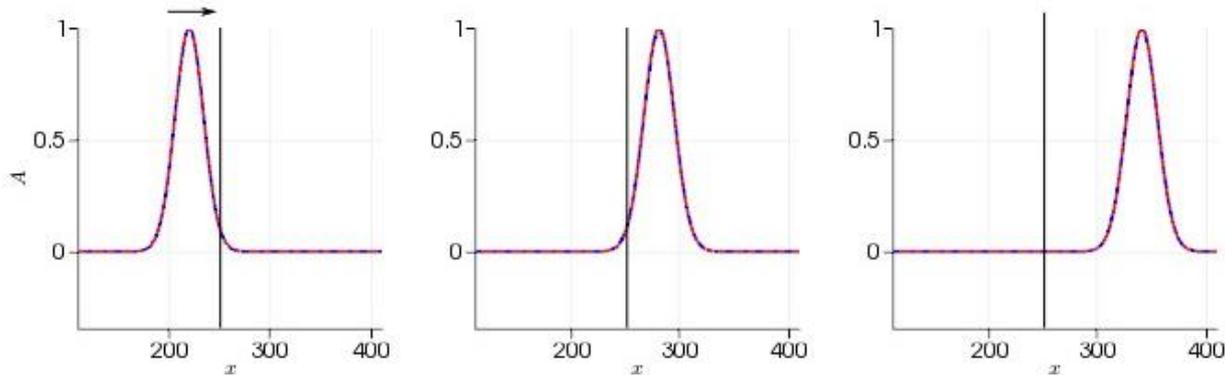
Макротрещина в модели БТТ

Отличие откликов от трещин с конечной раскрытостью и БТТ (1D постановка)

1:1000



1:100000, БТТ



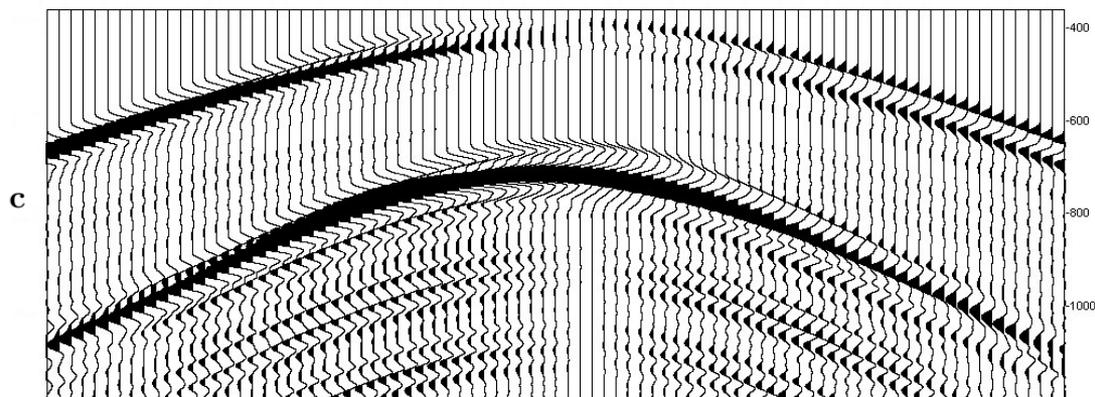
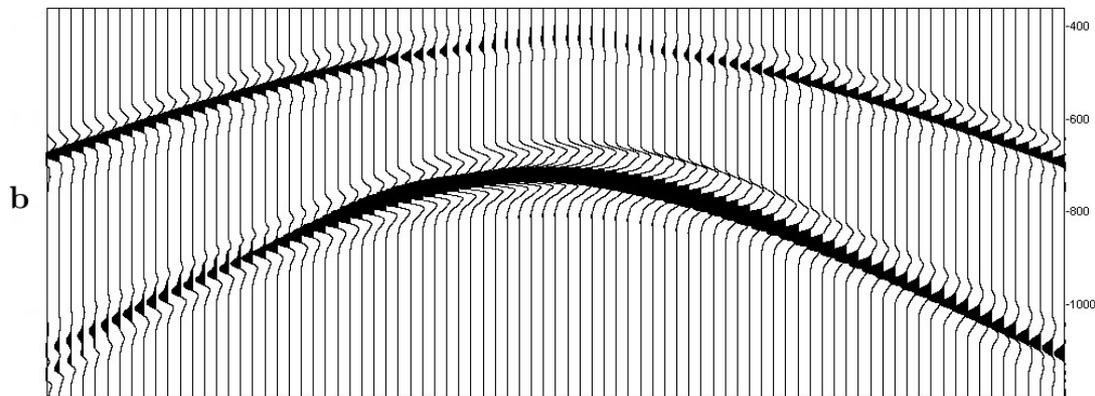
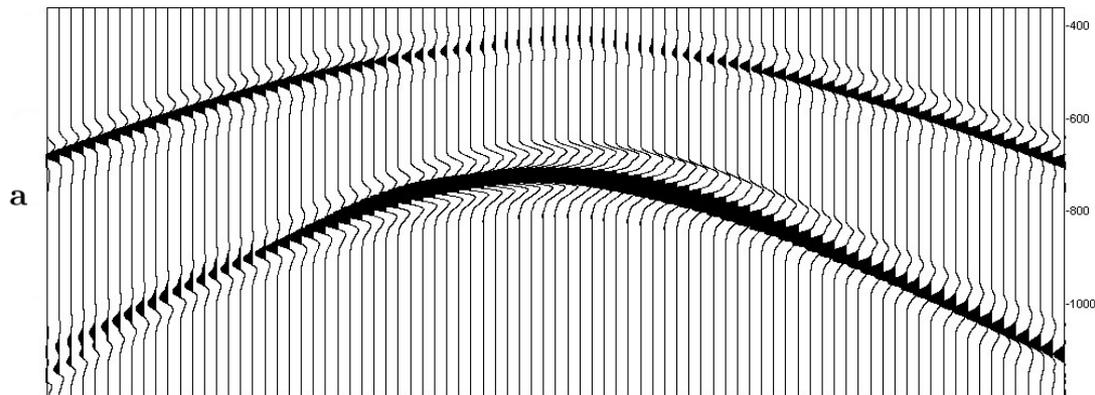
Аспектное отношение	1:1000	1:10000	1:100000
Амплитуда отклика	4,79%	0,48%	0,049%

Сопоставление X- сейсмограмм отклика от одиночной трещины

a) БТТ

b) $AO=1:1000$

c) $AO=1:100$

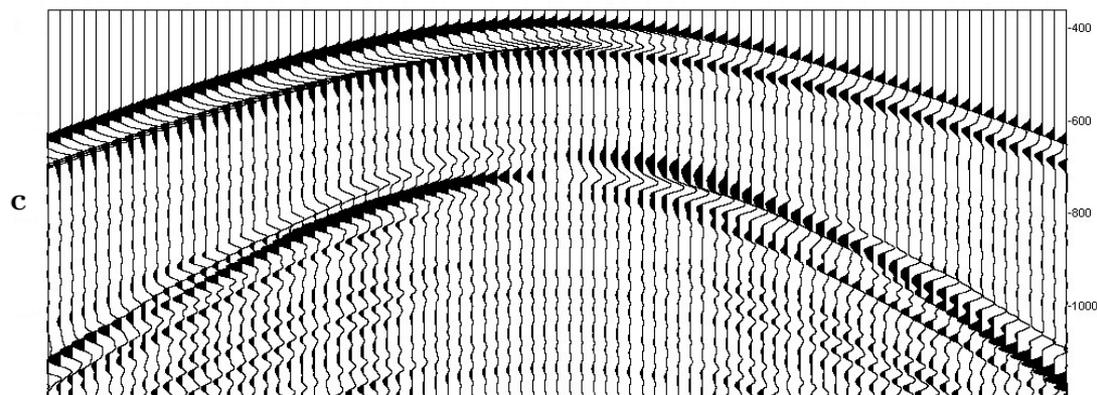
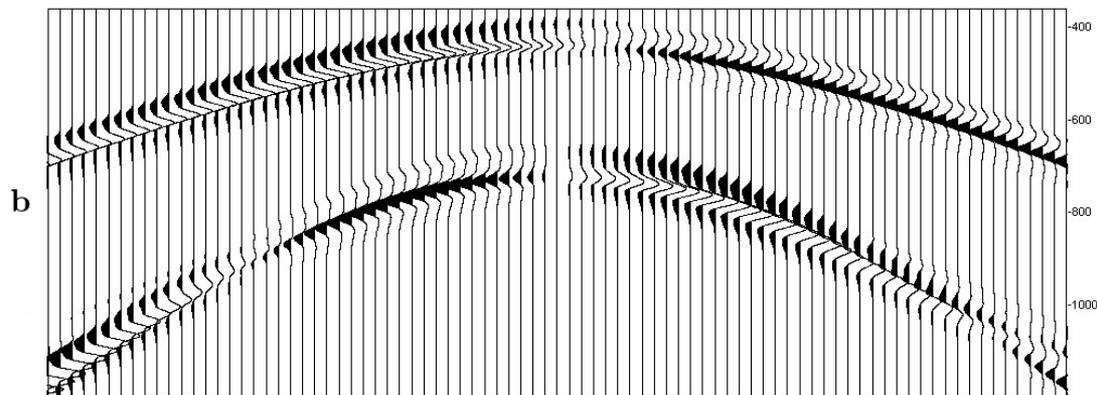
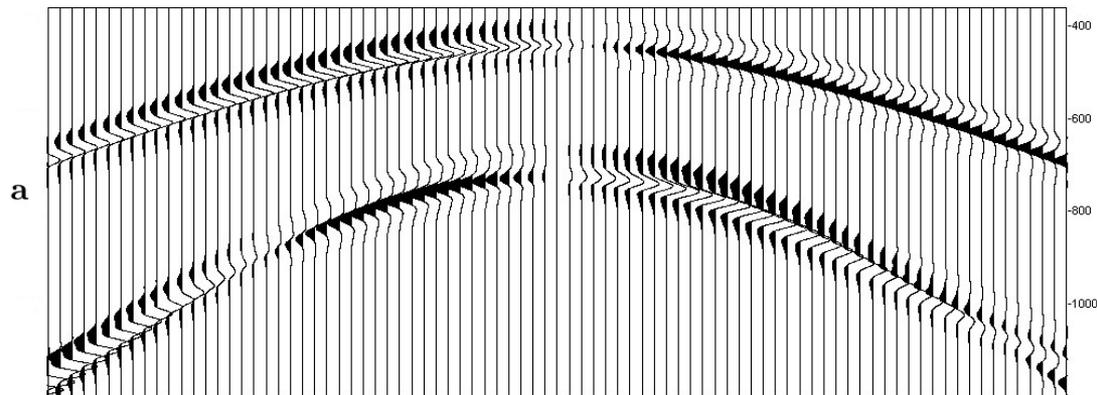


Сопоставление Z- сейсмограмм отклика от одиночной трещины

a) БТТ

b) $AO=1:1000$

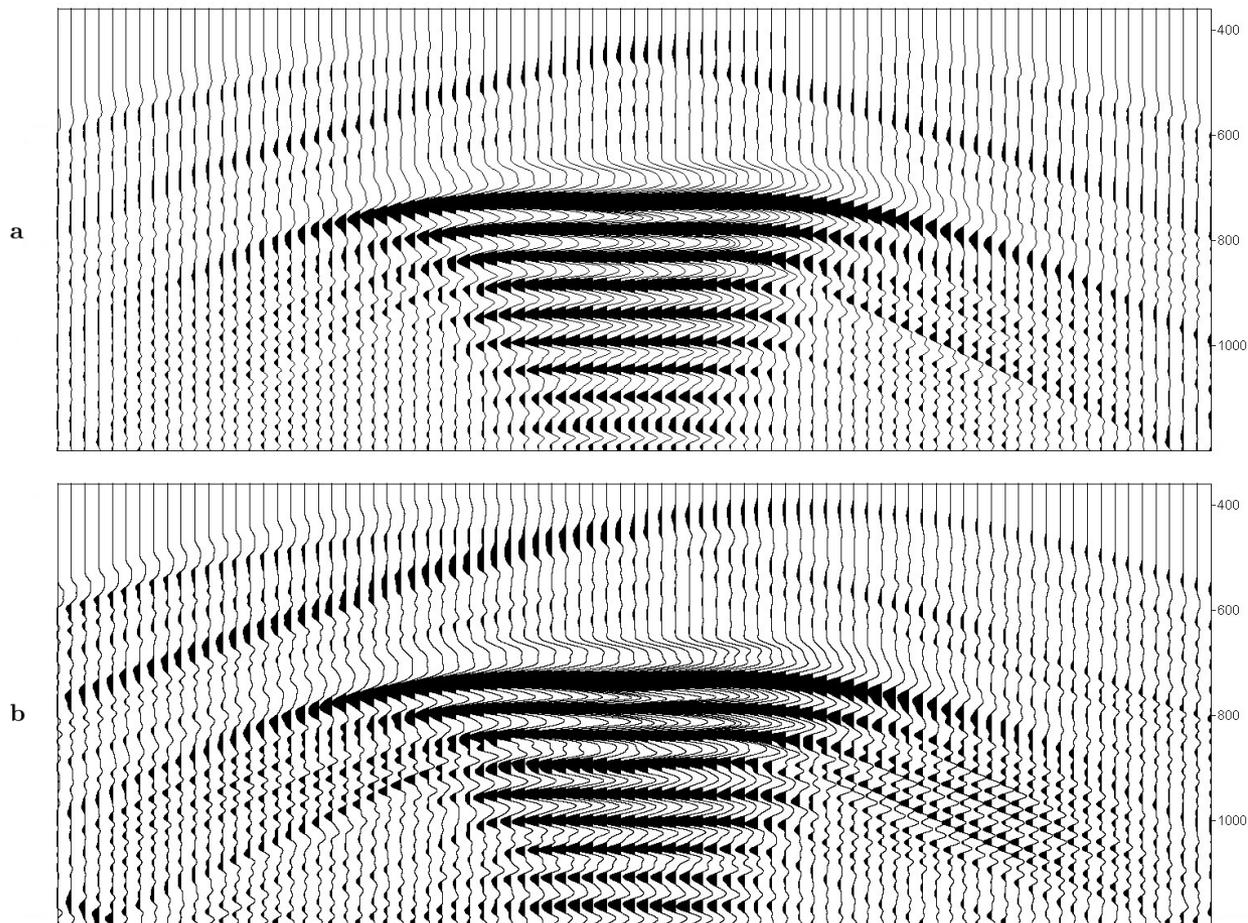
c) $AO=1:100$



Сейсмограммы записи X-компоненты отклика от кластера 11 трещин

a) БТТ

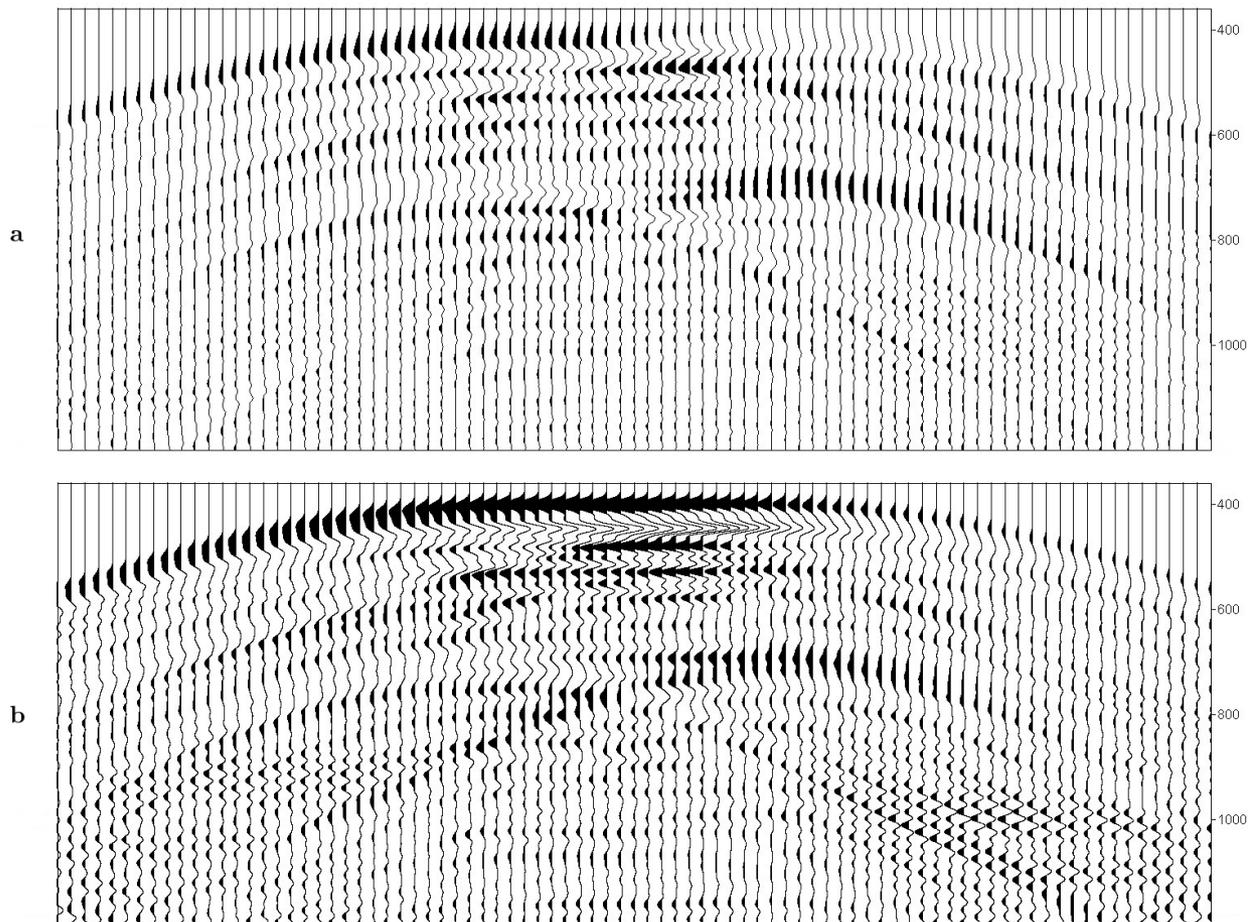
b) АО=1:100



Сейсмограммы записи Z-компоненты отклика от кластера 11 трещин

a) БТТ

b) АО=1:100

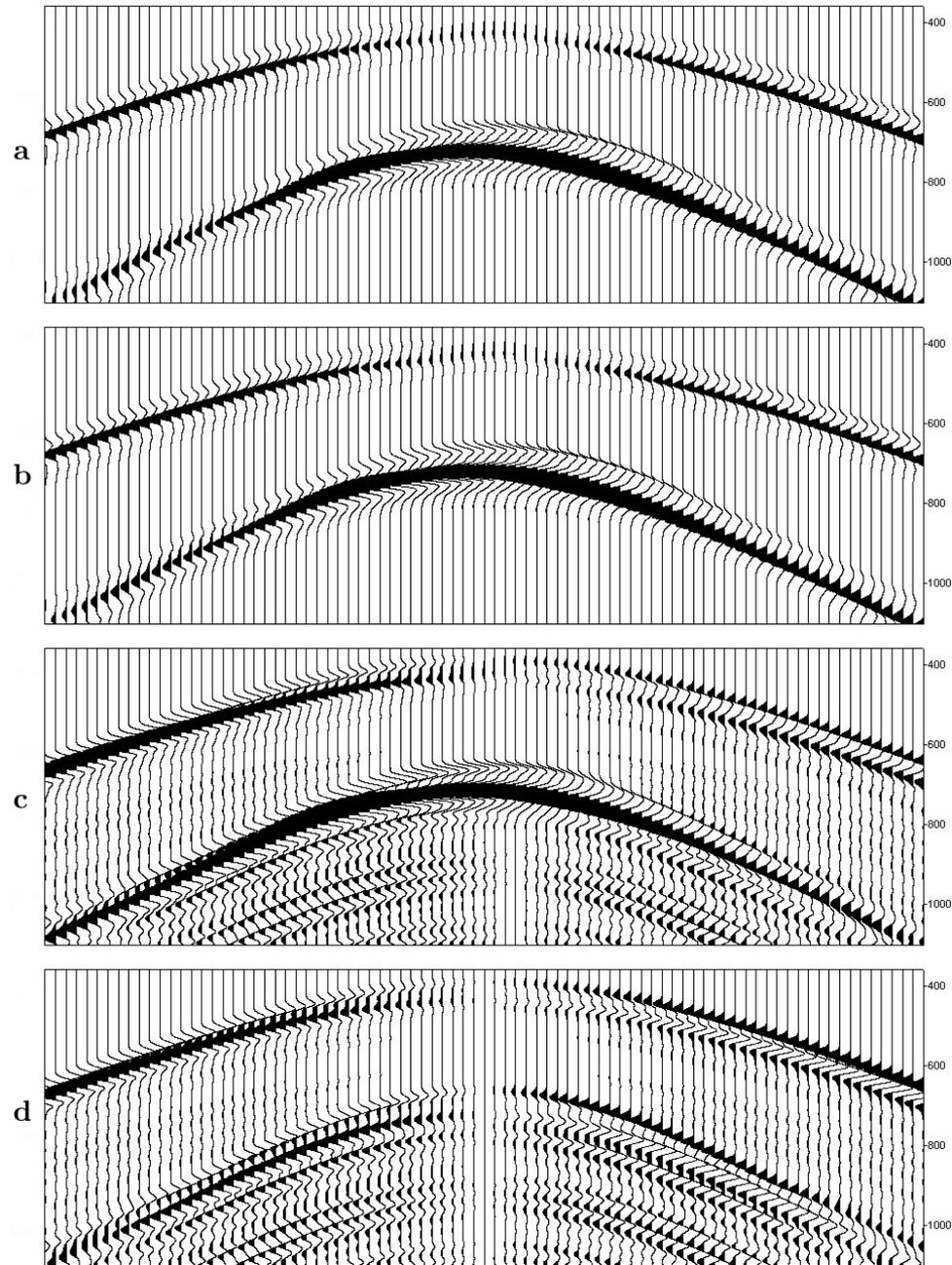


К анализу фазовых переходов у обменной дифрагированной волны на записи горизонтальной компоненты

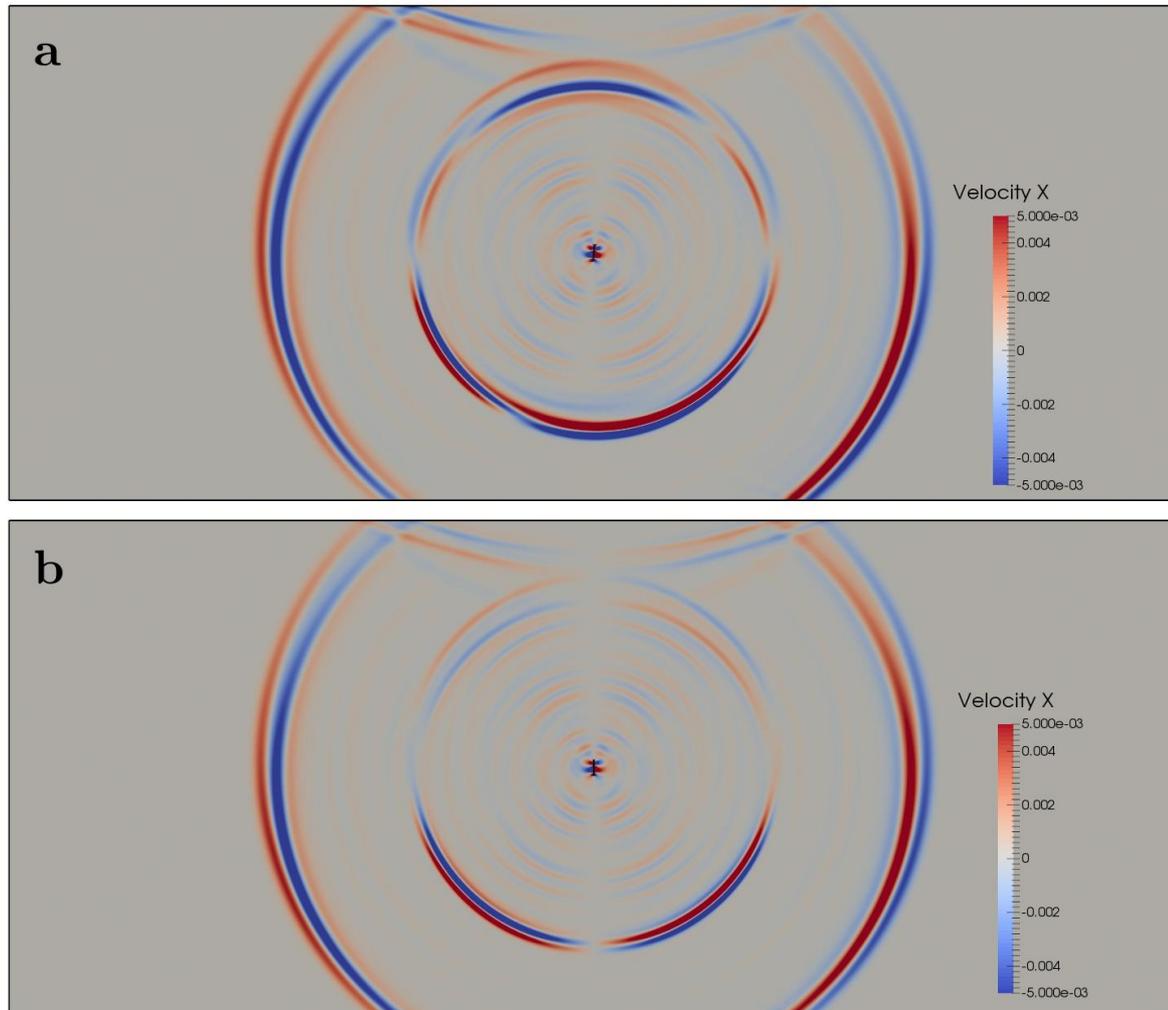
Сейсмограммы записи X-компоненты обменной волны для наклонной трещины

- a) в модели БТТ,
- b) $AO=1:1000$,
- c) $AO=1:100$,
- d) вертикальной $AO=1:100$.

На первых трех смены фазы у обменной волны не наблюдается, на последней она присутствует.



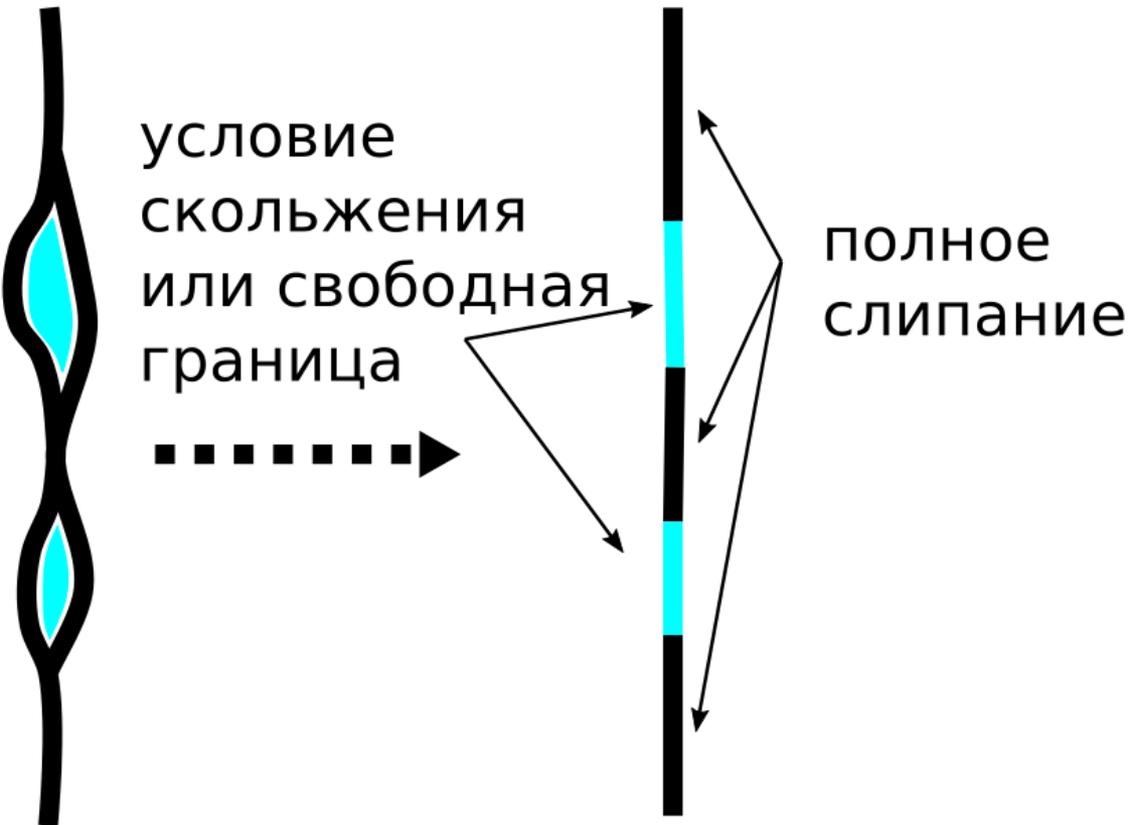
Сравнение волновых картин на записях X-компонент с раскрытостью (аспектным отношением) 1:100 а) с наклонной трещиной и б) вертикальной



Предварительные выводы

- Правомерность применения модели БТТ для двух основных типов флюидонасыщенных трещин: макротрещин с преобладающим аспектным отношением соответственно 1:100000 и мезотрещин с АО от 1:10000 до 1:1000.
- Доминирование по интенсивности и совпадение характера обменных дифрагированных волн в моделях БТТ и конечной раскрытости (АО=1:1000 и 1:100) относительно продольных дифрагированных волн на X- и Z-компонентах.
- Значительное сходство для кластеров трещин обменных рассеянных (дифрагированных) фронтов для моделей БТТ и конечной раскрытости (АО=1:1000 и 1:100), но только на X-компоненте.
- Наличие даже небольшого ($\alpha = 5^\circ$) отклонения трещин от вертикали определяет отсутствие смены фаз у обменной дифрагированной волны, что резко повышает возможности ее выделения с целью использования как носителя информации о трещинах.

Влияние на характер волнового отклика от трещины доли площади контактов ее стенок ко всей ее шероховатой поверхности



Предложена модель трещины, учитывающая **частичное слипание**: в некоторых точках заданы условия свободного скольжения (для флюидонасыщенных трещин) или свободной границы (для газонасыщенных), а в других условие полного слипания.

Влияние на отклик процента площади слипания поверхностей флюидонасыщенных трещин

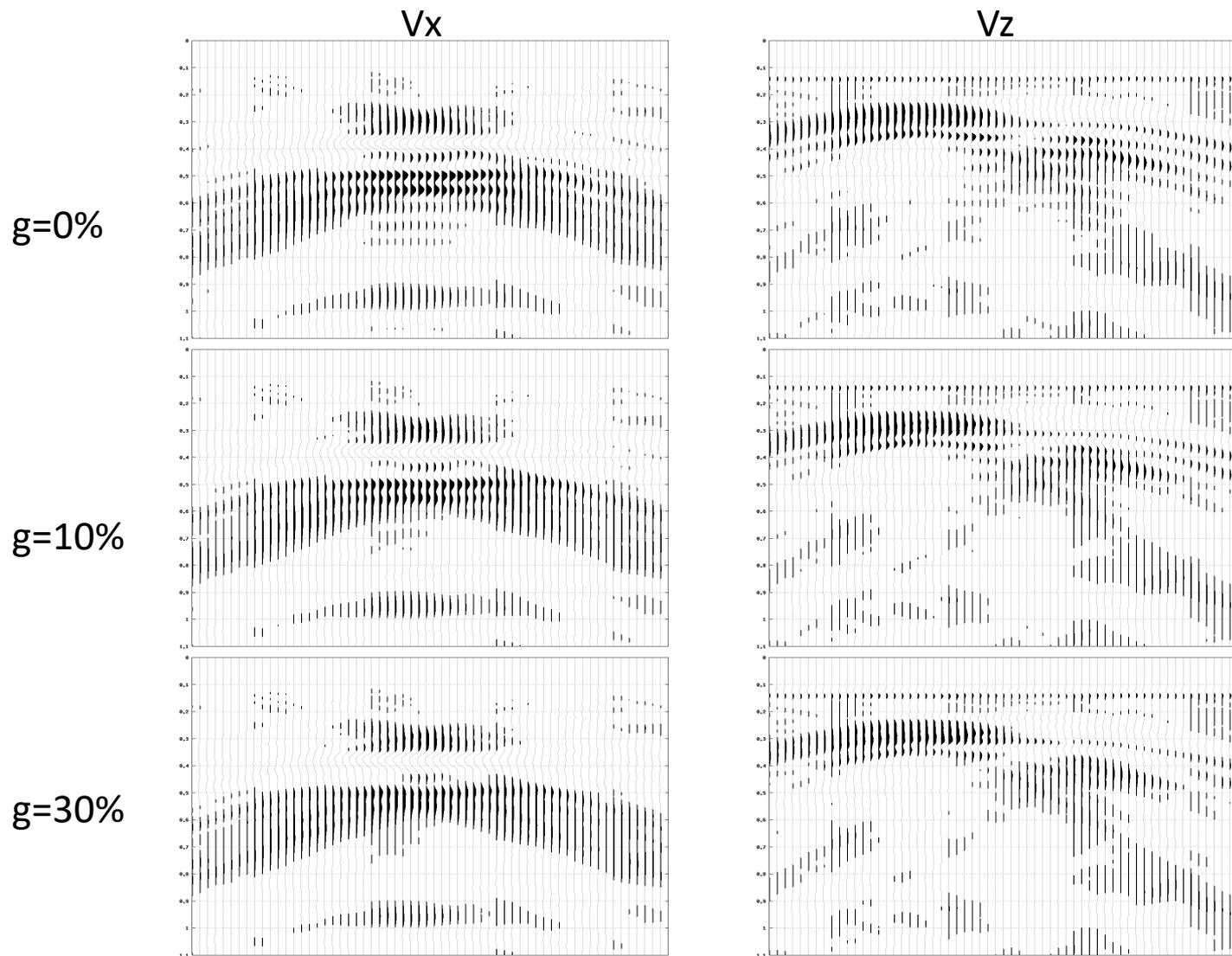
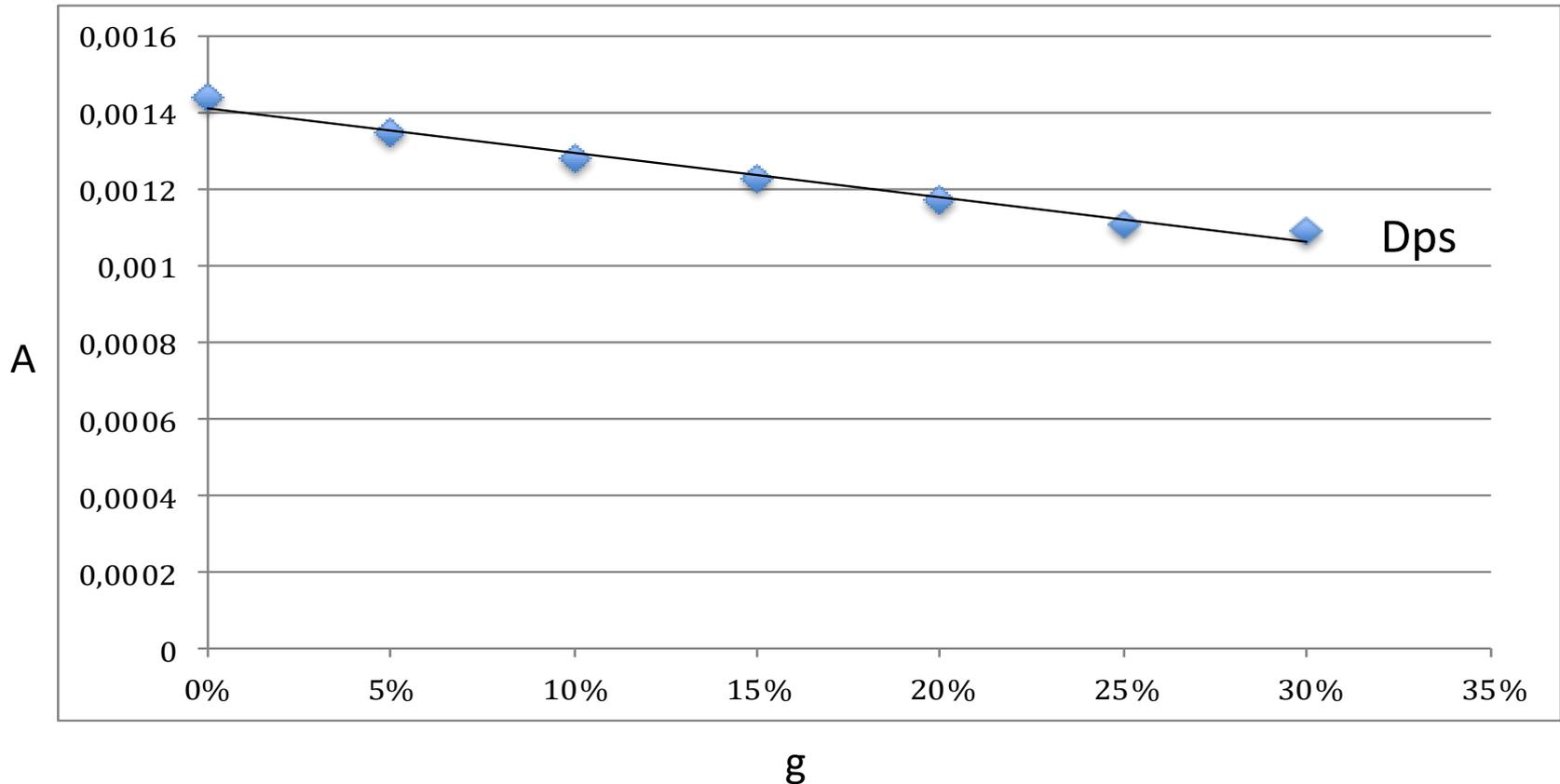


График зависимости амплитуды (A) X-компл. волны Dps от доли (g) слипшейся поверхности для флюидонасыщенных трещин



Влияние на отклик процента площади слипания поверхностей газонасыщенных трещин

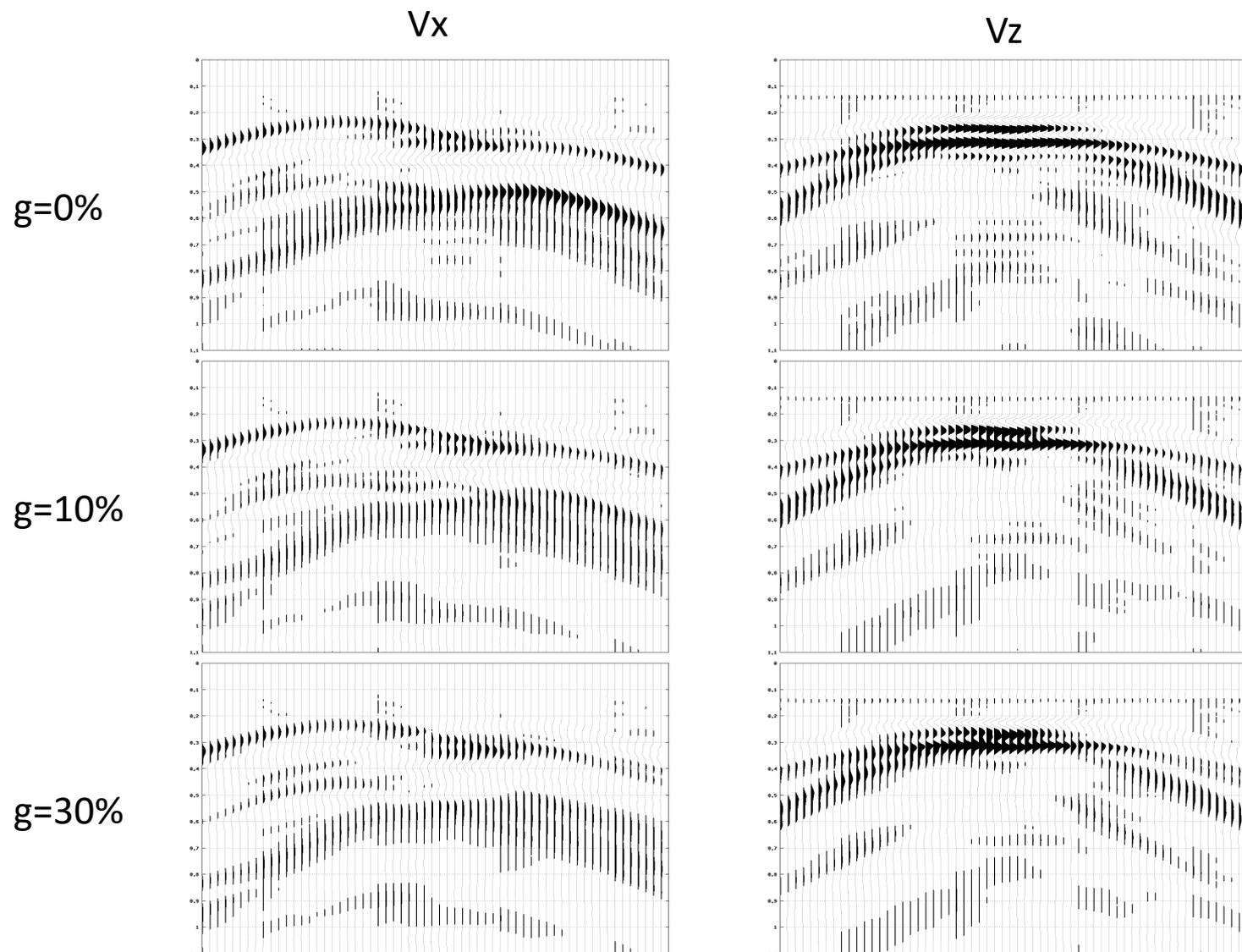
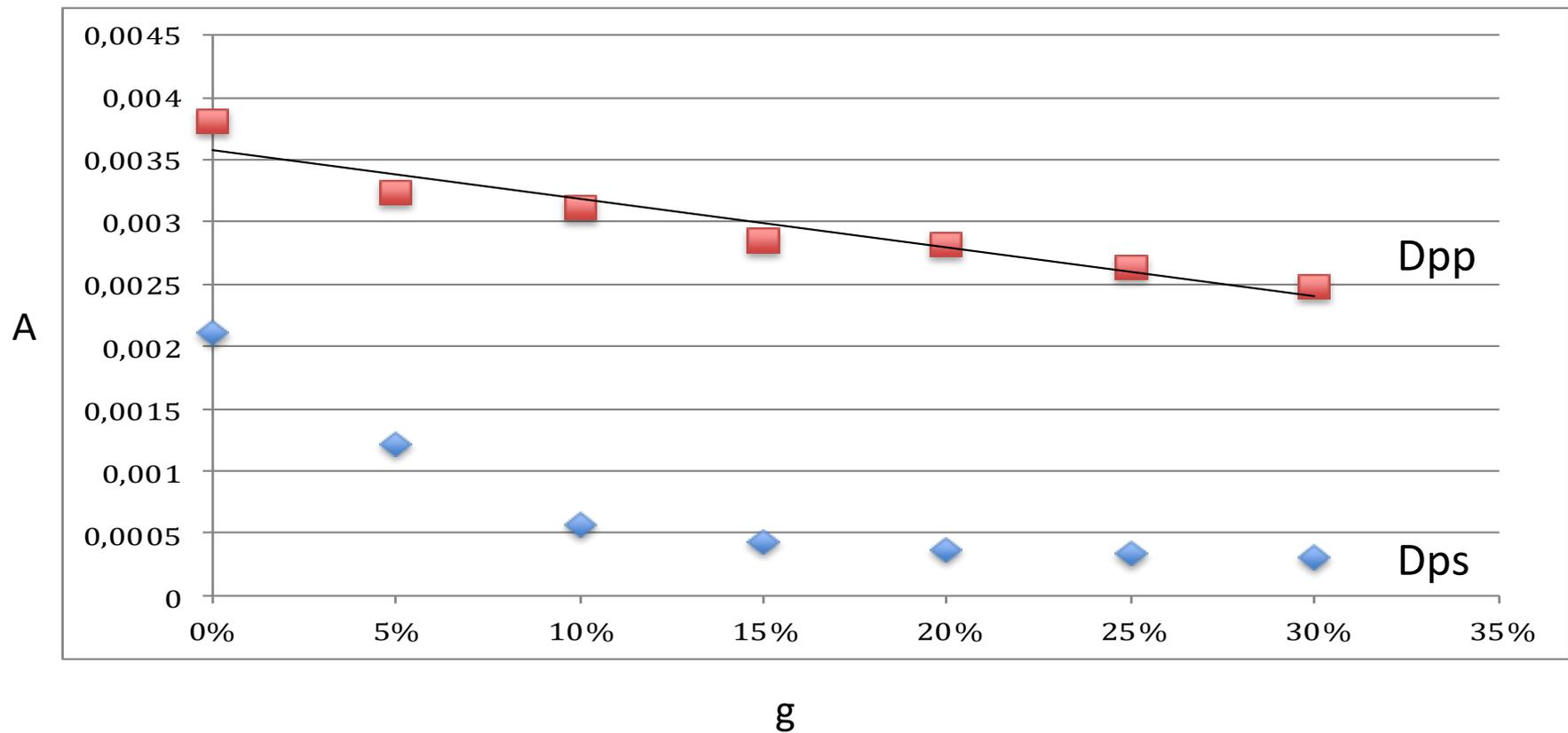


График зависимости амплитуды (A) Z-компл. волны D_{pp} от доли (g) слипшейся поверхности для газонасыщенных трещин



Выводы

- При умеренных (до 30 %) значениях площади слипания (контактирующих поверхностей) флюидонасыщенных трещин обменная дифрагированная волна на X-компоненте ослабляется примерно на такой же процент, как и площадь слипания, и сохраняет способность нести информацию о трещине.
- При слипании газонасыщенных трещин аналогичный умеренный уровень ослабления, соответствующий проценту слипшихся поверхностей трещин, испытывает продольная дифрагированная волна, регистрируемая на Z-компоненте.
- Слипание стенок газонасыщенных трещин может объяснять реально наблюдаемое распространение продольных колебаний в средах с газонасыщенными трещинами, несмотря на условие полного отражения (как от земной поверхности).

Спасибо за внимание

Влияние раскрытости и площади слипания трещин на численное моделирование реальных трещиноватых коллекторов нефтегазовых резервуаров

Левянт В.Б., Миряха В.А.,
Муратов М.В., Петров И.Б.

Значения максимальных амплитуд, генерируемых одной трещиной

Тип модели	Продольная волна					Обменная волна					
	x-компонента скорости			z-компонента скорости		x-компонента скорости		z-компонента скорости			
	Ампл.	Смена фазы		Ампл.	Смена фазы	Ампл.	Смена фазы	Ампл.	Смена фазы		
1:100	5	2	да	4	нет	12	нет	4	3	да	
1:1000	3		нет	3	3	да	11	нет	3	3	да
БТТ	3		нет	3	3	да	11	нет	3	3	да

Значения максимальных амплитуд, волн генерируемых кластером из 11 трещин

Тип модели	Продольная волна							Обменная волна				
	x-компонента скорости				z-компонента скорости			x-компонента скорости		z-компонента скорости		
	Ампл.			Смена фазы	Ампл.		Смена фазы	Ампл.	Смена фазы	Ампл.		Смена фазы
БТТ	2	3	2	нет	5	7	да	67	нет	5	5	да
1:100	4	4	2	да	27		нет	70	нет	6	6	да

Зависимость амплитуды D_{ps} отклика от доли слипания при заполнении флюидом

слипание ,%		0	5	10	15	20	25	30
Dps	V_x	144	135	128	123	117	111	109
	V_z	21	16	15	16	18	12	11
Dpp	V_x	31	31	29	28	28	29	28
	V_z	33	27	25	25	24	21	19

Зависимость амплитуд волн D_{pp} и D_{ps} отклика от доли слипания при заполнении газом

слипание, %		0	5	10	15	20	25	30
D_{ps}	V_x	211	122	57	43	36	33	31
	V_z	11	9	9	9	9	9	9
D_{pp}	V_x	167	119	92	81	71	69	64
	V_z	381	324	311	285	282	264	248