

Институт Теоретической и Математической Физики



Russian Federal Nuclear Center -

**Численное исследование взаимовлияния зоны
турбулентного перемешивания и локальных
возмущений в задаче гравитационного
турбулентного перемешивания**

Ю. В. Янилкин

Введение

Теоретически рассматриваемое течение выходит на автомодельный режим. Для автомодельности требуется, чтобы в течении реализовалось развитое турбулентное перемешивание, то есть, чтобы в нем присутствовал представительный спектр вихрей и полномасштабный инерционный интервал. Это означает, что течение должно забыть начальные данные.

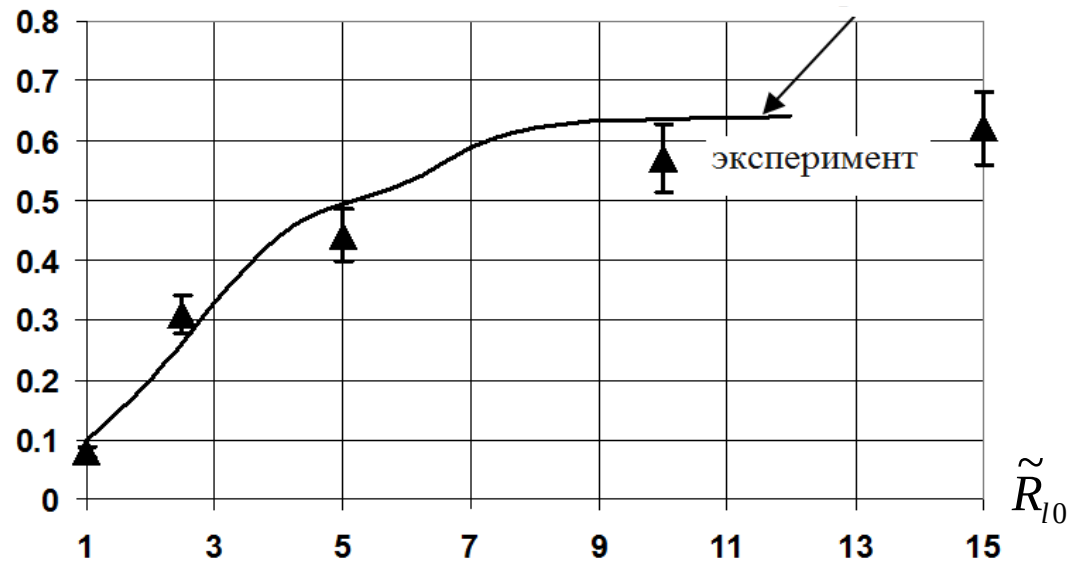
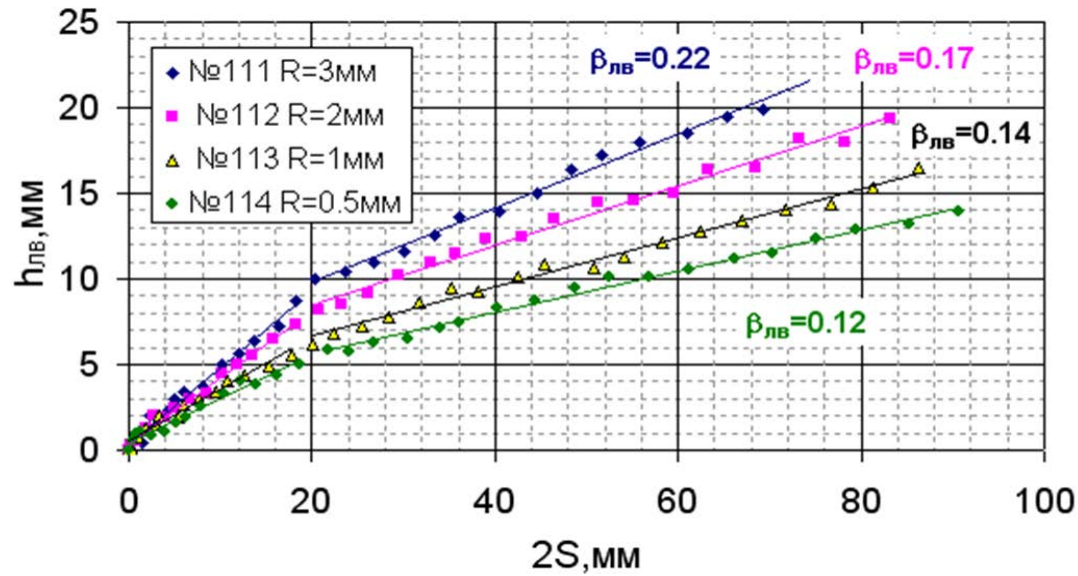
Имеются 2 основные проблемы.

Первая проблема. Определение величины константы для линейного (относительно пройденного КГ пути) закона роста «пузырей» на автомодельной стадии. Она разная у разных авторов (разброс данных составляет 0.015-0.075), при этом больше всего отличаются друг от друга расчетные и экспериментальные данные.

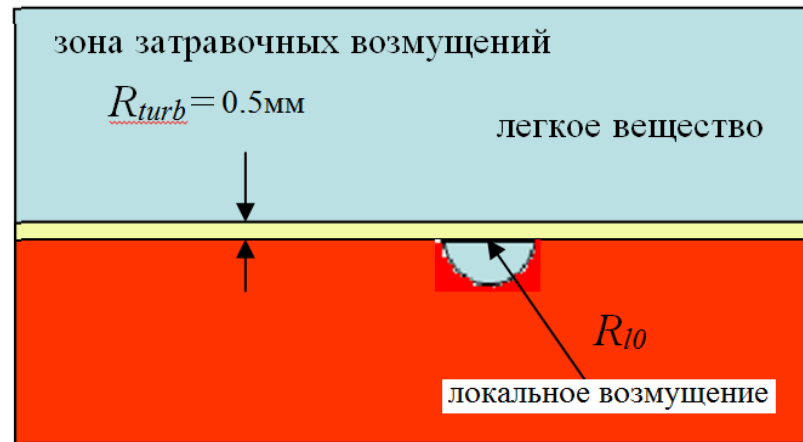
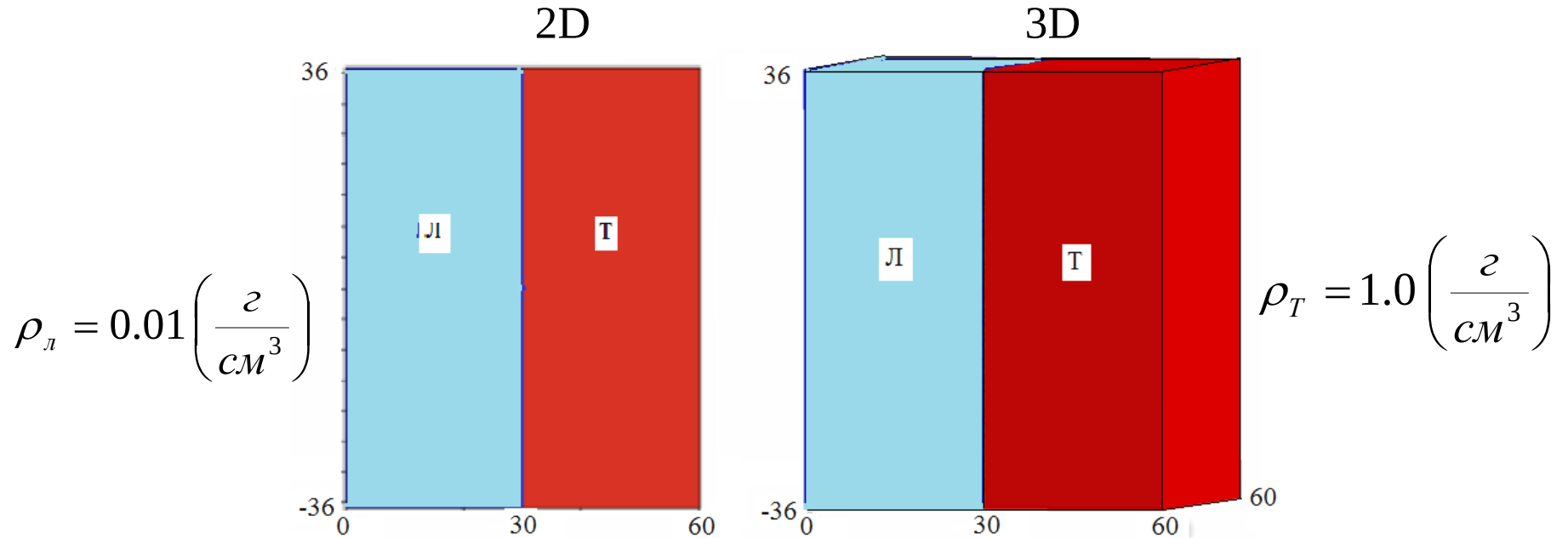
Введение

Вторая проблема – выход течения на автомодельную стадию, а именно, когда происходит этот выход и какова скорость роста ширины ЗТП до выхода на нее. Анализ экспериментальных данных и численных расчётов показывает, что на начальном участке течения автомодельность отсутствует. Формально «константа», определяемая по наклону кривой, на начальном участке больше, чем на автомодельном, и уменьшается со временем. Некоторые авторы включают начальный участок течения в зону автомодельности, при этом получая не совсем корректные данные по константе автомодельности. Другие считают, что начальные данные помнутся так долго, что теоретический автомодельный участок течения вообще не наступает или же наступает с другими значениями константы. Есть работы, в которых отрицается зависимость автомодельной константы от начального спектра возмущений.

Развитие амплитуды ЛВ в 3D расчётах и экспериментах Невмержицкого и др. на начальном участке



Начальная постановка расчетов



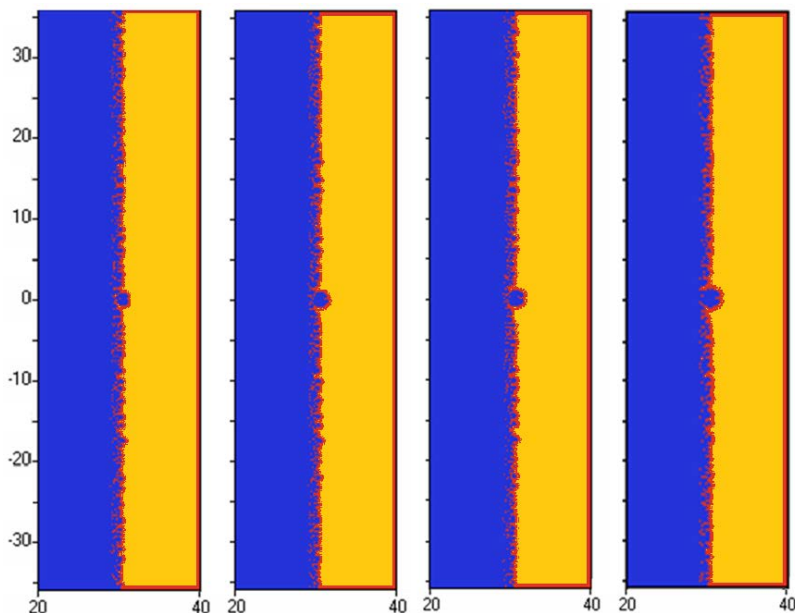
$$\tilde{R}_{l0} = R_{l0} / R_{turb0}$$

$$h = 0.5 мм$$

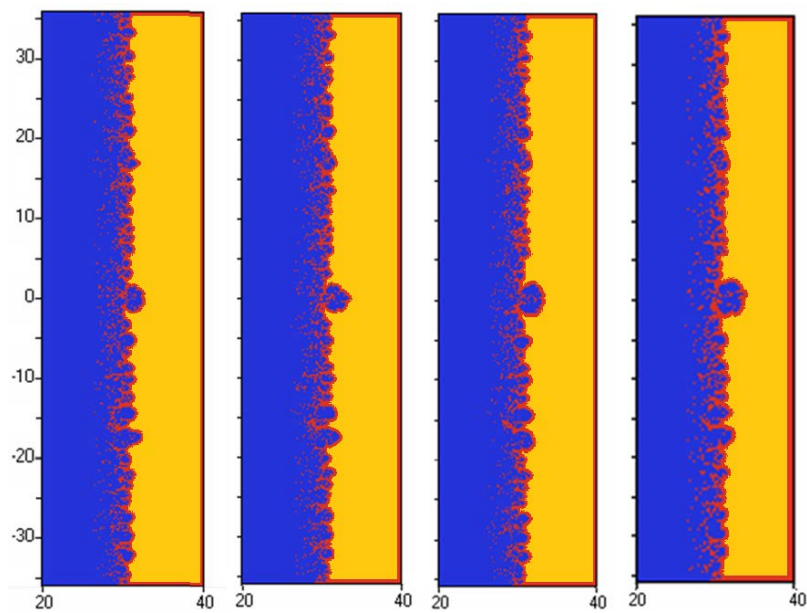
Общее число счетных ячеек в 3D задаче – 1440x1440x1200=2.5млрд.

Растровые картины в 2D задаче

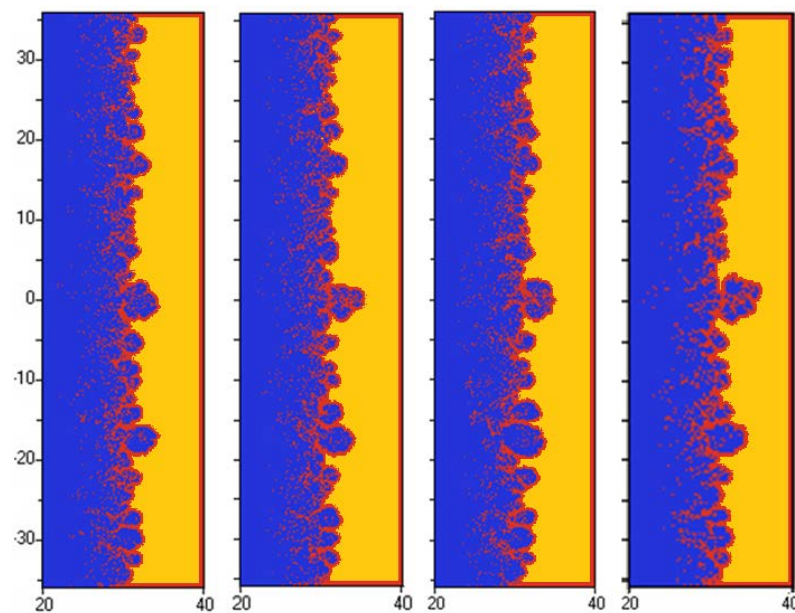
$\tilde{R}_{l_0} = 5$ $\tilde{R}_{l_0} = 7$ $\tilde{R}_{l_0} = 8$ $\tilde{R}_{l_0} = 10$



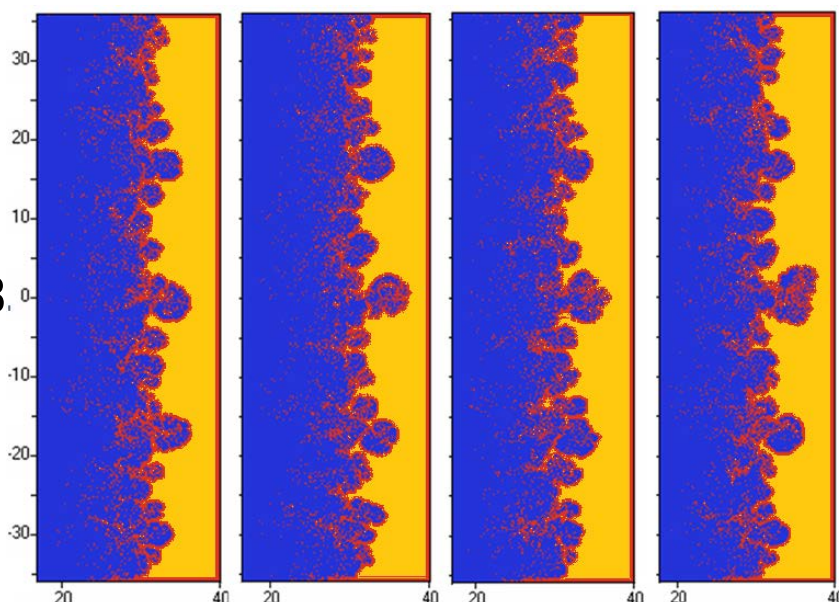
$s = 2$



$s = 8$

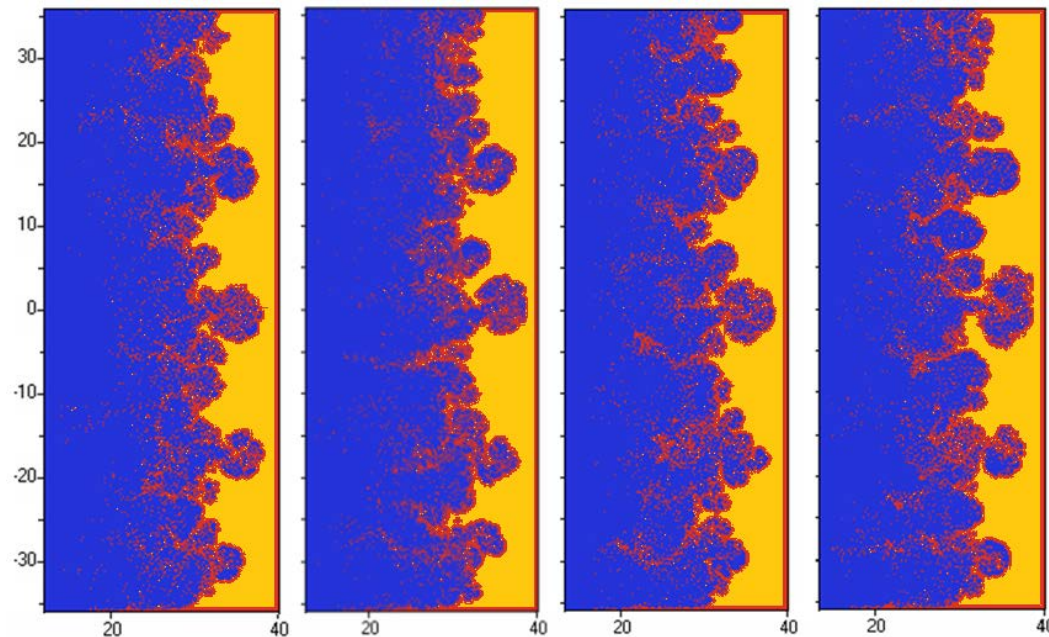


$s = 18$

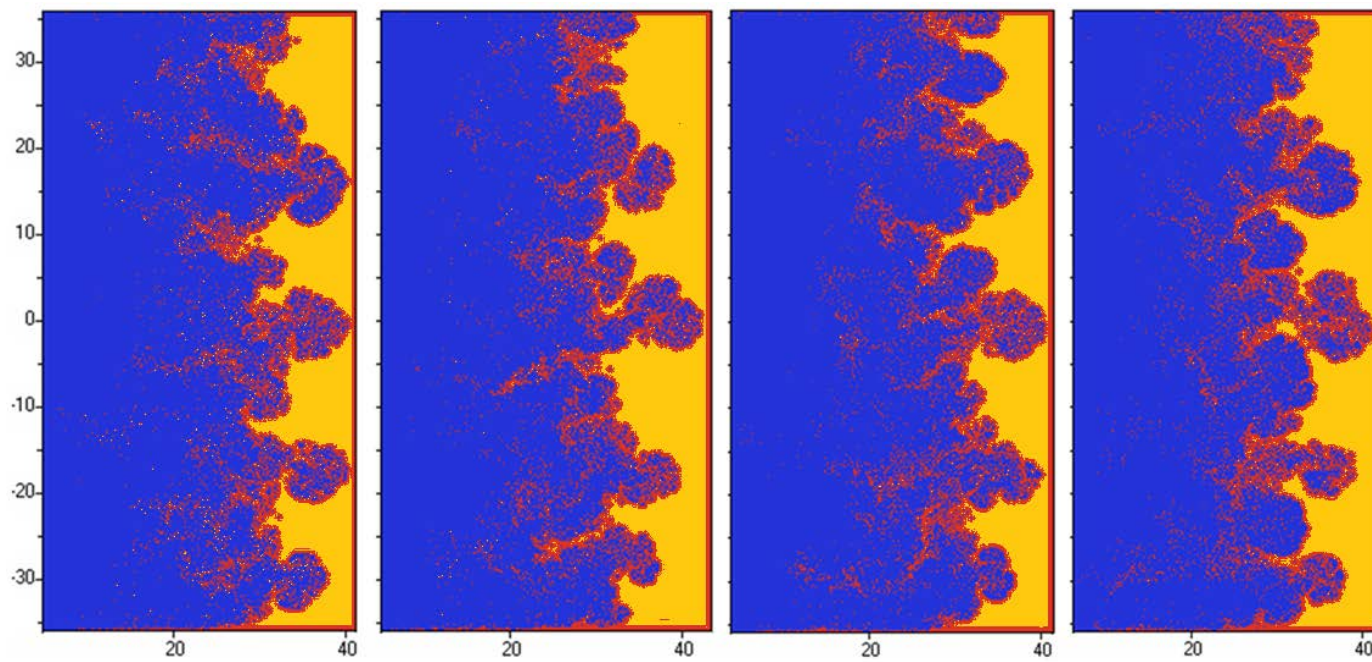


$s = 32$

Растровые картины в 2D задаче

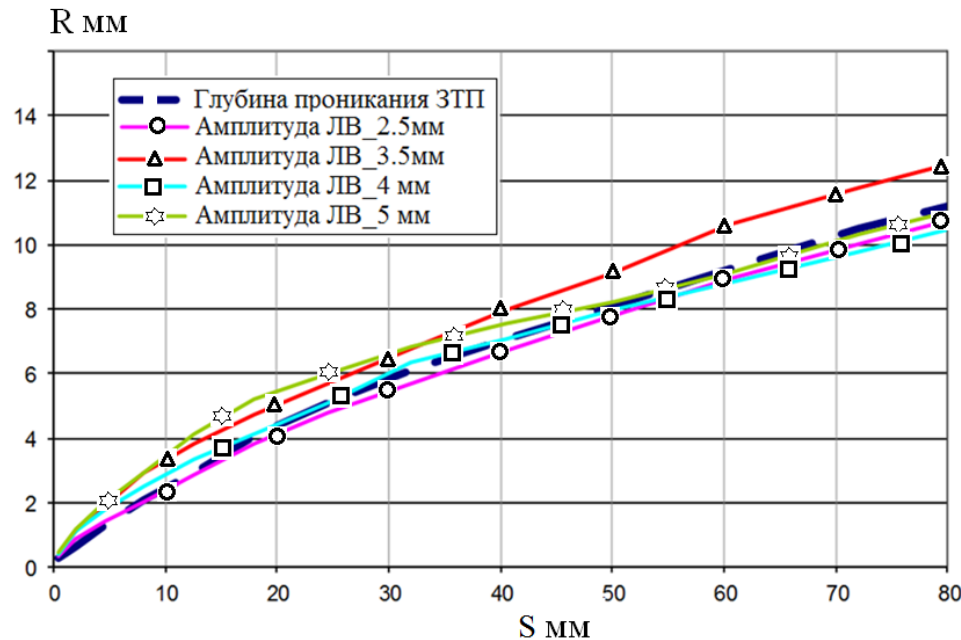


$s = 50$



$s = 72$

Результаты 2D расчётов



Как показано ранее (Раевский и др.,) скорость роста пузыря с начальным радиусом 5 мм на начальном участке зависимости $R(s)$ составляет $\beta \approx 0.3$ (получено Гараниным).

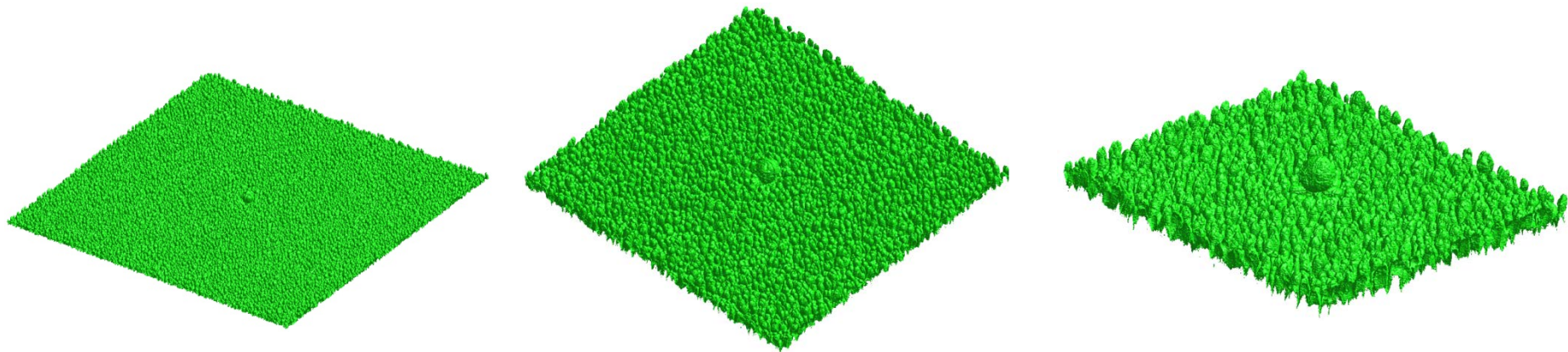
ЗТП не оказывает заметного влияния на скорость роста ЛВ. Однако при $s \sim 20$ скорость роста ЛВ начинает уменьшаться, и при $s \sim 50$ ЛВ поглощается зоной.

В остальных расчетах скорость роста амплитуды ЛВ на начальном этапе постепенно уменьшается с уменьшением его начального радиуса, однако она заметно больше скорости проникания легкого вещества в тяжелое. С течением времени (на $s \sim 15-25$) скорость начинает уменьшаться и происходит поглощение ЛВ зоной.

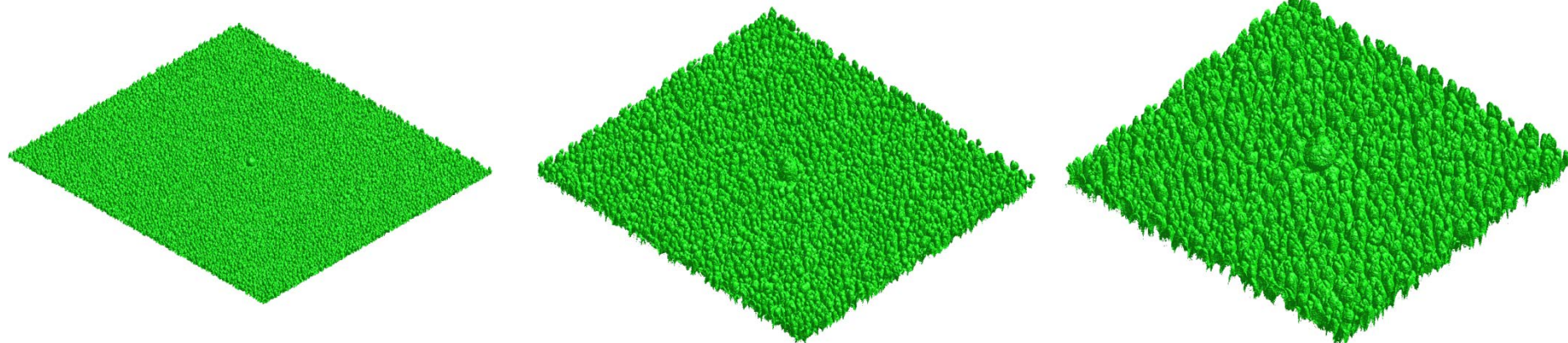
Исключение составляет поведение ЛВ с амплитудой 3.5 мм.

Результаты 3D расчётов

$$\tilde{R}_{l_0} = 10$$



$$\tilde{R}_{l_0} = 8$$



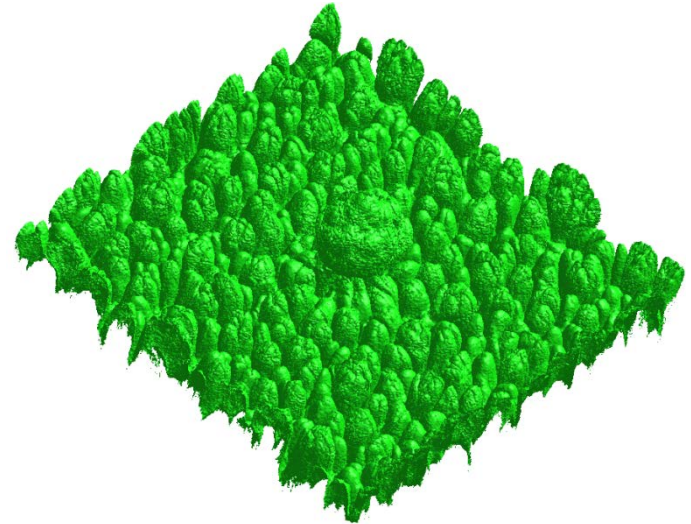
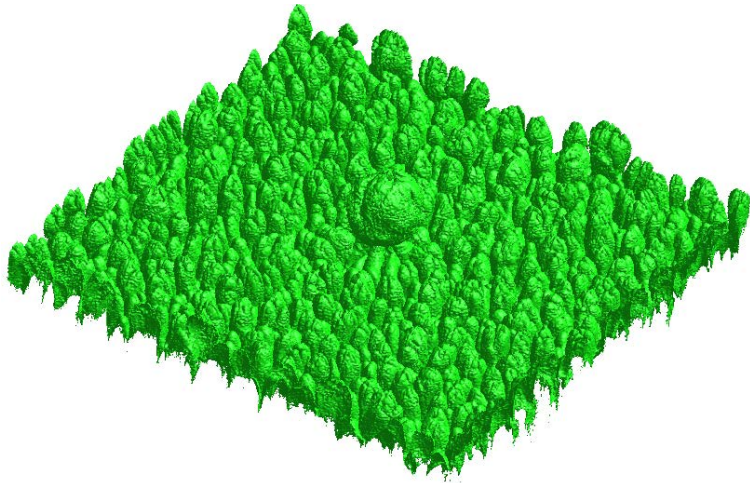
$S = 2$

$S = 8$

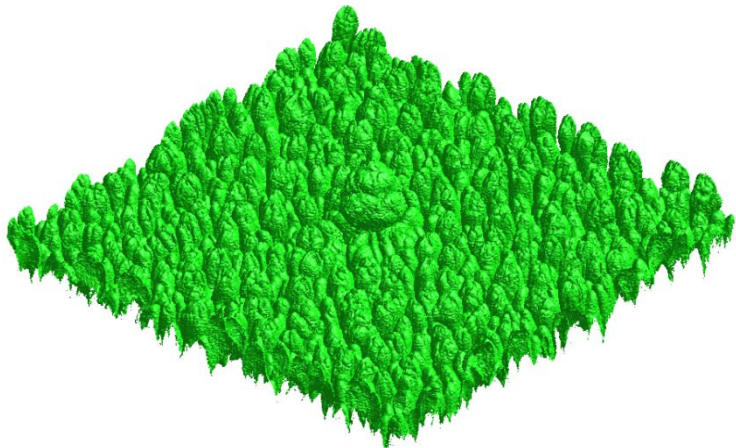
$S = 18$

Результаты 3D расчётов

$$\tilde{R}_{l_0} = 10$$



$$\tilde{R}_{l_0} = 8$$



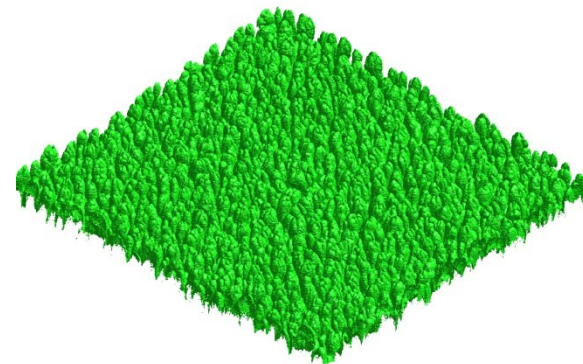
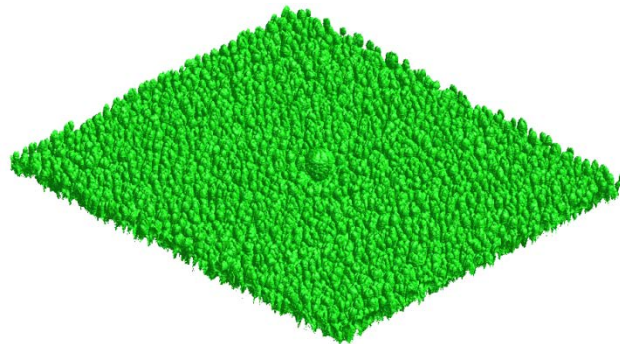
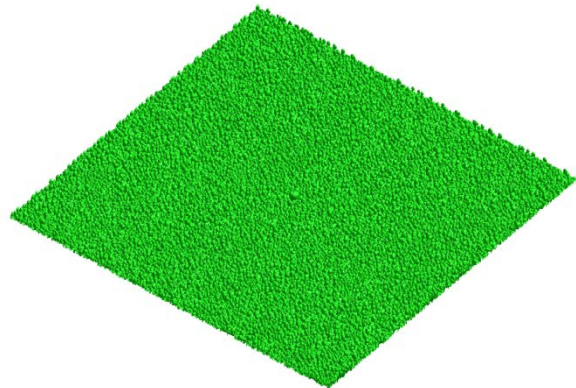
S = 32



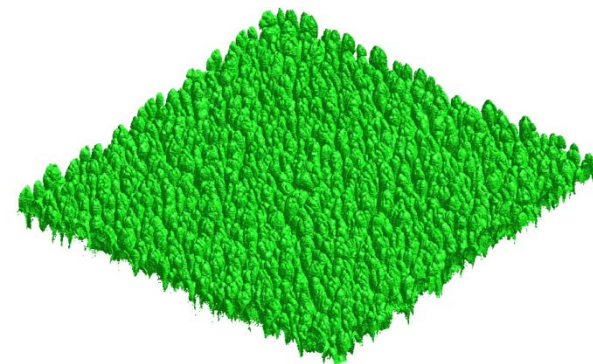
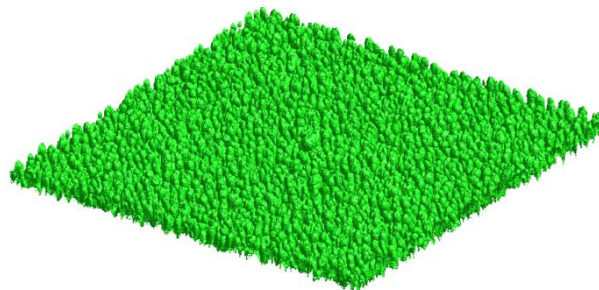
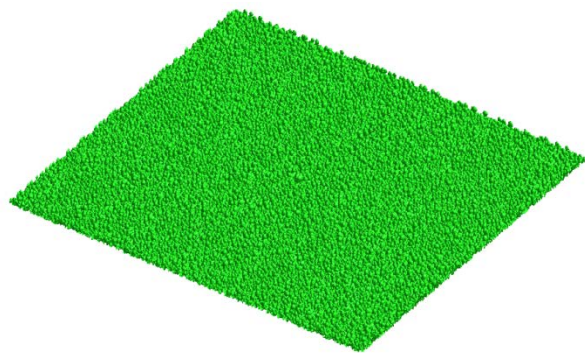
S = 50

Результаты 3D расчётов

$$\tilde{R}_{l_0} = 6$$



$$\tilde{R}_{l_0} = 5$$



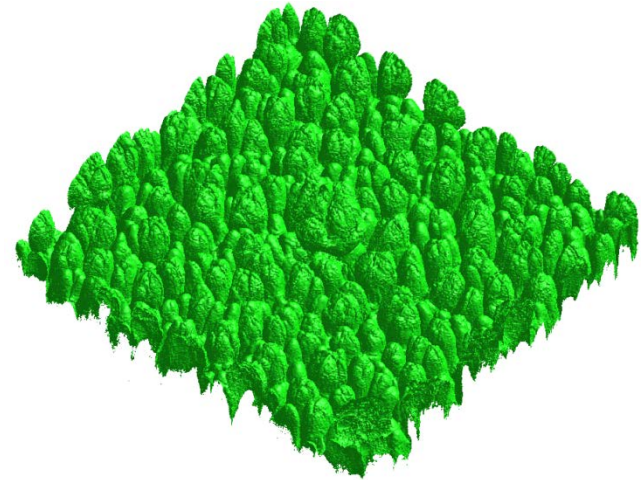
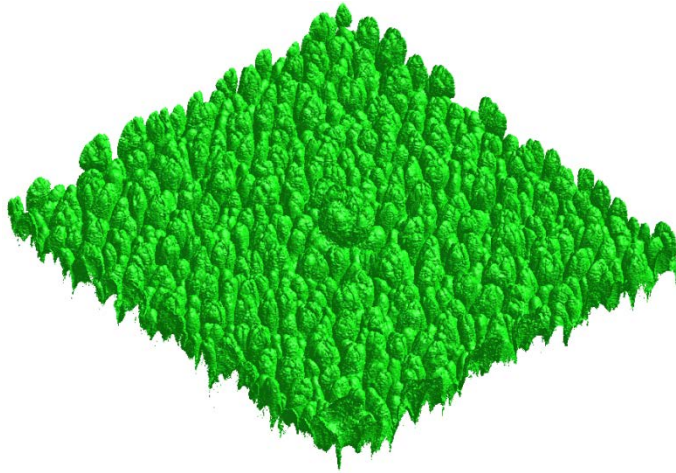
S = 2

S = 8

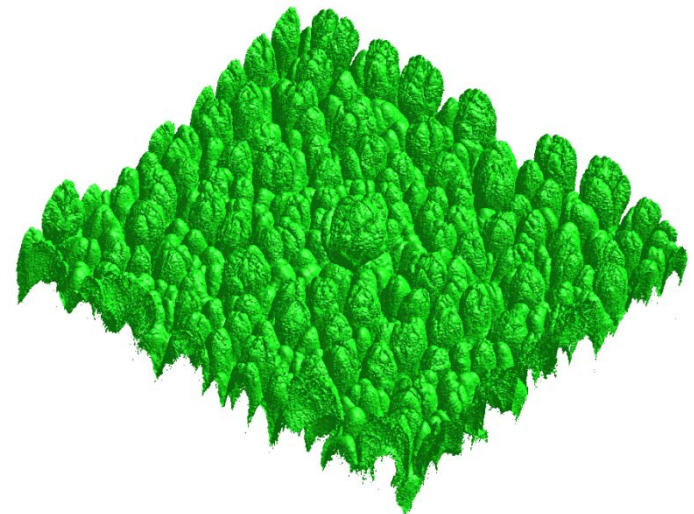
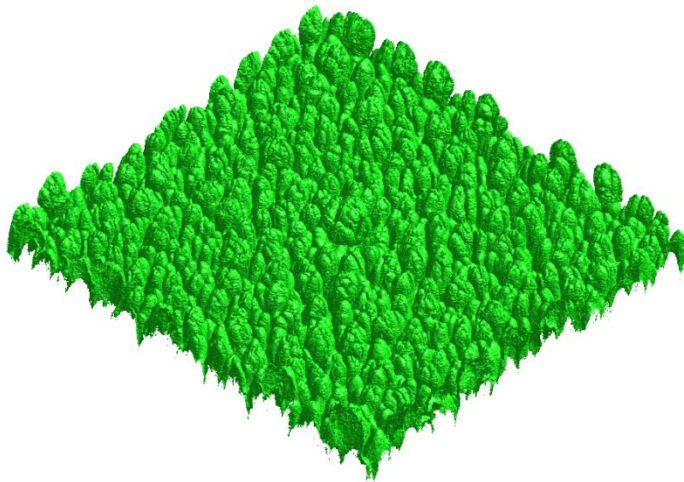
S = 18

Результаты 3D расчётов

$$\tilde{R}_{l_0} = 6$$



$$\tilde{R}_{l_0} = 5$$



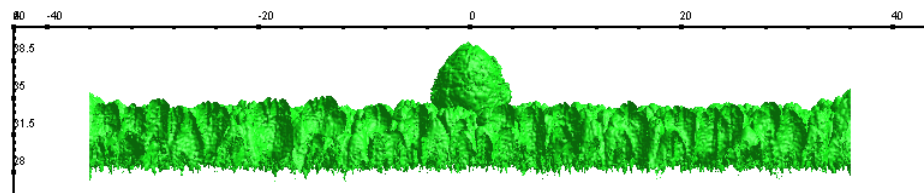
S = 32

S = 50

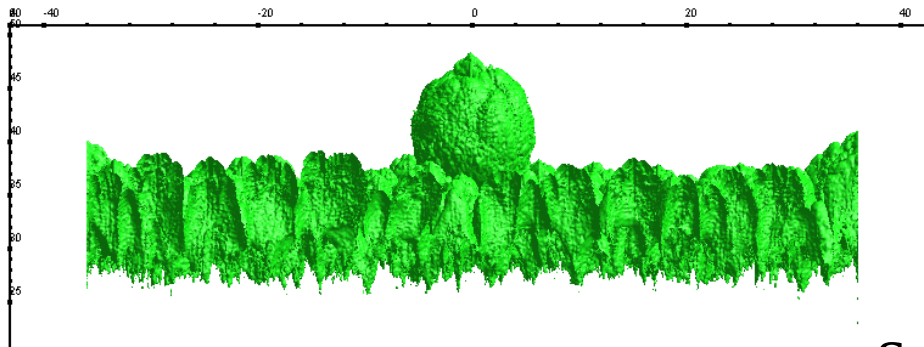
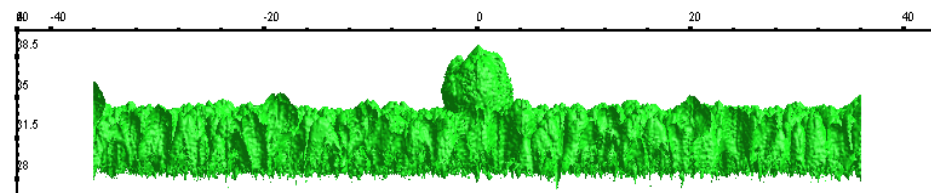
Двумерные сечения 3D расчётов

$$\tilde{R}_{l_0} = 10$$

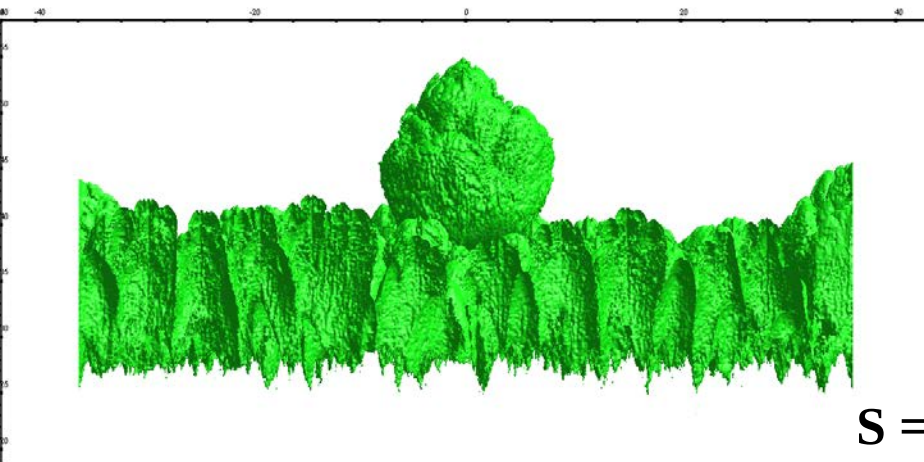
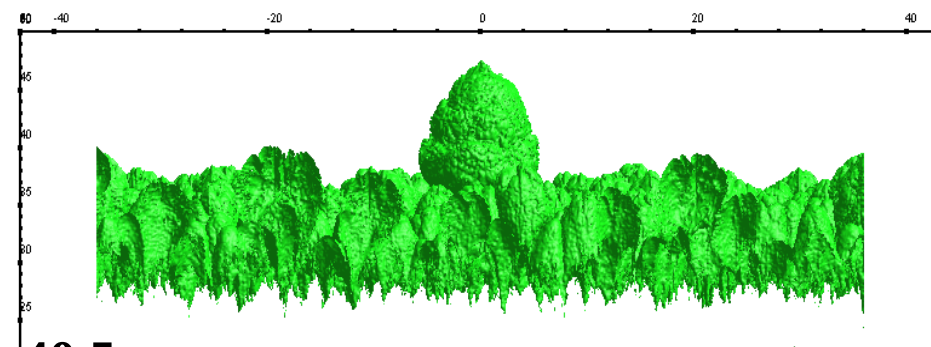
$$\tilde{R}_{l_0} = 8$$



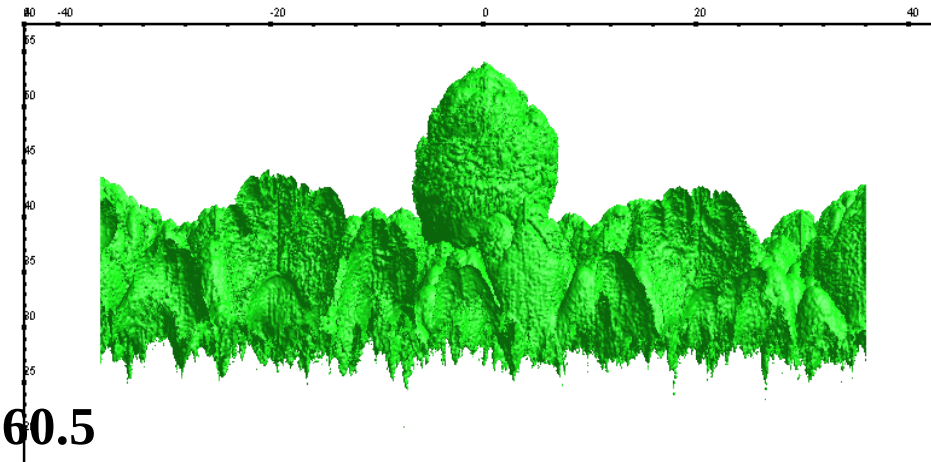
S = 18



S = 40.5



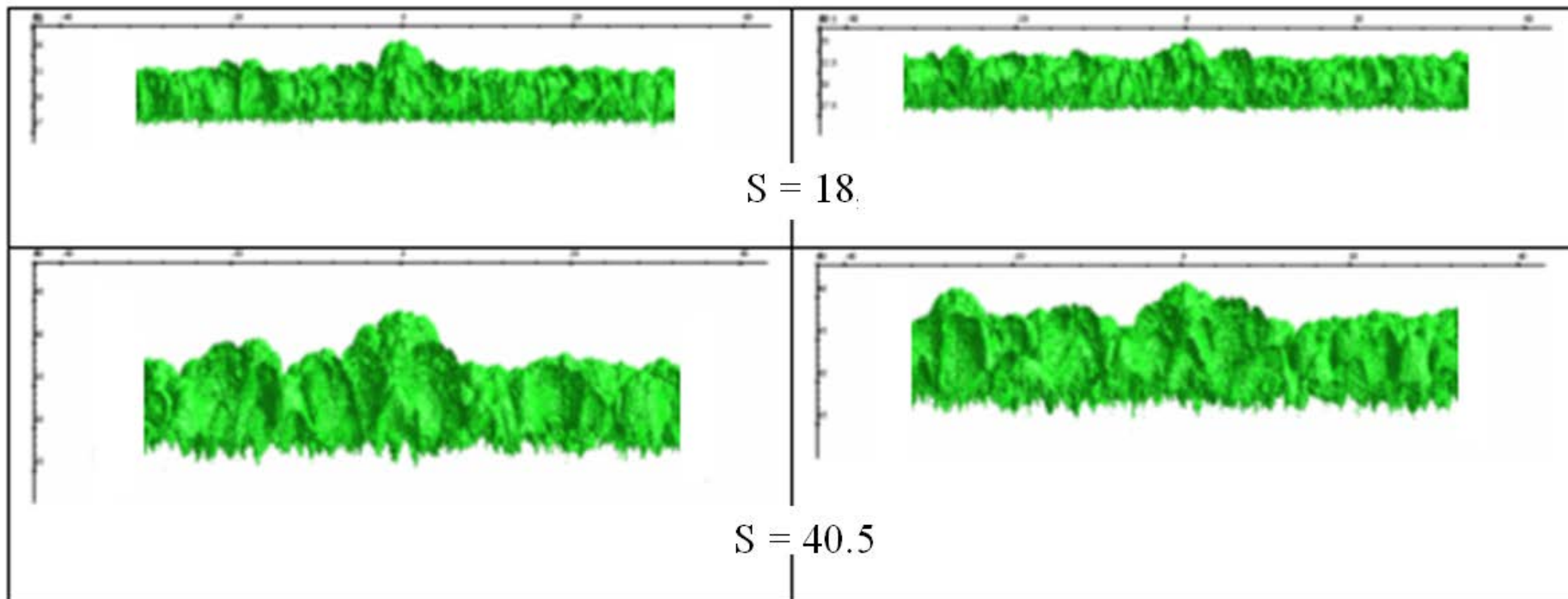
S = 60.5



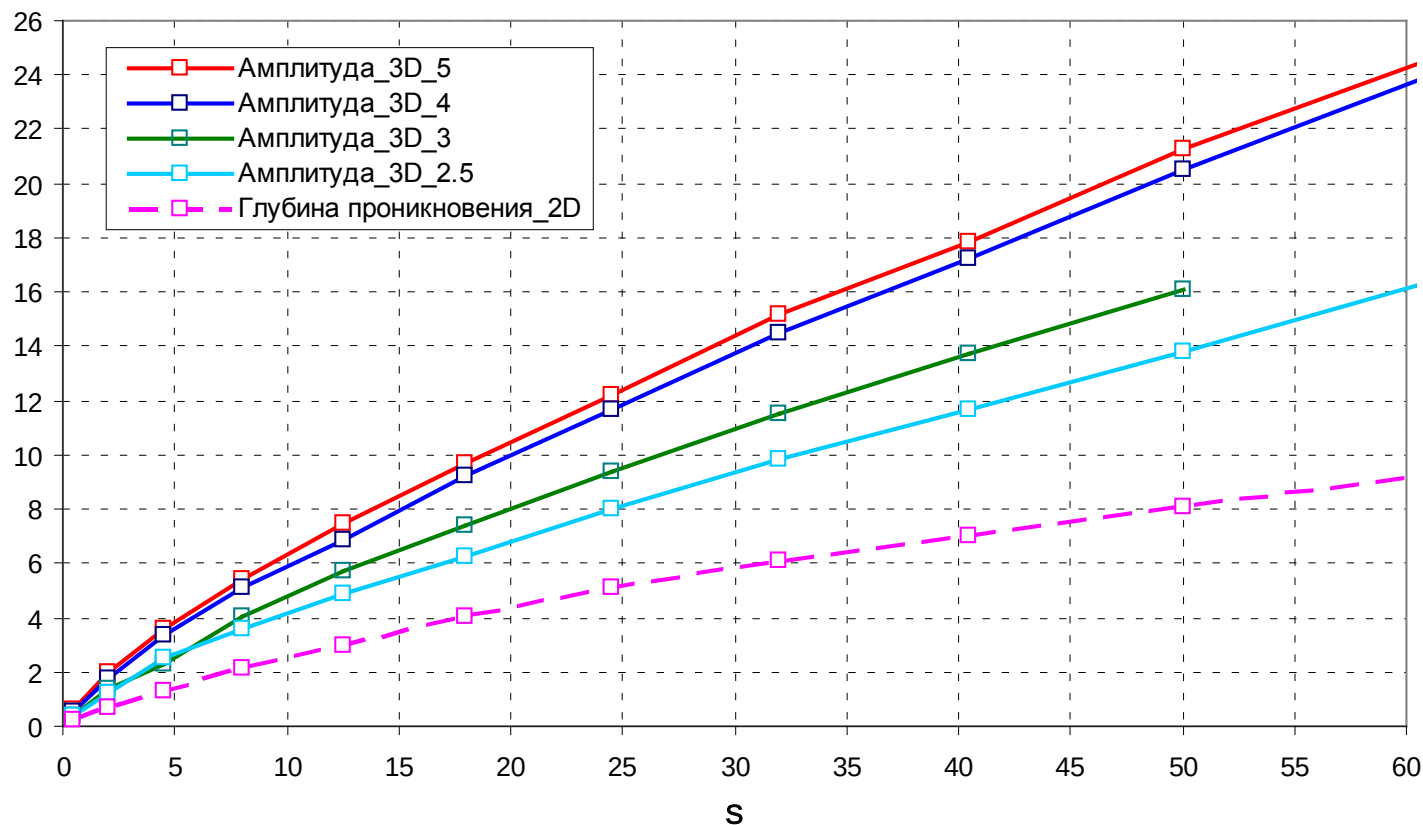
Двумерные сечения 3D расчётов

$$\tilde{R}_{l0} = 6$$

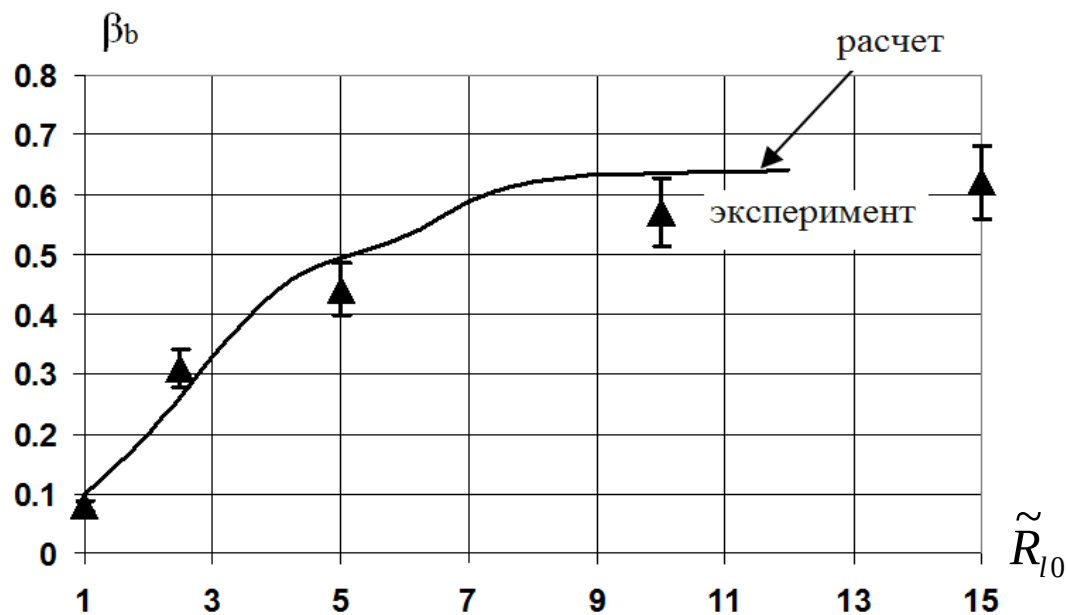
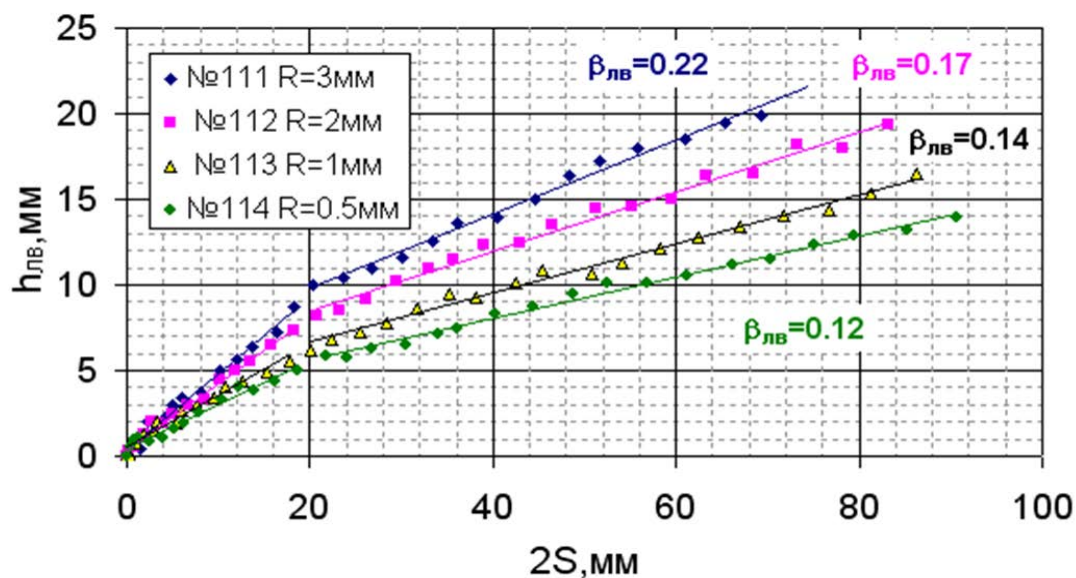
$$\tilde{R}_{l0} = 5$$



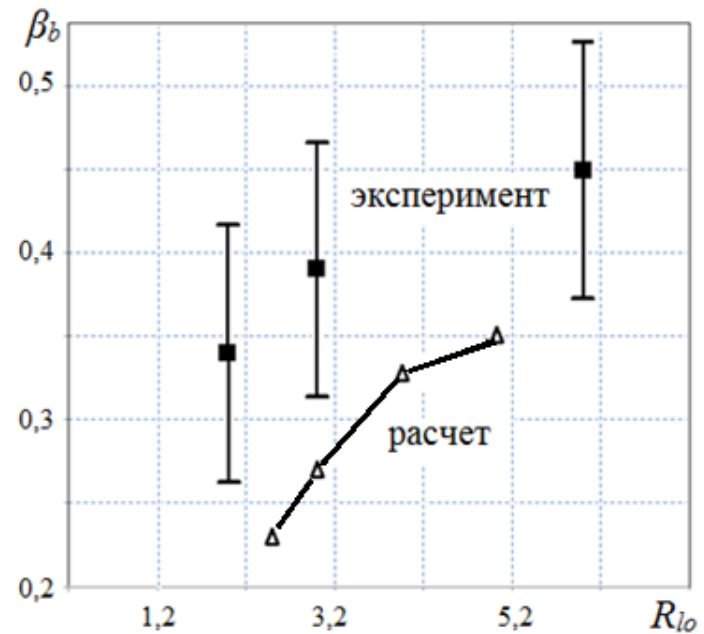
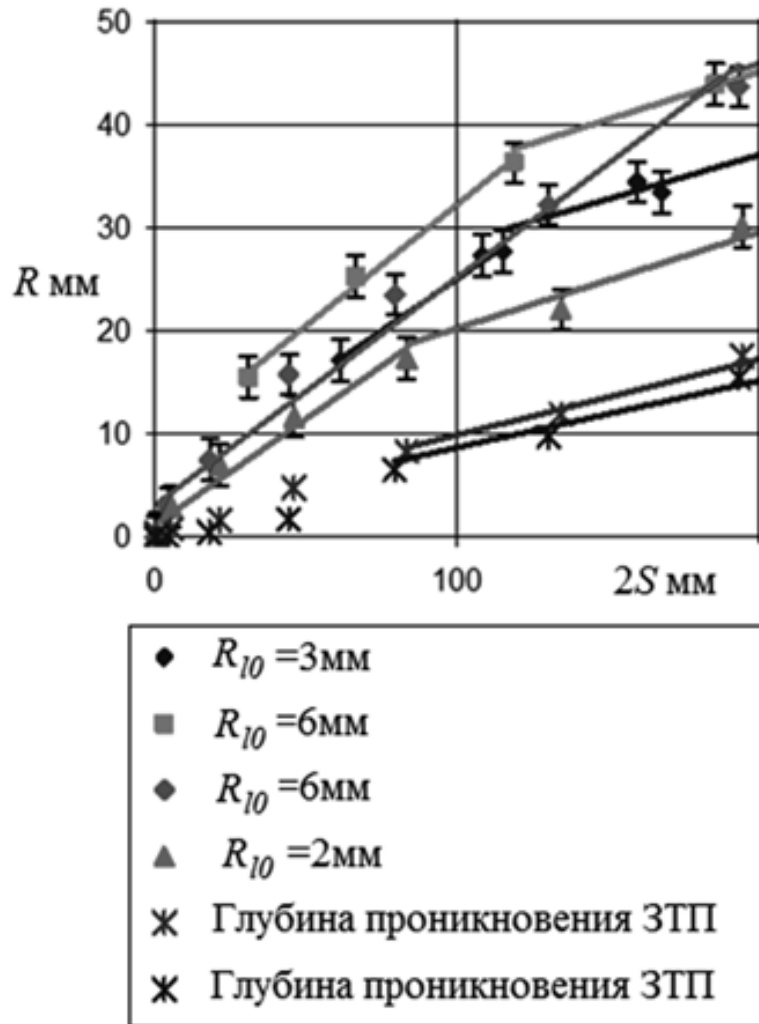
Развитие амплитуды ЛВ и глубины проникновения легкого вещества в тяжелое в ЗТП в 3D расчётах



Развитие амплитуды ЛВ в 3D расчётах и экспериментах на начальном участке



Зависимости скорости роста амплитуды ЛВ от ее величины в 3D расчётах



Заключение

Таким образом, показано, что если при развитии ТП на контактной границе имеются локальные возмущения, то они в значительной степени могут исказить скорость роста ширины ЗТП в сторону увеличения. На начальной стадии процесса масштабы увеличения скорости коррелируют как с размерами ЛВ, так и с их формой (2D или 3D). Однако на более поздних стадиях процесса их поведение неконтролируемо и зависит как от размеров ЛВ, так и продолжительности развития процесса. Это обстоятельство необходимо иметь в виду при экспериментальных измерениях ширины ЗТП.

Спасибо за внимание!