

Статистика редких событий в выходном излучении волоконного ВКР-лазера

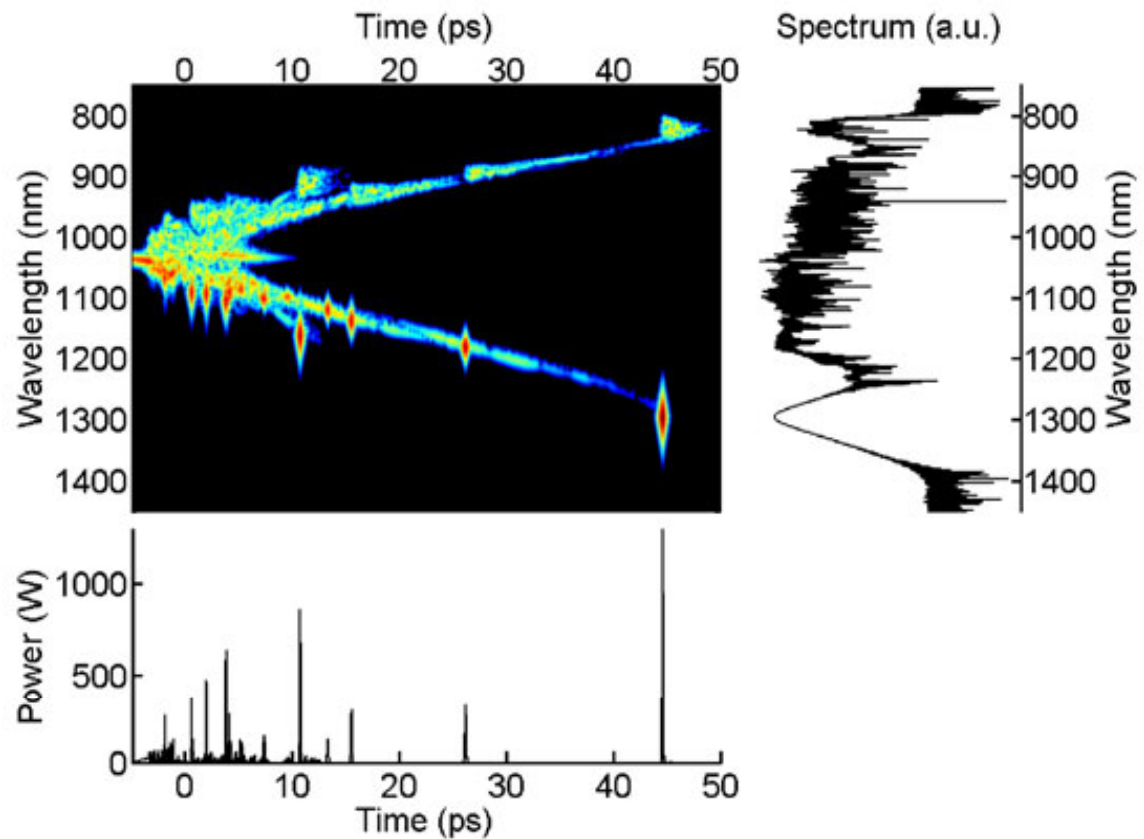
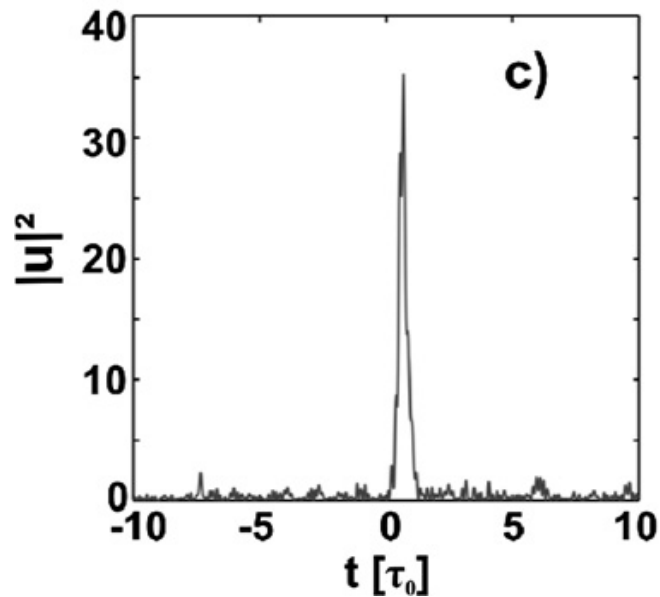
Д. Чуркин, О. Горбунов, С. Смирнов

Институт автоматки и
электрометрии СО РАН
Новосибирск

ВКВО-2011, Пермь

Редкие события

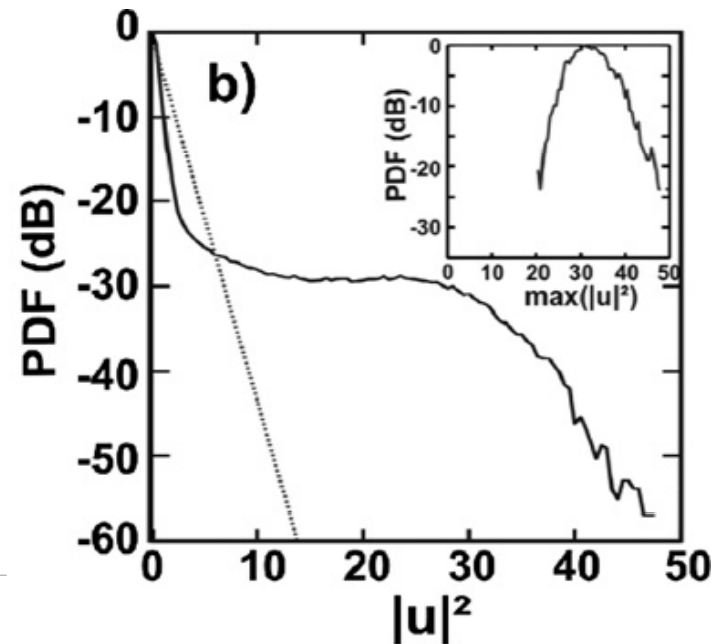
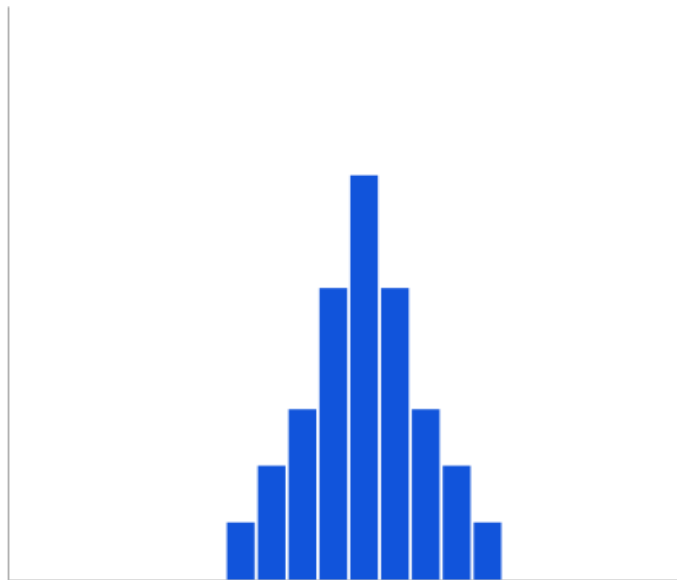
Редкие (экстремальные) события (англ. Extreme events) — особый тип структур, возникающих в нелинейных системах. В оптике — Solli et. al. (Nature 2007).



Статистика редких событий

Статистические свойства волоконно-оптических систем представляют большой интерес, как в связи с возникновением в таких системах редких интенсивных событий, так и ввиду нетривиальности свойств в целом; при этом они на данный момент являются малоизученными

Лазерная и
нелазерная
статистика



Исследуемая система

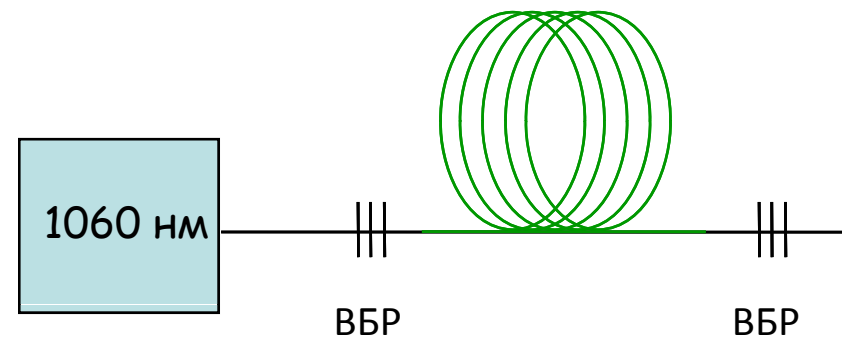
Система нелинейных уравнений Шредингера

$$\frac{\partial A_p^\pm}{\partial z} + \frac{i}{2} \beta_{2p} \frac{\partial^2 A_p^\pm}{\partial t^2} + \frac{\alpha_p}{2} A_p^\pm = i\gamma_p \left(|A_p^\pm|^2 + 2|A_s^\pm|^2 \right) A_p^\pm - \frac{g_p}{2} \left(|A_s^\pm|^2 + \langle |A_s^\mp|^2 \rangle \right) A_p^\pm$$

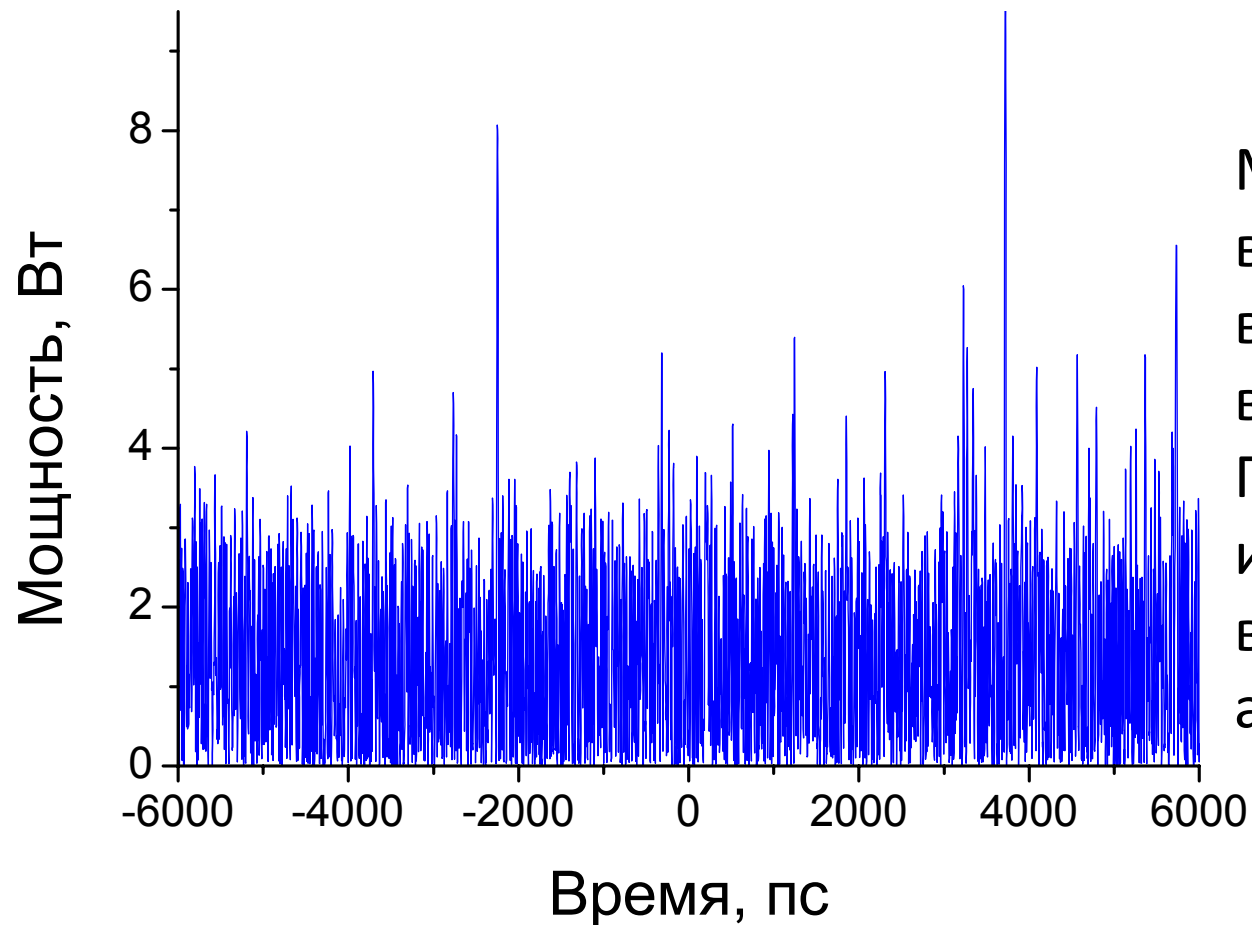
$$\frac{\partial A_s^\pm}{\partial z} + \frac{1}{v_g} \frac{\partial A_s^\pm}{\partial t} + \frac{i}{2} \beta_{2s} \frac{\partial^2 A_s^\pm}{\partial t^2} + \frac{\alpha_s}{2} A_s^\pm = i\gamma_s \left(|A_s^\pm|^2 + 2|A_p^\pm|^2 \right) A_s^\pm + \frac{g_s}{2} \left(|A_p^\pm|^2 + \langle |A_p^\mp|^2 \rangle \right) A_s^\pm$$

Волоконный ВКР-лазер

Излучение волоконного ВКР-лазера состоит из большого числа продольных мод. Взаимодействие мод, носящее турбулентный характер, может приводить к возникновению интенсивных редких событий

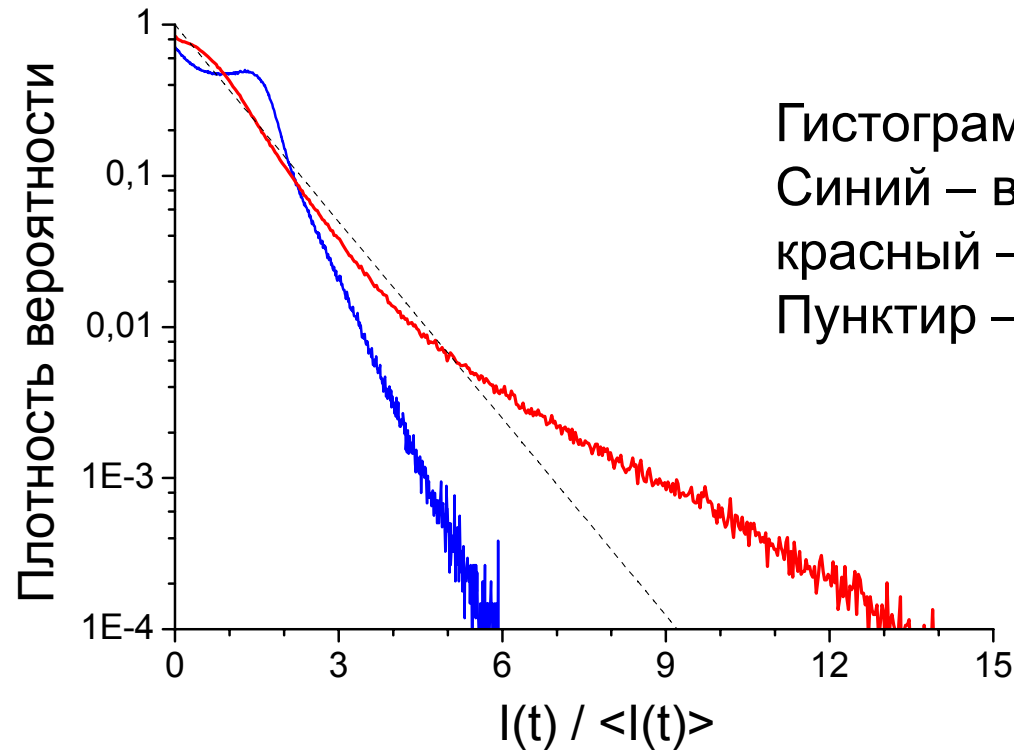


Результаты моделирования. Временная динамика излучения



Мощность
внутрирезонаторной
волны как функция
времени.
Присутствуют
интенсивные
выбросы большой
амплитуды

Результаты моделирования. Статистика излучения

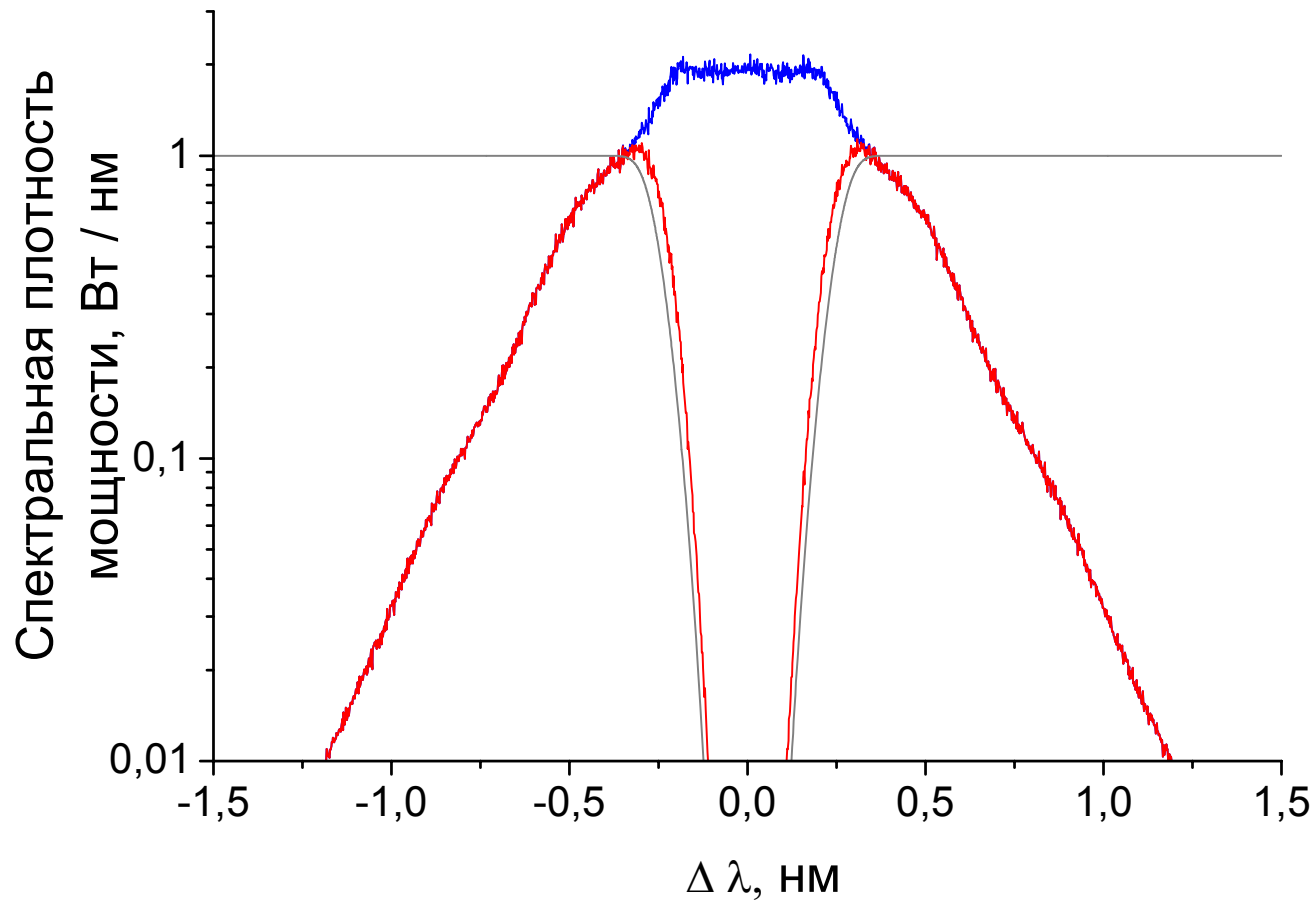


Гистограмма интенсивности излучения.
Синий – внутрирезонаторная волна,
красный – вышедшая из резонатора.
Пунктир – экспонента.

Тип статистики для обеих волн имеет нелазерный характер. Далекий хвост внерезонаторной волны свидетельствует о наличии интенсивных редких событий

Временной масштаб для построения гистограммы – 0,75 пс

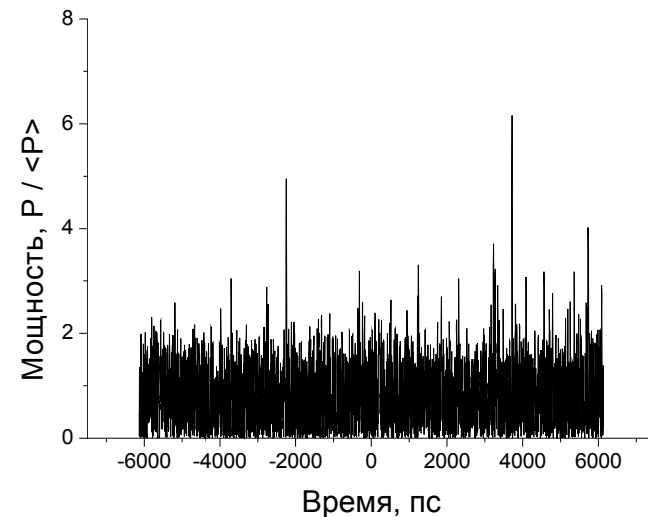
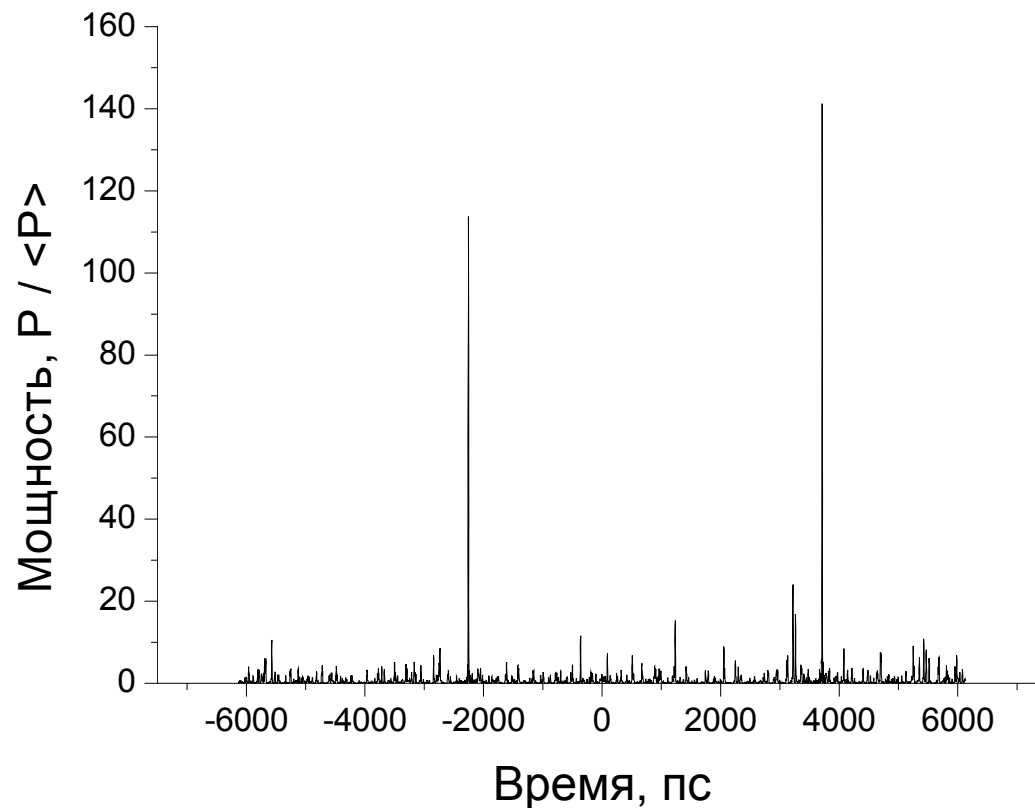
Результаты моделирования Спектры



Синий – внутрирезонаторная волна, красный - внерезонаторная

Результаты моделирования Использование фильтров

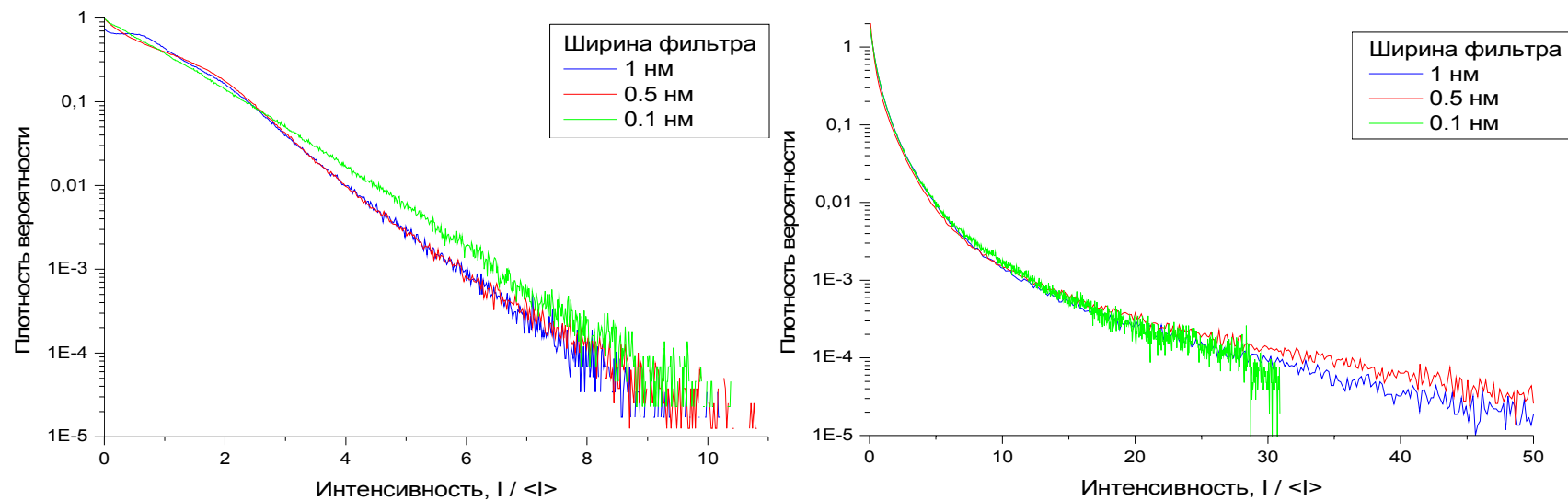
Используя прямоугольные фильтры можно получать результаты по определенной части спектра.



Отстройка 1 нм от центра
спектра, ширина 0,5 нм

Результаты моделирования Использование фильтров

Используя прямоугольные фильтры можно получать результаты по определенной части спектра.



Слева — центр спектра

Справа — край спектра (отстройка 1 нм)

Результаты и выводы

- Численное моделирование генерации излучения в волоконном ВКР-лазере показало наличие интенсивных редких событий
- Статистика излучения волоконного ВКР-лазера на временных масштабах порядка 1 пс существенно отличается от «лазерной». Далекие «хвосты» распределения свидетельствуют о наличии интенсивных редких событий во временной динамике излучения.
- Редкие события сконцентрированы на краю генерируемого спектра в выходном излучении лазера.

Спасибо за внимание

Статистика редких событий в выходном
излучении волоконного ВКР-лазера

Благодарности

Автор выражает благодарность
М. Никулину (ИАиЭ СО РАН)
за помощь в работе с программой

О. Горбунов
Институт автоматике
и электрометрии СО РАН
Новосибирск
gorbunov86oleg@gmail.com

ВКВО-2011, Пермь

Численная схема

Метод расчета – пошаговое интегрирование НУШ с разделением линейного и нелинейного шага (Агравал)

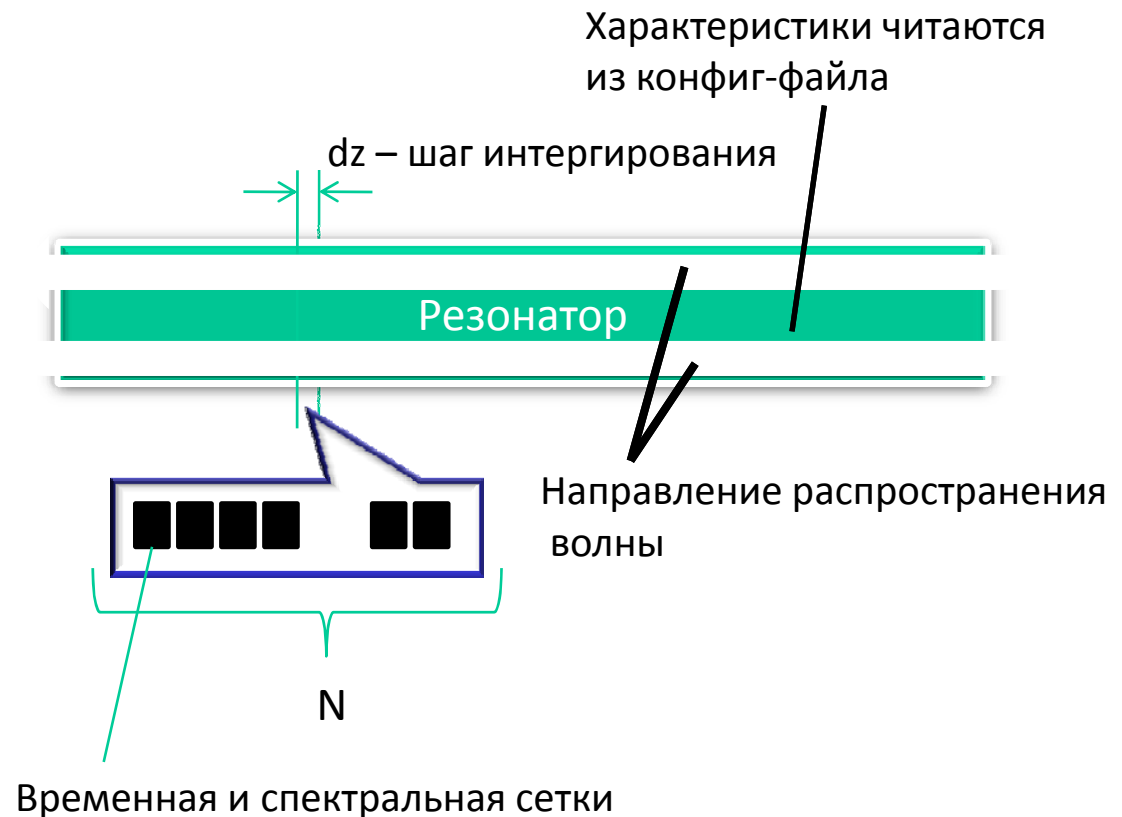
Временная сетка – 12 нс

Спектральная сетка – 5 нм (1335 ГГц)

16384 шагов на проход

300-2000 проходов

Данные получаем в крайних точках резонатора



Детали расчета

Длина резонатора – 200 м

Дисперсия волны накачки – 18 пс² / км

Дисперсия Стоксовой волны – 7.2 пс² / км

Нелинейность – 3.5 (Вт*км)⁽⁻¹⁾

Рамановский коэффициент – 1.5 (Вт*км)⁽⁻¹⁾

Затухание накачки – 2.2 дБ / км

Затухание Стоксовой волны – 3.6 дБ / км

Спектральный профиль ВБР — супер-гаусс,
FWHM 0.5 нм

Положение фильтров

