



Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Волоконные генераторы суперконтинуума при импульсной и непрерывной накачке

**С. М. Кобцев, С. В. Смирнов**  
*Лаборатория лазерных систем НГУ*



Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Содержание

## □ Механизмы генерации суперконтинуума

- импульсное возбуждение, аномальная дисперсия
- импульсное возбуждение, нормальная дисперсия
- непрерывное возбуждение, аномальная дисперсия

## □ Приложения

- метрология: измерение оптических частот, оптические часы
- оптическая когерентная томография
- многоволновые источники для WDM
- ВКР-усилители со встречной накачкой
- генерация ультракоротких импульсов
- спектроскопия с временным разрешением



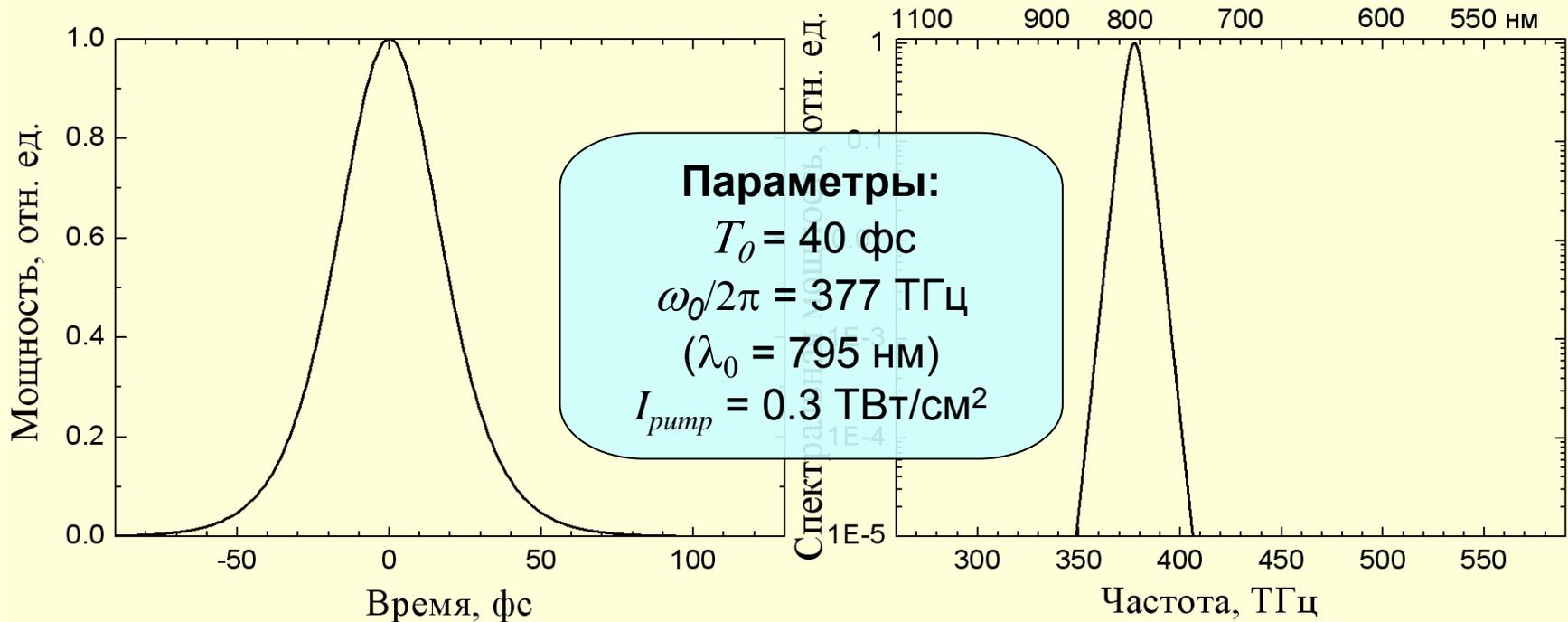
Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии

Зависимость  
интенсивности от времени

0.0 см

Спектр





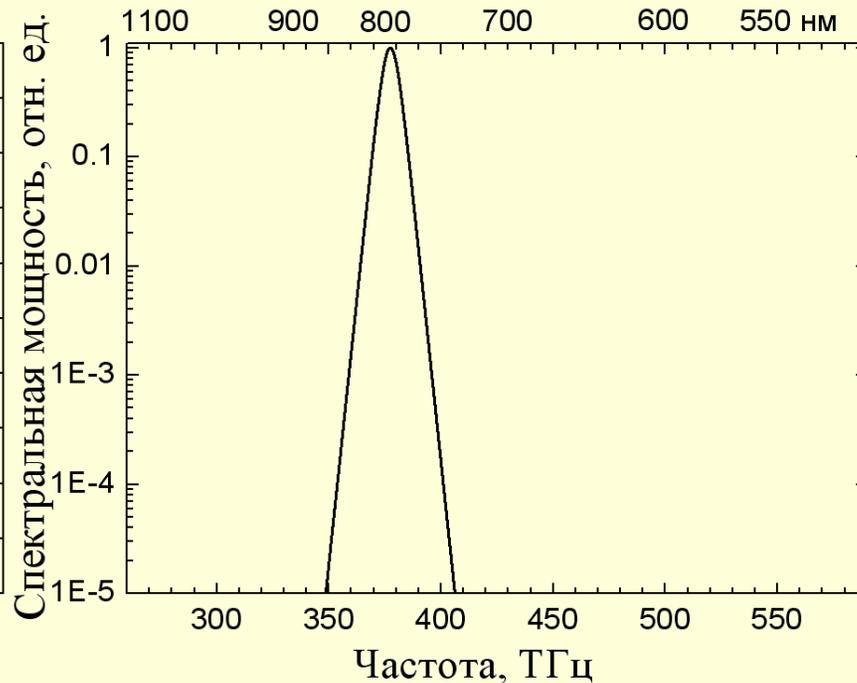
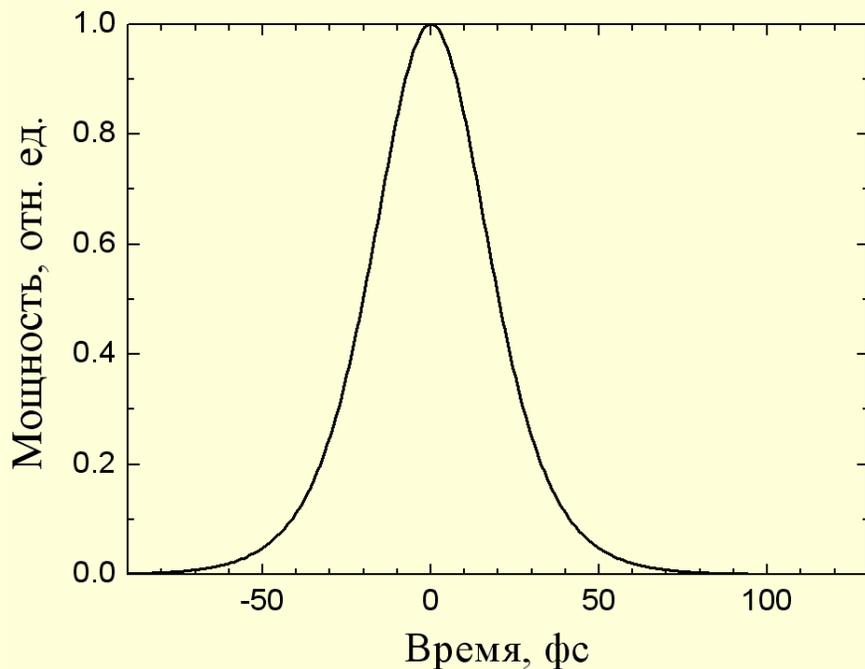
Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии

Зависимость  
интенсивности от времени

0.0 см

Спектр





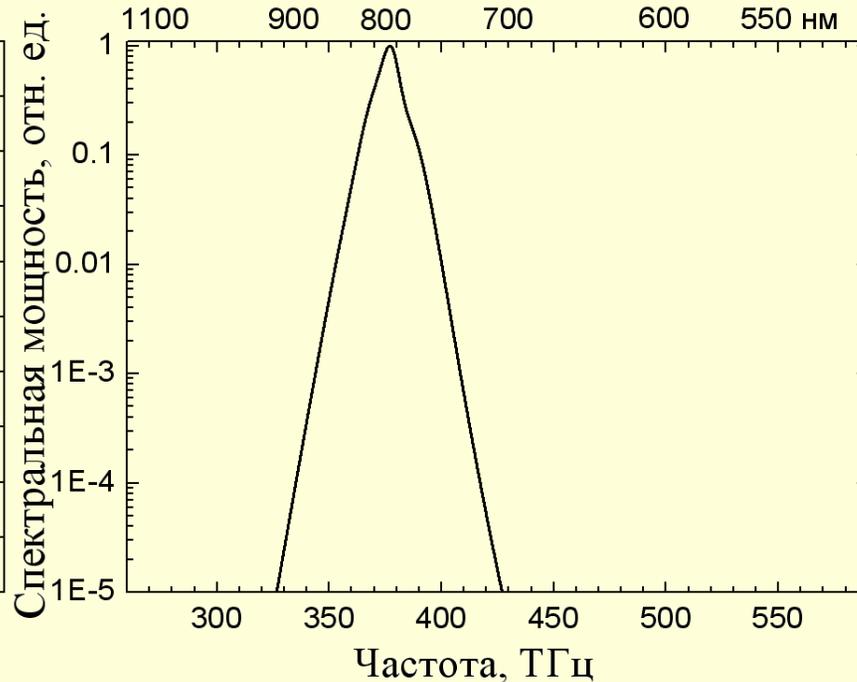
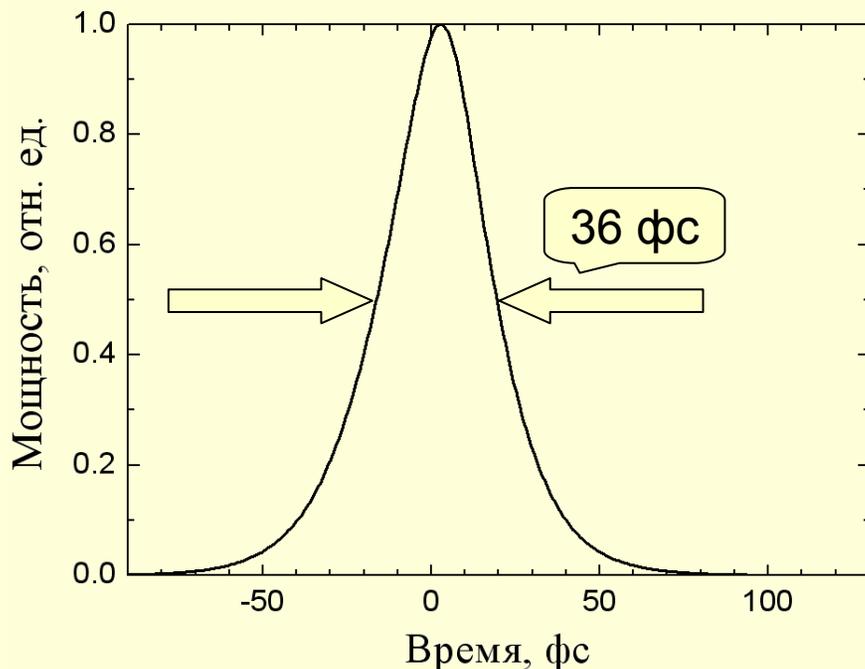
Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии

Зависимость  
интенсивности от времени

0.2 см

Спектр





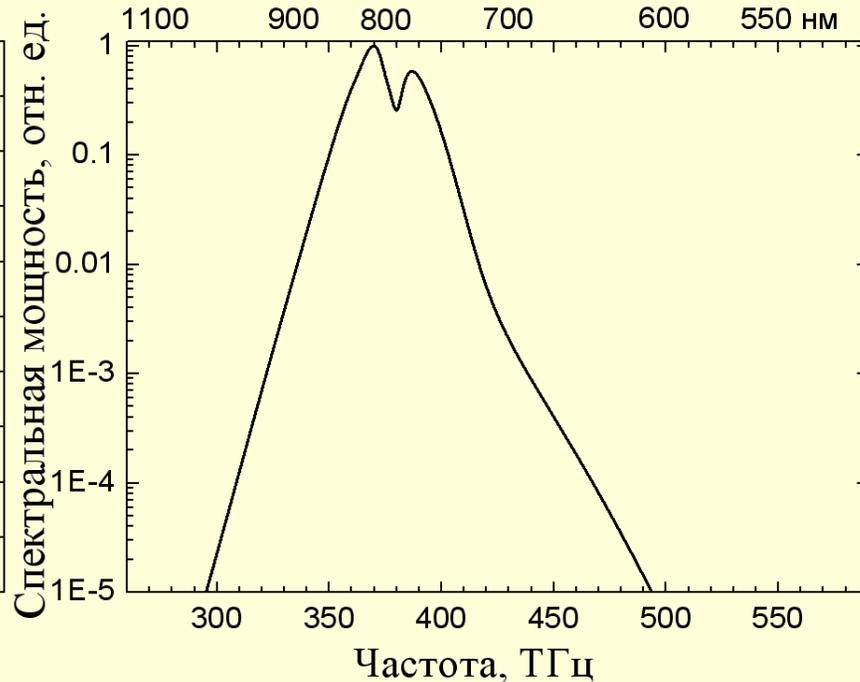
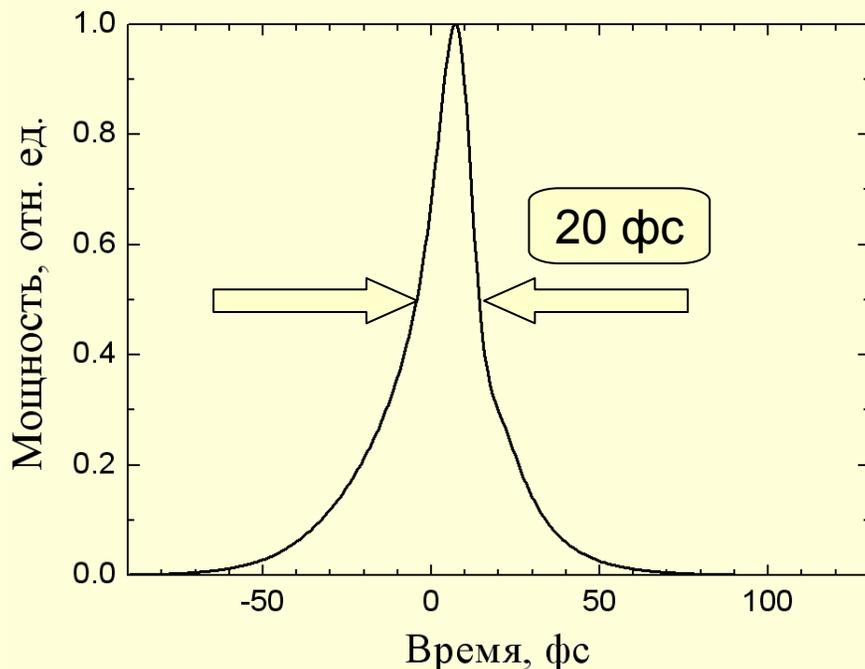
Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии

Зависимость  
интенсивности от времени

0.4 см

Спектр





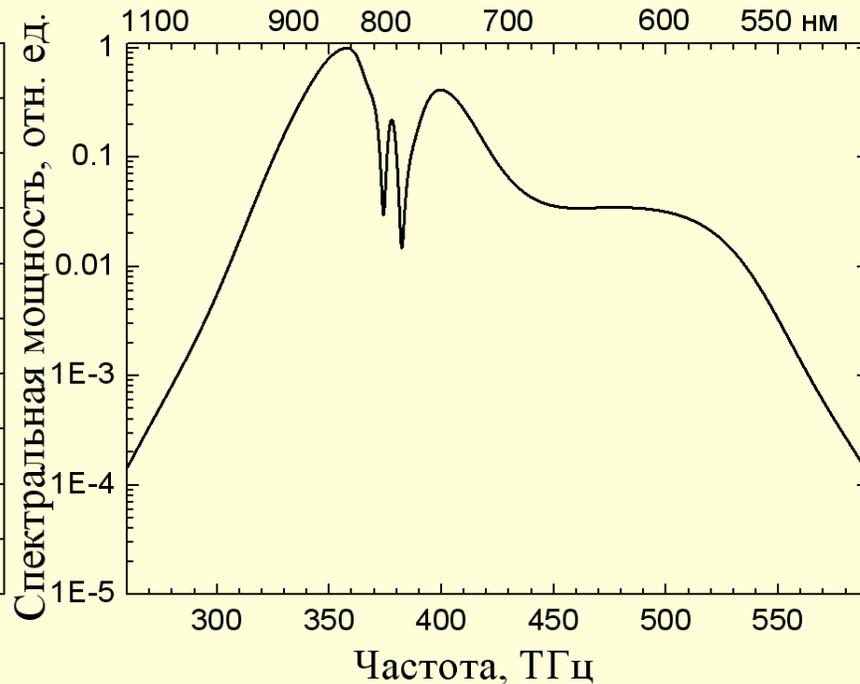
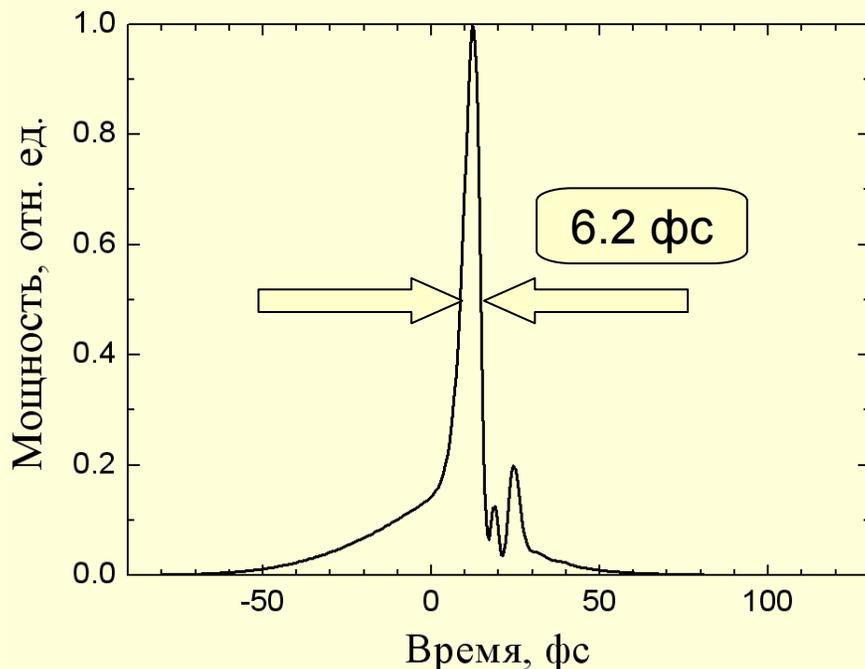
Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии

Зависимость  
интенсивности от времени

0.6 см

Спектр





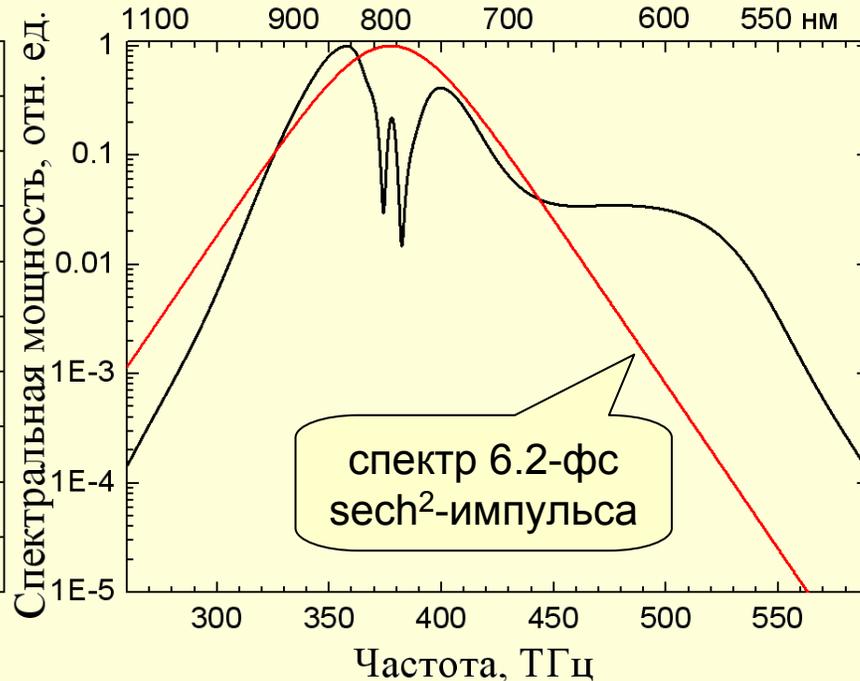
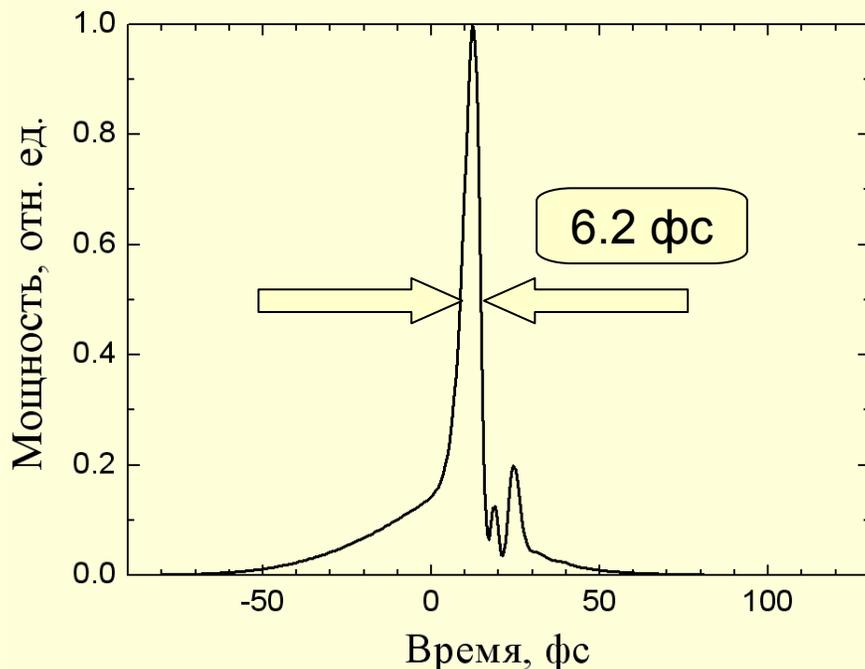
Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии

Зависимость  
интенсивности от времени

0.6 см

Спектр





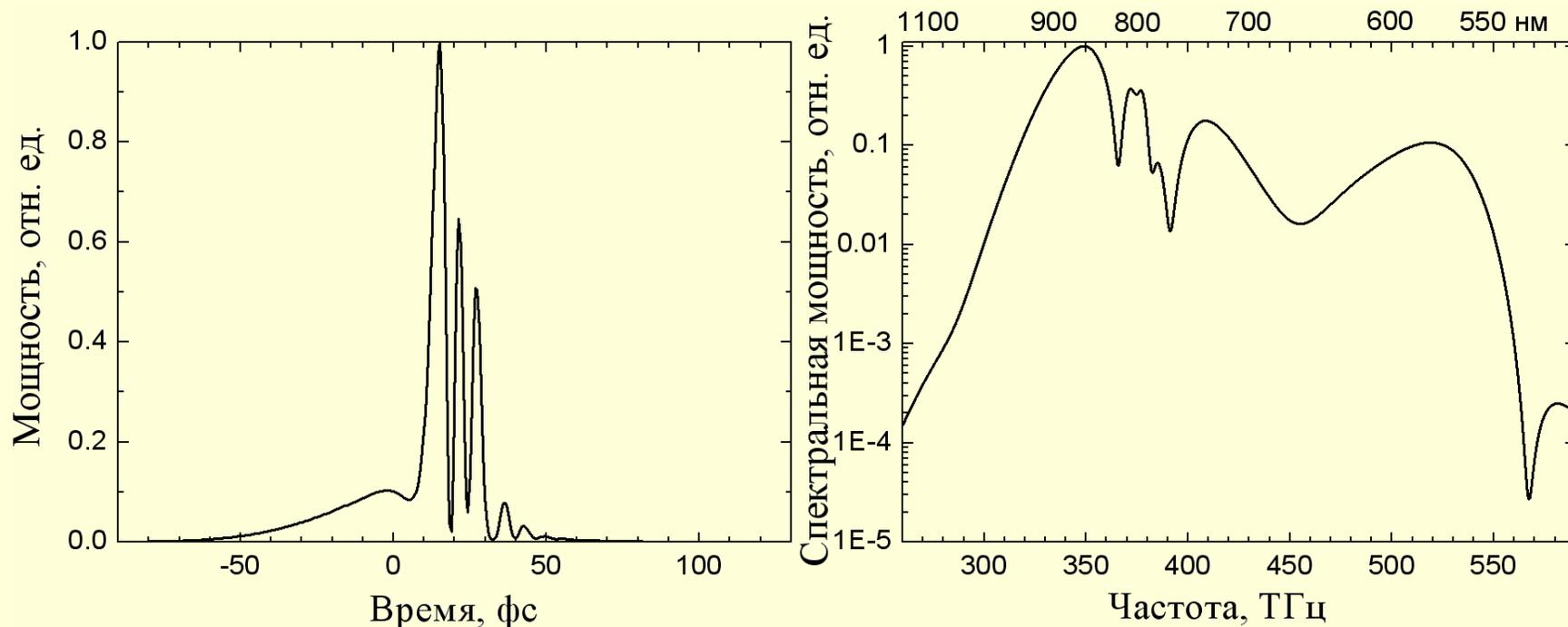
Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии

Зависимость  
интенсивности от времени

0.7 см

Спектр





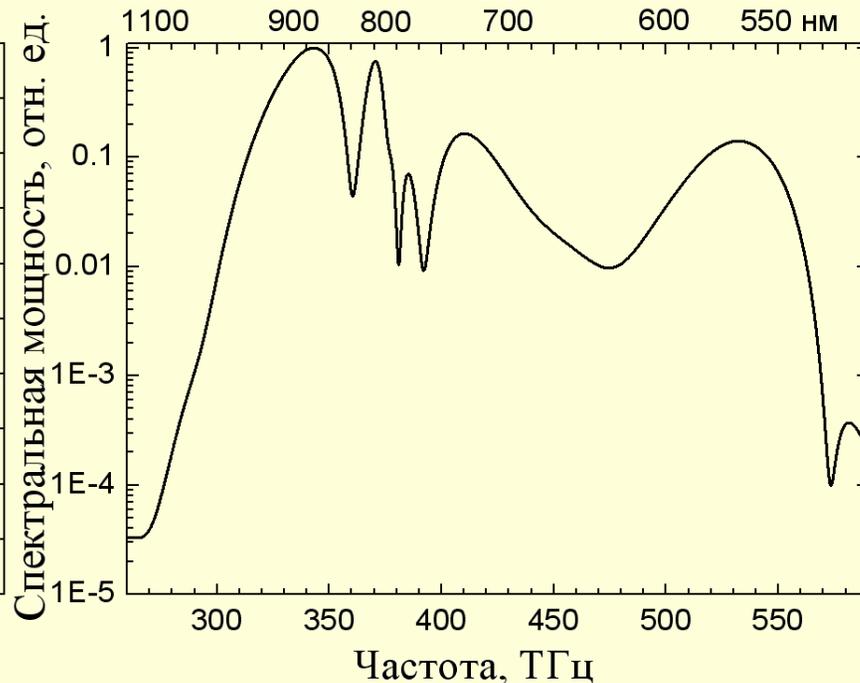
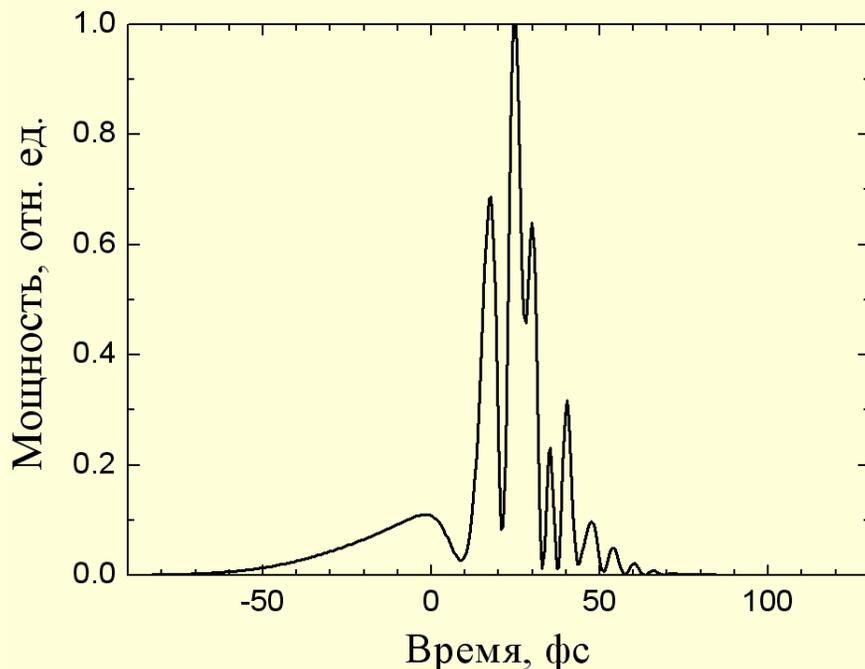
Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии

Зависимость  
интенсивности от времени

0.8 см

Спектр





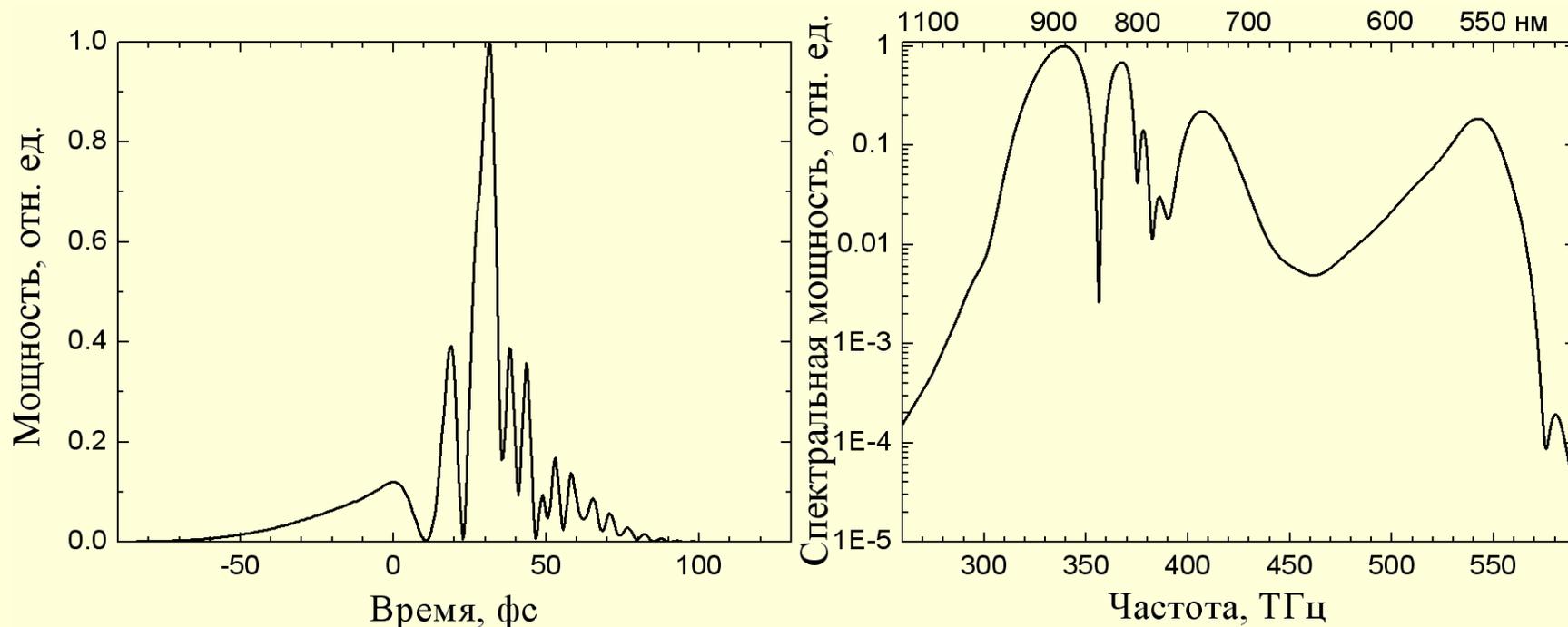
Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии

Зависимость  
интенсивности от времени

0.9 см

Спектр





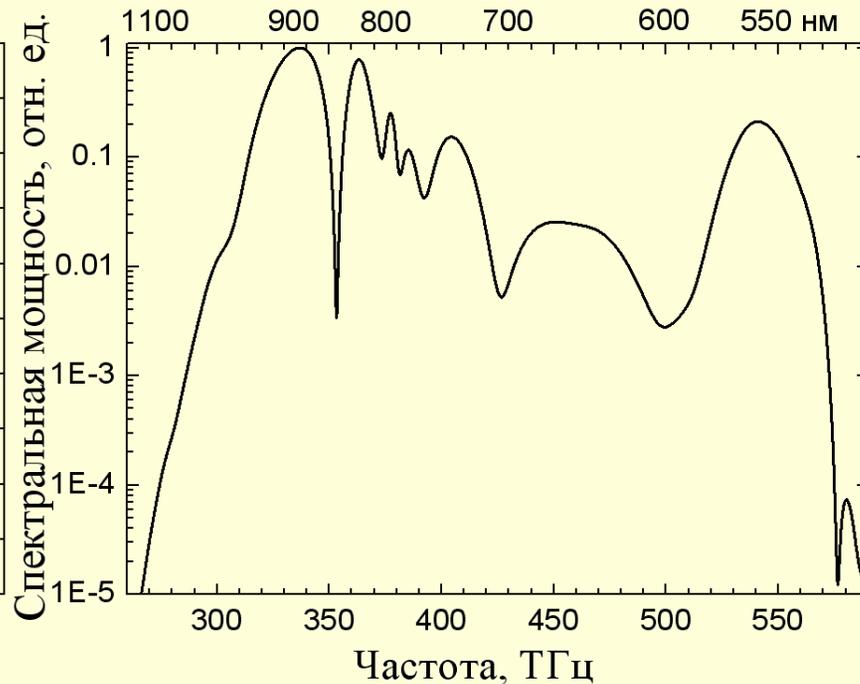
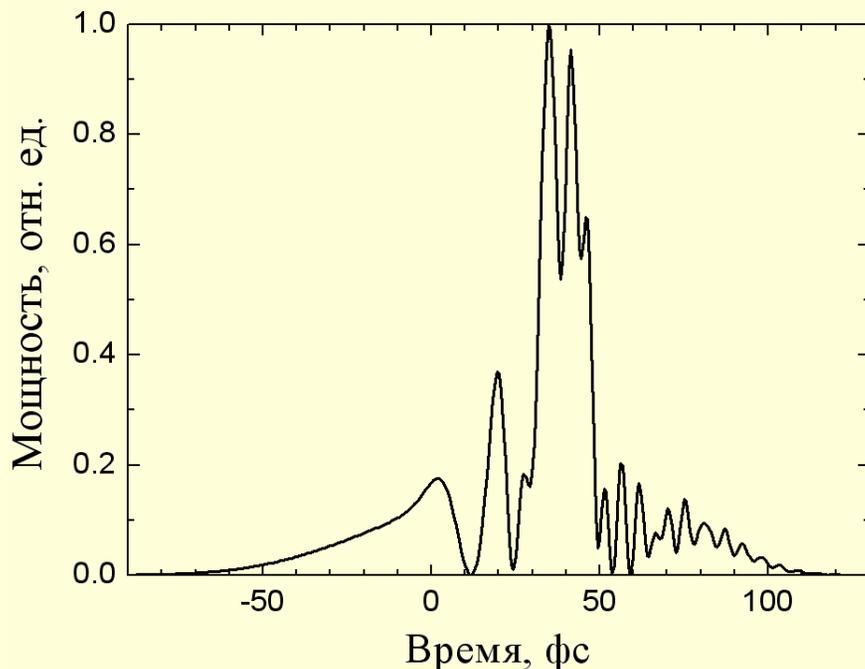
Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии

Зависимость  
интенсивности от времени

1.0 см

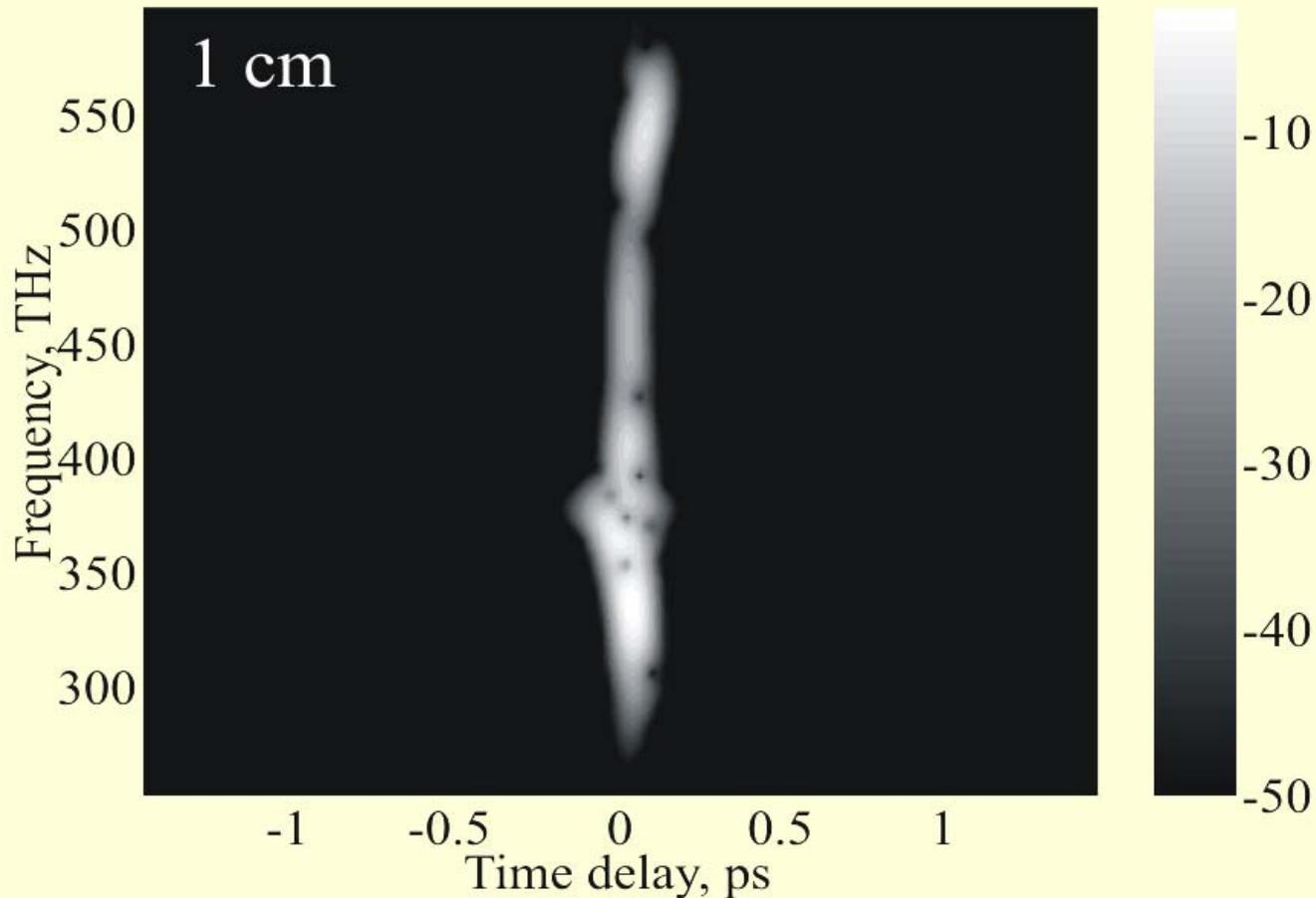
Спектр





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

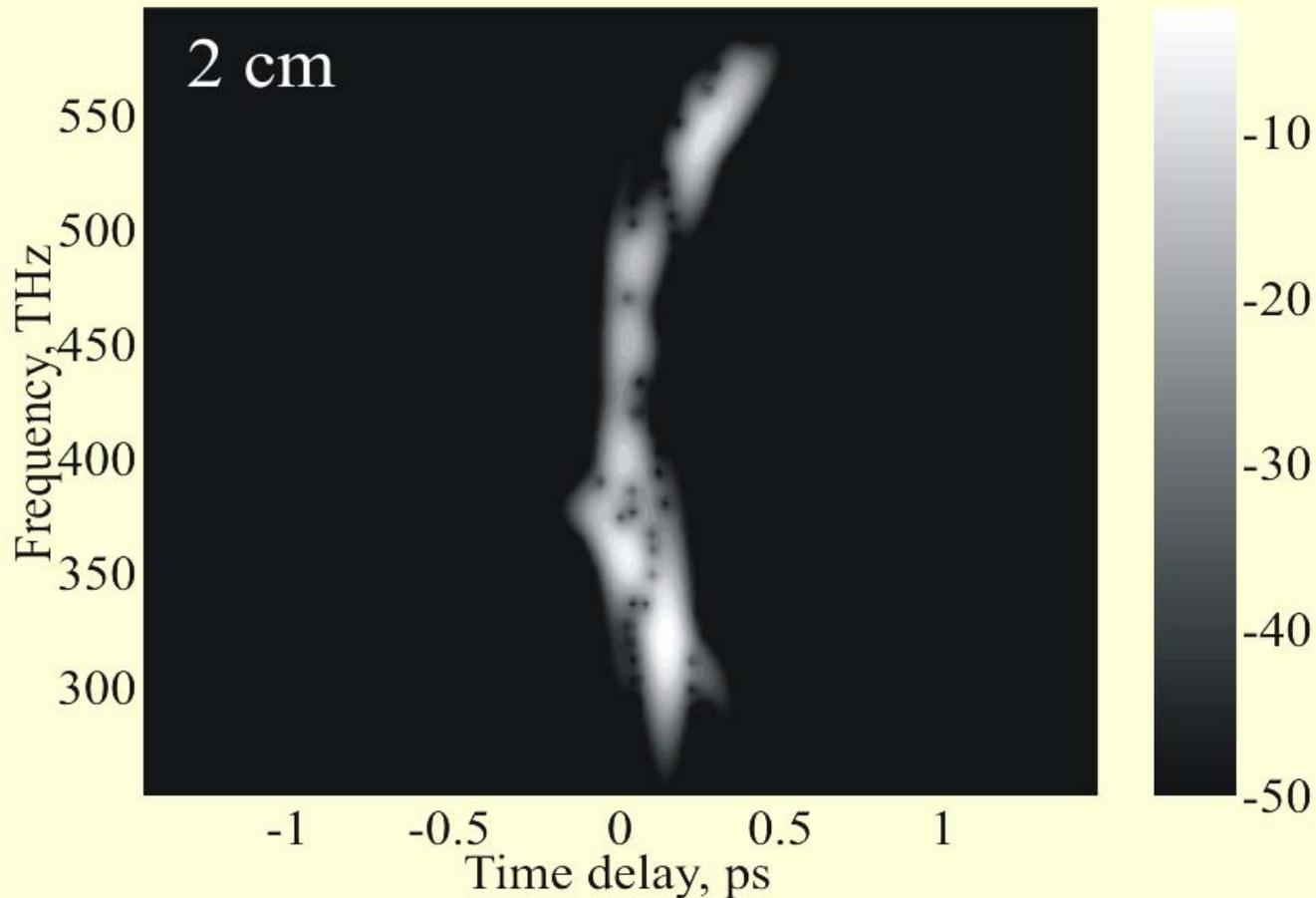
# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

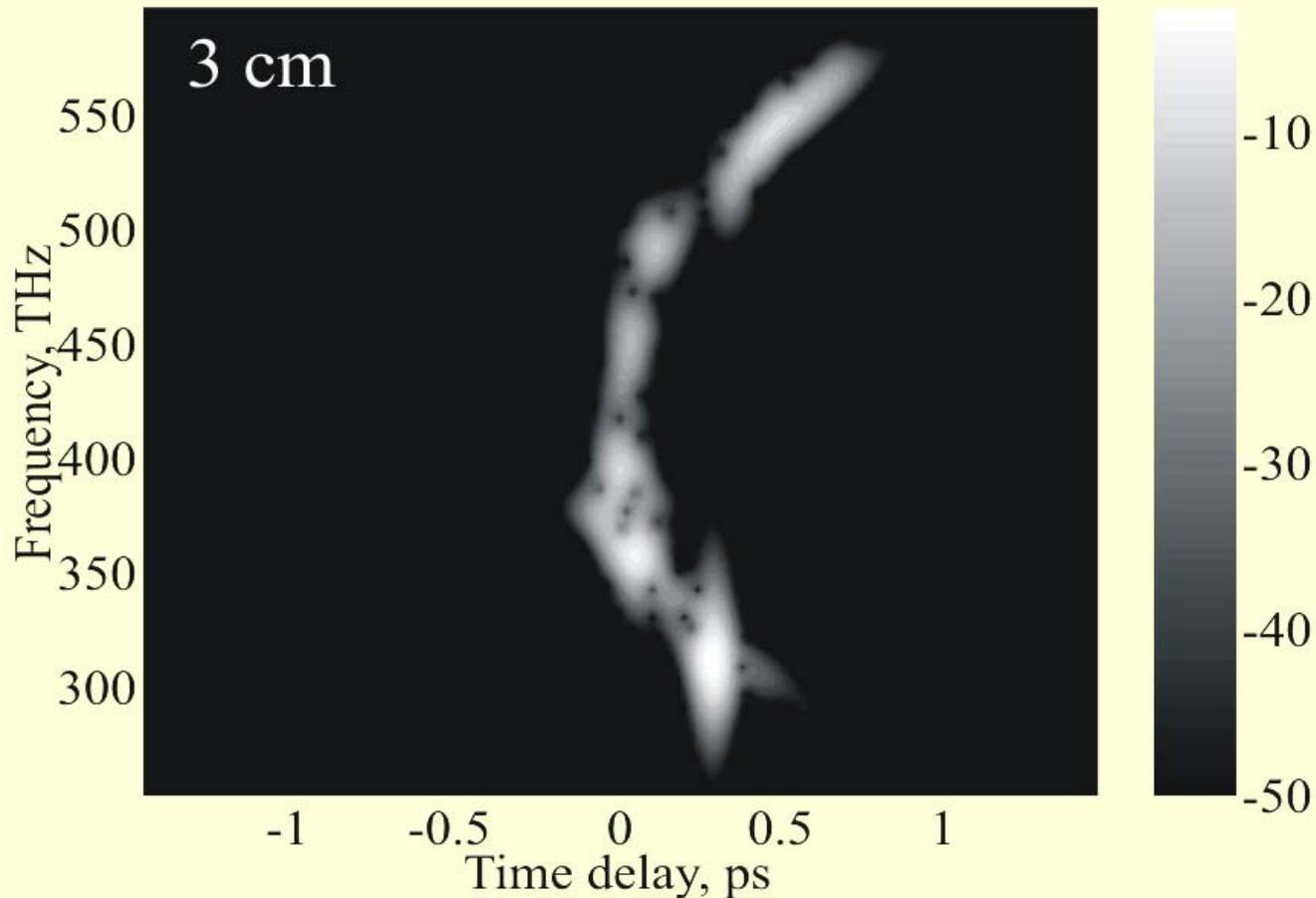
# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

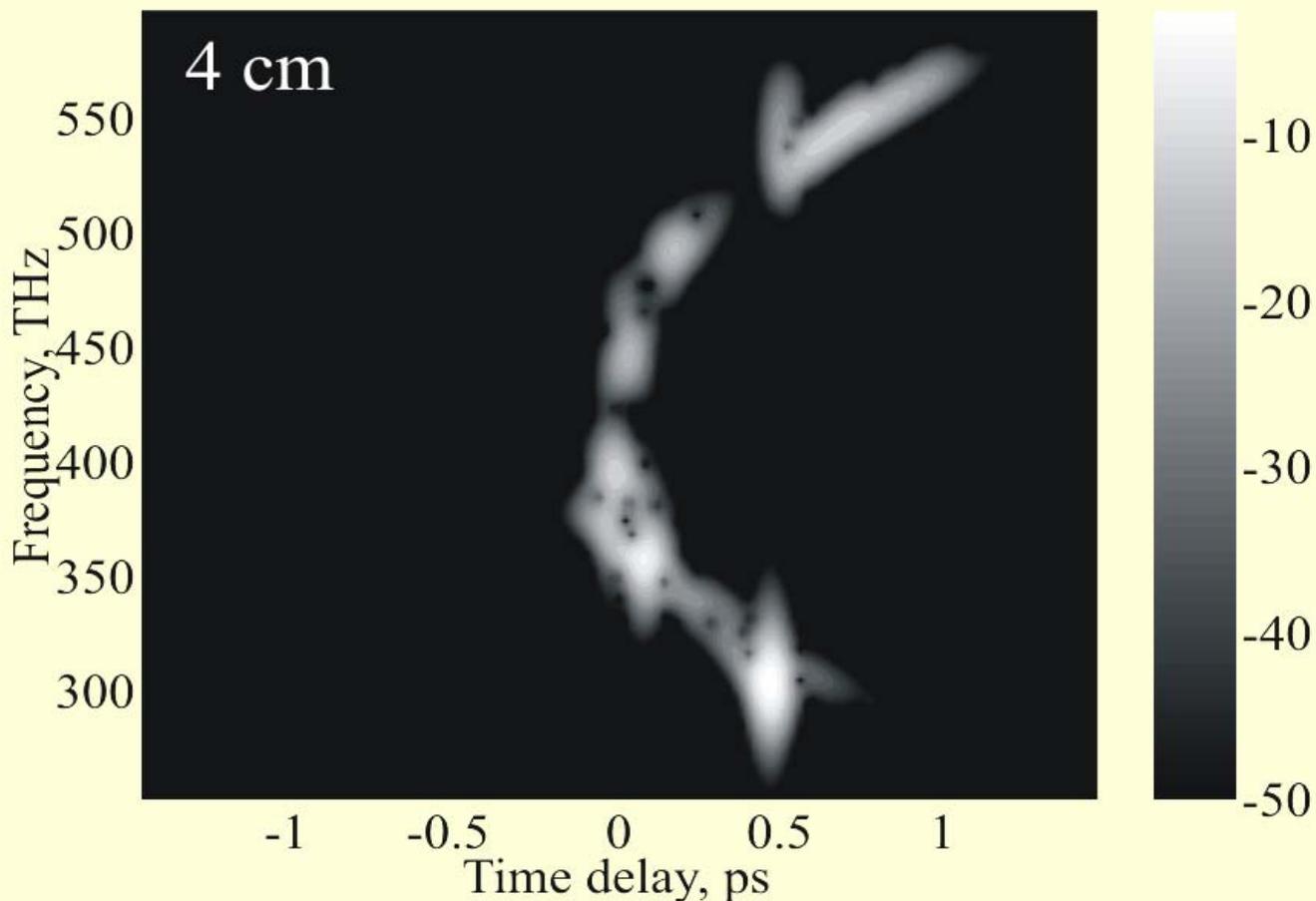
# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

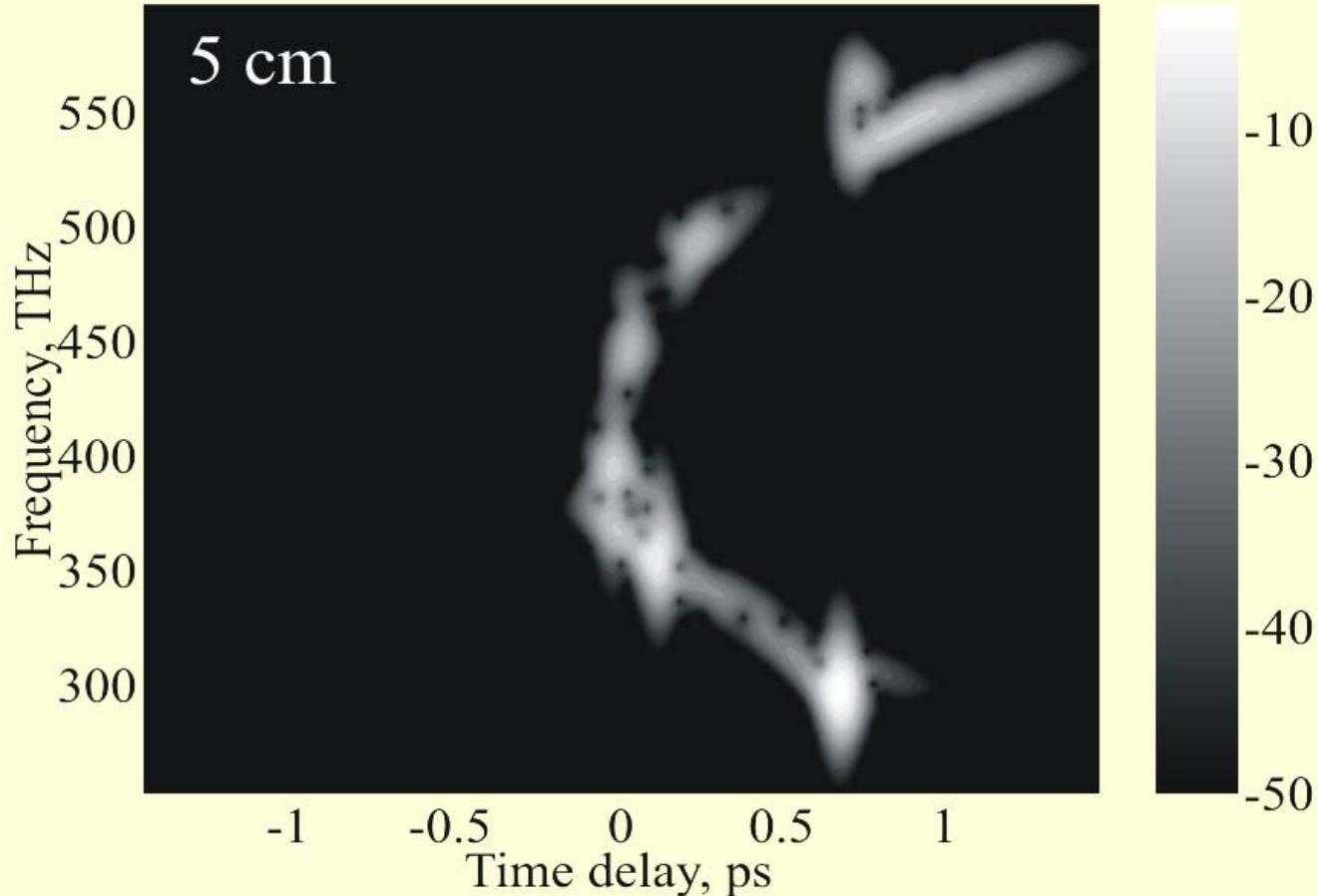
# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

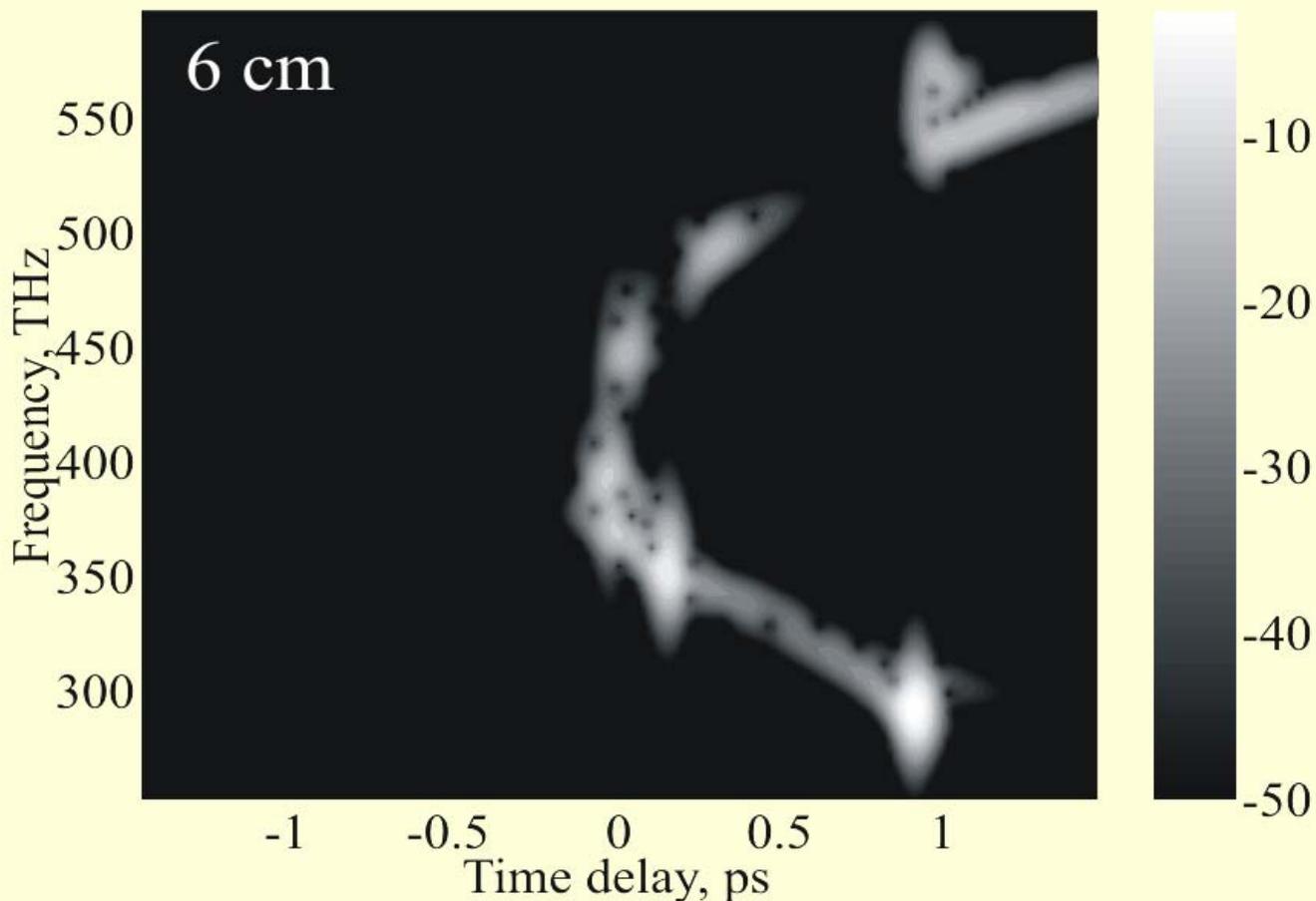
# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

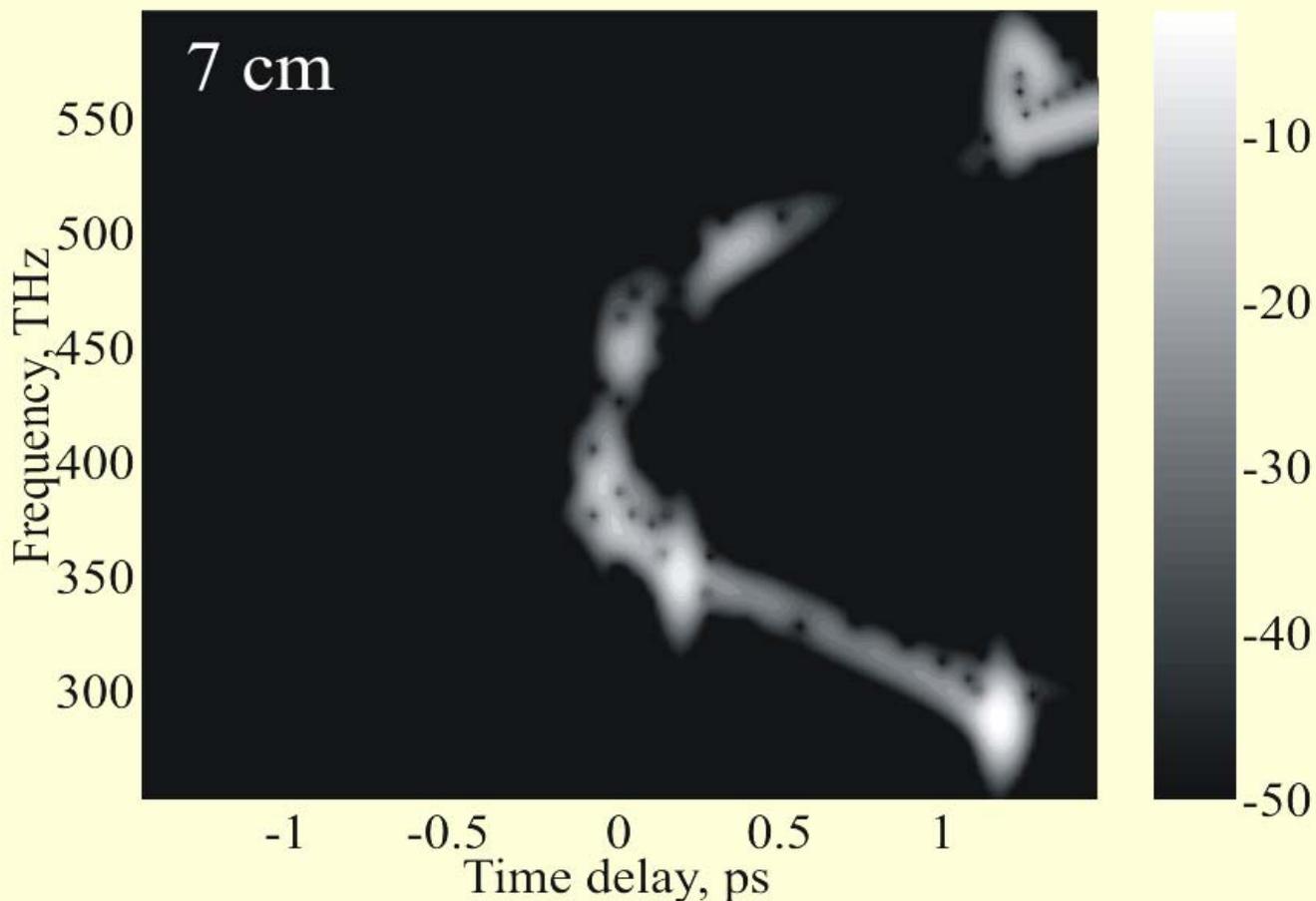
# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии



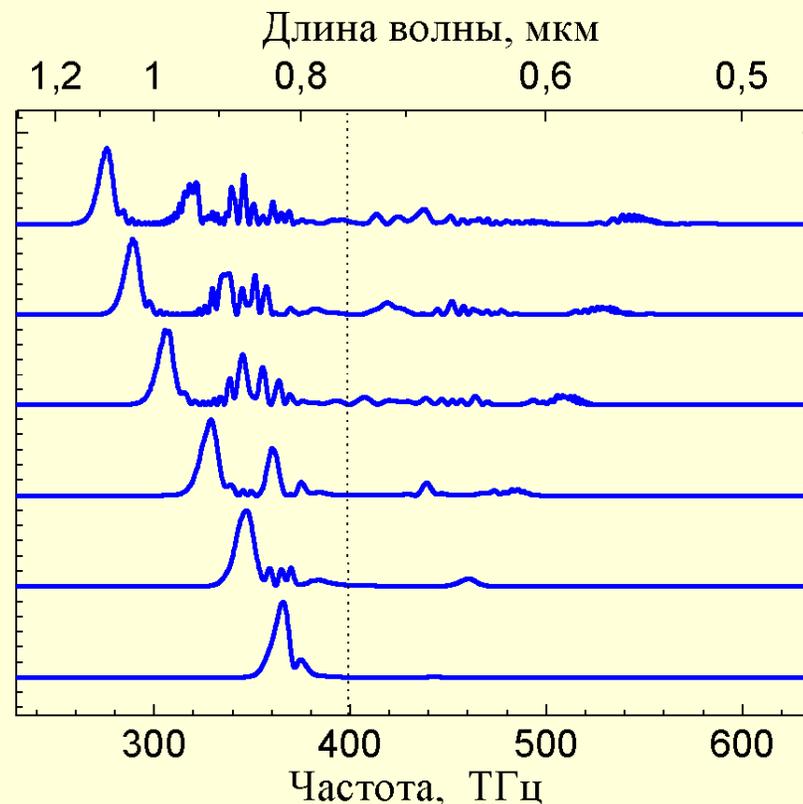
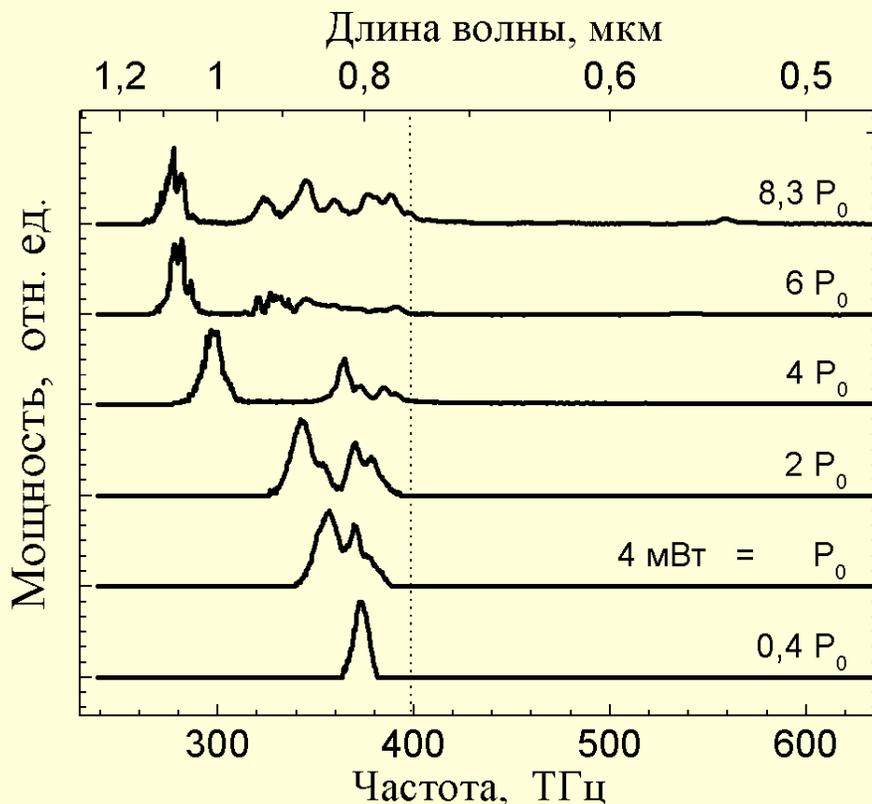


Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Импульсное возбуждение в области аномальной дисперсии

Эксперимент

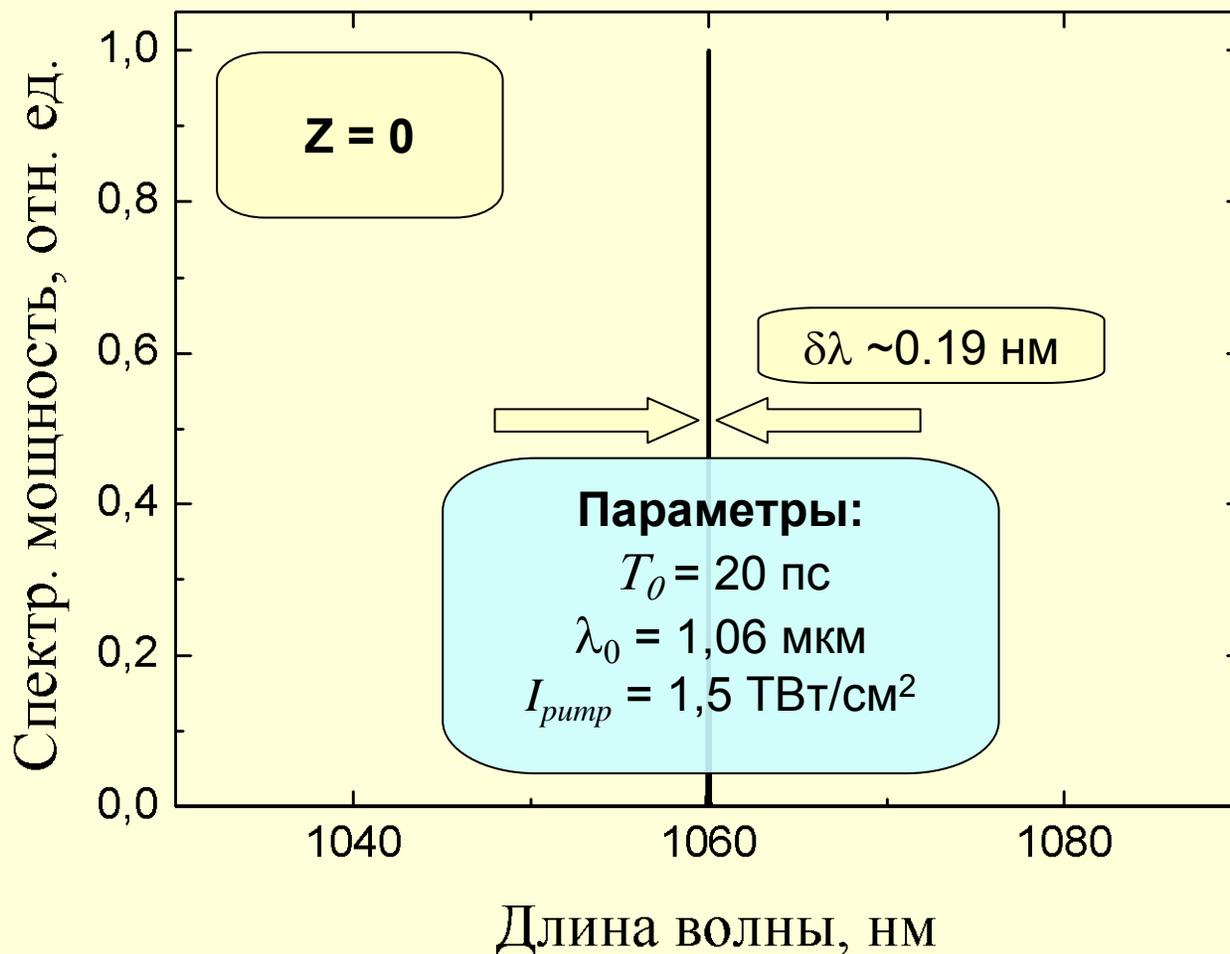
Моделирование





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

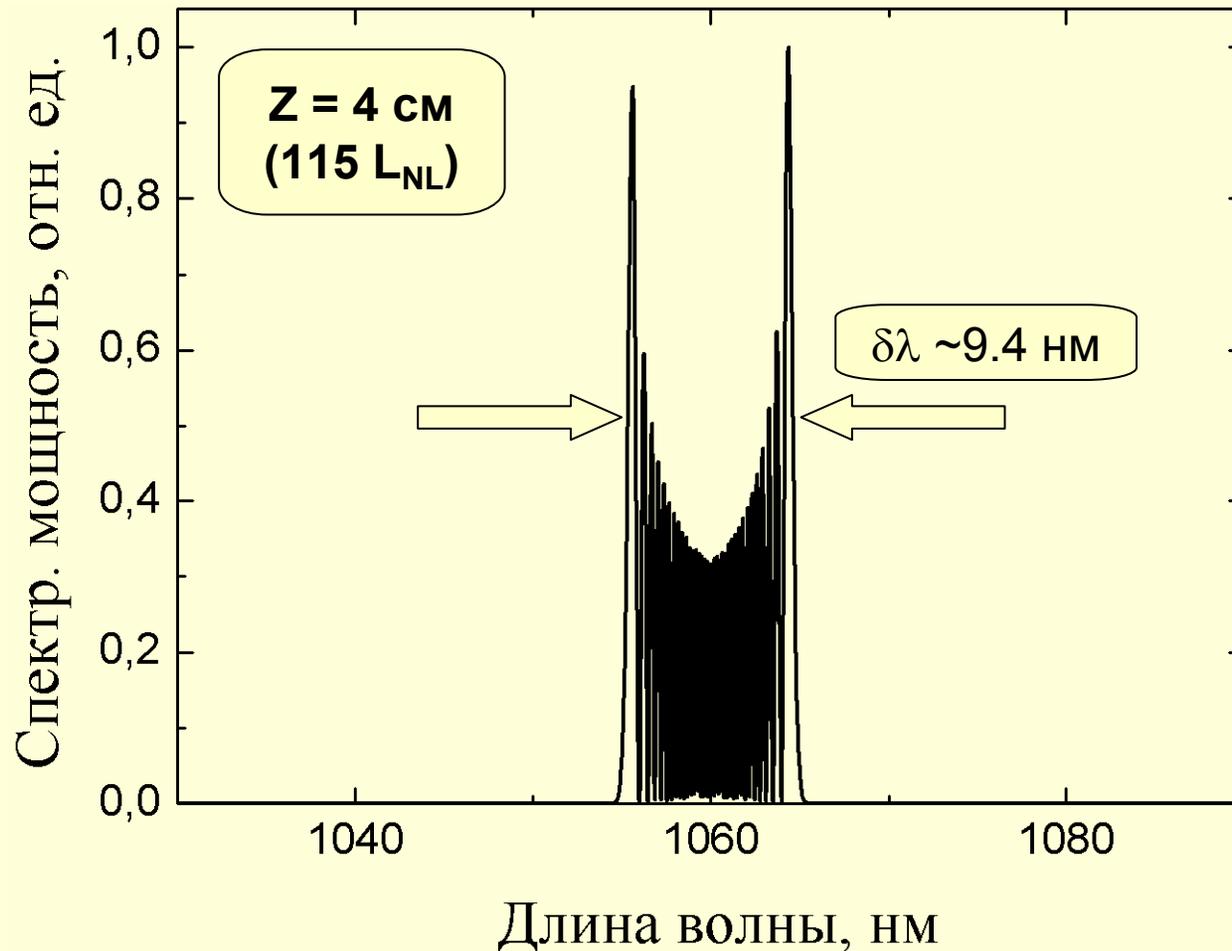
# Импульсное возбуждение в области нормальной дисперсии





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

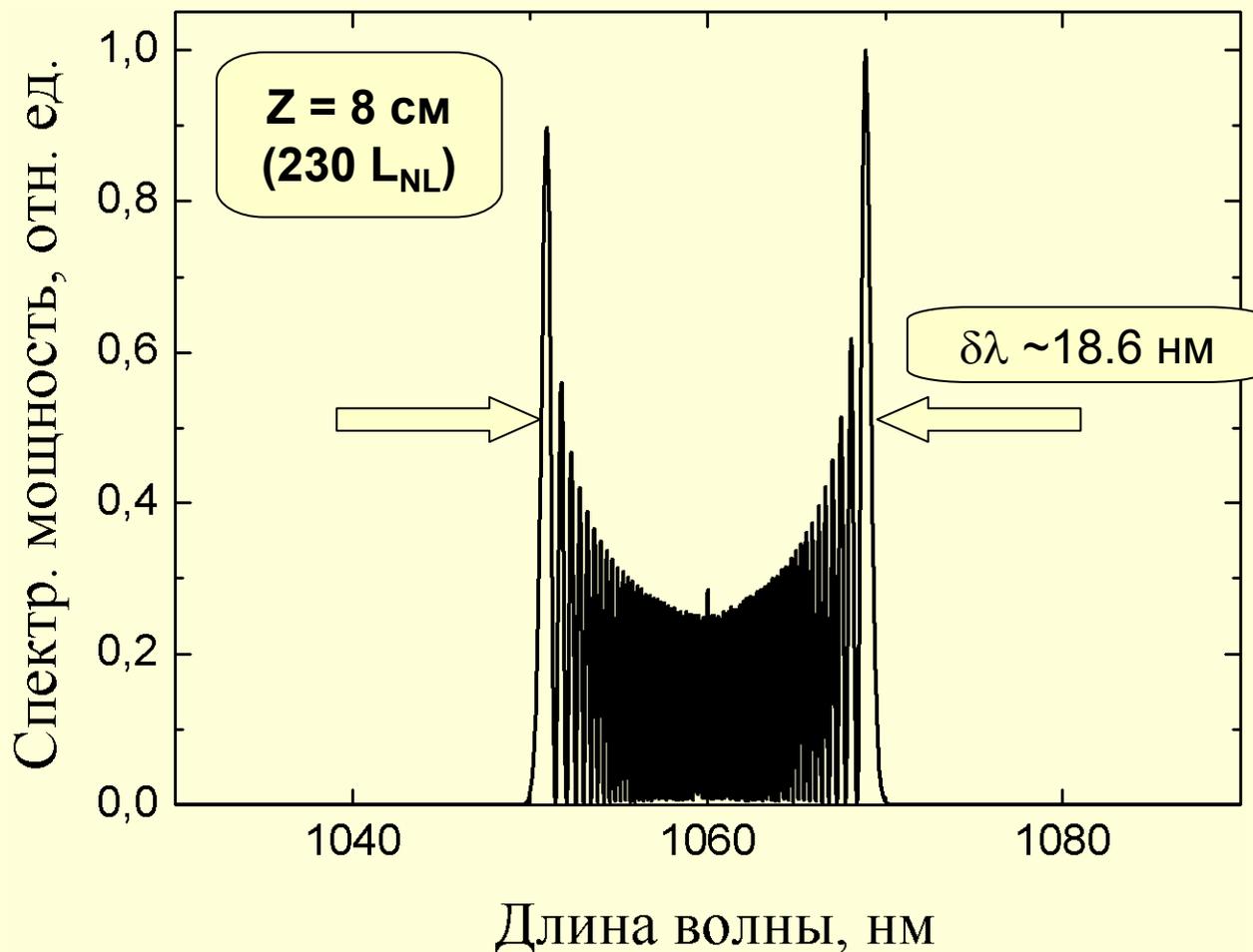
# Импульсное возбуждение в области нормальной дисперсии





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

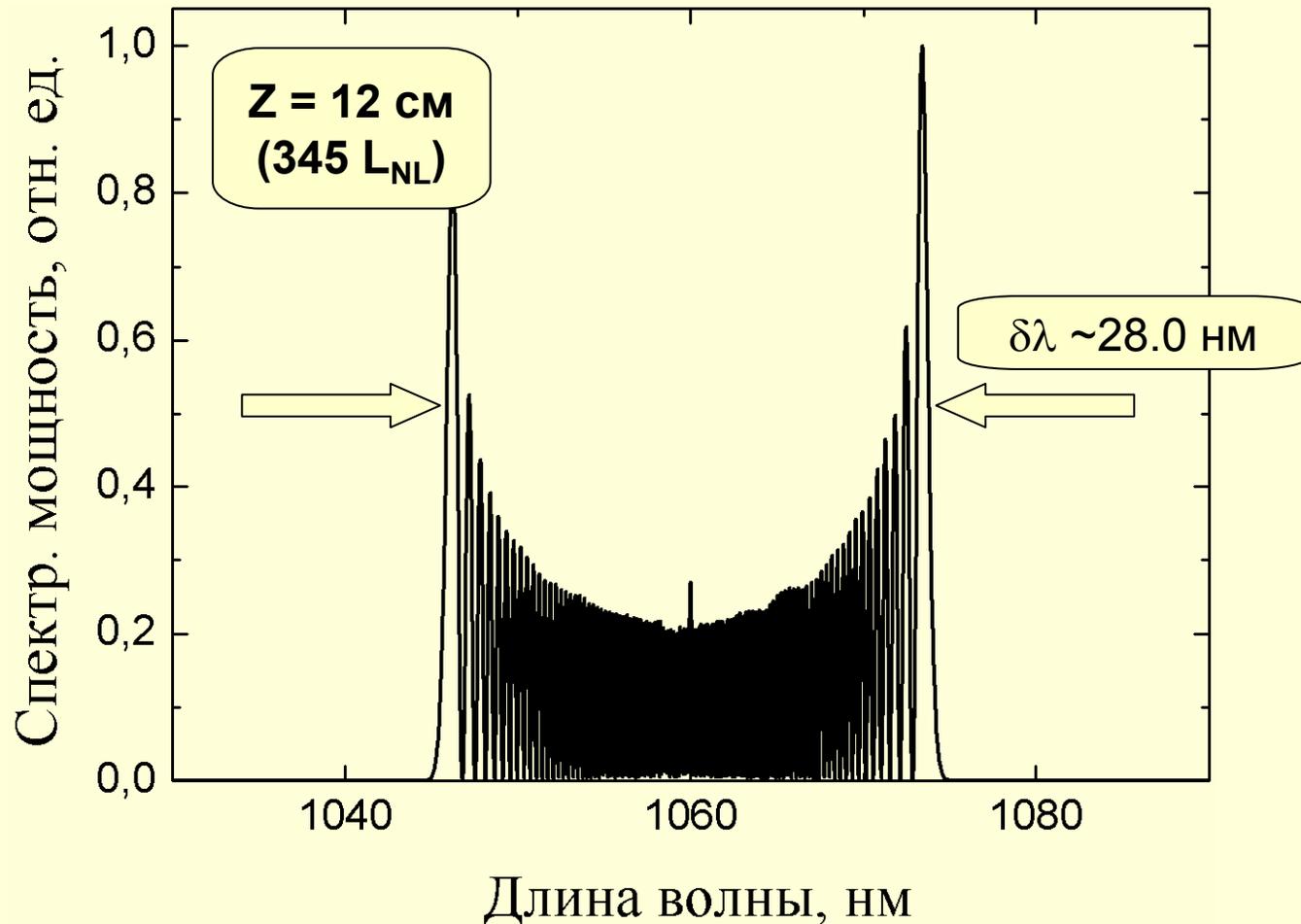
# Импульсное возбуждение в области нормальной дисперсии





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

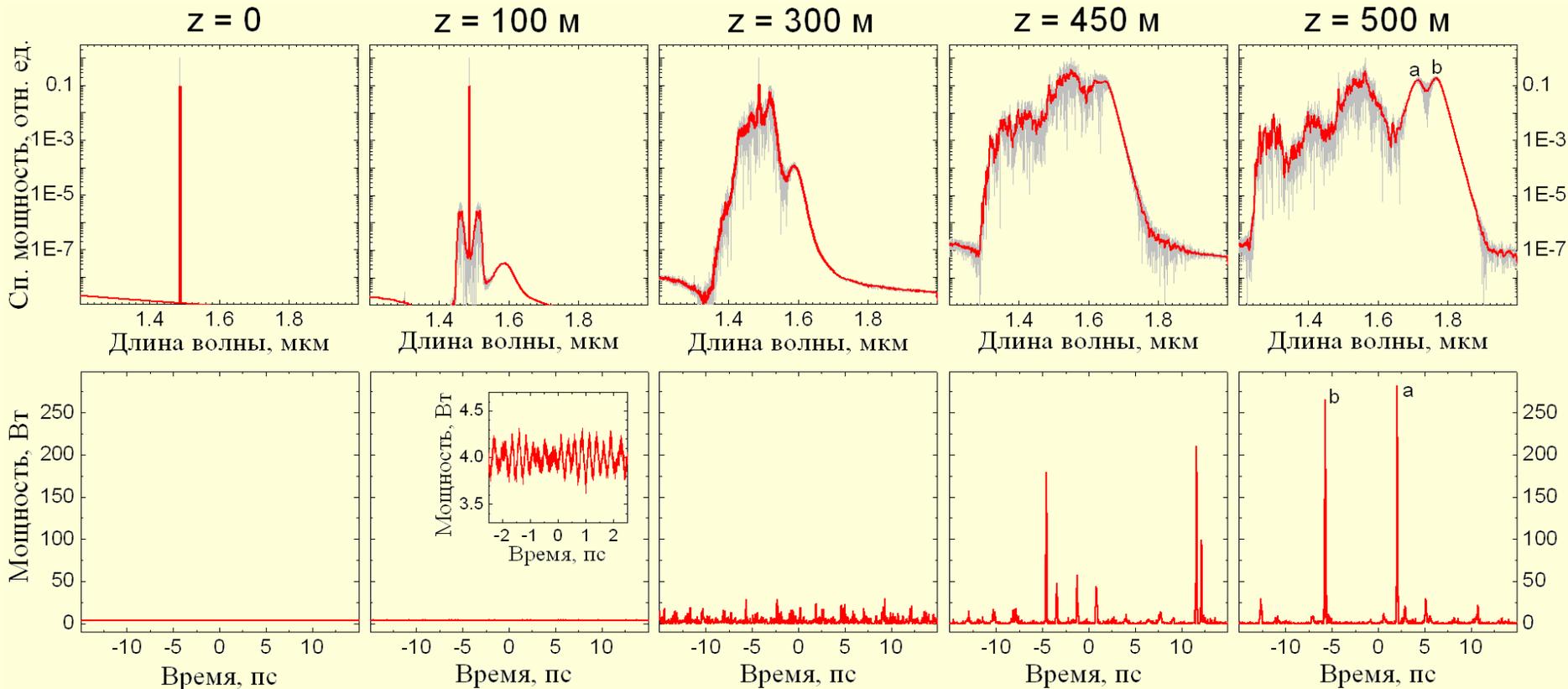
# Импульсное возбуждение в области нормальной дисперсии





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

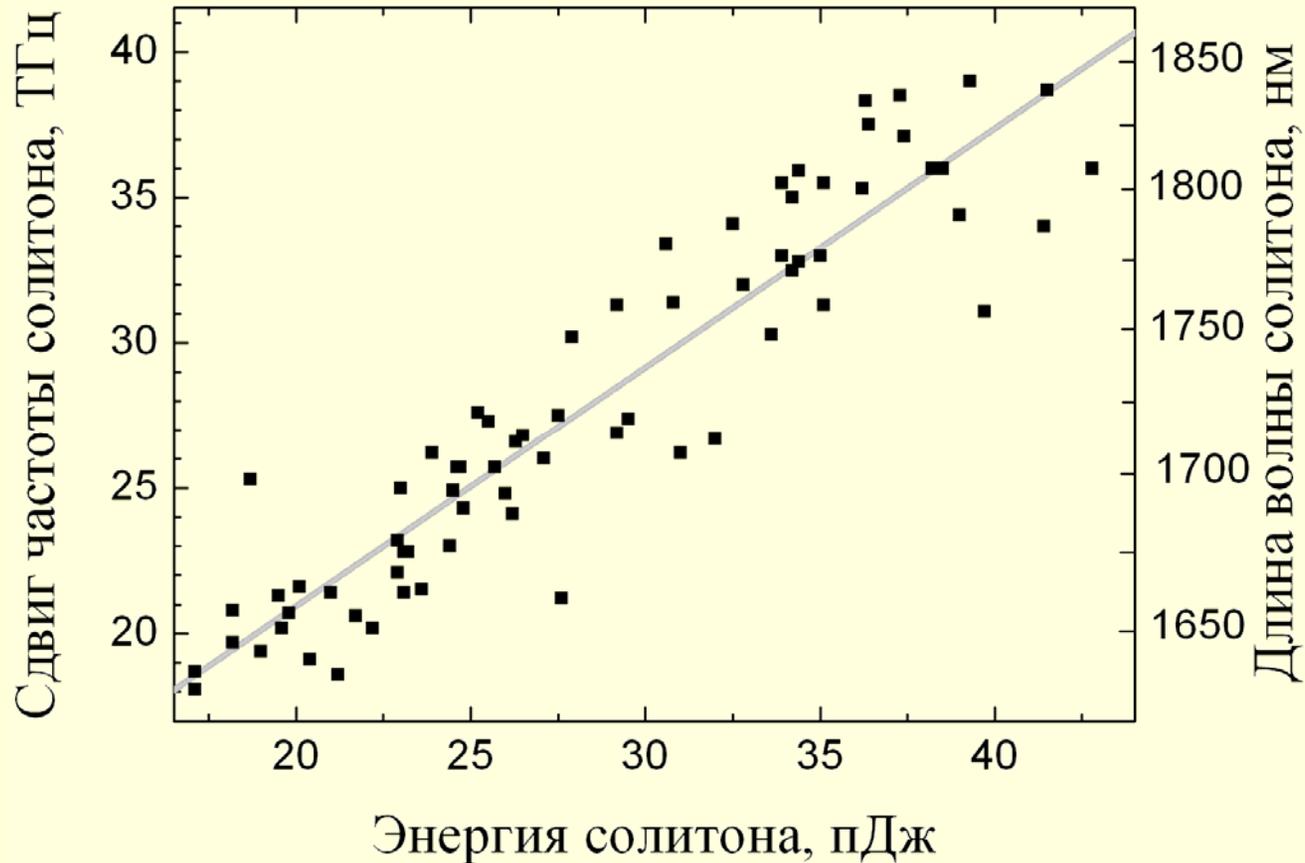
# Непрерывное возбуждение в области аномальной дисперсии





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Непрерывное возбуждение в области аномальной дисперсии

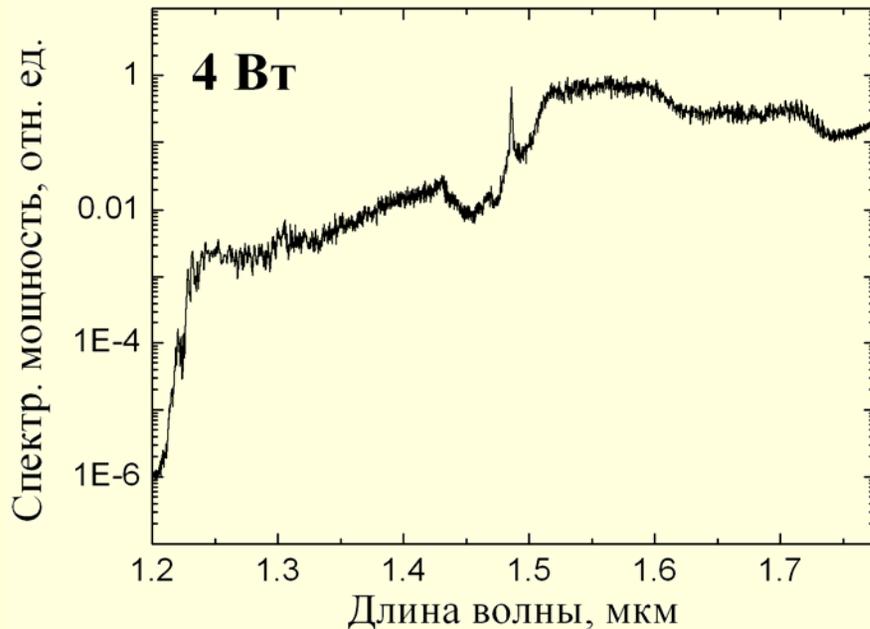




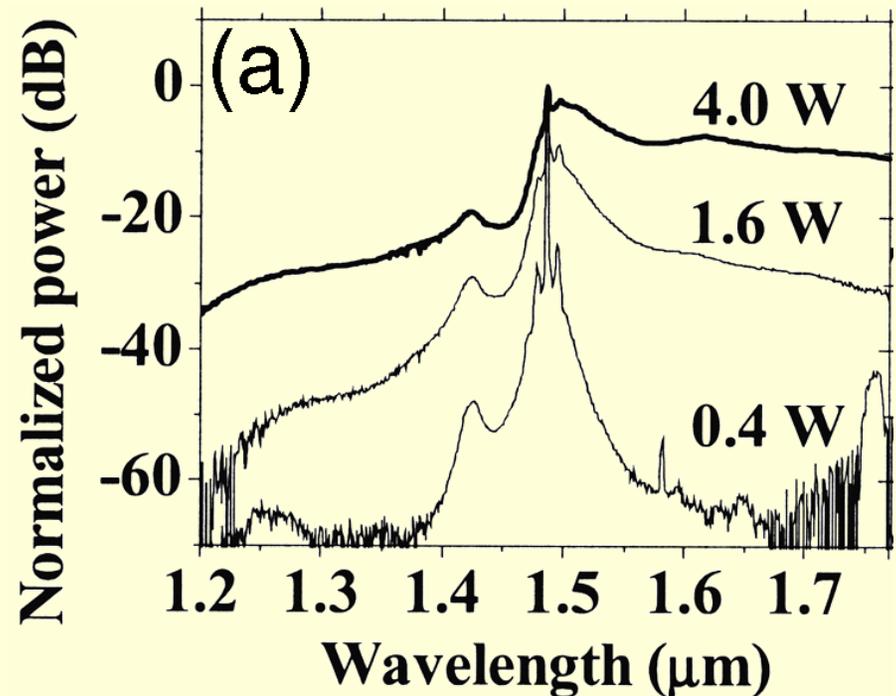
Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Непрерывное возбуждение в области аномальной дисперсии

Результаты численного моделирования  
(после усреднения)



Экспериментальные результаты  
A.K. Abeeluck, C. Headley and C. Jørgensen



Opt. Lett., **29**, 2163 (2004)



Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Содержание

## ✓ Механизмы генерации суперконтинуума

- ✓ импульсное возбуждение, аномальная дисперсия
- ✓ импульсное возбуждение, нормальная дисперсия
- ✓ непрерывное возбуждение, аномальная дисперсия

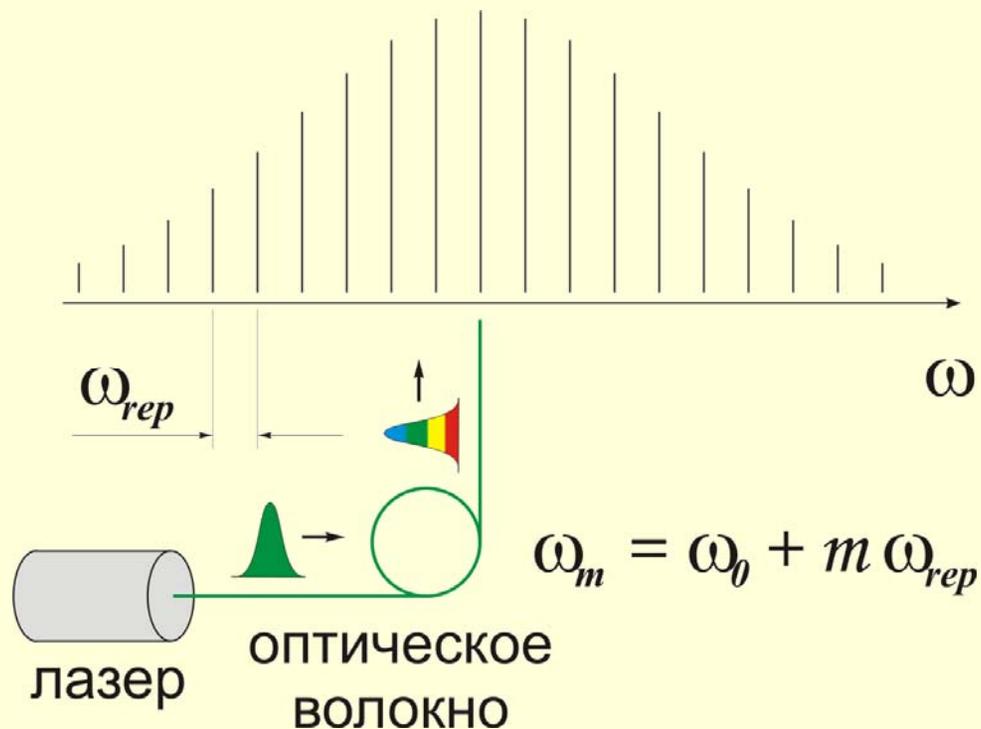
## ➤ Приложения

- метрология: измерение оптических частот, оптические часы
- оптическая когерентная томография
- многоволновые источники для WDM
- ВКР-усилители со встречной накачкой
- генерация ультракоротких импульсов
- спектроскопия с временным разрешением



Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

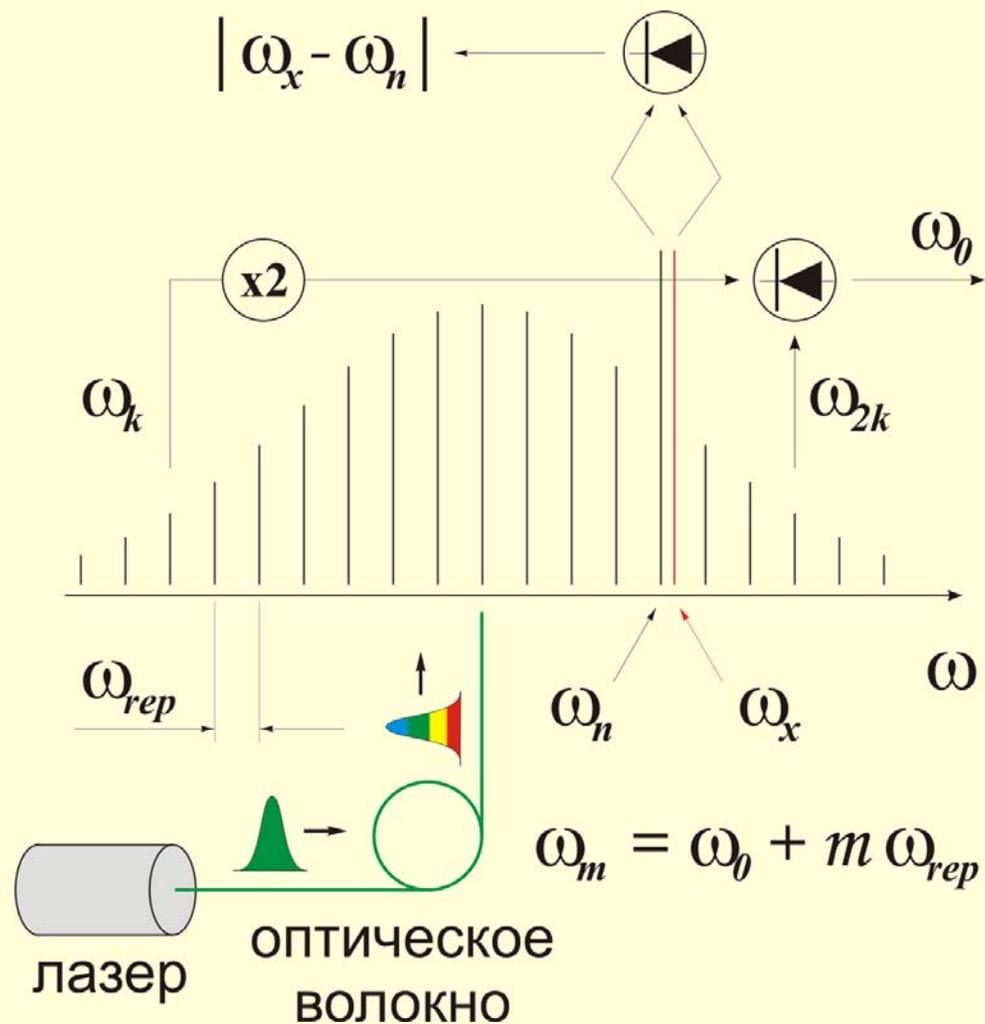
# Метрология оптических частот





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Метрология оптических частот



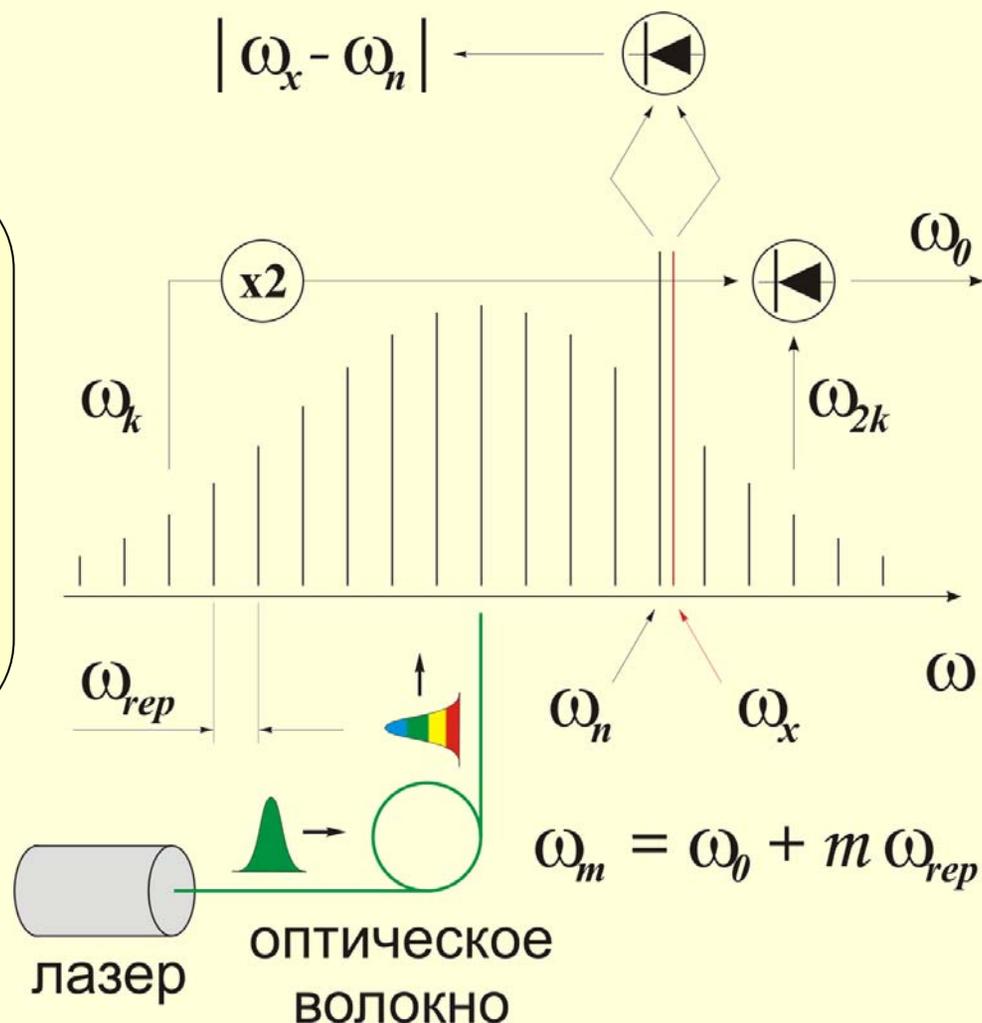


Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Метрология оптических частот

- Высокая амплитудная и фазовая стабильность СК от импульса к импульсу
- Спектр, перекрывающий октаву

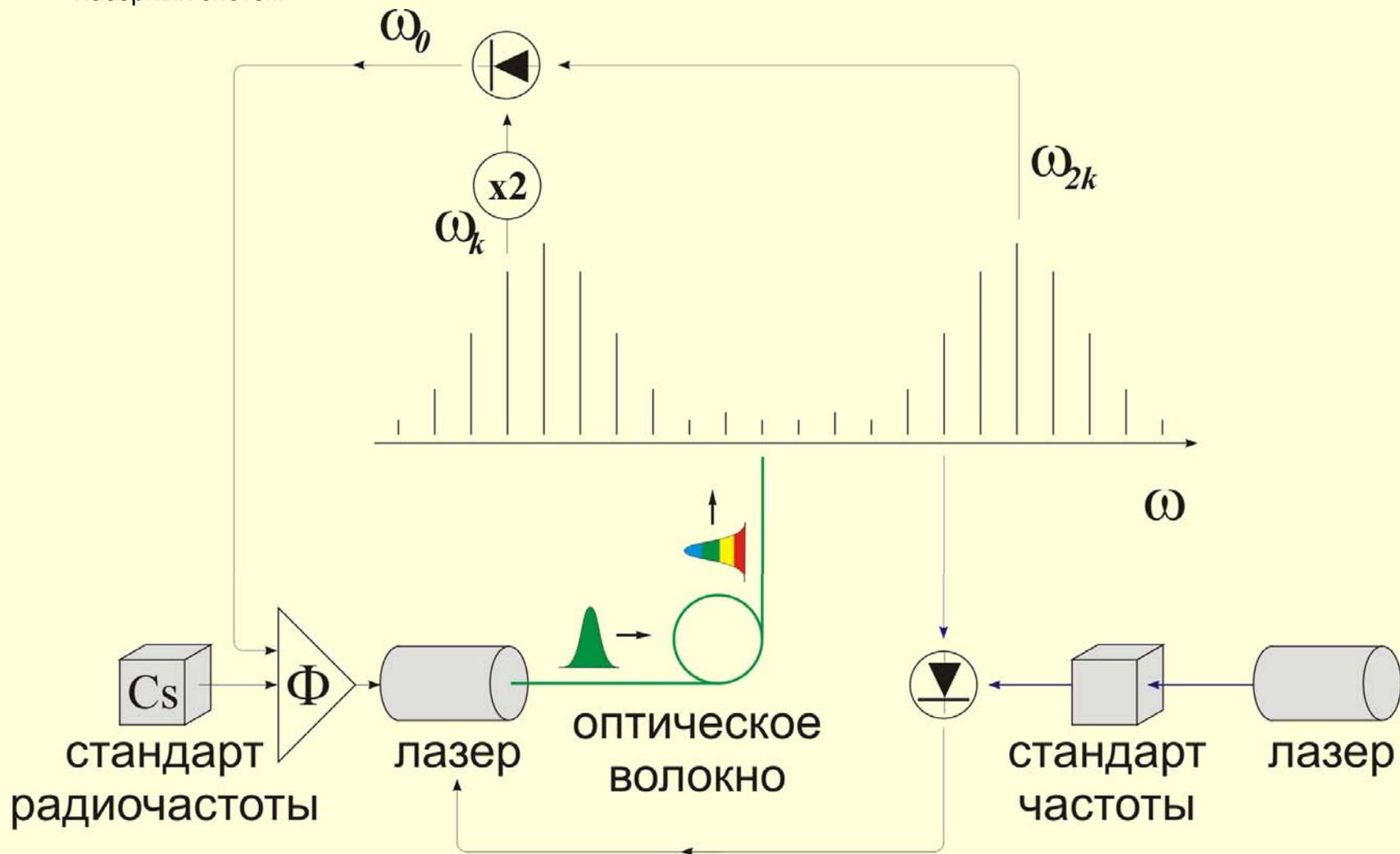
*Импульсное возбуждение,*  
 $\beta_2 < 0$





Лаборатория  
лазерных систем

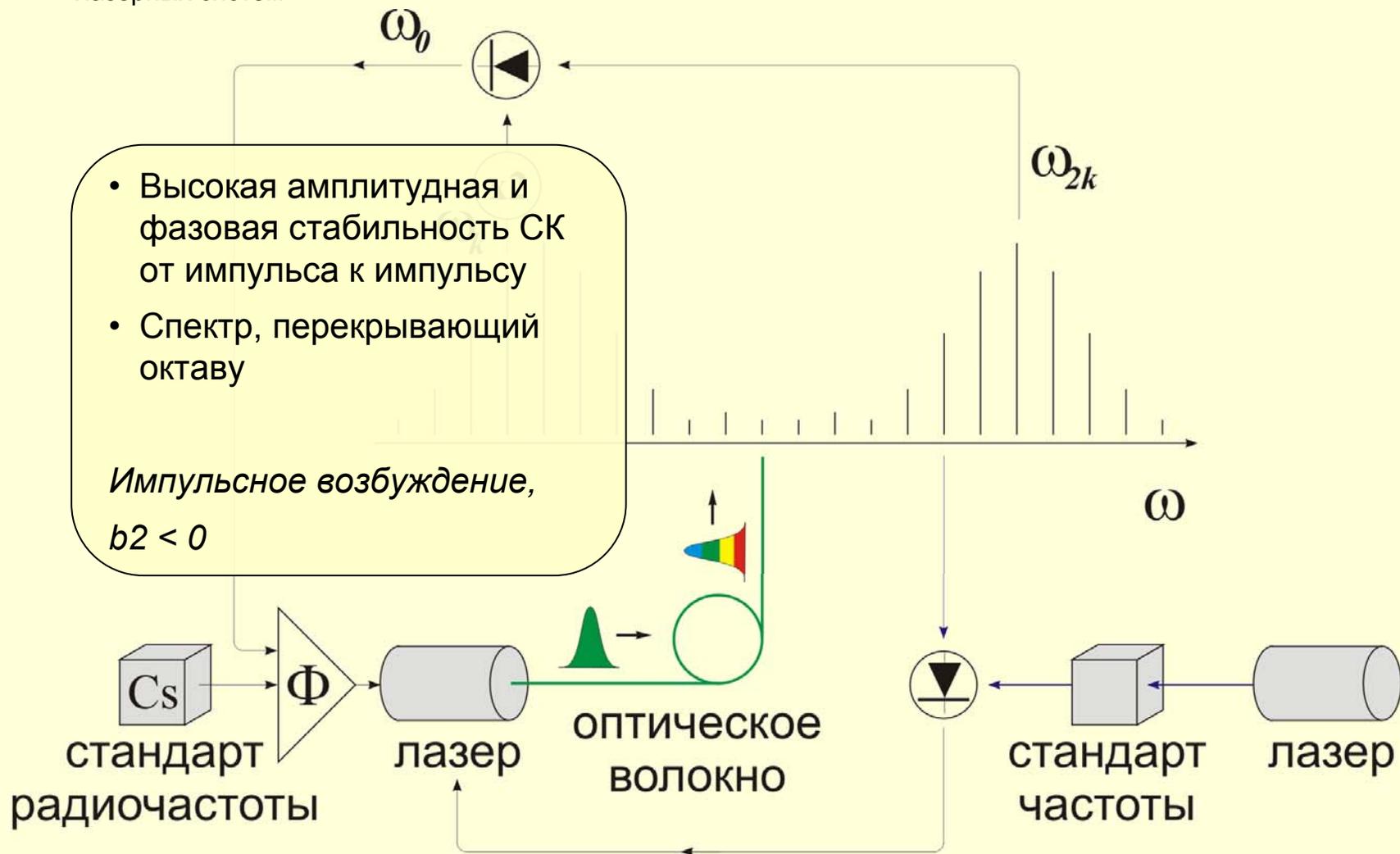
# Оптические часы





Лаборатория  
лазерных систем

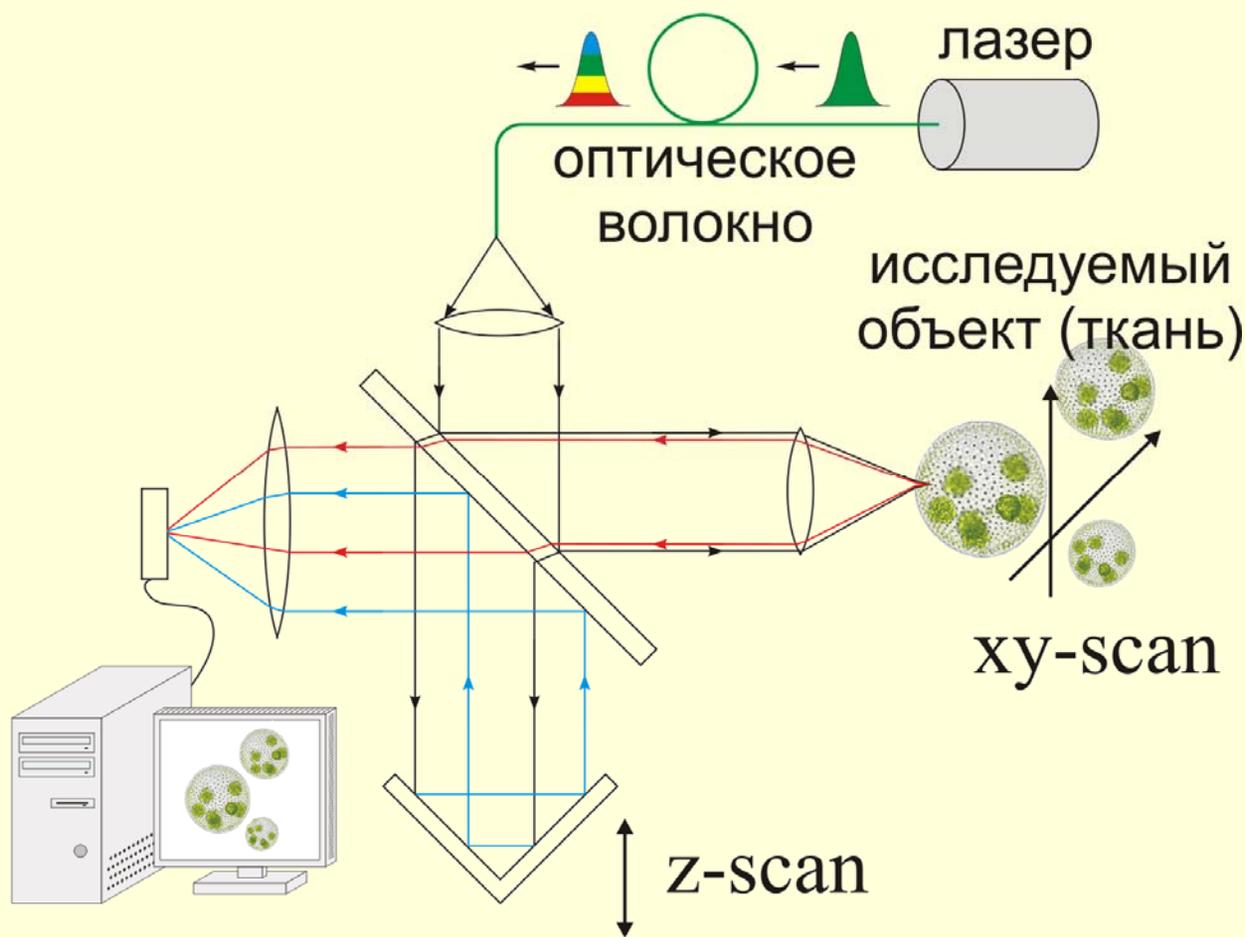
# Оптические часы





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Оптическая когерентная томография



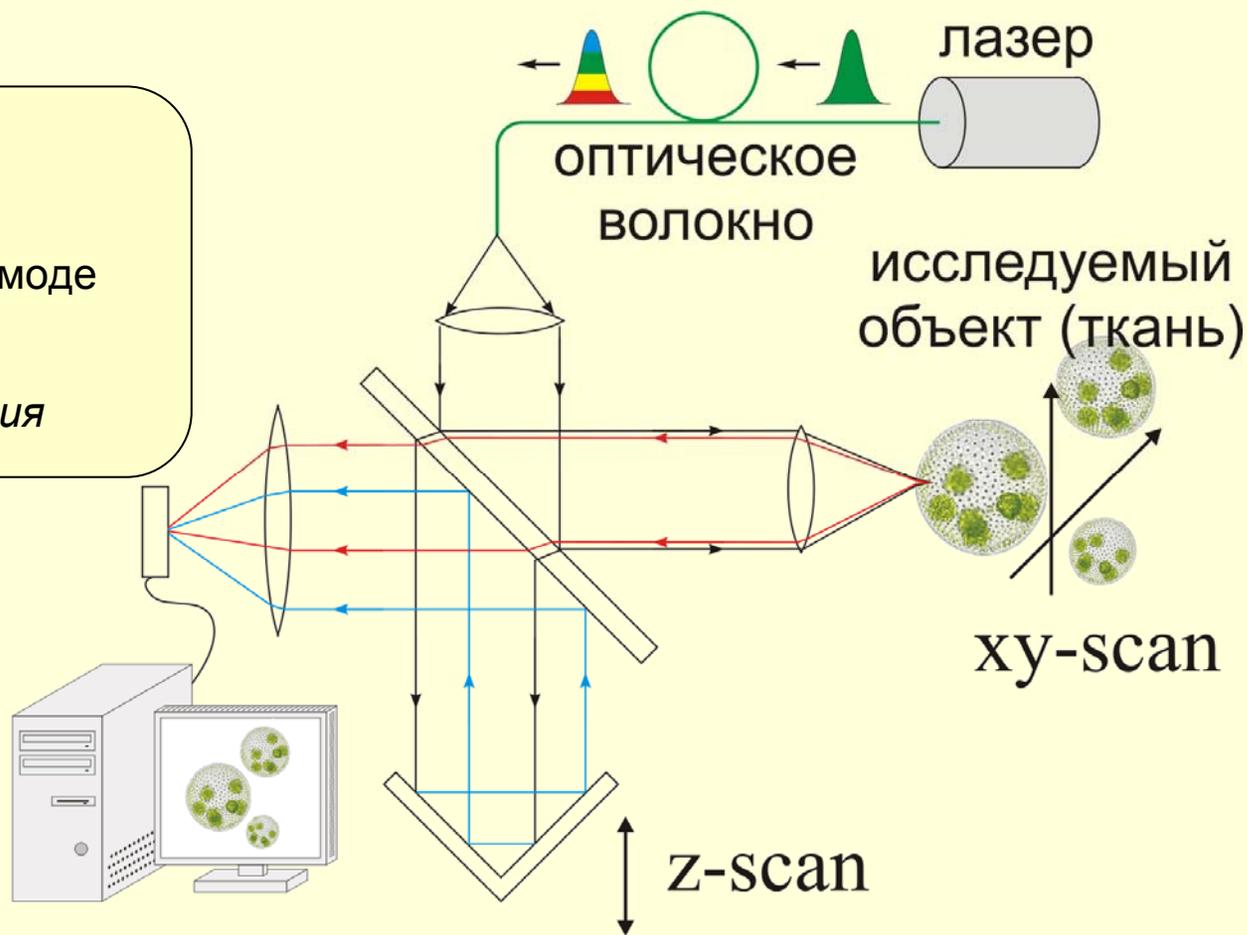


Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Оптическая когерентная томография

- Широкий спектр
- Излучение в одной пространственной моде

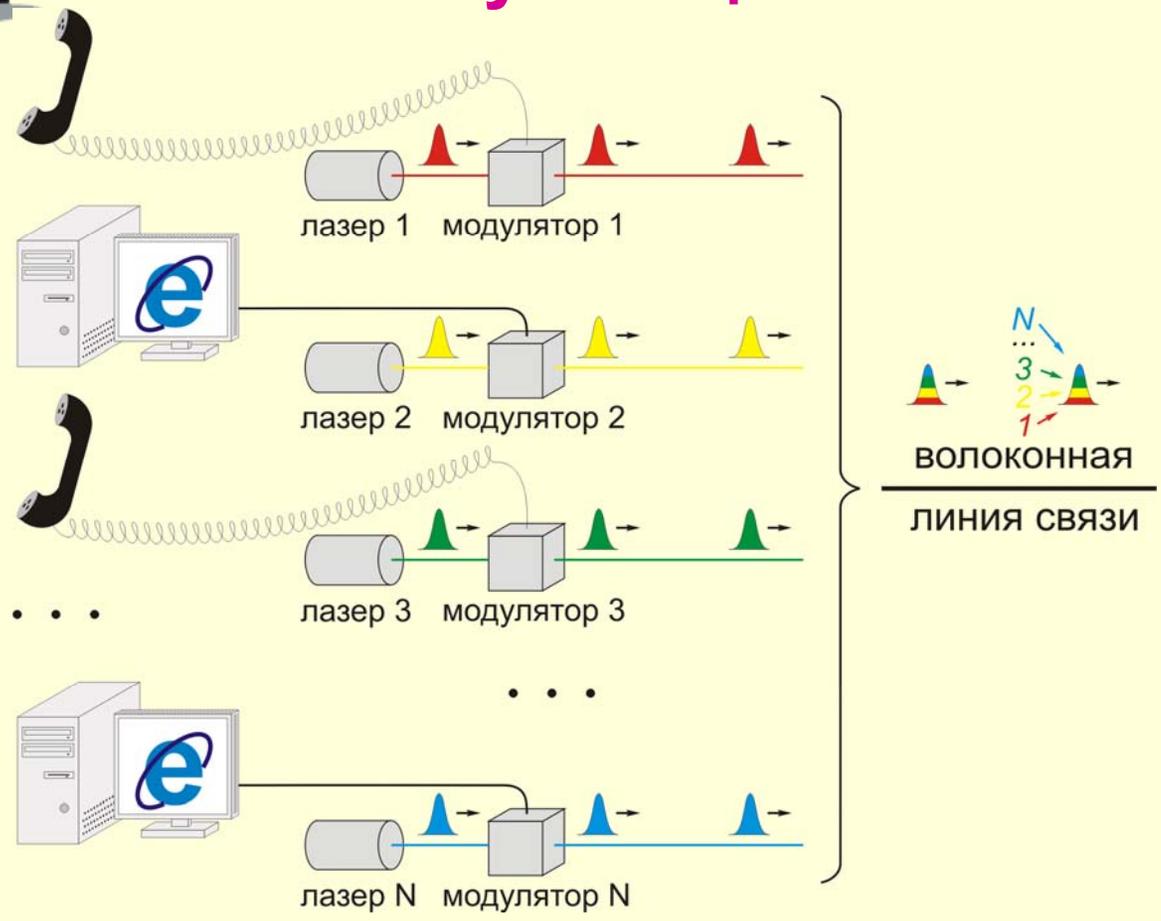
*Аномальная дисперсия*



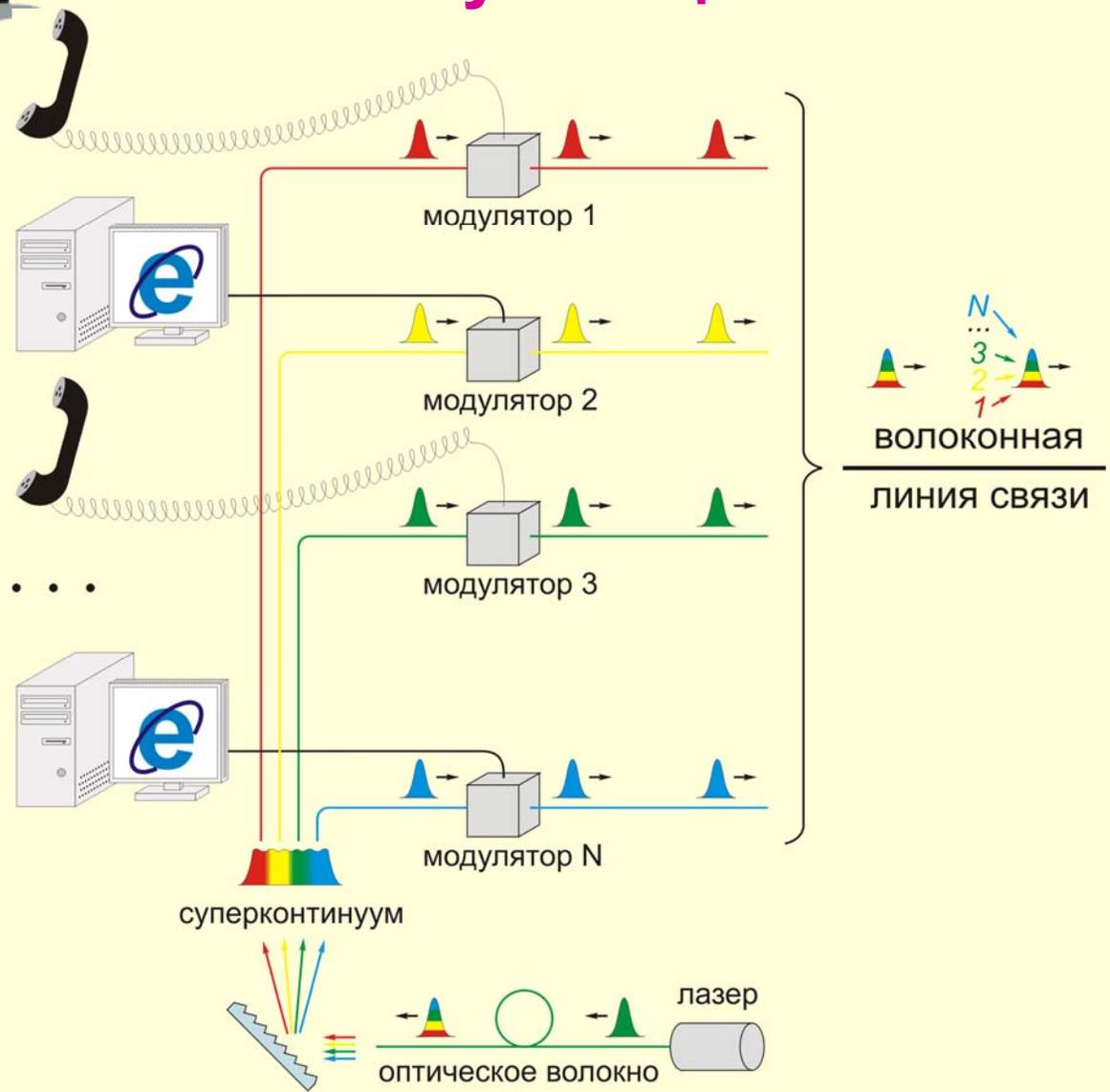
# Телекоммуникации: WDM



Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ



# Телекоммуникации: WDM



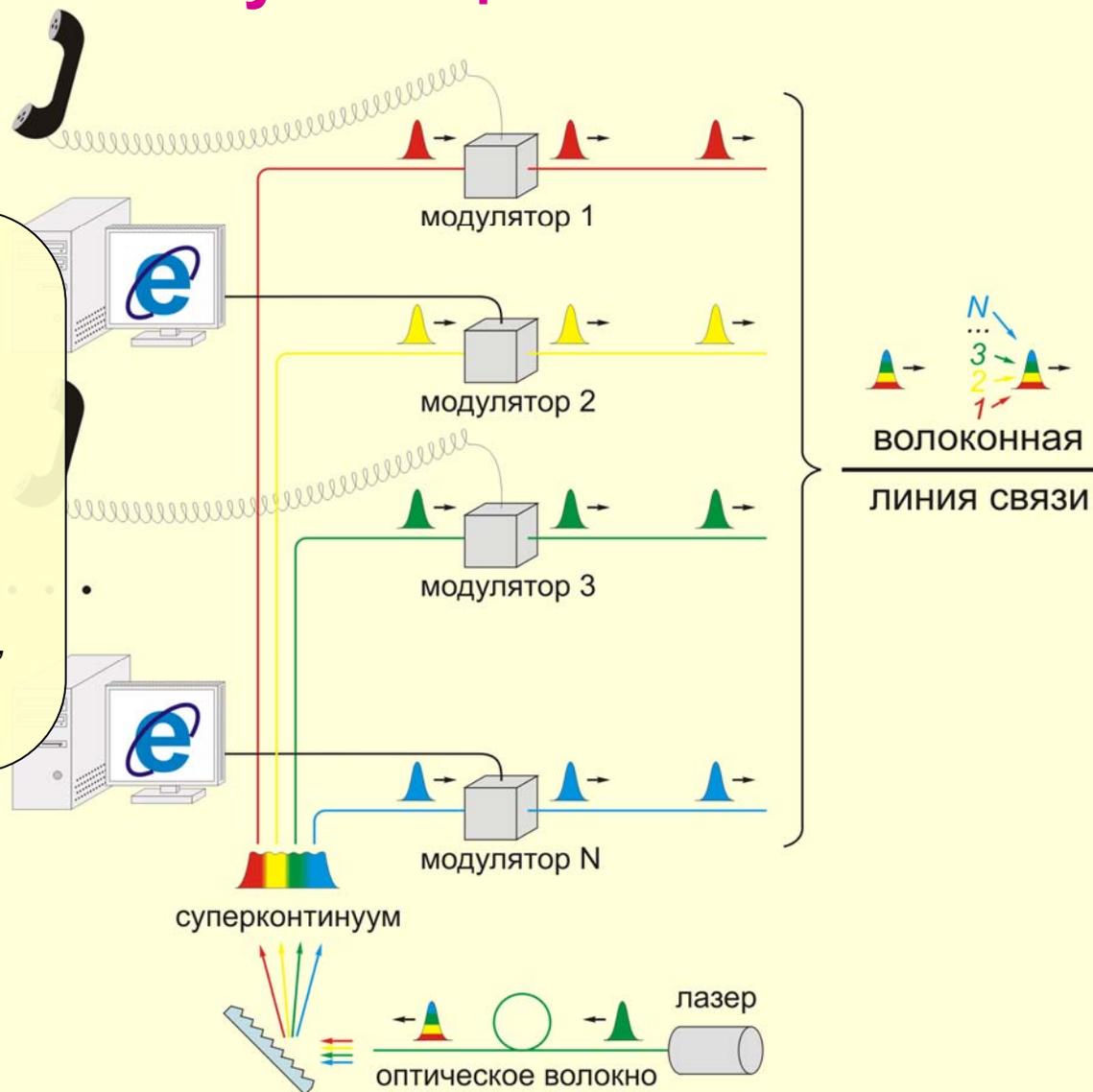


Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Телекоммуникации: WDM

- Излучение в виде периодической последовательности импульсов
- П-образный спектр

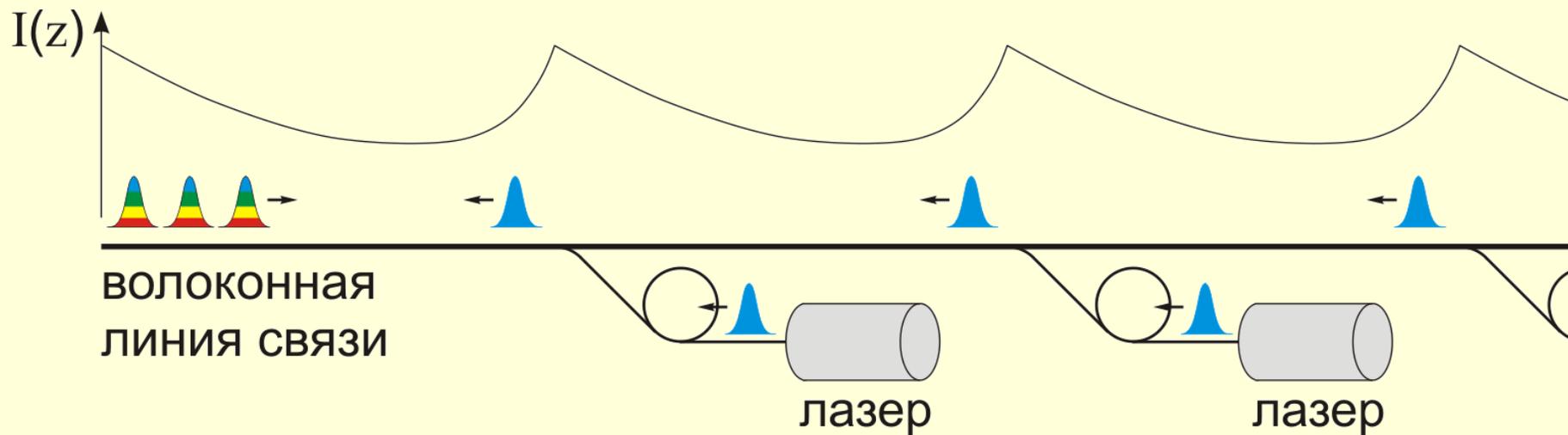
*Импульсное возбуждение,  
 $\beta_2 > 0$*





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# ВКР-усилители

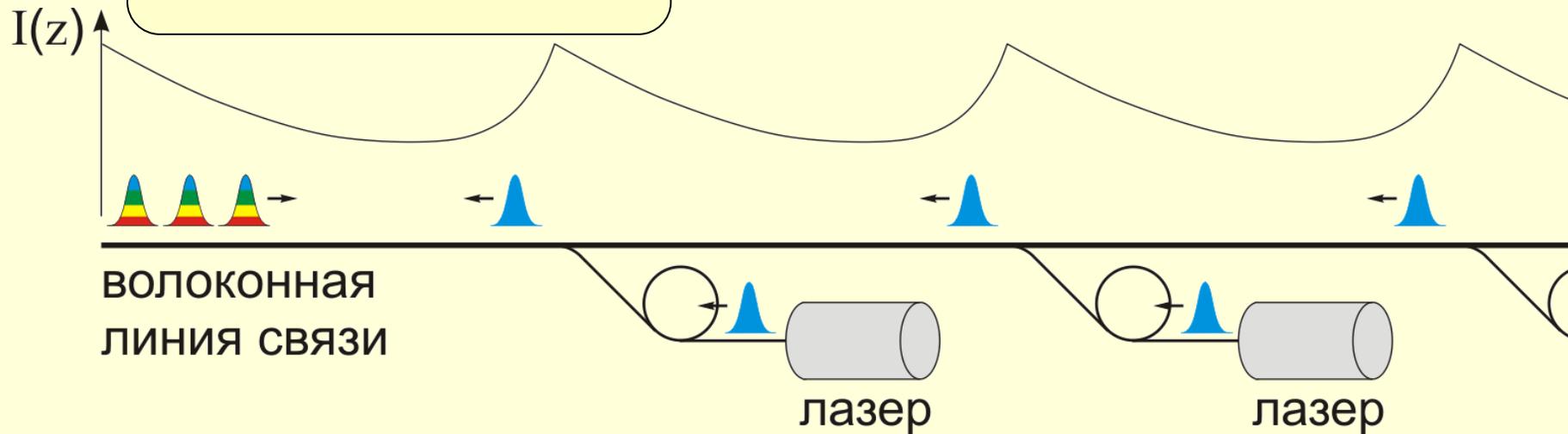




Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# ВКР-усилители

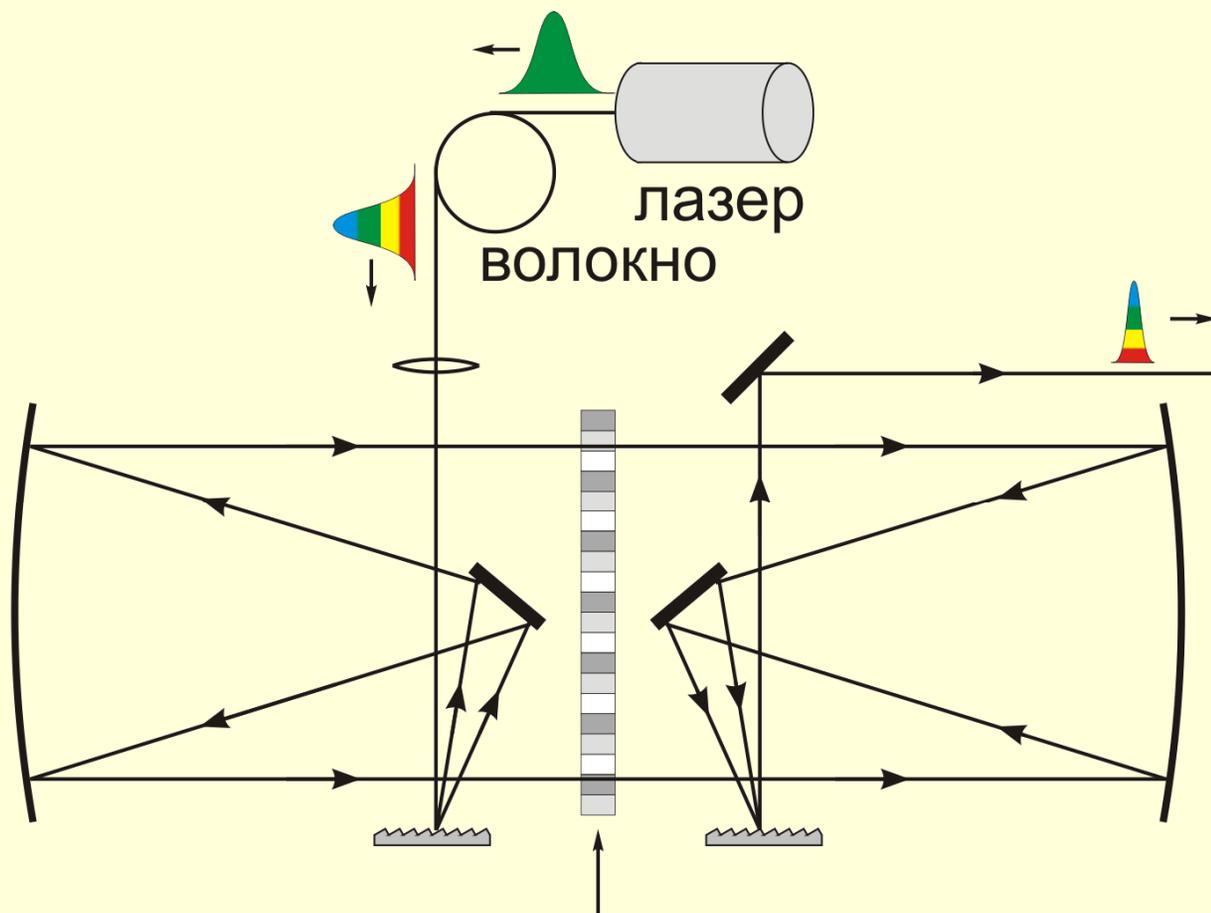
- Заданный профиль спектральной мощности





Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Генерация ультракоротких импульсов

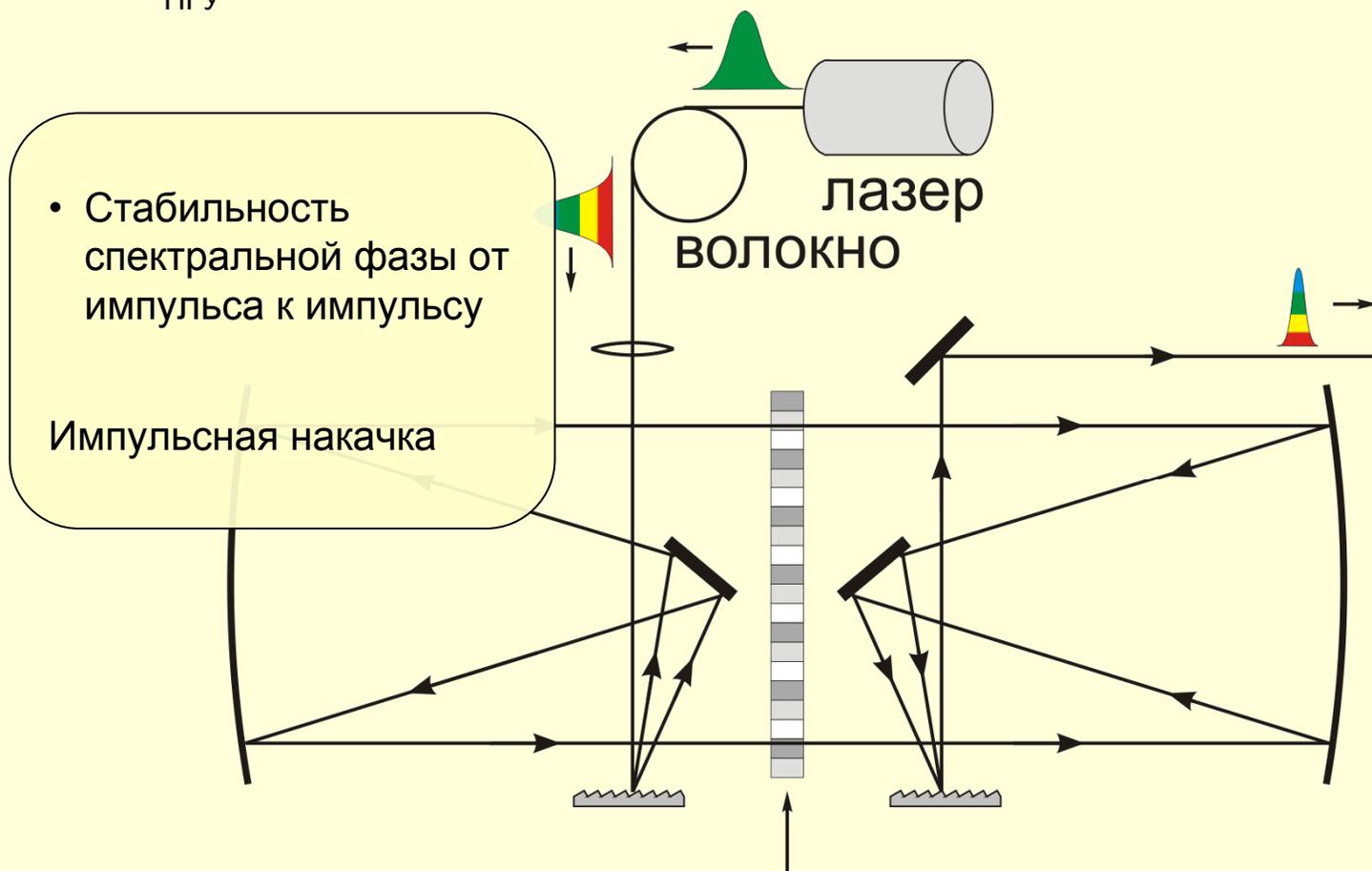


пространственный модулятор излучения



Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Генерация ультракоротких импульсов



пространственный модулятор излучения



Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

# Спектроскопия с временным разрешением

- Излучение в виде последовательности пикосекундных или субпикосекундных импульсов
- Перестройка по спектру
- Стабильная спектральная фаза
- Монотонная зависимость частотной модуляции от времени



Лаборатория  
лазерных систем  
НГУ

## Заключение

	Импульсная накачка	Непрерывная накачка
Измерение оптических частот	$\beta_2 < 0$	-
Оптические часы	$\beta_2 < 0$	-
Томография	+	+
WDM	$\beta_2 > 0$	-
ВКР-усилители	+	+
Генерация УКИ	+	-
Спектроскопия с временным разрешением	+	-