

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**«ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
ОБЛАЧНОСТИ ДЛЯ АНАЛИЗА ИХ ВЛИЯНИЯ НА  
ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В  
АТМОСФЕРЕ»**

**Дипломная работа**

**Подготовил: студент 5-го курса Бардонов И.ххх.**

**Научный руководитель: канд. физ-мат. наук**

**Светашев А.Г.**

## **Цель работы:**

разработать методику численного моделирования параметров облачности по данным наземных наблюдений и результатам численного моделирования атмосферных процессов

## **Основные задачи:**

- разработать алгоритм и программное обеспечение для численного моделирования процессов переноса излучения в атмосфере с учетом параметров облачности
- разработать методику определения параметров облачности по данным наземных измерений спектров освещенности земной поверхности приземным солнечным излучением
- разработать методику использования результатов численного моделирования параметров облачности в системе WRF для расчетов спектров яркости небесной сферы (СПЭЯ) и спектров освещенности земной поверхности (СПЭО)

# Численное моделирование процессов переноса излучения в атмосфере

Численное моделирование процессов переноса излучения в атмосфере проводилось с помощью специально разработанного программного обеспечения, использующего рабочие модули пакета libRadtran 2.1. В экспериментальных целях использовались также 2.х версии программного пакета Sciatran .

## С помощью разработанных программных приложений:

- 1) моделировались спектры СПЭЯ и СПЭО в спектральном диапазоне 290- 600 нм
- 2) исследовалась зависимость спектров СПЭО и СПЭЯ от макро- и микро- параметров облачности при различных зенитных углах Солнца, а также от угловых параметров и геометрии системы наблюдения
- 3) проводилась сравнительная оценка информационного контента основных параметров облачности (высоты слоя облачности (height), балльности (Cloud Fraction), оптической толщины облачного слоя (tau), эффективного радиуса частиц ( $R_{eff}$ ), содержания влаги (LWC) и др.
- 4) исследовалось влияние на данные спектры малых газовых и аэрозольных составляющих атмосферы, а также альbedo подстилающей поверхности

# Разработка методики определения параметров облачности по данным наземных измерений спектров освещенности земной поверхности приземным солнечным излучением

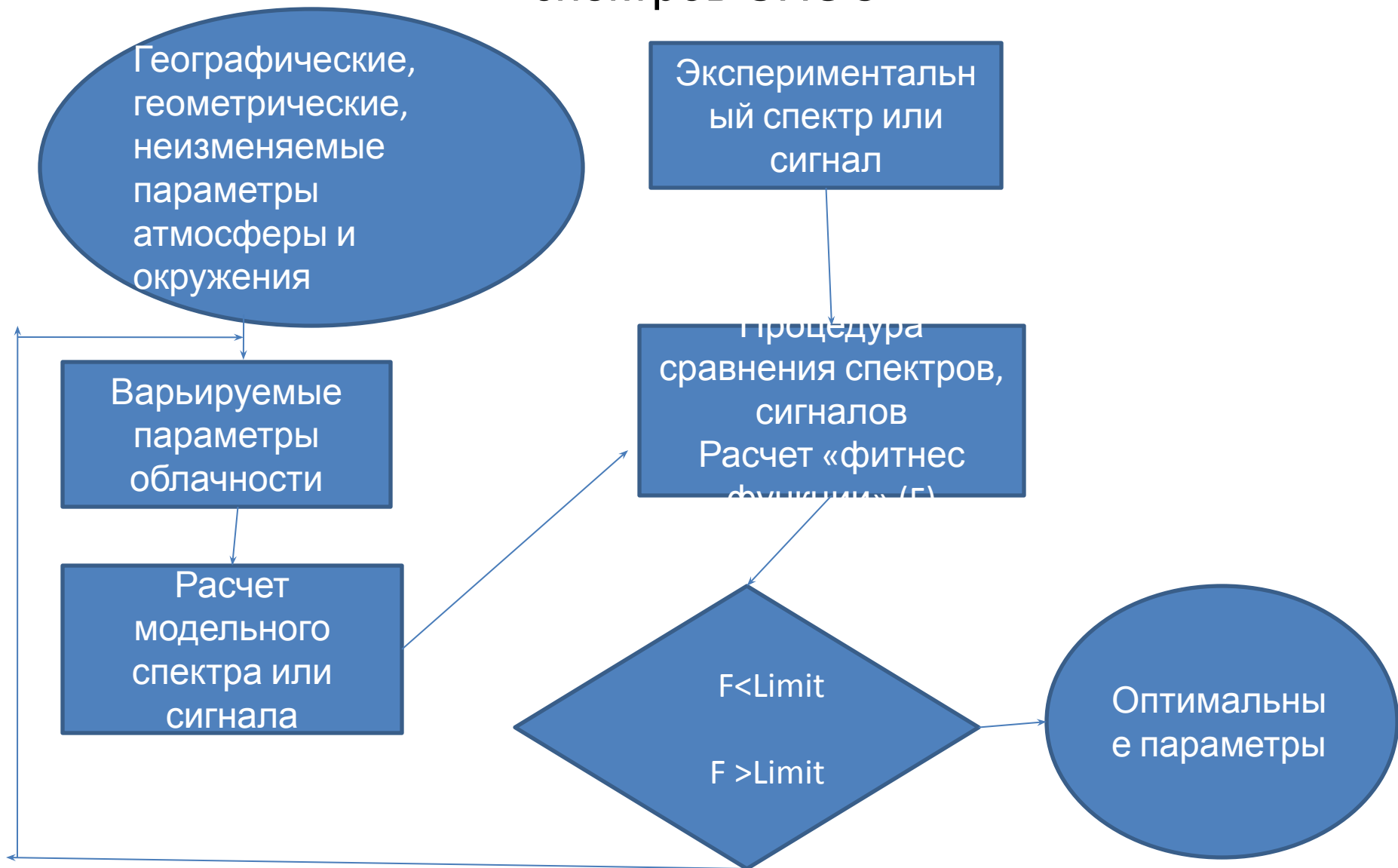
Методика определения параметров облачности по спектрам освещенности земной поверхности разрабатывалась в нескольких вариантах для приборов наземного базирования, разработанных в НИИЦ МО БГУ:

- 1) спектрорадиометра Пион-УФ и
- 2) двухканального фильтрового фотометра ПИОН-Ф,
- 3) а также для перспективной разработки «измерителя облачности».

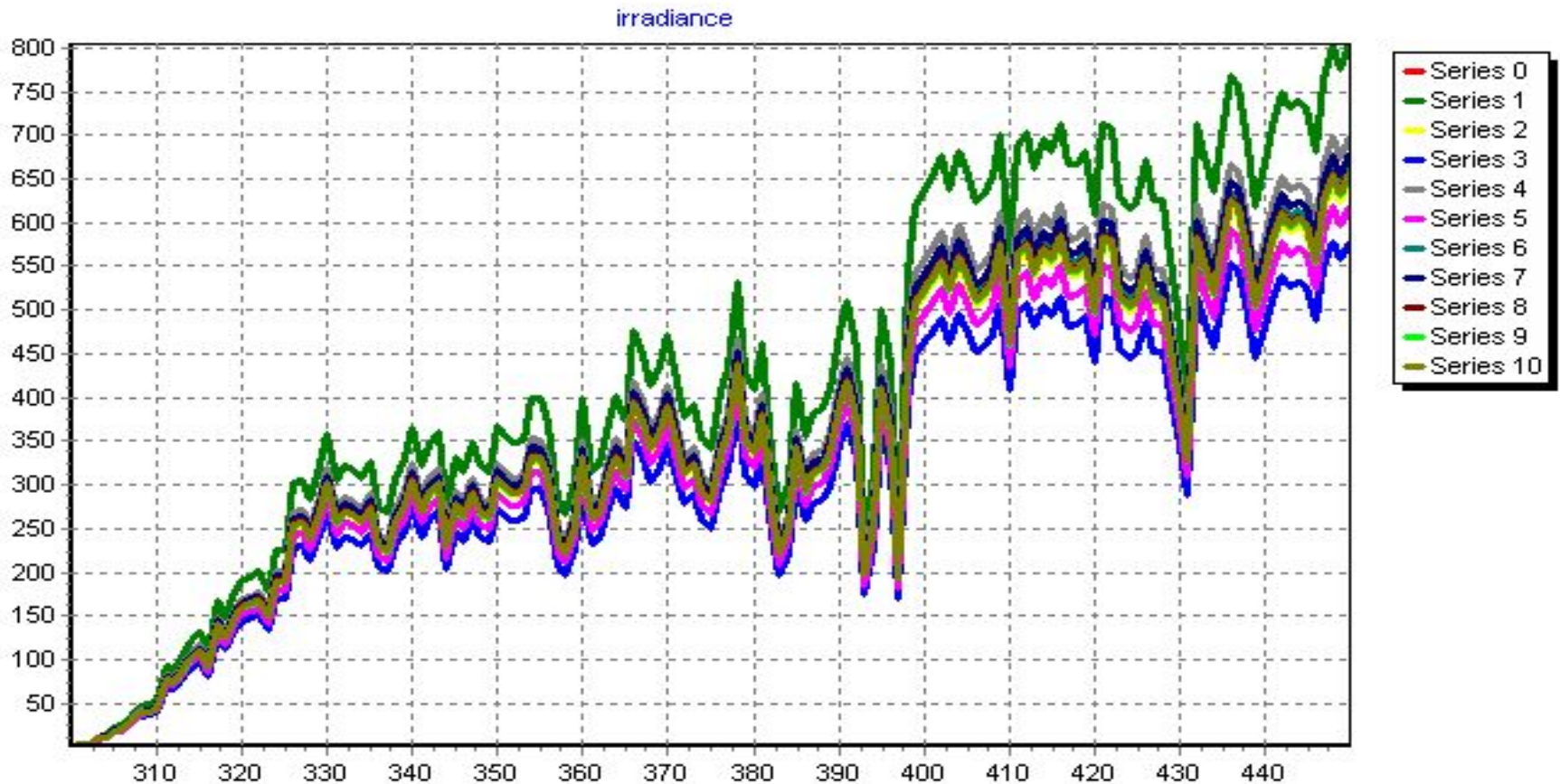
В качестве базового, экспериментального сигнала в зависимости от варианта методики использовались:

- 1) суммарный и диффузно рассеянный вниз спектры СПЭО в диапазоне длин волн 290-450 нм (основной рабочий канал ПИОН-УФ)
- 2) интегральный спектр СПЭО с максимумом в области 600 нм (опорный канал ПИОН-УФ)
- 3) интегральные спектры СПЭО рабочих каналов фильтрового фотометра ПИОН-Ф
- 4) интегральный спектр СПЭО с максимумом в области 550 нм (рабочий канал «измерителя облачности»).

# Основной рабочий алгоритм методики определения параметров облачности по данным наземных измерений спектров СПЭО

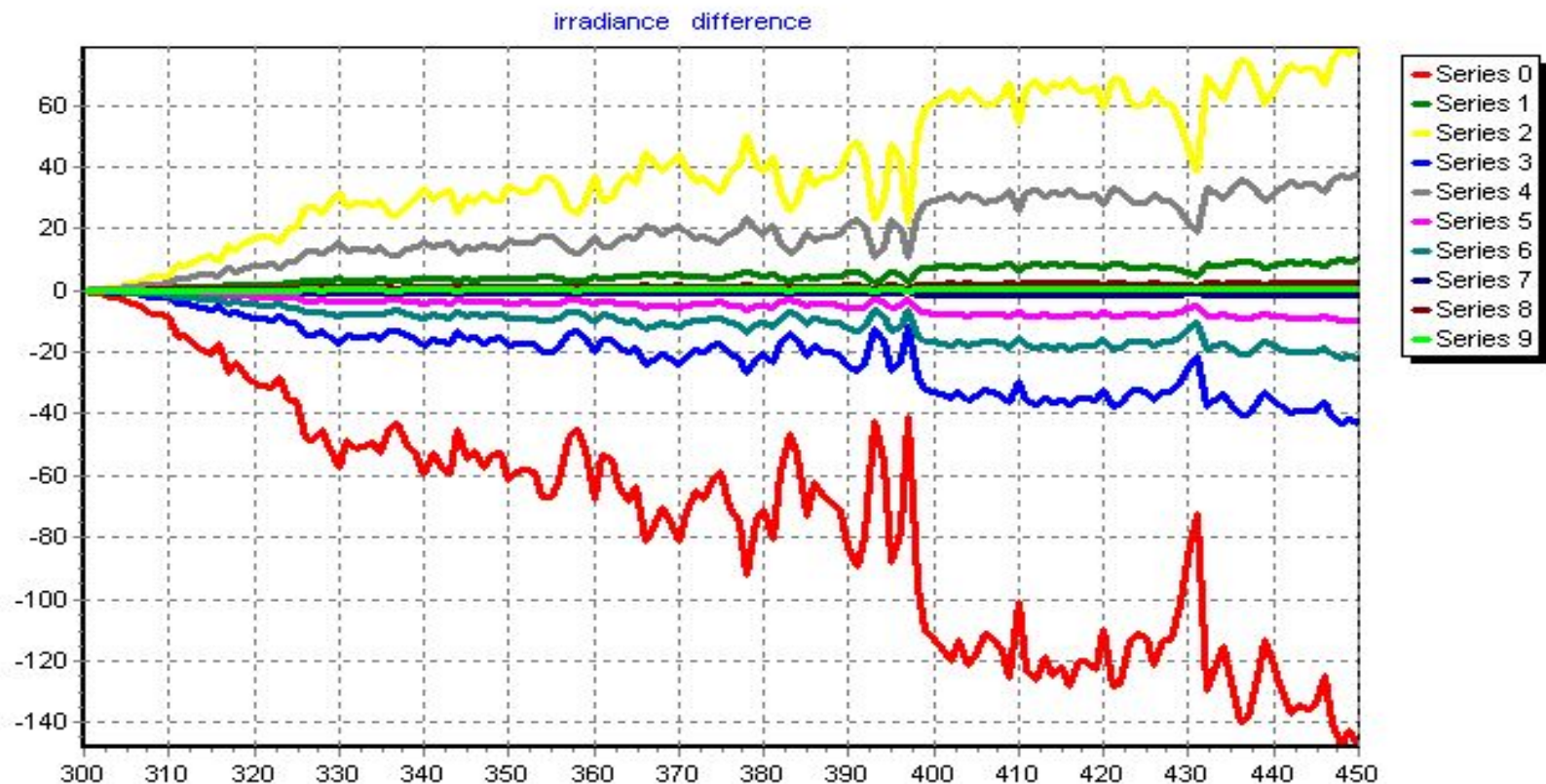


# Пример действия алгоритма по определению оптимальной плотности облачного слоя по спектру СПЭО спектрорадиометра ПИОН-УФ (Слайд 1)



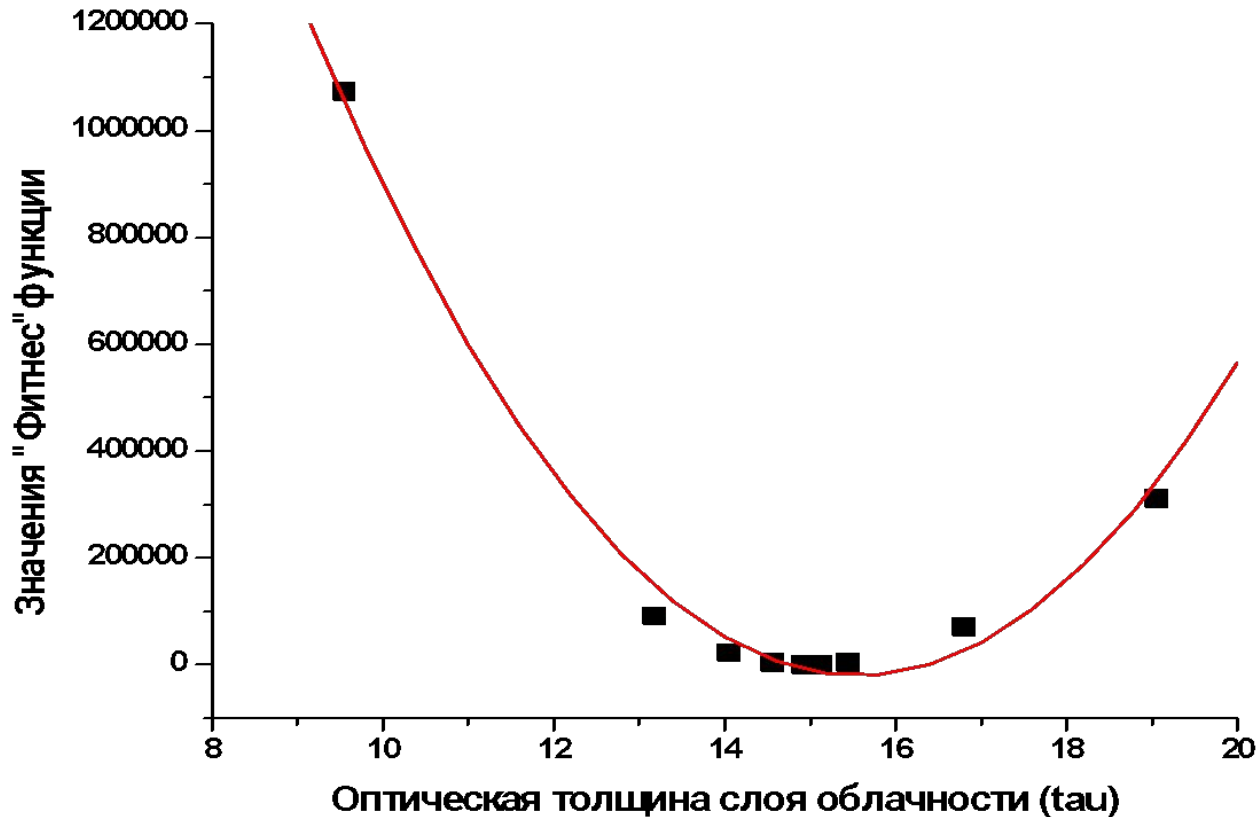
Влияние оптической толщины слоя облачности ( $\tau$ ) на спектр СПЭО в диапазоне 300 – 450 нм

# Пример действия алгоритма по определению оптимальной плотности облачного слоя по спектру СПЭО спектрорадиометра ПИОН-УФ (Слайд 2)



Разностные (дифференциальные) спектры СПЭО при различных значениях  $\tau$

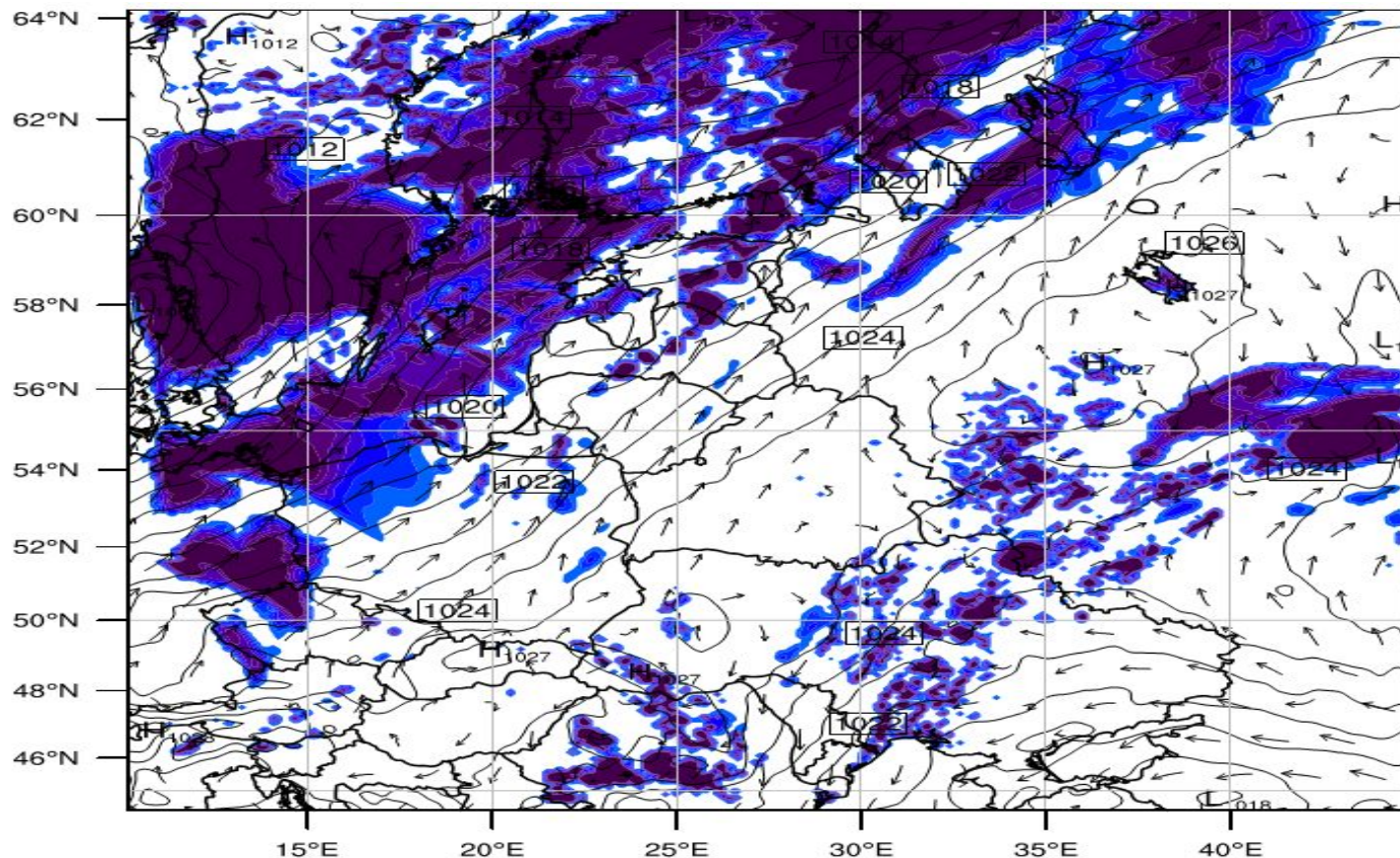
# Пример действия алгоритма по определению оптимальной плотности облачного слоя по спектру СПЭО спектрорадиометра ПИОН-УФ (Слайд 3)



Поиск минимума «фитнес - функции»  $F$ , полученной интегрированием дифференциальных спектров при различных  $\tau$ .



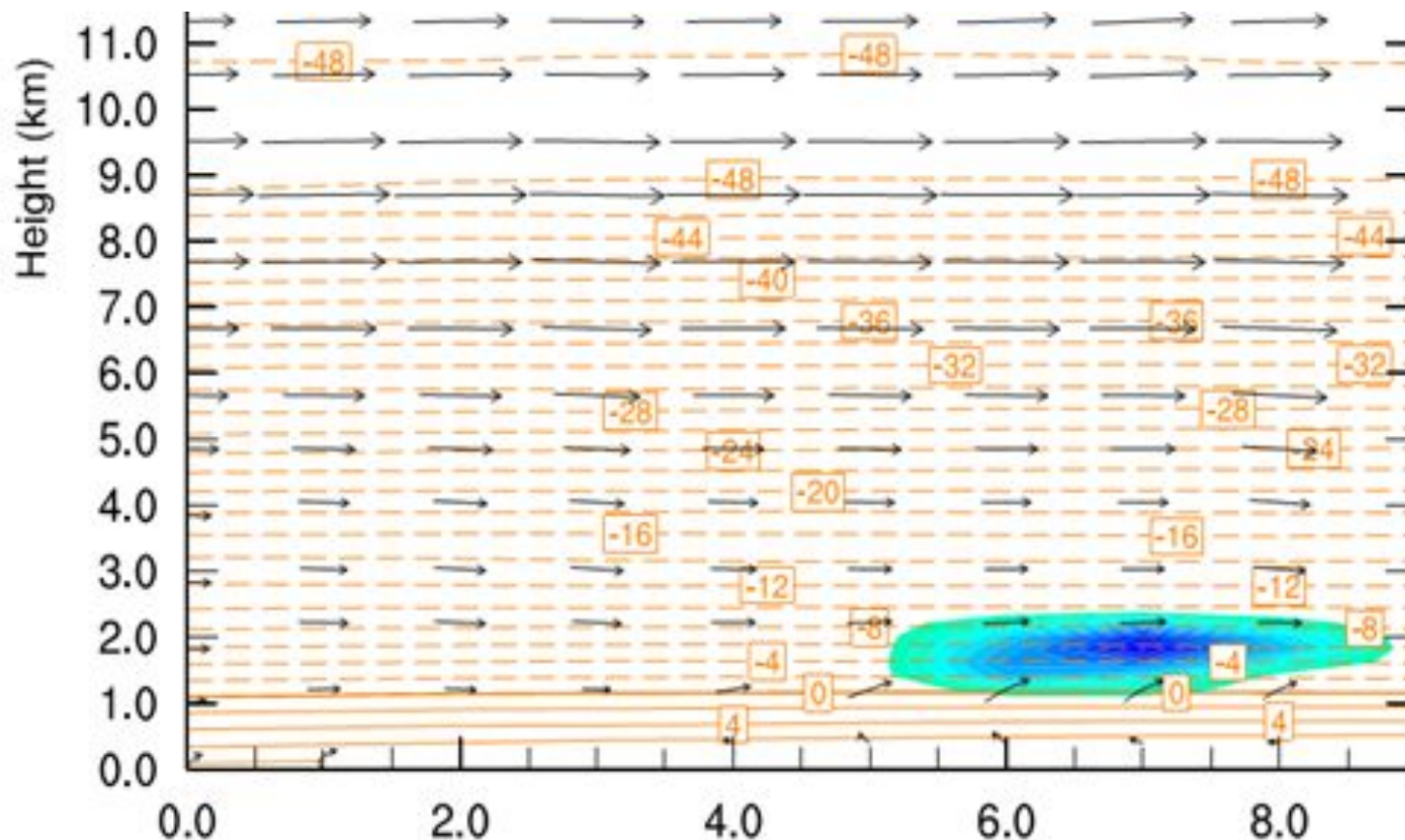
# Пример определения параметров облачности по результатам численного моделирования в системе WRF (Слайд 1)



Расчет облачного покрытия территории Беларуси и прилегающих государств.

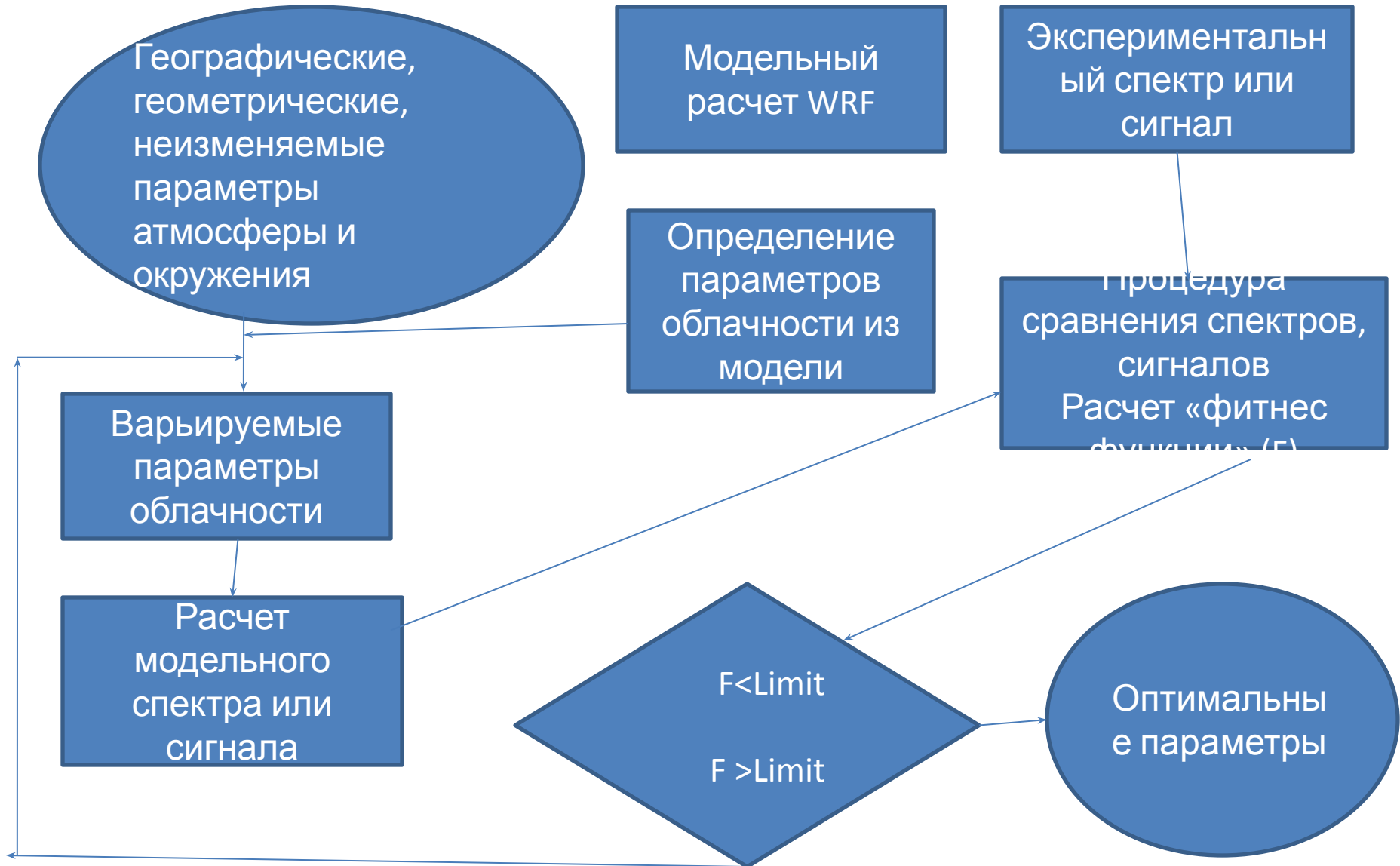
Показана рассчитанная функция отражения сигнала радара облачностью (dBZRefl).

# Пример определения параметров облачности по результатам численного моделирования в системе WRF (Слайд 2)



Определение протяженности, высоты, толщины и состава (водность, наличие ледяной фракции и т.п.) слоя облачности по вертикальному сечению трехмерного поля атмосферных параметров, численно смоделированных системой WRF .

# Алгоритм определения параметров облачности с использованием результатов численного моделирования в системе WRF



# Результаты и выводы

- разработаны алгоритм и программное обеспечение для численного моделирования процессов переноса излучения в атмосфере с учетом параметров облачности
- разработана и опробована методика определения параметров облачности по данным наземных измерений спектров СПЭО и СПЭЯ приборами ПИОН-УФ и ПИОН-Ф
- разработана методика, позволяющая использовать результаты численного моделирования в системе WRF для существенного повышения эффективности процедуры определения параметров облачности по данным наземных измерений спектров СПЭО и СПЭЯ
- важно, что данная методика может быть использована для валидации численных моделей переноса излучения в атмосфере, а также систем наземного и орбитального наблюдения.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !**