



**XIV Всероссийская открытая конференция  
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»**

# **ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МЕЗОМАСШТАБНОГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ**

Моисеева Н.О., Подковырин А.Н., Черный В.В., Подчасский А.С.

*ВКА имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург*



# XIV Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

## Примеры опасных природных процессов и явлений

### Атмосфера

- тропические циклоны;
- смерчи;
- пыльные и песчаные бури;
- лесные пожары

### Литосфера

- землетрясения;
- склоновые процессы (сели, лавины);
- вулканическая активность

### Гидросфера ОКП

- наводнения;
- цунами;
- тропические циклоны
- геомагнитные бури

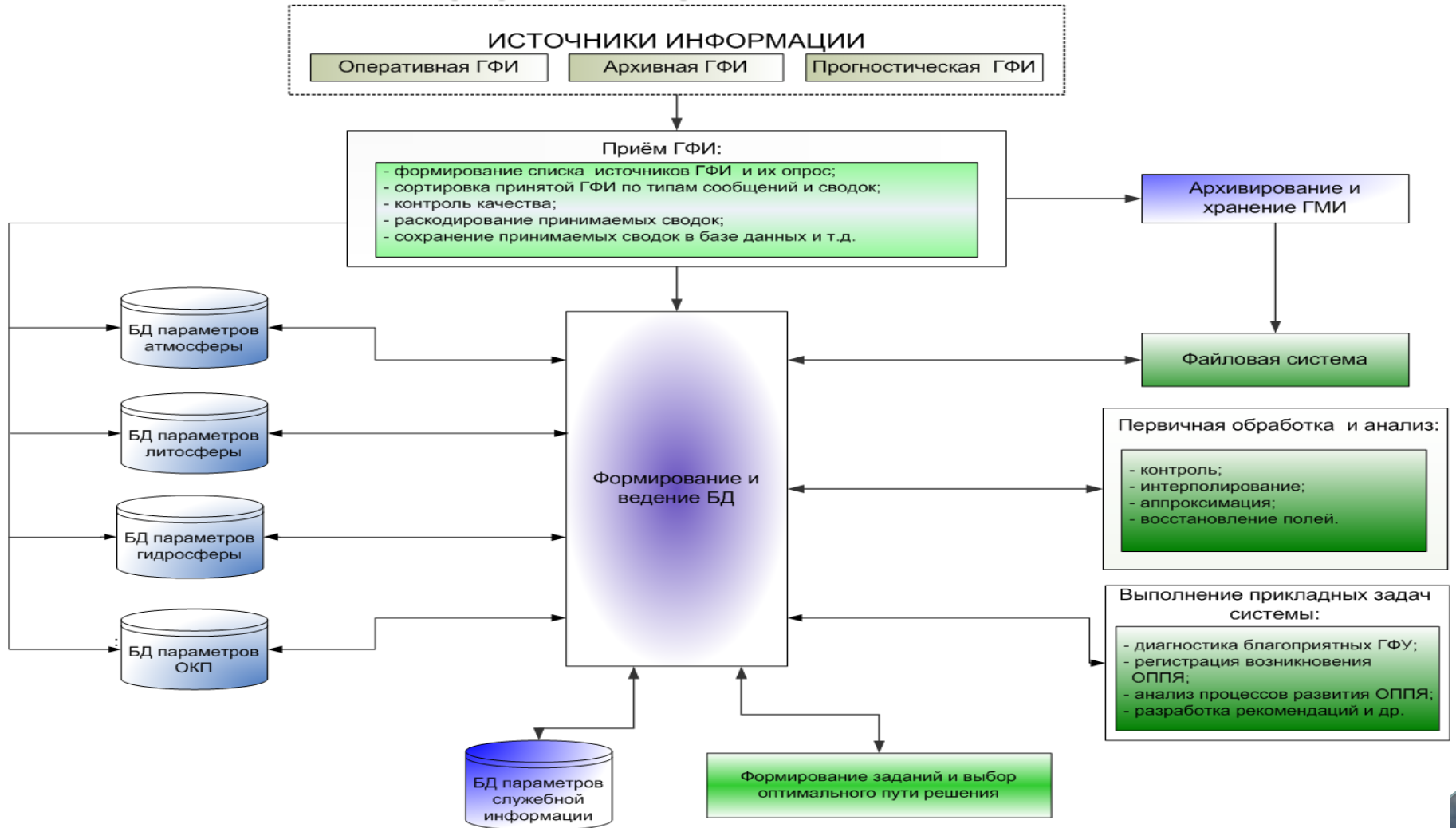




# XIV Всероссийская открытая конференция

## «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

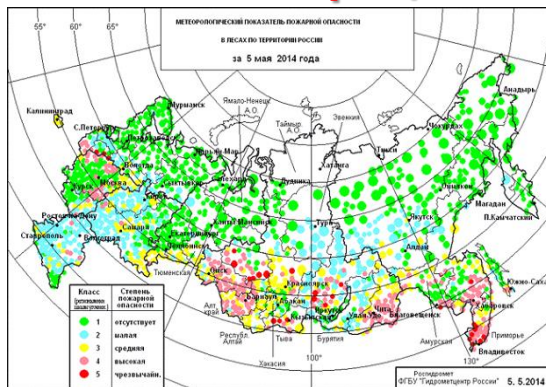
### Информационная подсистема комплексного мониторинга опасных природных процессов и явлений



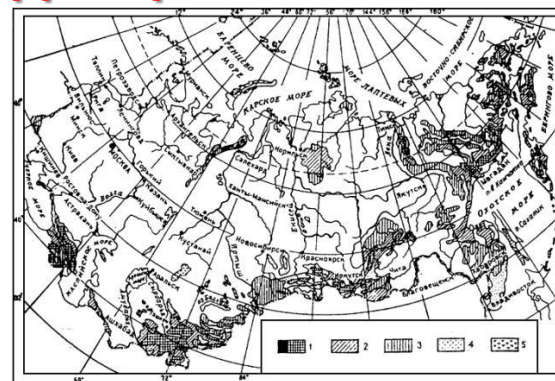


# XIV Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

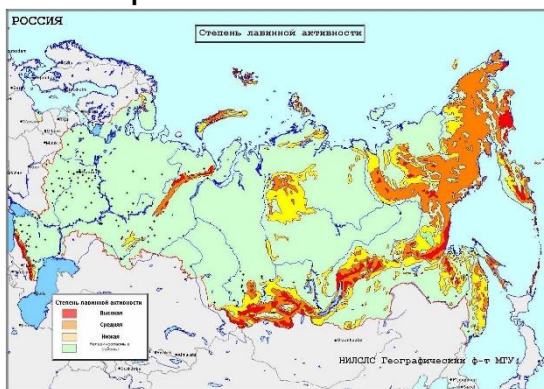
## Карты районов опасных природных процессов и явлений на территории России



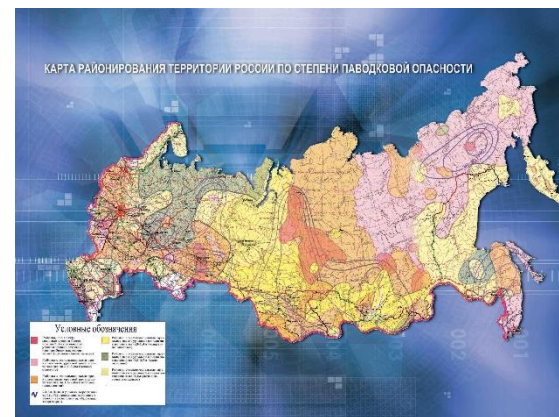
Карта пожароопасности в лесах России



Карта селеопасных районов России



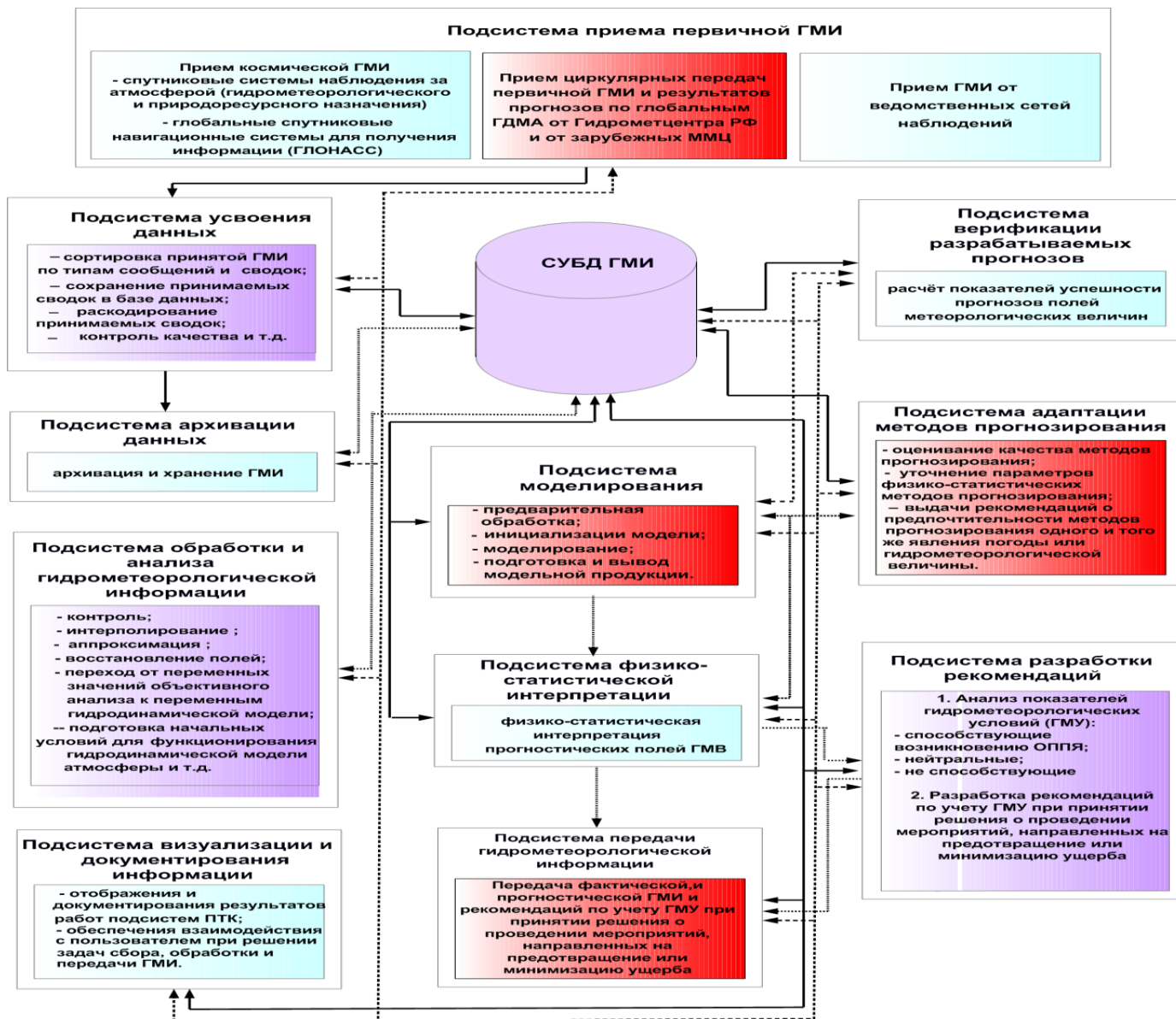
Карта степени лавинной активности



Карта районов паводковой опасности России



### Функциональная схема программно-технического комплекса ГМО





## Задачи, решаемые программно-техническим комплексом гидрометеорологического обеспечения (ПТК ГМО)

- получение исходной информации;
- контроль данных Мировых метеорологических центров (ММЦ);
- моделирование процессов в атмосфере, почве и океане;
- прогнозирование метеорологических величин и опасных природных процессов и явлений;
- архивирование и хранение фактической и прогностической ГМИ;
- визуализация результатов работы подсистем ПТК ГМО;
- передача ГМИ потребителям



## Требования к модели кратко- и среднесрочного прогноза

- обеспечение выпуска необходимого перечня продукции;
- возможность выбора области прогноза;
- возможность изменения горизонтального и вертикального масштаба прогнозирования;
- возможность выбора схем физических параметризации;
- возможность вывода прогностической продукции с переменной детализацией во времени



## Условия реализации мезомасштабной гидродинамической модели атмосферы

- использование полной негидростатической системы уравнений;
- использование повторяющей рельеф сигмы или гибридной координаты;
- использование абсциссы декартовой системы координат;
- использование технологии телескопизации (вложенные сетки) и прогностической информации от глобальной модели;
- постановка начальных условий (ассимиляция данных наблюдений, результаты глобальной модели атмосферы).





## **Исходная информация для гидродинамического прогнозирования полей метеорологических величин**

Успешность гидродинамического кратко- и среднесрочного прогноза погоды зависит от **точности и полноты исходной информации**

### **1. Статические поля геофизических характеристик**

Рельеф подстилающей поверхности

Параметра шероховатости подстилающей поверхности

Информация о растительном покрове подстилающей поверхности

Информация о структуре подстилающей поверхности

Информация об альбедо подстилающей поверхности

Информация о характеристиках почвы

Информация о характеристиках океанической поверхности

### **2. Динамические поля метеорологических величин**

Поле давления

Поле геопотенциала

Поле температуры

Поле ветра

Поле влажности

Поля характеристик облачного покрова разных ярусов



# XIV Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

## Общая структура прогностической модели WRF



В качестве начальных и краевых условий при работе с моделью WRF имеется возможность использовать различные типы данных:

- **объективный анализ Гидрометцентра РФ и прогнозы по глобальной спектральной модели атмосферы;**
- **объективный анализ и прогнозы NCEP – США (или других ММЦ);**
- **блок ассимиляции данных.**

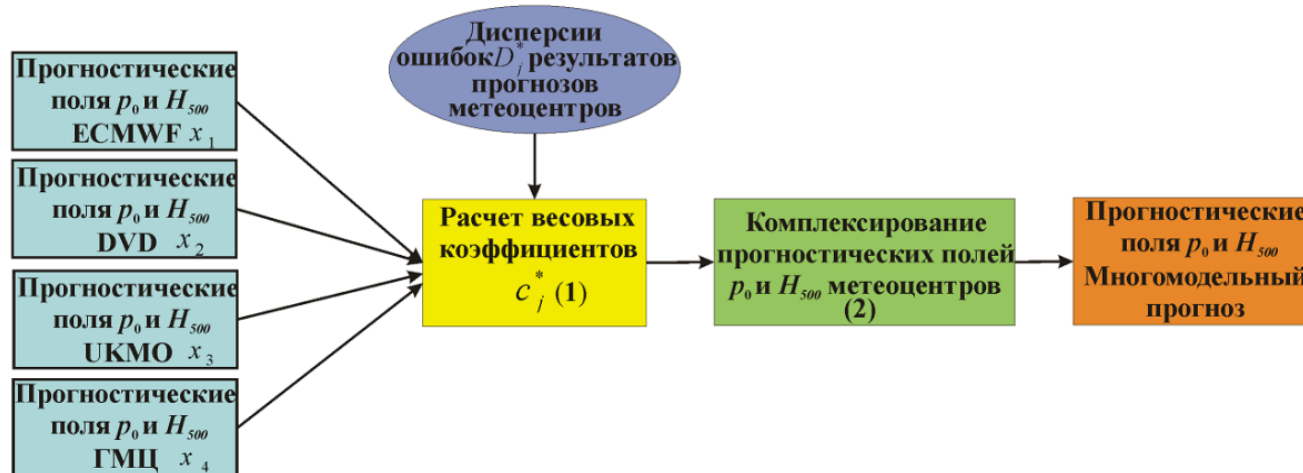
Выходная информация содержит около 200 наименований переменных, характеризующих состояние атмосферы, подстилающей поверхности и почвы.



# XIV Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

## Адаптивный метод среднесрочного многомодельного прогнозирования полей метеорологических величин

### СХЕМА КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ МЕТЕОВЕЛИЧИН



### ЛИНЕЙНАЯ ИНЕРЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОЖИДАНИЙ ПРИ НЕРАВНОТОЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Оценка математического ожидания метеорологической величины в классе линейных функций:

$$\tilde{M}_x = \sum_{j=1}^n c_j^* x_j \quad (1)$$

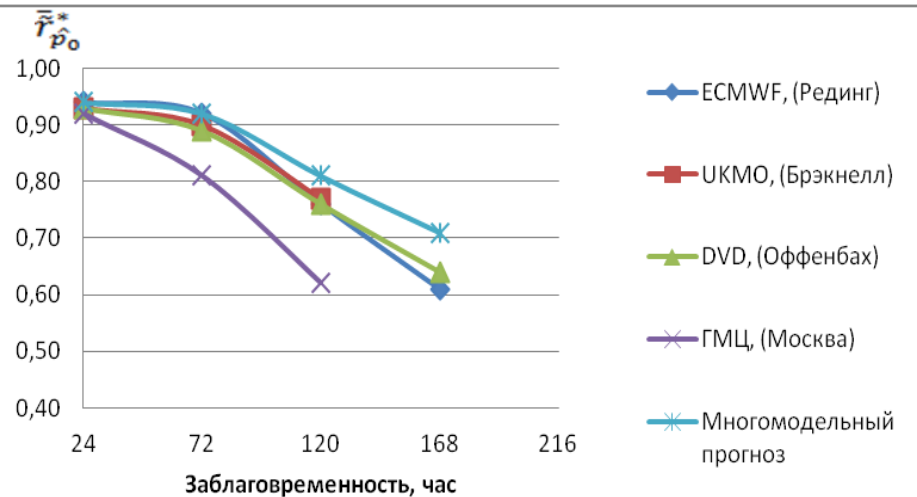
Весовые коэффициенты:

$$c_j^* = d_j^* / \sum_{j=1}^n d_j^*, \quad d_j^* = \frac{1}{D_j^*}, \quad j = 1(1)n. \quad (2)$$

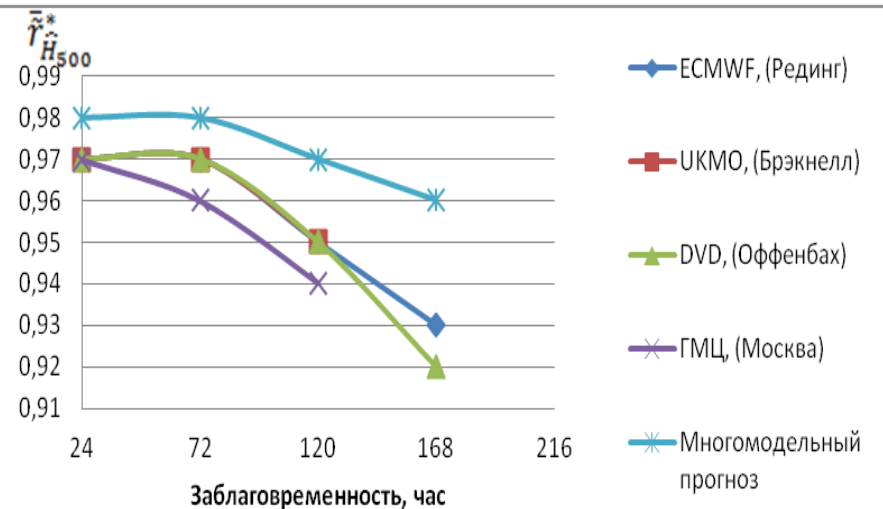


## Проверка успешности адаптивного метода среднесрочного многомодельного прогнозирования поля атмосферного давления по территории Северного полушария

Осредненные значения оценок коэффициентов корреляции  
поля  $p_0$



Осредненные значения оценок коэффициентов корреляции  
поля  $H_{500}$

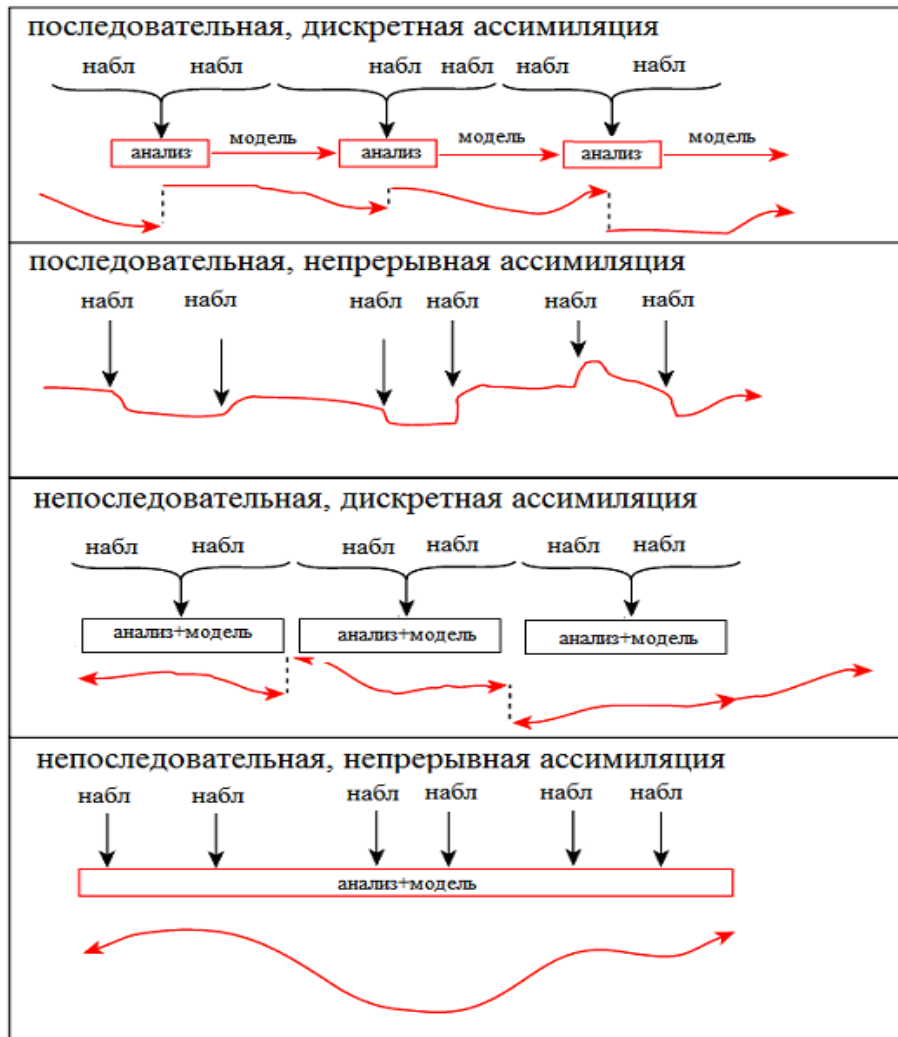


### Выводы:

- по качеству разрабатываемых прогнозов поля атмосферного давления метод превосходит результаты рассмотренных индивидуальных гидродинамических моделей;
- применение алгоритма комплексирования приводит к заметному улучшению успешности прогнозов на сроки свыше трех суток;
- коэффициент корреляции тенденций барического поля в среднем увеличился до 3% при заблаговременности до 3 суток и до 9% при заблаговременности в 5 и более суток.



## Вопросы ассимиляции данных наблюдений



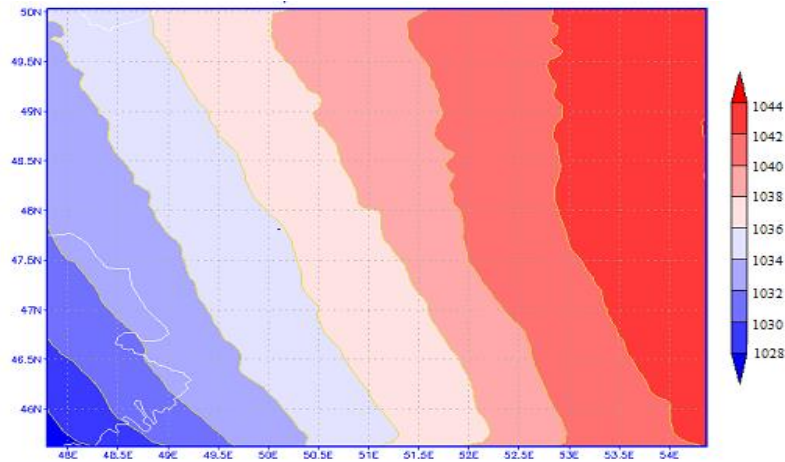
### Методы ассимиляции:

- 1) метод Крессмана,
- 2) метод оптимальной интерполяции,
- 3) вариационные методы,
- 4) методы Калмановской фильтрации.

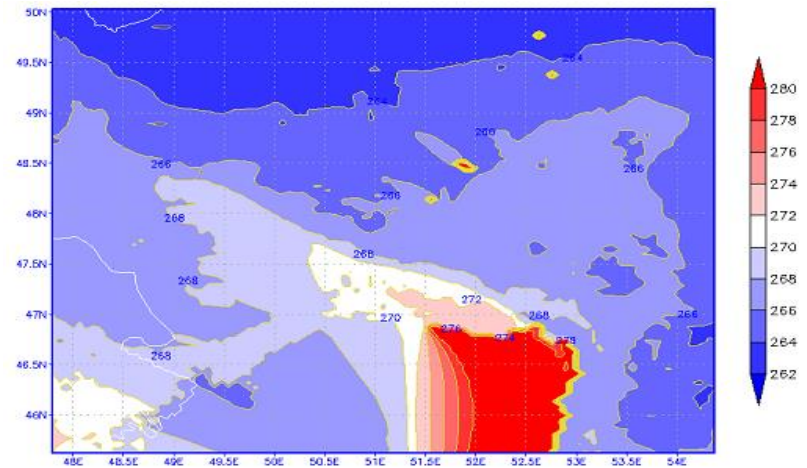


# XIV Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

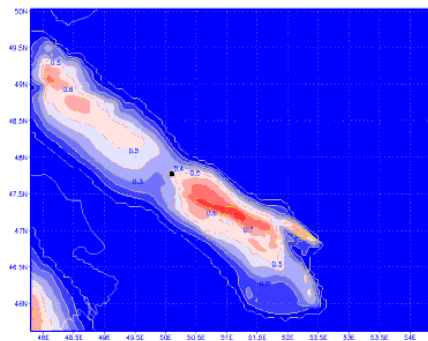
**Прогностическое поле давления,  
приведенного к уровню моря**



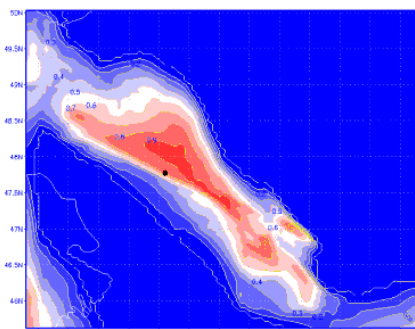
**Прогностическое поле температуры  
подстилающей поверхности**



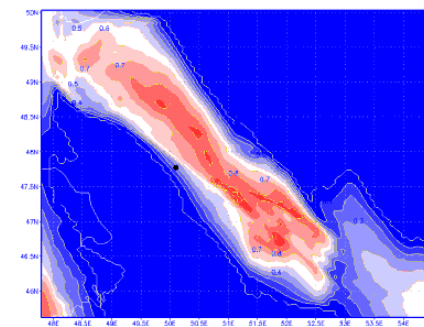
**Прогностическое поле облачности**



6 часов 14.02.2014



9 часов 14.02.2014



12 часов 14.02.2014



## Прогнозируемые метеорологические величины:

- приземные метеорологические параметры (давление, температура, влажность, параметры ветра);
- вертикальные профили температуры и влажности воздуха;
- вертикальные профили ветра;
- количество облачности, границы облачности;
- характеристики осадков;
- тип и состояние грунта;
- температура водной поверхности;
- характеристики снежного и ледового покровов;
- влажность и температура почвы.



## XIV Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

### **Заключение:**

1. Разработан облик программно-технического комплекса гидрометеорологического обеспечения ВС РФ;
2. В качестве базовой модели программно-технического комплекса использована мезомасштабная гидродинамическая модель атмосферы *WRF*;
3. Для задания граничных условий разработан адаптивный метод среднесрочного многомодельного прогнозирования полей метеорологических величин;
4. Перспективы совершенствования программно-технического комплекса связаны с развитием блоков ассимиляции разнородной метеорологической информации наземных и спутниковых средств.

# Благодарю за внимание