

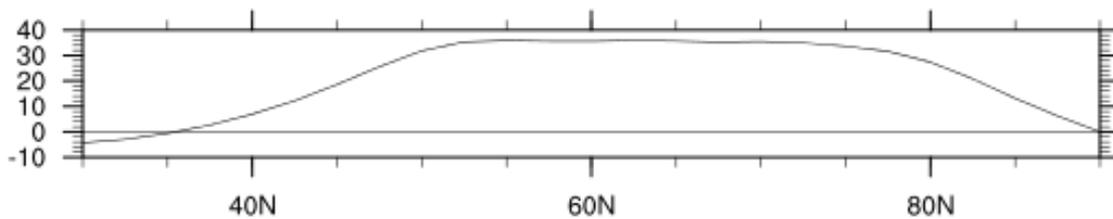
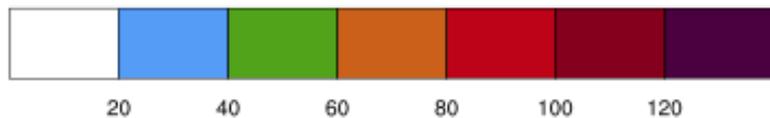
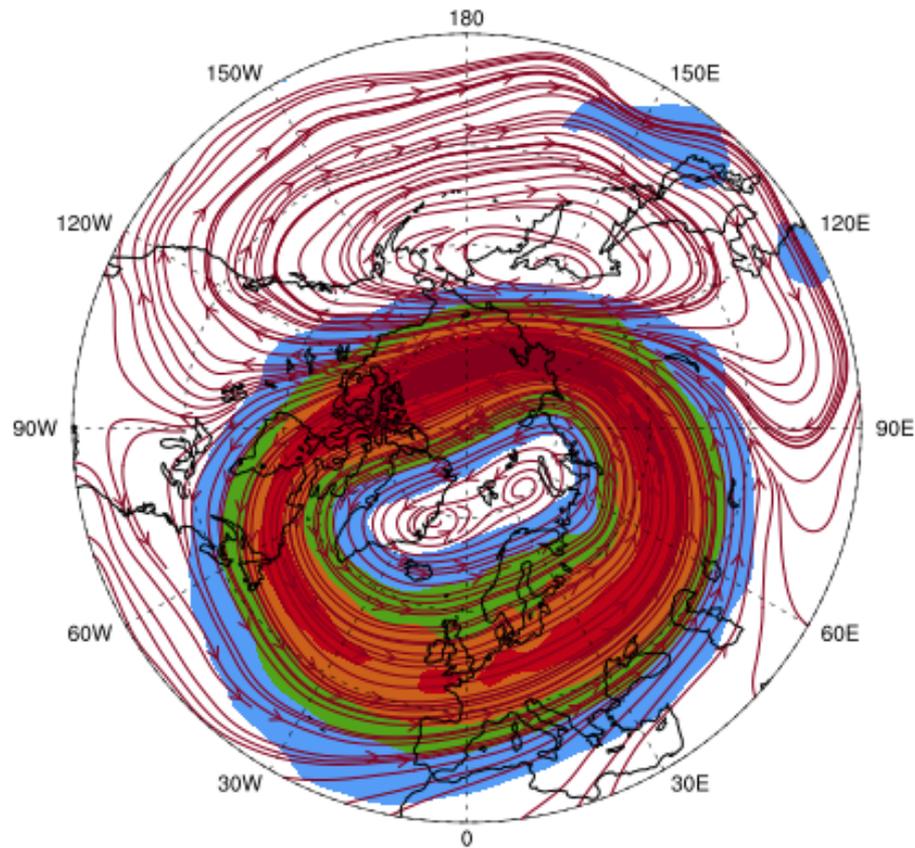
Прогноз динамики полярного стратосферного вихря глобальной моделью атмосферы ПЛАВ

В.В. Шашкин (vvshashkin@gmail.com), М.А. Толстых

- 1 - Институт вычислительной математики РАН им. Г.И. Марчука
- 2 - Гидрометцентр России

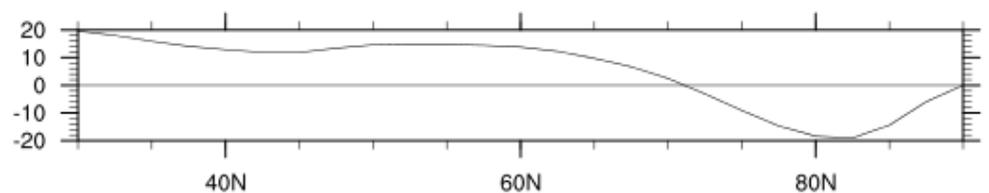
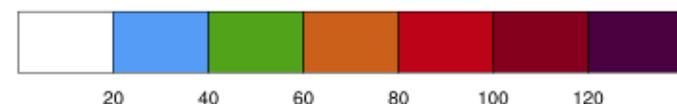
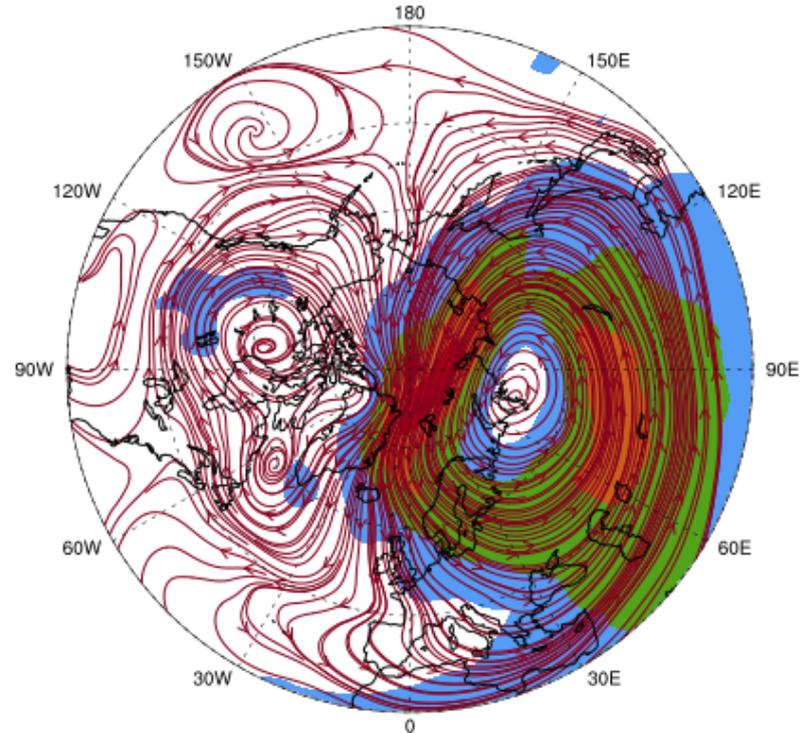
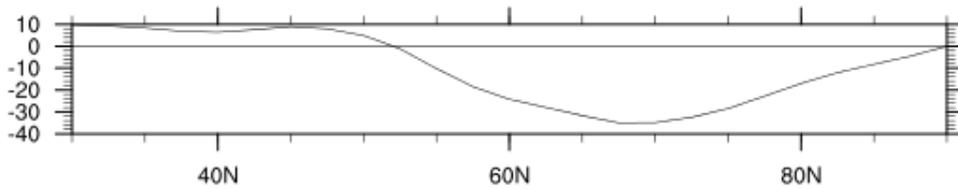
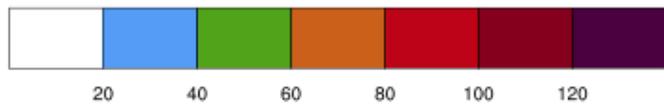
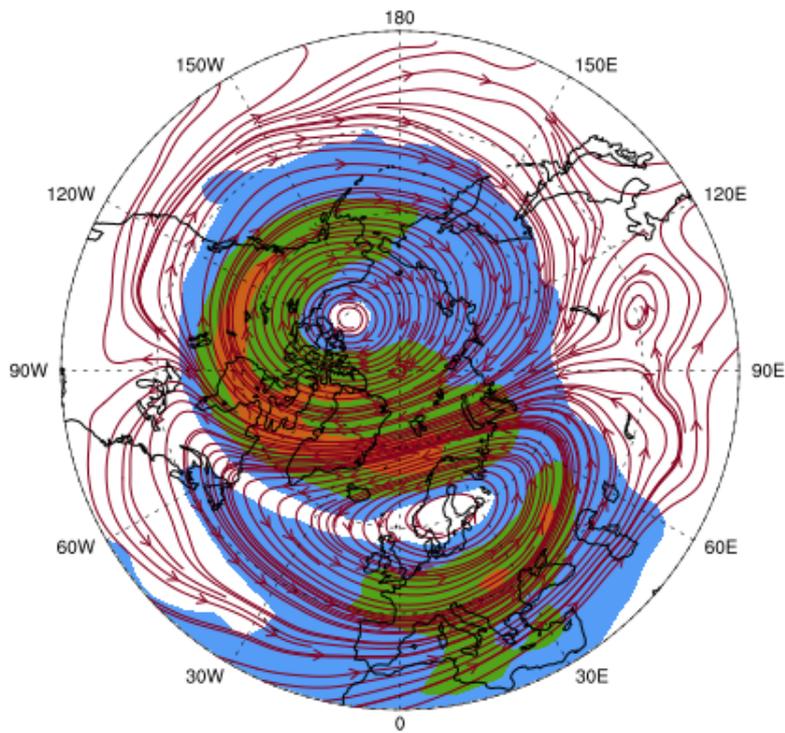


04.09.2017



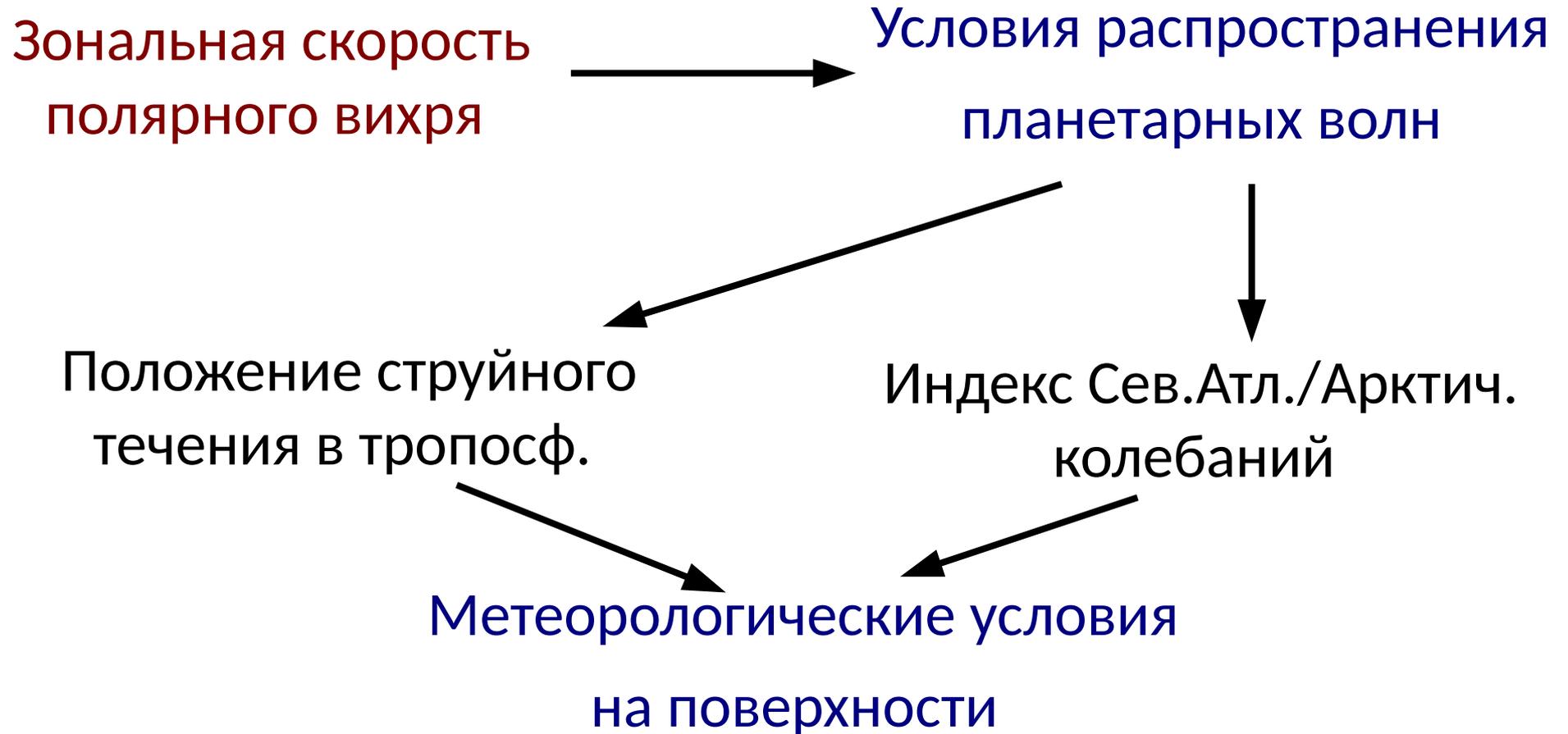
Ветер на уровне 10 гПа 26.01.2014
по данным ERA-Interim

- **Полярный стратосферный вихрь** – доминирующая особенность циркуляции зимней стратосферы (вихрь вокруг полюса, $U > 100 \text{ м/с}$)
- Планетарные волны, поднимающиеся из тропосферы => возмущения формы и торможение полярного стратосферного вихря
- **Внезапное стратосферное потепление (ВСП)** – уменьшение зональной скорости => резкое (до 70°) повышение температуры в полярной стратосфере.



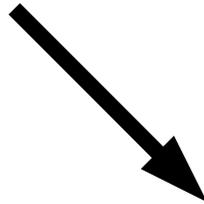
- **Большое (мажорное) ВСП** – разворот ветра на восточный на уровне 10 гПа, 60° С.Ш. Частота: 6 раз / 10 лет
- **Малое (минорное) ВСП** – разворот ветра на уровне 10гПа, севернее 60° С.Ш. 2-3 за зиму

Почему важно предсказывать динамику полярного стратосферного вихря (и ВСП)?

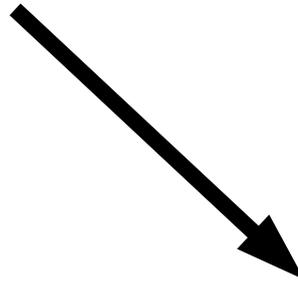


Взаимосвязи прослеживаются в широком диапазоне временных масштабов!

Прогноз динамики
полярного стратосферного
вихря на 1 -15 дней
(среднесрочный)



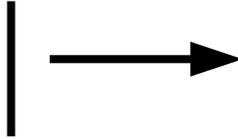
Прогноз наличия/отсутствия
ВСП в рамках сезона



Верная статистика ВСП в
климатических экспериментах
(декадный прогноз и дольше)

Бесшовное моделирование

Глобальная модель атмосферы ПЛАВ (для бесшовного прогноза)

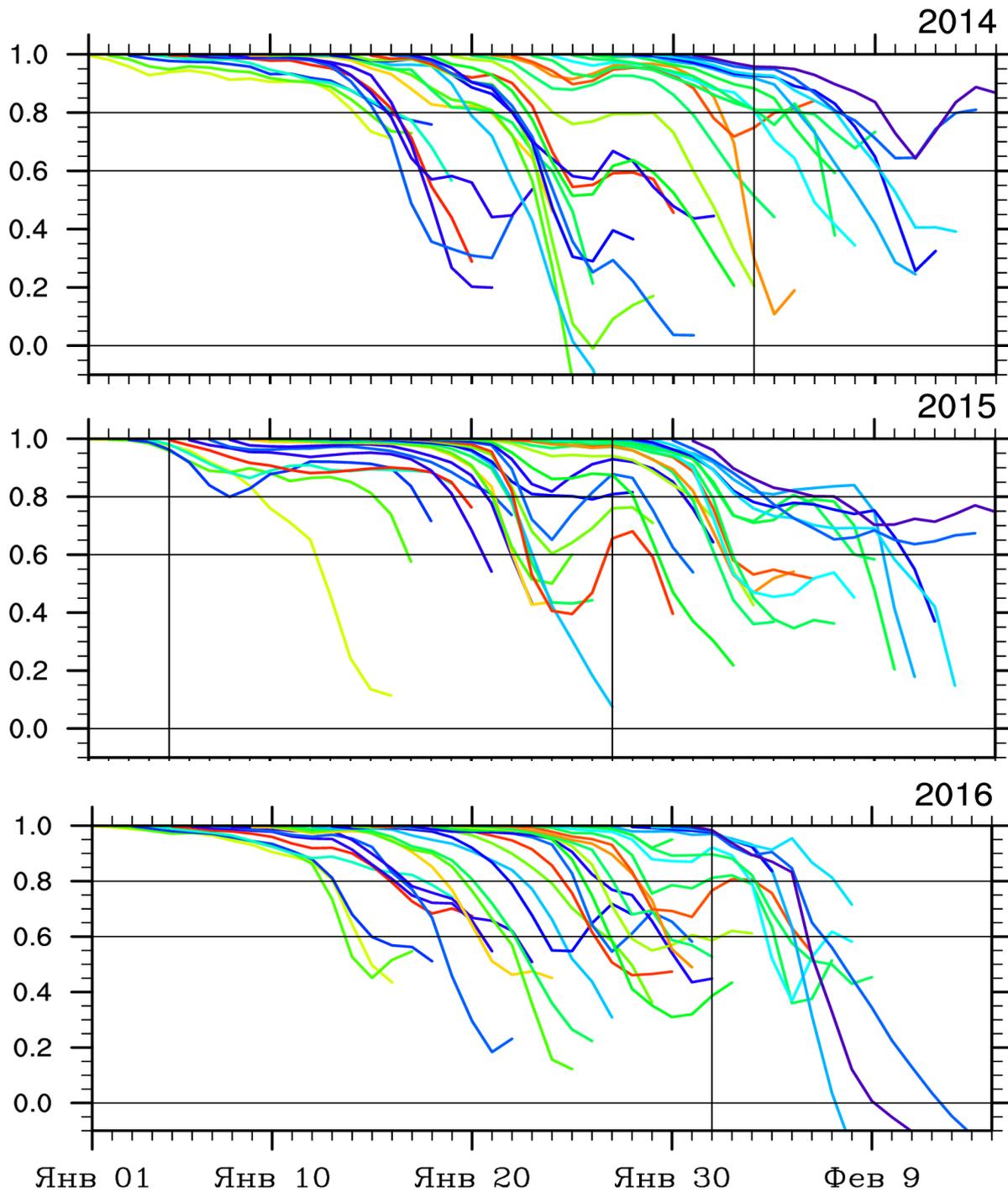
- **Динамическое ядро российской разработки** (Tolstykh et al., GMD, 2016):
 - Полулагранжева адвекция
 - Полуявная схема по времени
 - **Формулировка вихрь-дивергенция**
 - Гибридная система координат по вертикали (Шашкин и др., МиГ, 2016)

Большой шаг по времени
высокая скорость расчетов
- **Параметризации “подсеточных” процессов ALADIN / ALARO / LACE + радиация RRTM + почва (ИВМ РАН) + marine strat.cumulus (Фадеев)**
- Основная технология глобального численного среднесрочного прогноза погоды в Гидрометцентре РФ
- Применяется в системе вероятностного сезонного прогноза ГМЦ
- Ведется работа по созданию модели бесшовного прогноза на основе ПЛАВ

Параметры эксперимента

- **Конфигурация модели ПЛАВ:**
 - сетка по горизонтали $0,9^\circ \times 0,72^\circ$ (~70 км)
 - **60 уровней по вертикали** (17 в стратосфере)
 - **верхняя граница 0,5 гПа** (50-60 км)
- **Начальные данные:**
 - оперативный анализ ГМЦ 1-31 января 2014, 2015, 2016 гг.
- **Срок прогноза 15 суток**
- **Верификация по реанализу ERA-Interim**
- **4 малых ВСП в серии**

Результаты верификации прогнозов ПЛАВ



- Метрика – корреляция аномалий Н 10 гПа относительно климата между прогнозом и реанализом
- По нормативам ВМО
Кор. > 0.8 – прогноз высокой точности
Кор. > 0.6 – “полезный прогноз”

Результаты верификации прогнозов ПЛАВ

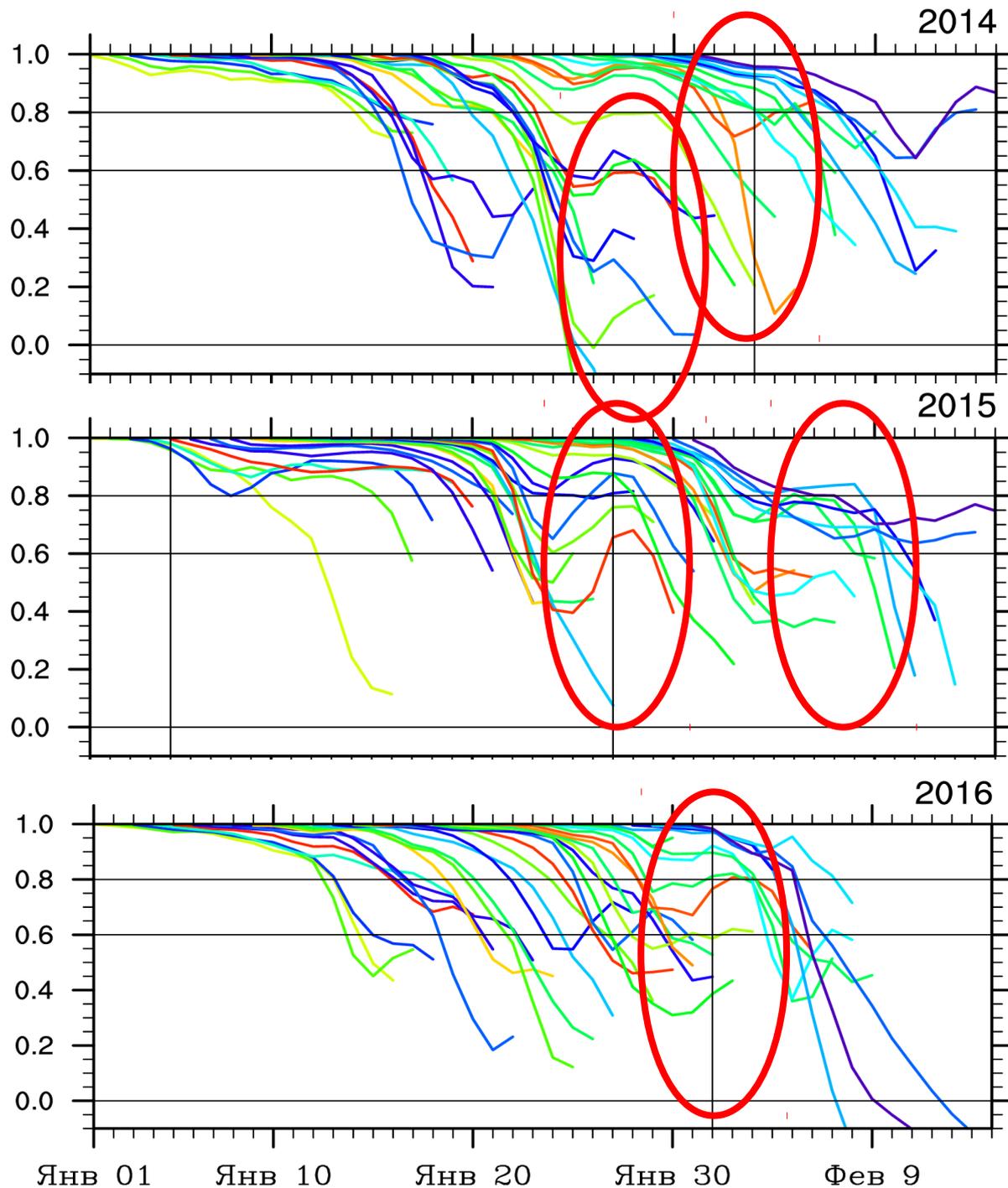
- Количество высокоточных прогнозов (из 93-х в серии):

Срок (Дней)	4	5	6	7	10
<i>N</i>	93 (100%)	88 (94%)	83 (89%)	78 (84%)	47 (50%)

- Количество полезных прогнозов (из 93-х в серии):

Срок (Дней)	5	6	7	12	15
<i>N</i>	92 (99%)	91 (98%)	90 (97%)	46 (50%)	18 (20%)

Результаты верификации прогнозов ПЛАВ



Кривые корреляции аномалий N10 ряда прогнозов образуют локальные максимумы в моменты сильных возмущений полярного вихря (втч. Малых ВСП).

Повышение точности прогноза при сильных возмущениях!

- **Предсказуемость сильных возмущений полярного вихря (малых ВСП):**
 - прогнозируются с высокой точностью по времени и пространству в пределах 7-ми суток от старта
 - факт малого ВСП предсказывается за 10-11 суток (возможно со сдвигом на по сроку)
 - уменьшение ошибок прогноза в момент малого ВСП
- **Предсказуемость динамики полярного вихря после 10 суток прогноза:**
 - склонность модели к преувеличению возмущений**возможные причины:**
 - 1) недостатки системы подготовки начальных данных (занижение ветра на верхних уровнях)
 - 2) отсутствие эволюции ТПО в течении прогноза
 - 3) переоценка потока импульса от взаимодействия с орографией подсеточного масштаба (параметризация ОГВС)

Выводы

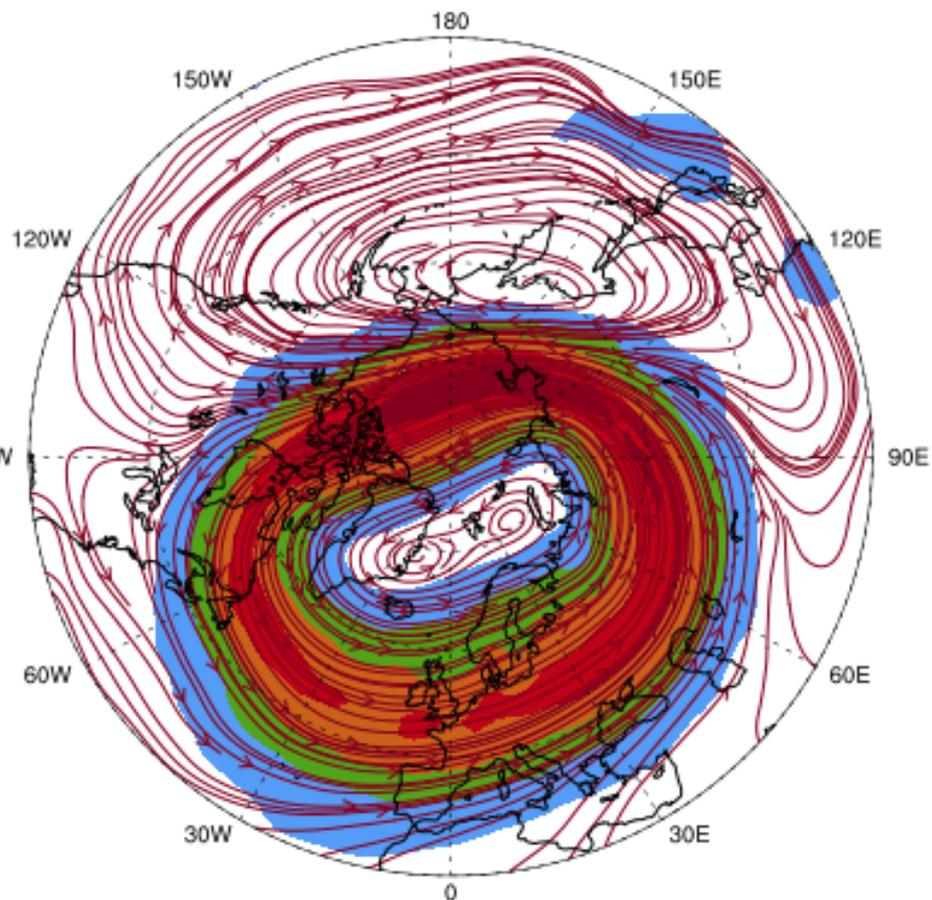
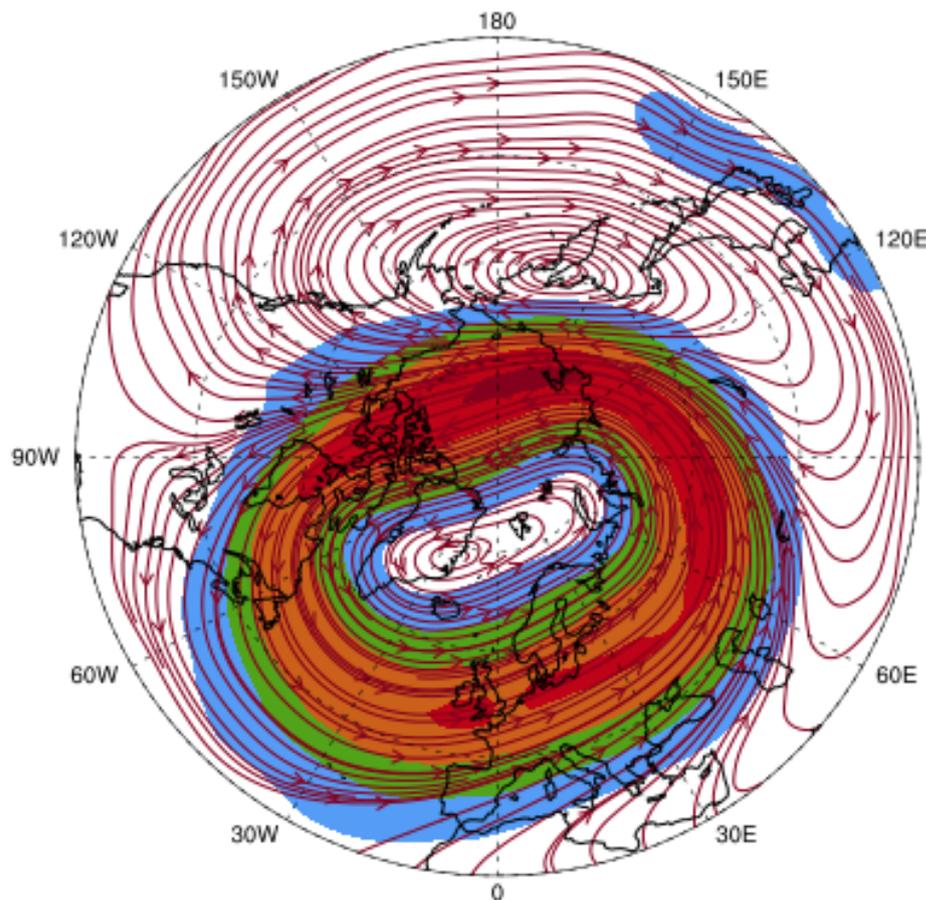
- Успешный прогноз динамики полярного стратосферного вихря на 7 суток, втч. малых ВСП
- При наличии сильных возмущений полярного стратосферного вихря точность прогноза повышается
- Модель склонна переоценивать возмущения полярного стратосферного вихря при заблаговременности более 10 суток (опасная тенденция для долгосрочного моделирования!)

SLAV frc 2014 Jan.25 + 24 h

10hPa wind

Era 2014 Jan 26

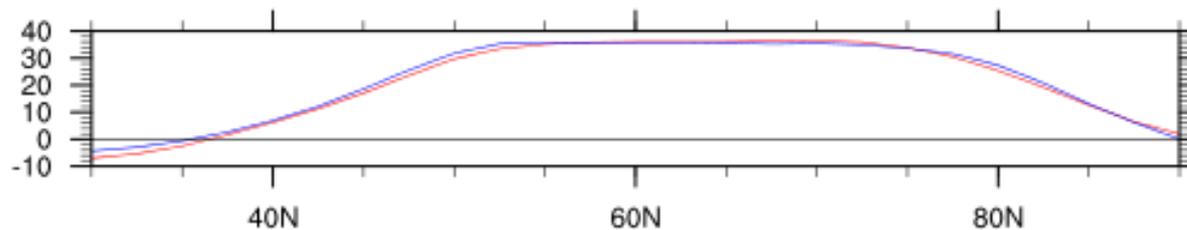
10hPa wind



ПЛАВ

ERA

**Прогноз на
24 часа**

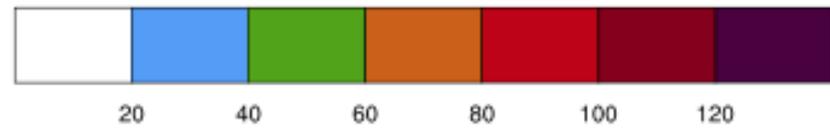
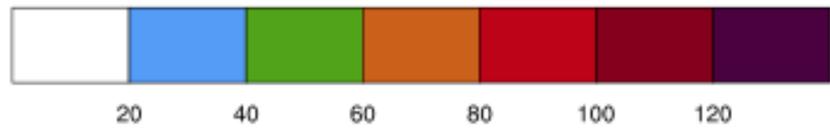
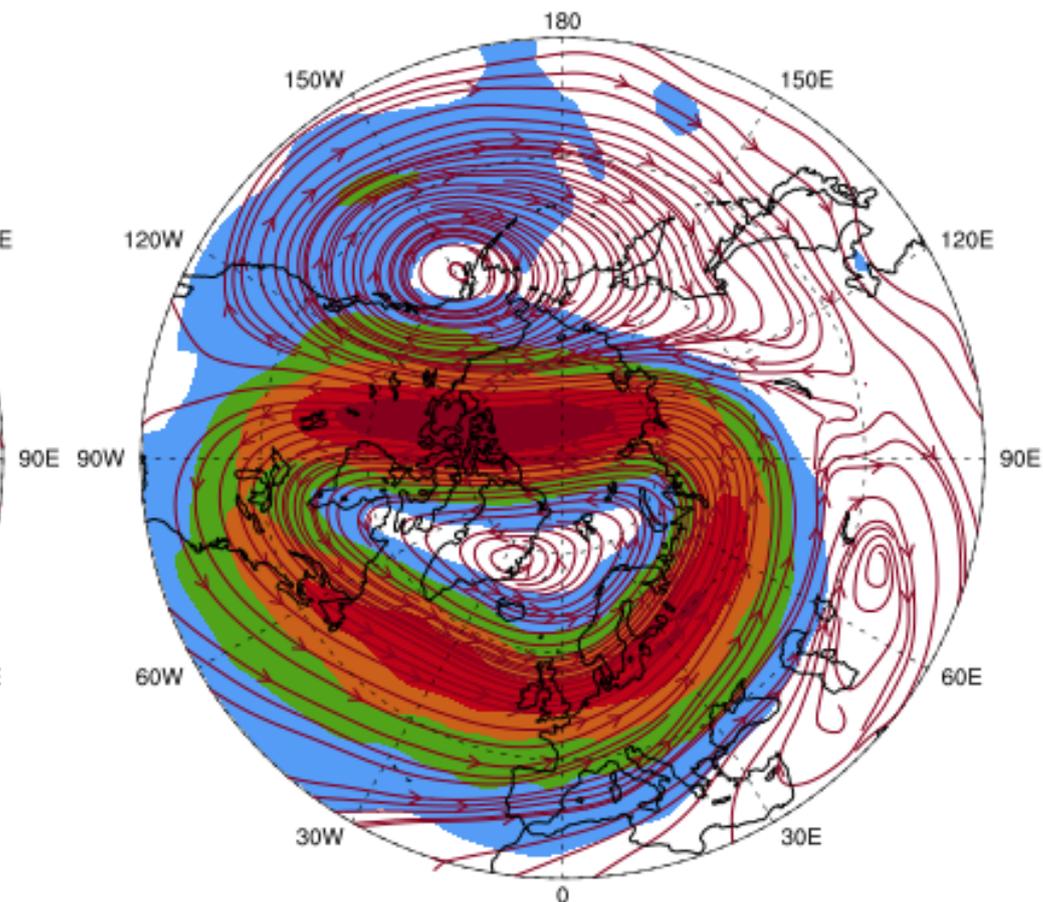
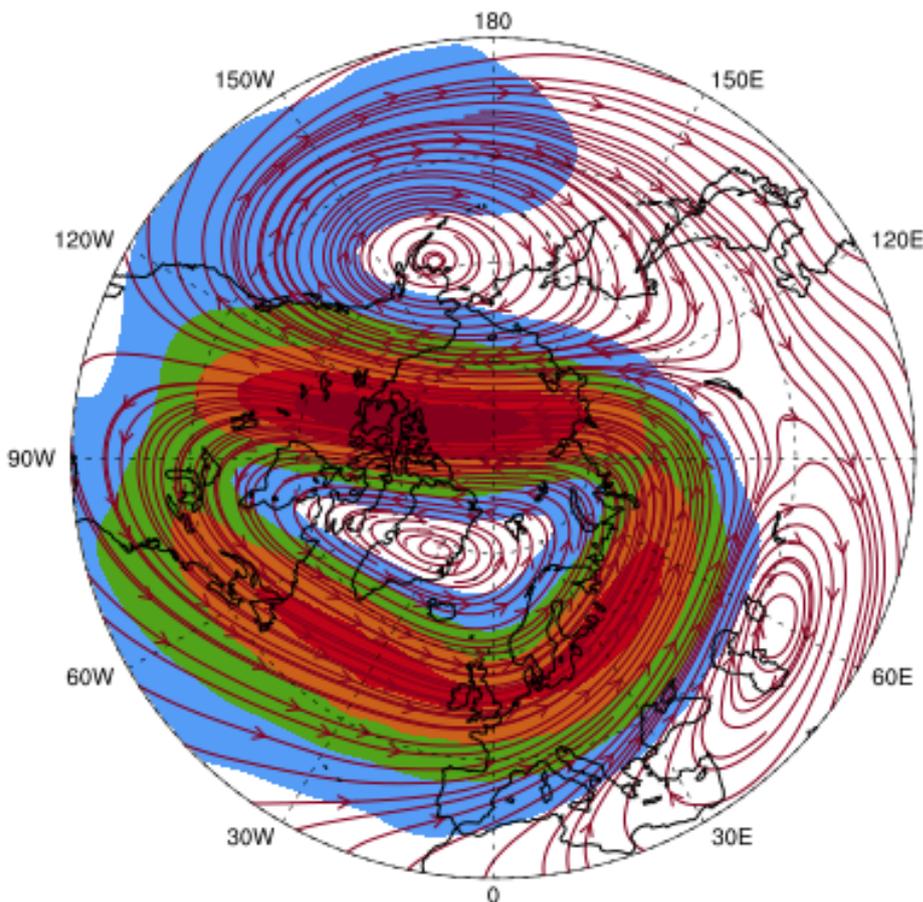


SLAV frc 2014 Jan.25 + 72 h

10hPa wind

Era 2014 Jan 28

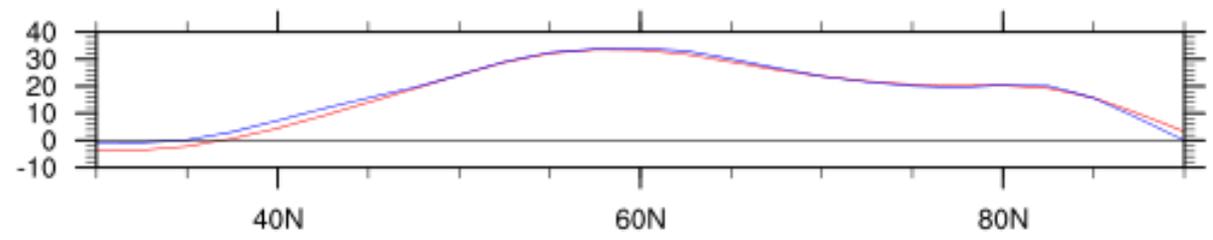
10hPa wind



ПЛАН

ERA

**Прогноз на
72 часа**

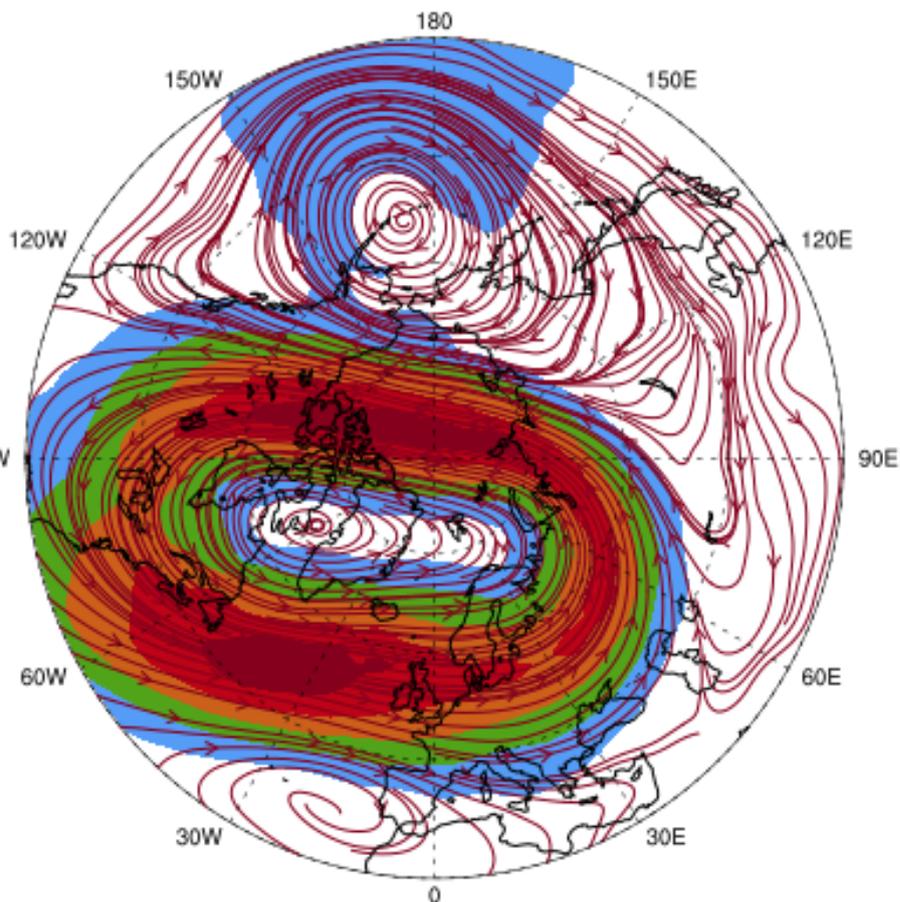
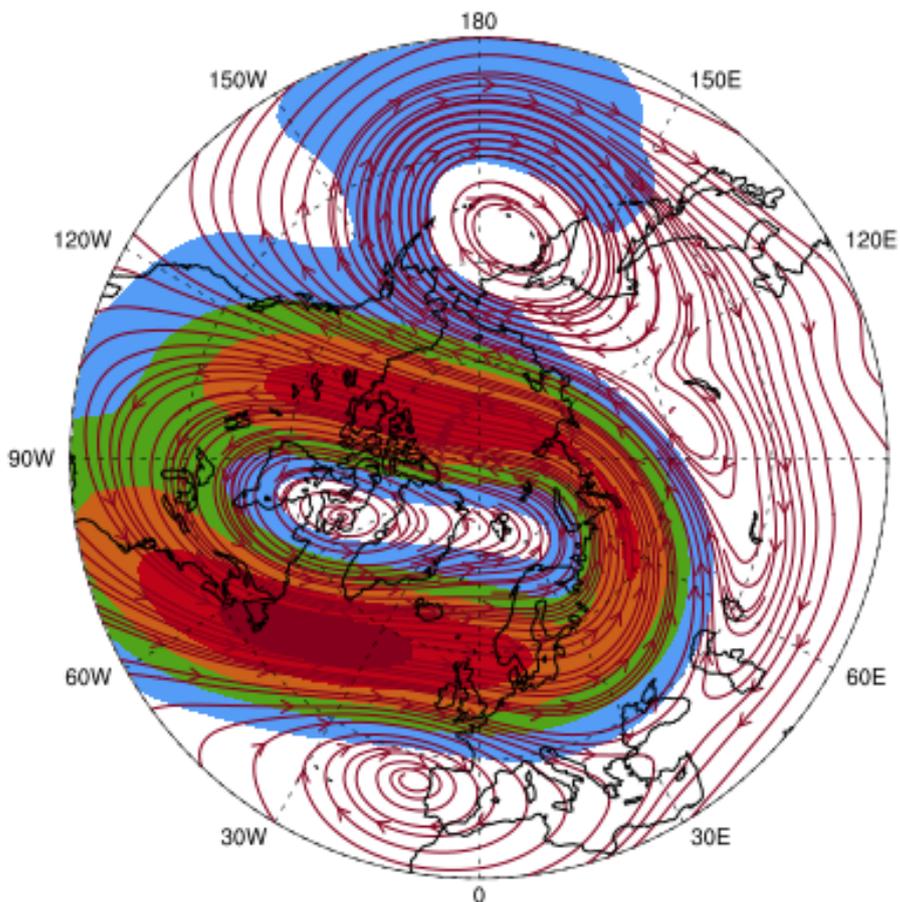


SLAV frc 2014 Jan.25 + 120 h

10hPa wind

Era 2014 Jan 30

10hPa wind



20 40 60 80 100 120

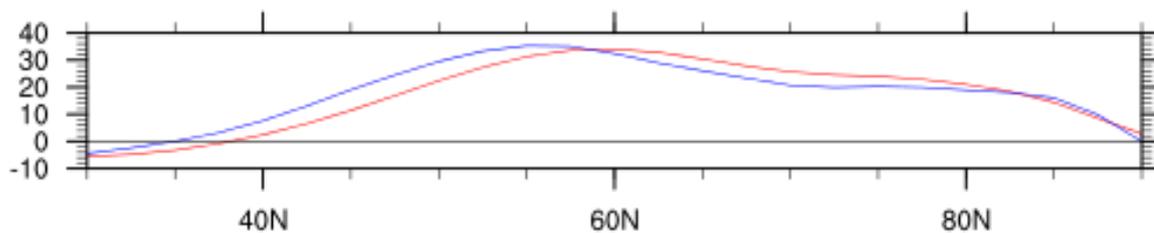


20 40 60 80 100 120

ПЛАВ

ERA

**Прогноз на
120 часов**

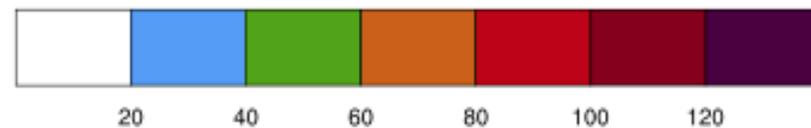
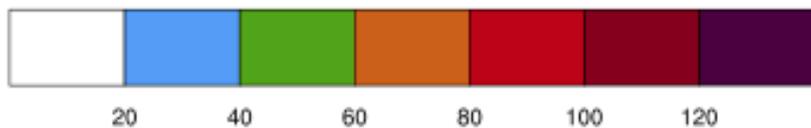
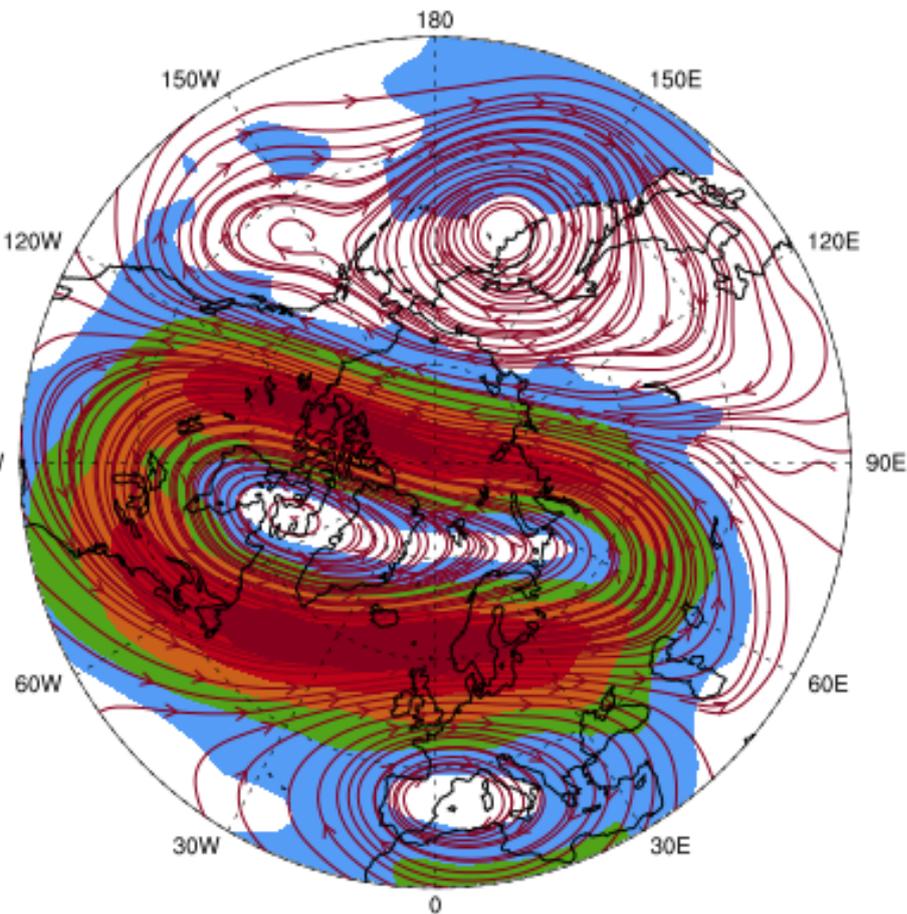
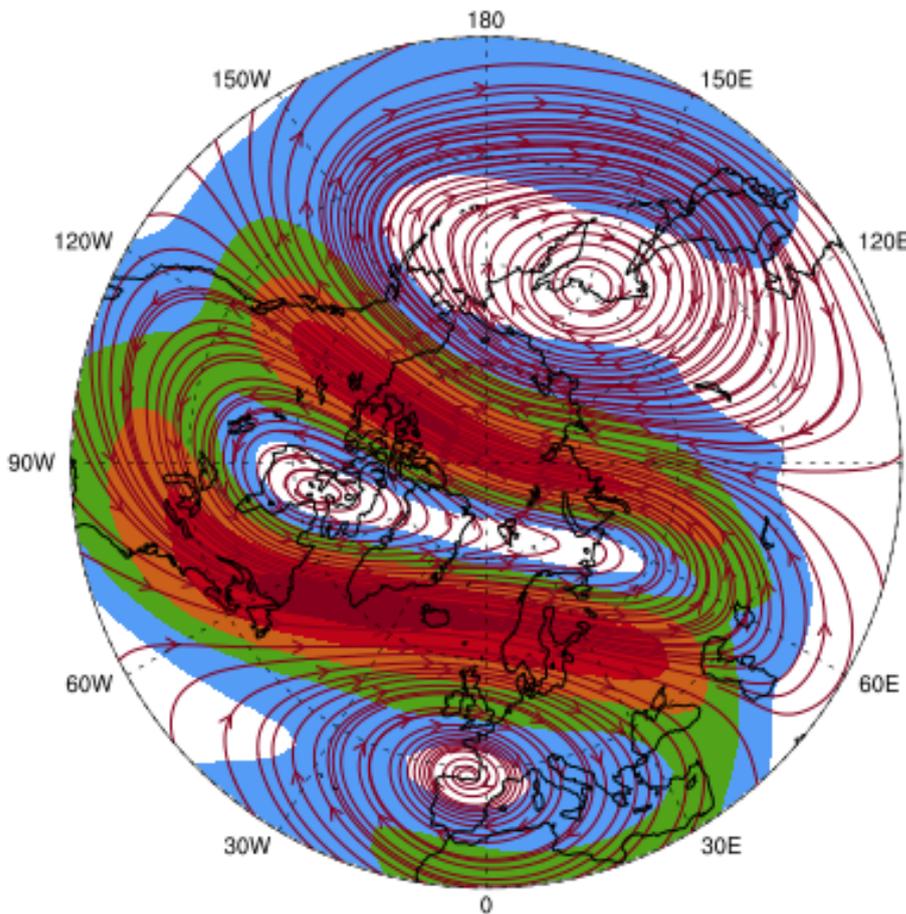


SLAV frc 2014 Jan.25 + 168 h

10hPa wind

Era 2014 Feb 1

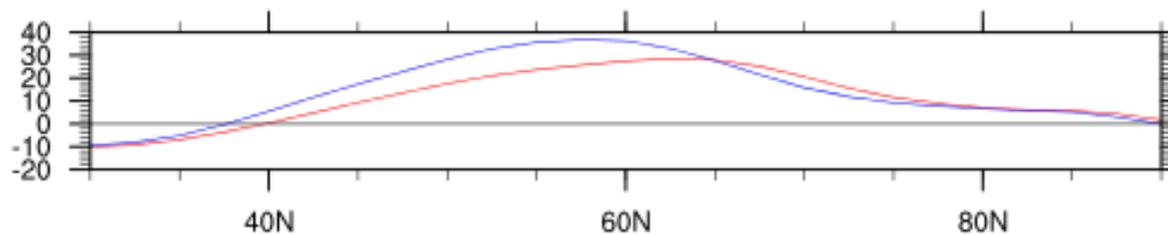
10hPa wind



ПЛАН

ERA

**Прогноз на
168 часов**

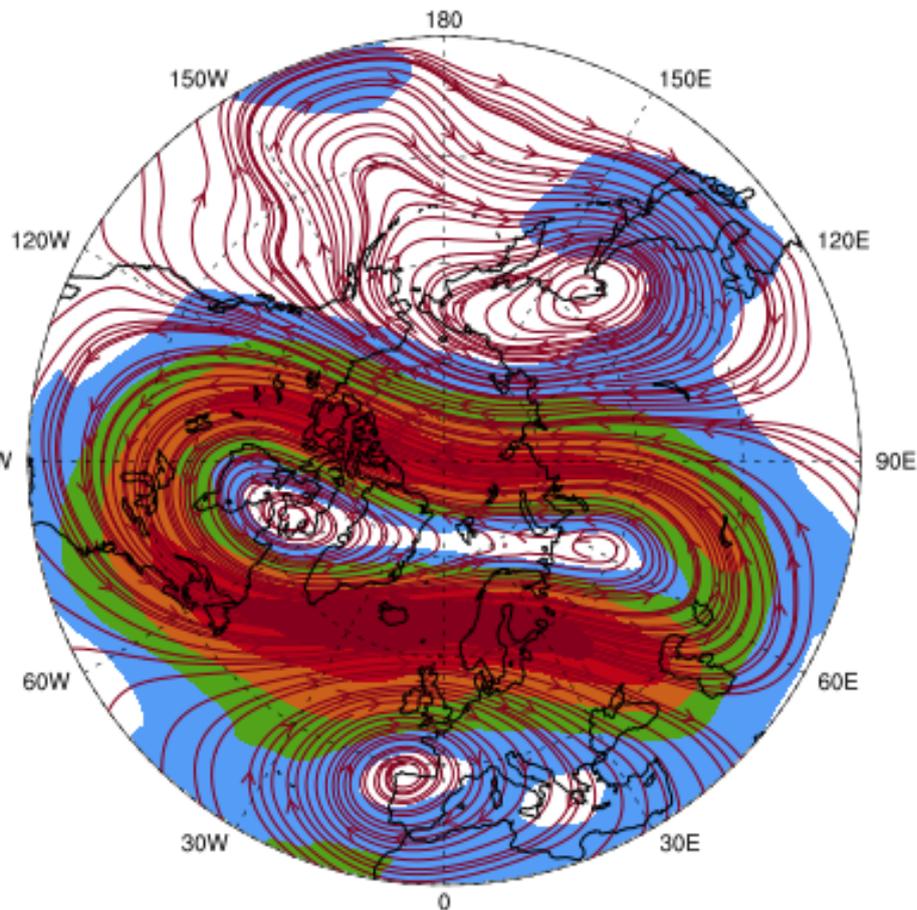
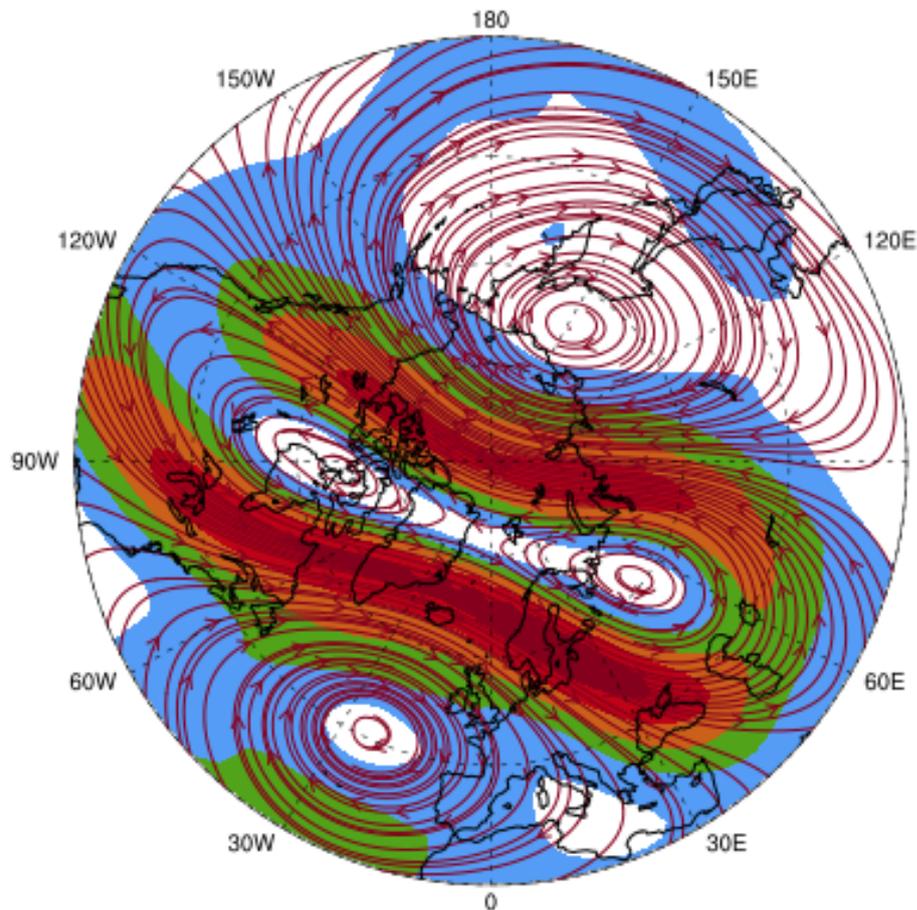


SLAV frc 2014 Jan.25 + 216 h

10hPa wind

Era 2014 Feb 3

10hPa wind



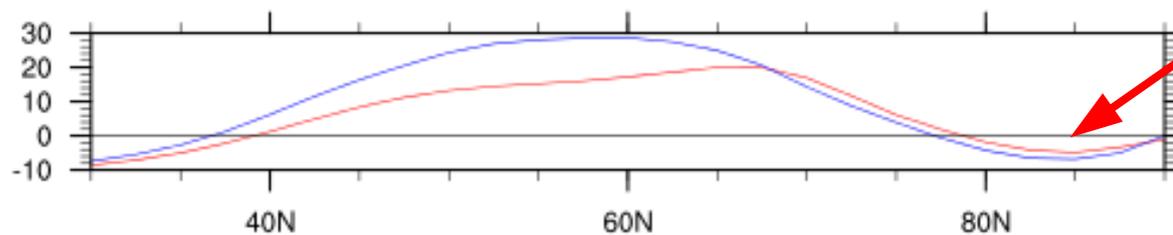
20 40 60 80 100 120

20 40 60 80 100 120

ПЛАН

ERA

**Прогноз на
216 часов**



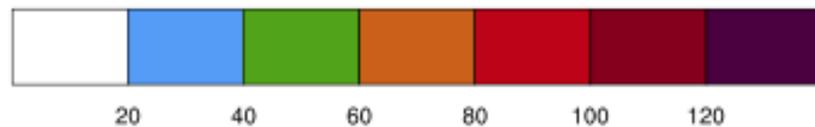
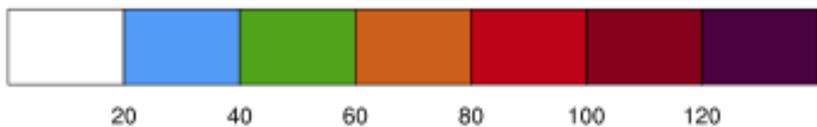
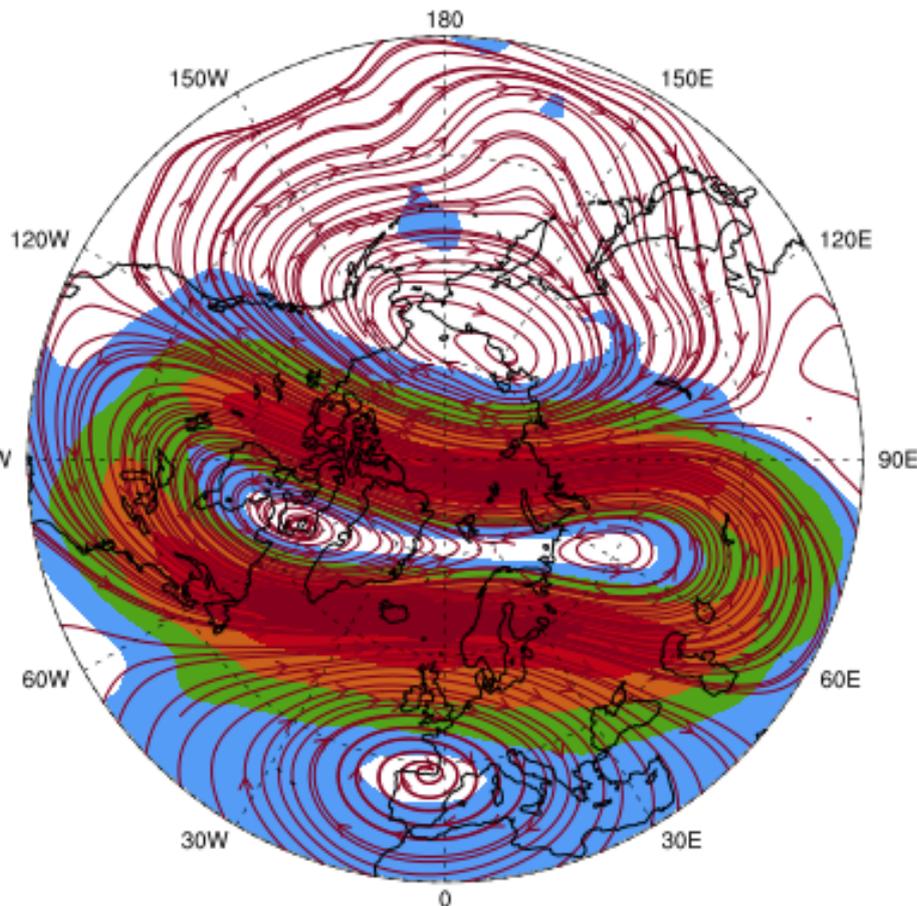
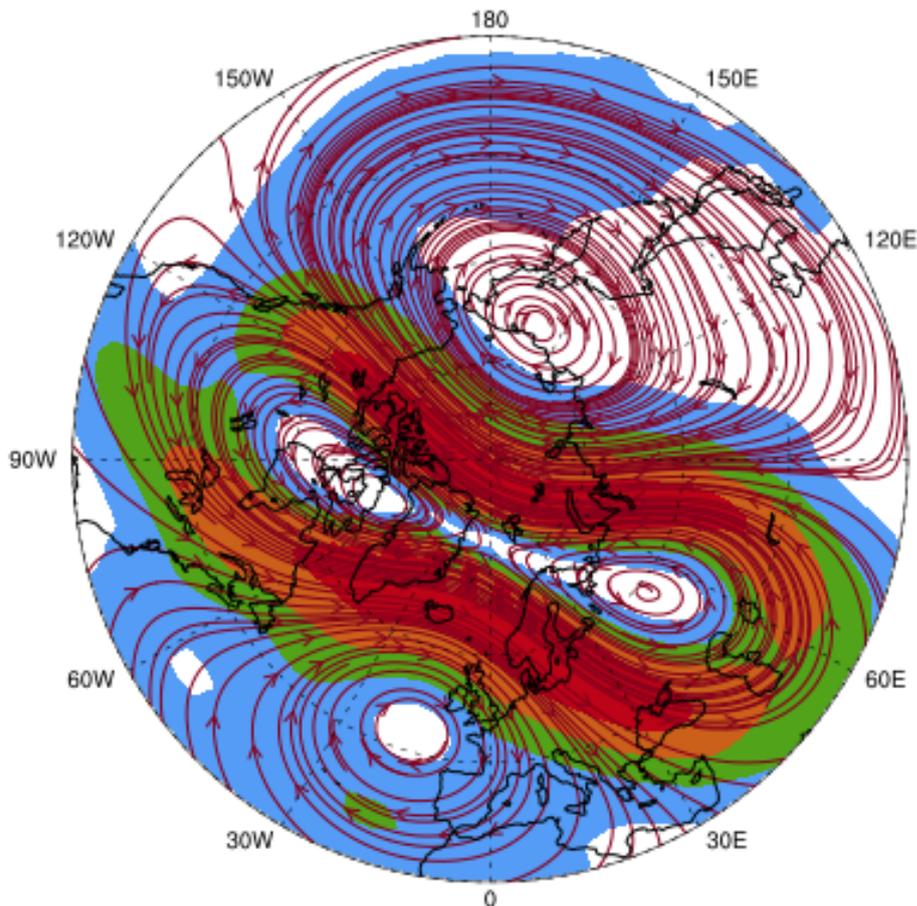
**Малое
ВСП**

SLAV frc 2014 Jan.25 + 264 h

10hPa wind

Era 2014 Feb 5

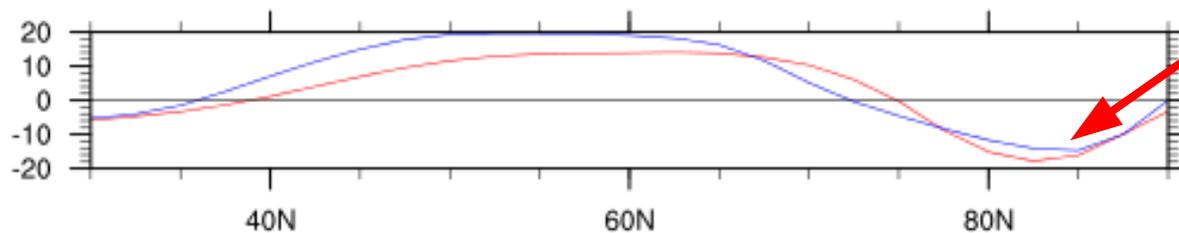
10hPa wind



ПЛАВ

ERA

**Прогноз на
264 часа**



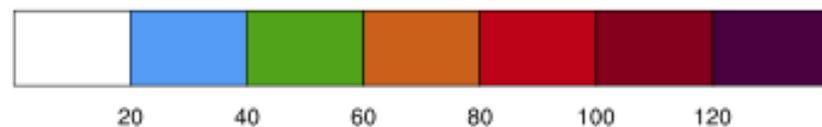
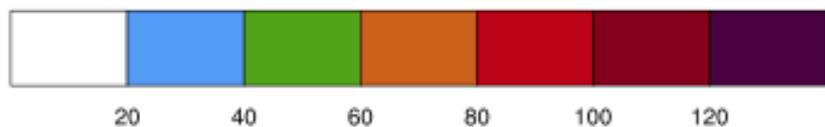
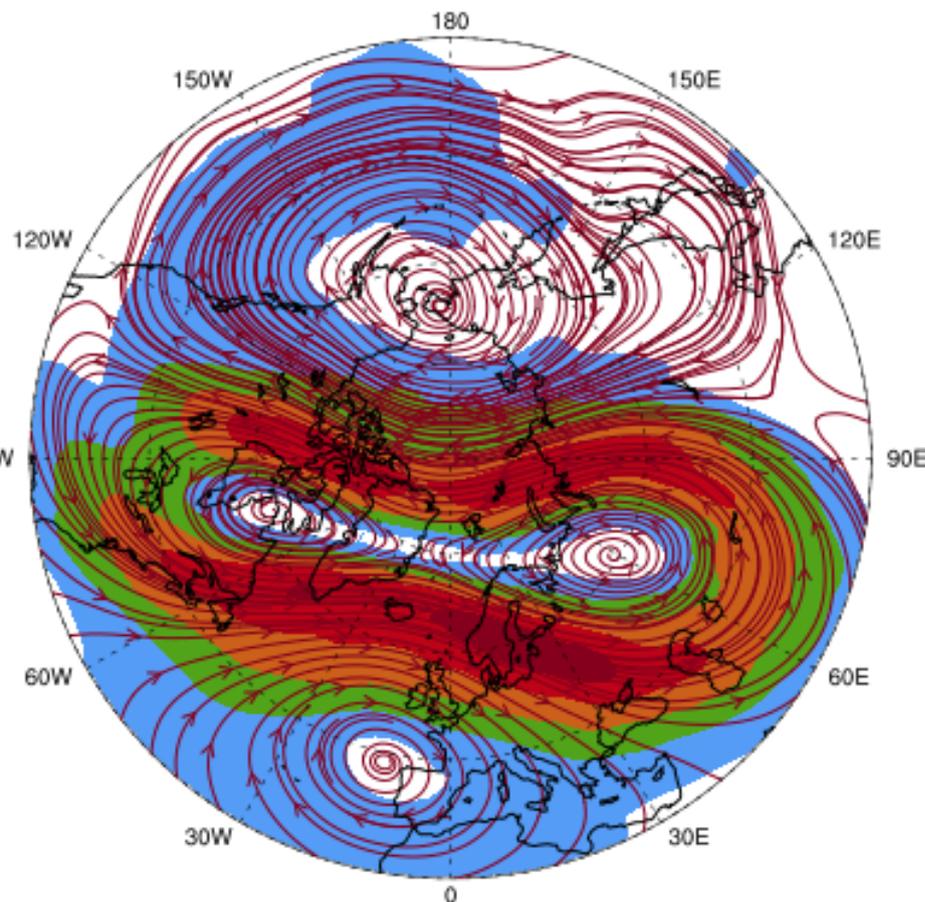
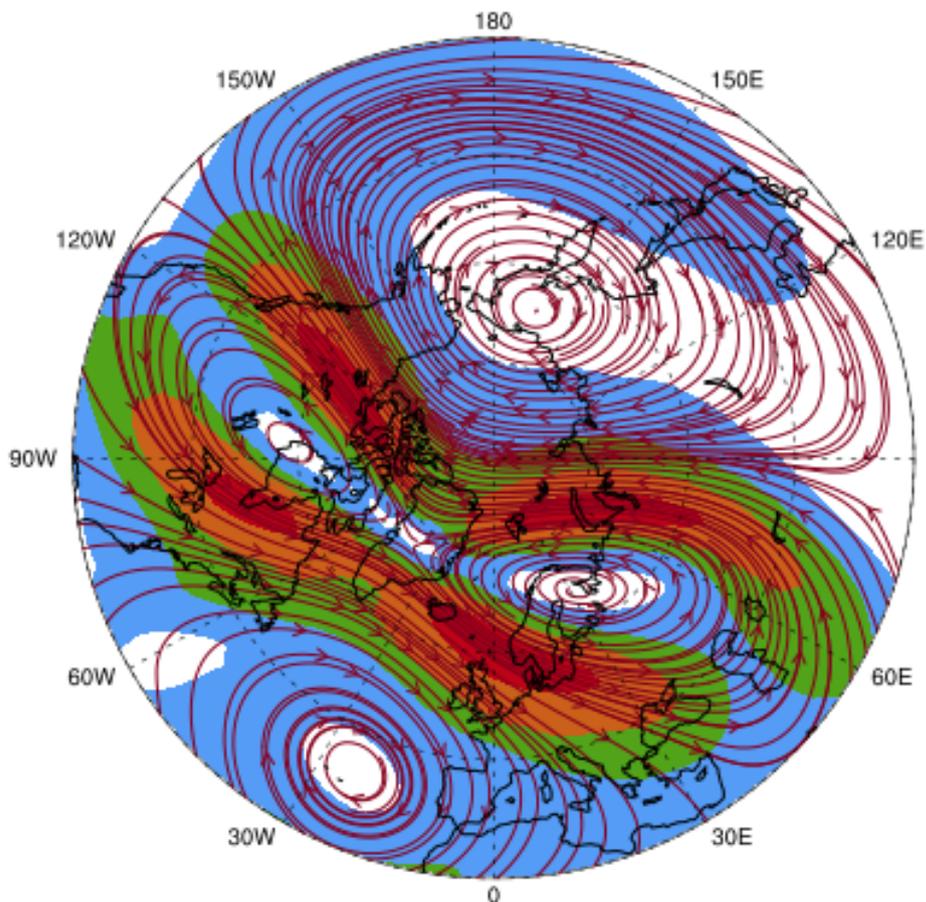
**Малое
ВСП**

SLAV frc 2014 Jan.25 + 312 h

10hPa wind

Era 2014 Feb 7

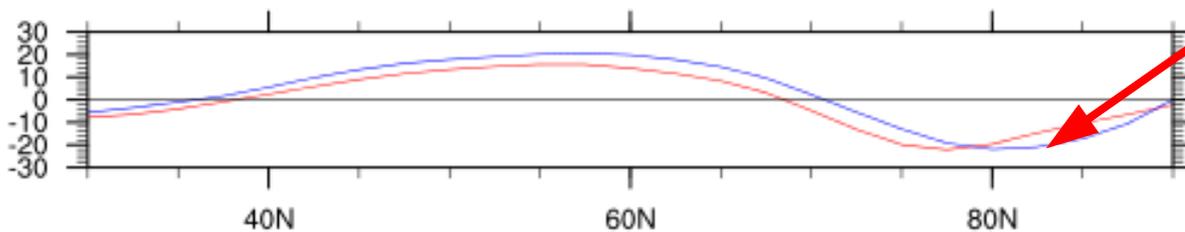
10hPa wind



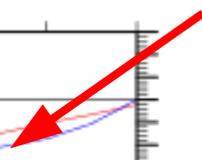
ПЛАВ

ERA

**Прогноз на
24 часа**



**Малое
ВСП**

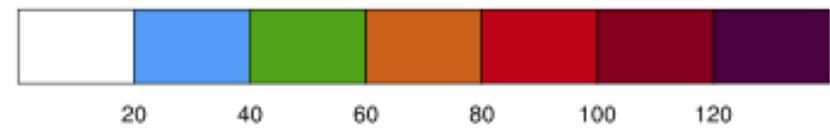
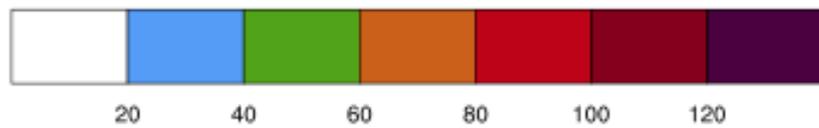
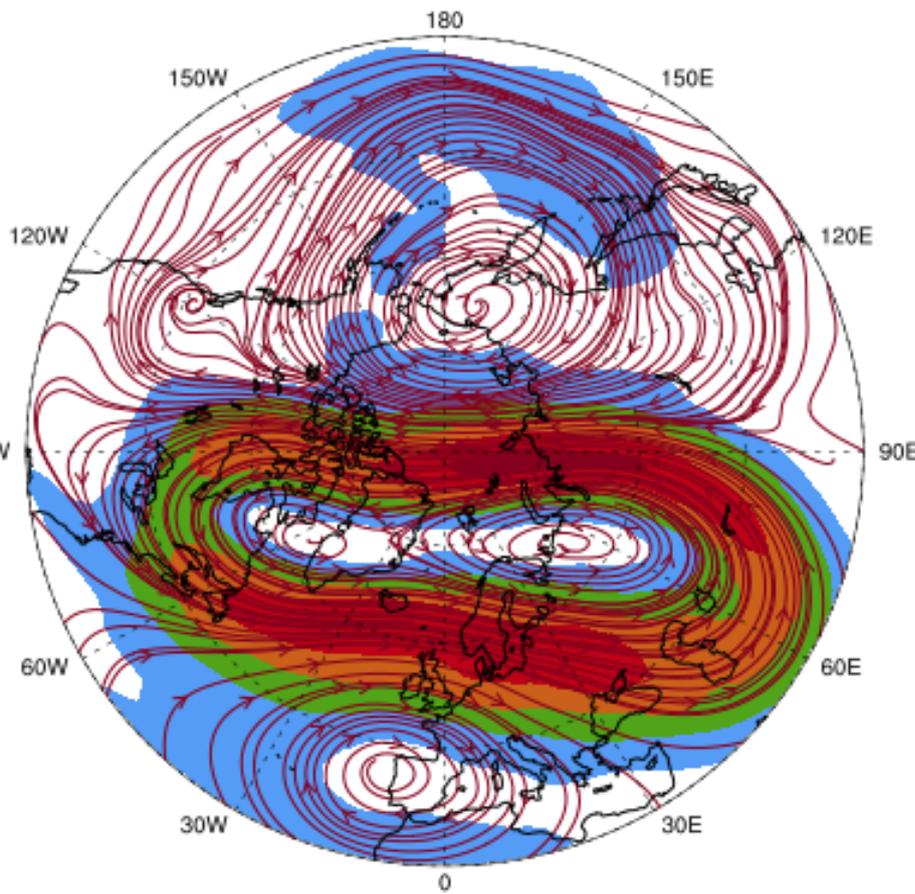
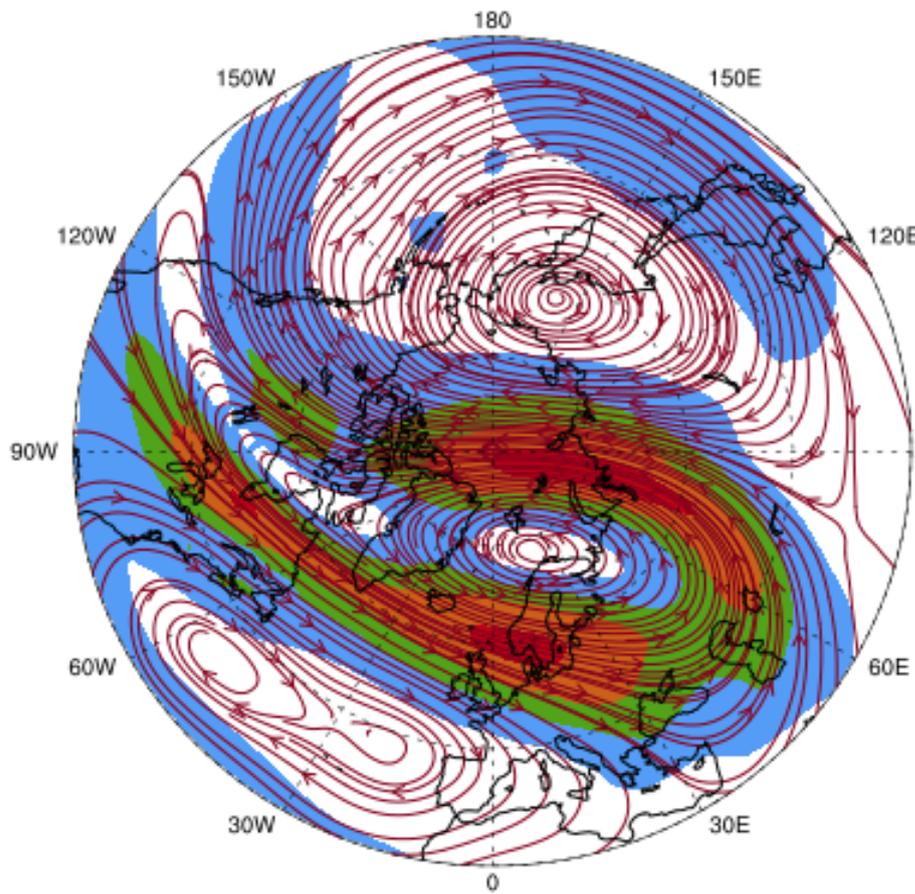


SLAV frc 2014 Jan.25 + 360 h

10hPa wind

Era 2014 Feb 9

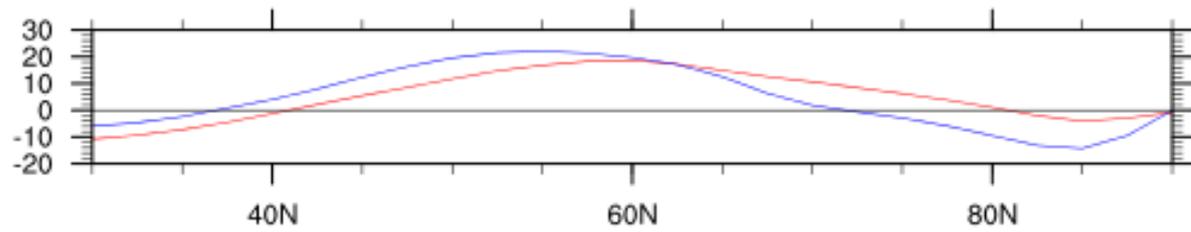
10hPa wind



ПЛАВ

ERA

**Прогноз на
360 часов**



Спасибо за внимание!

Работа была поддержана:
РНФ-14-27-00126
Программа №8 Президиума РАН

Благодарности:
Павел Варгин, ЦАО
Ростислав Фадеев, ИВМ РАН

