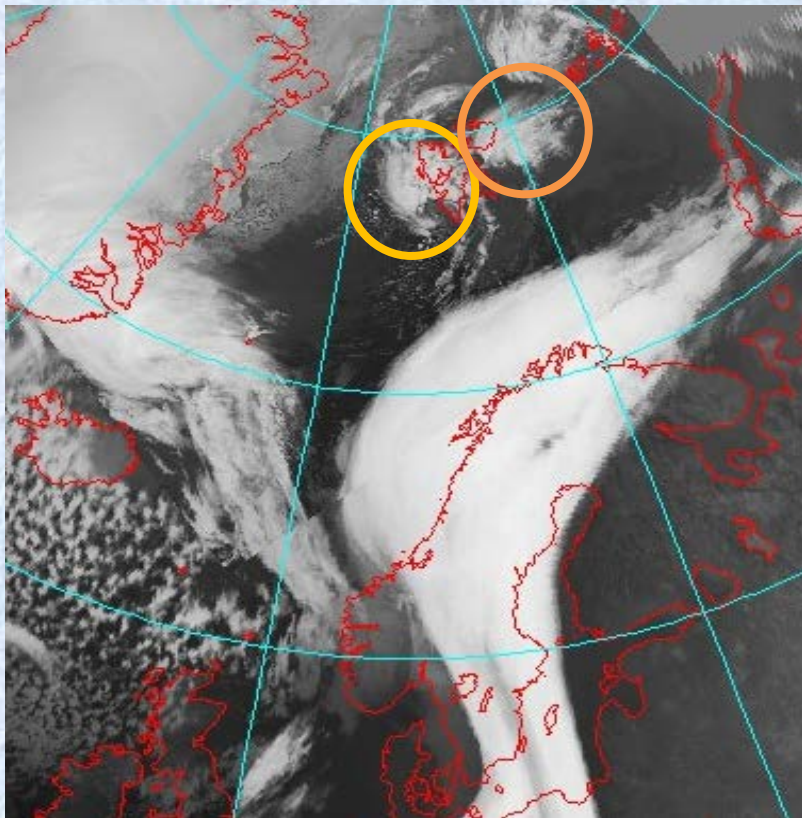


Анализ влияния изменения границы морского льда на полярные циклоны по данным модели ICON

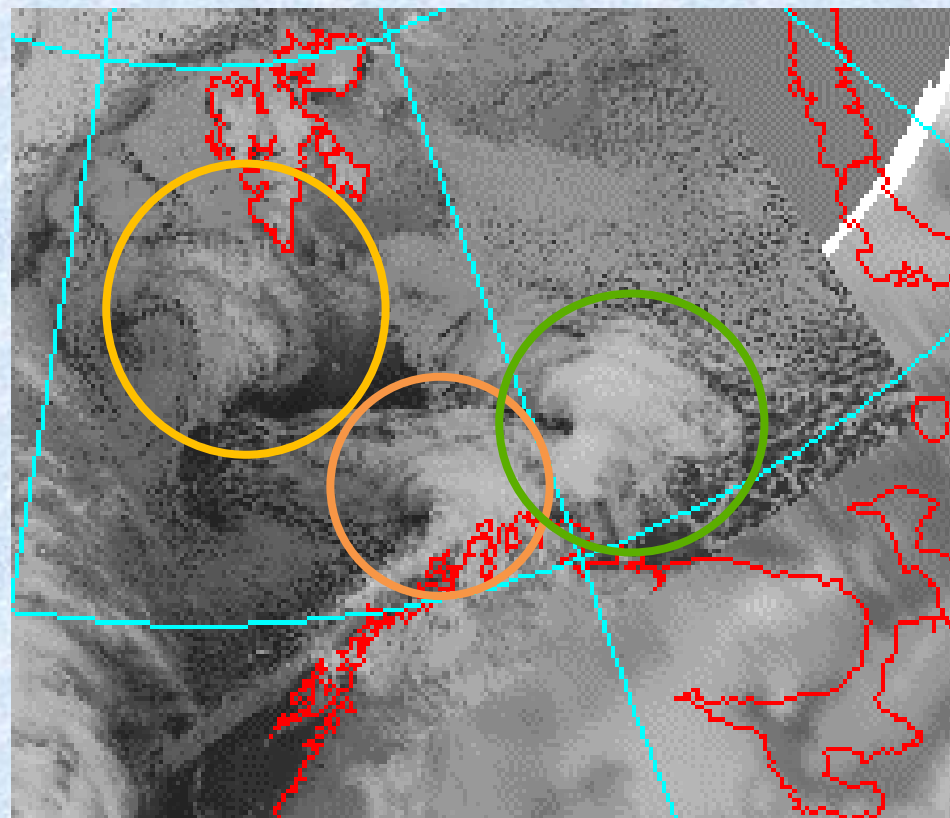
Никитин М.А., Ревокатова А.Ю., Ломакин И.Р. (ФГБУ «Гидрометцентр России»),

Актуальность темы

Полярный мезомасштабный циклон (ПМЦ) - небольшой, но очень интенсивный циклон, формирующийся над морем к северу от полярного фронта



13 ч. ВСВ 17.03.2022

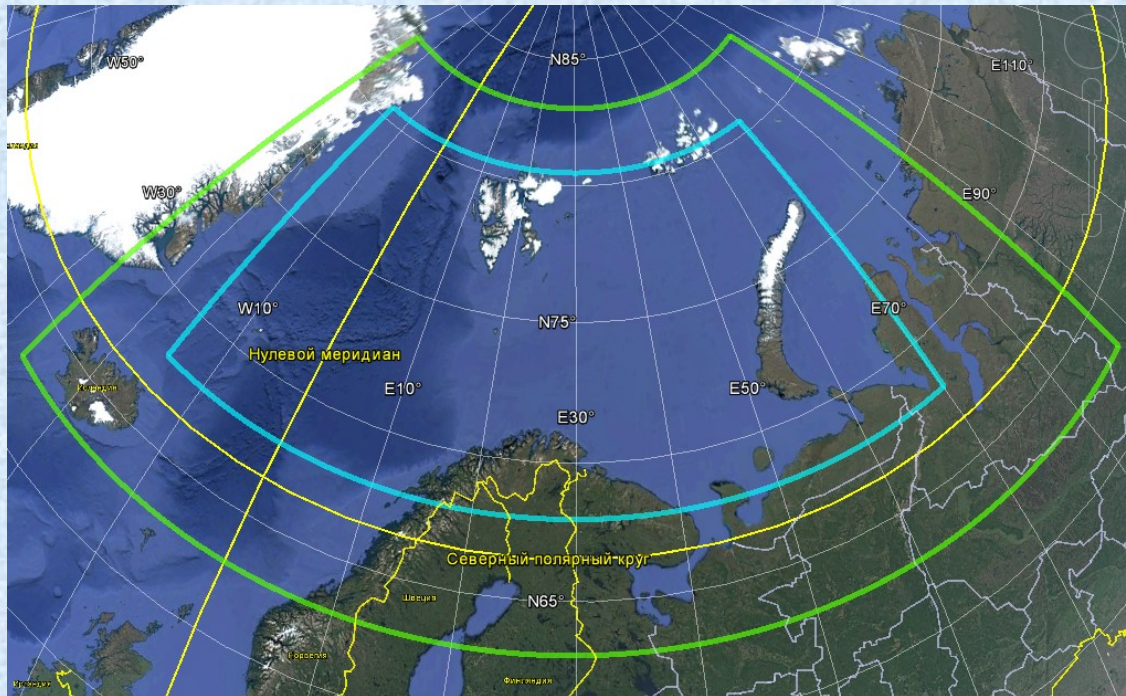
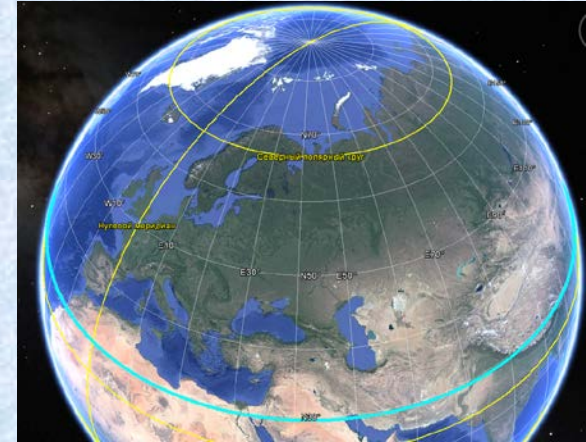


13 ч. ВСВ 06.01.2024

Численное моделирование с помощью ICON-Ru

Начальные и граничные условия:

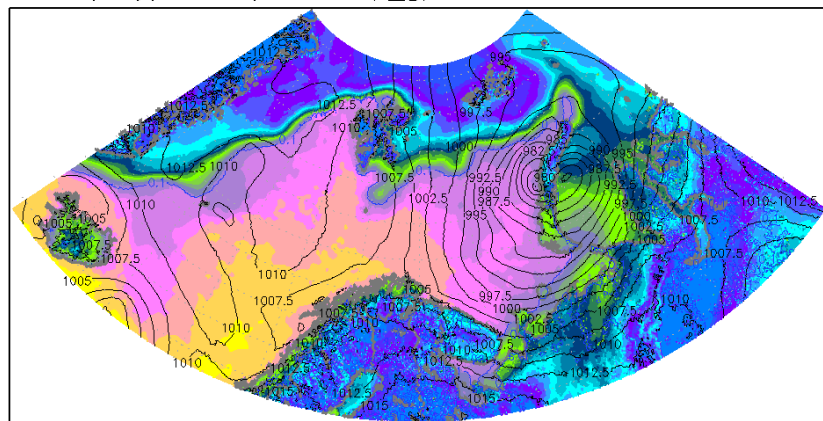
- Глобальная модель ICON (шаг сетки 13,2 км)
- Вложенная модель N29.5 (шаг сетки 6,6 км)
- Ежедневно считается в ГМЦ



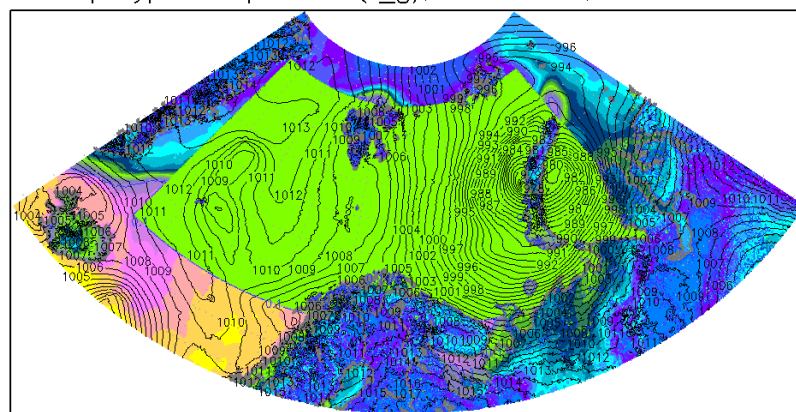
- Домен WestArctic
- Шаг по пространству 2,0 км, шаг по времени 20 с
- 2 миллиона 140 тысяч узлов
- 74 уровня по вертикали
- Голубым выделена область изменения параметров льда

Численные эксперименты по изменению ледяного покрова

Температура поверхности (t_g), WestArctic, 12Z05JAN2024

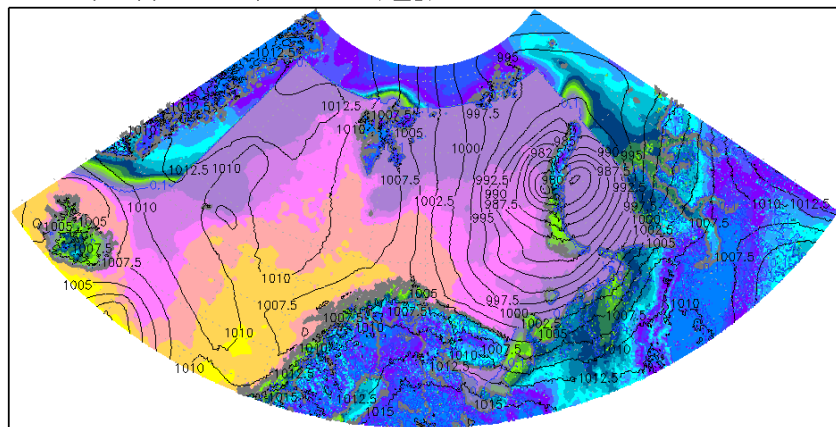


Температура поверхности (t_g), WestArctic, 12Z05JAN2024



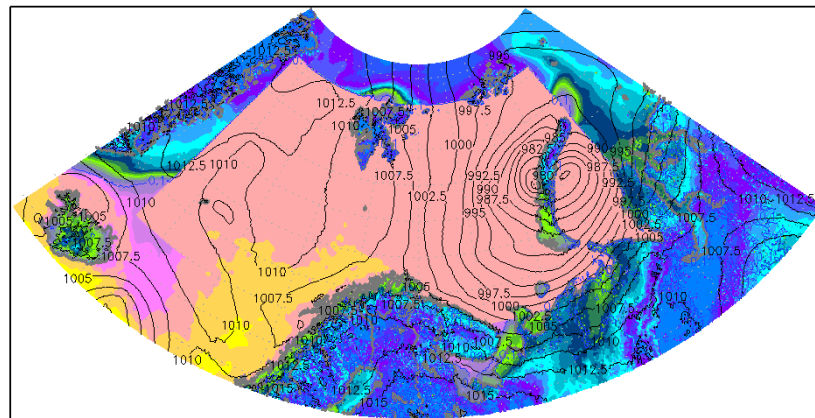
Контрольный эксперимент

Температура поверхности (t_g), WestArctic, 12Z05JAN2024



Эксперимент с наращенным льдом (IceBuild)

Температура поверхности (t_g), WestArctic, 12Z05JAN2024

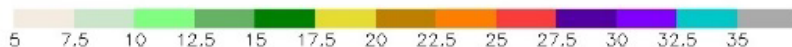
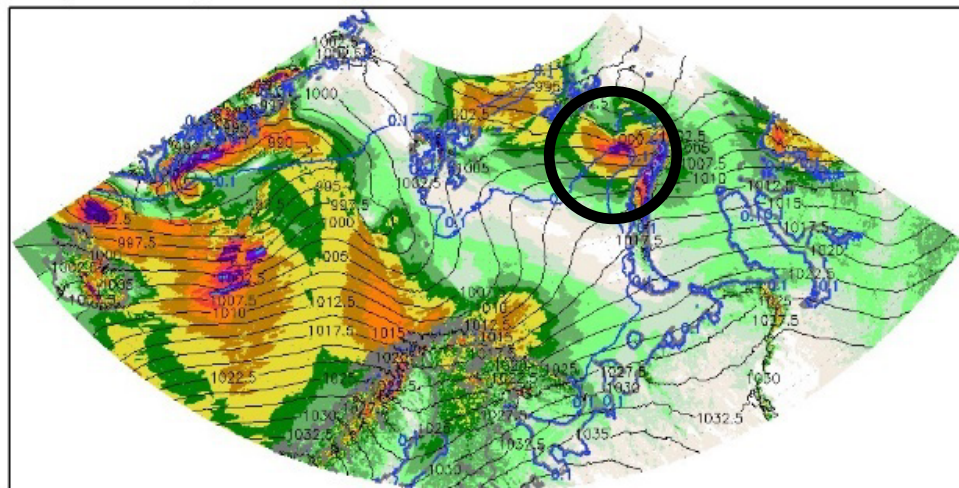


Эксперимент безо льда (IceCut)

Безо льда и с повышением ТПО (IceCutTemp5)

Скорость порывов ветра (контрольный эксперимент)

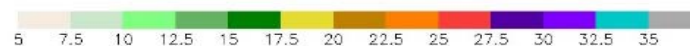
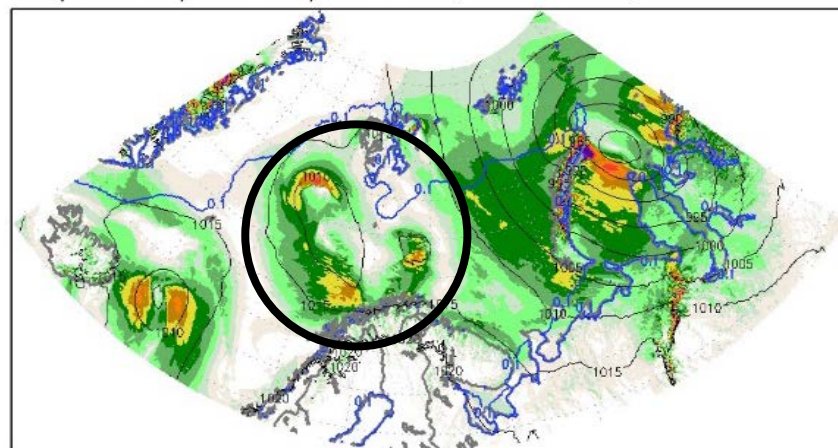
Скорость порывов ветра и PMSL, WestArctic, 12Z18MAR2022



- Прогноз от 12 ВСВ 5 января 2024 на 23 часа
- 2 ПМЦ вышли к побережью Норвегии, а третий – к о. Колгуев
- Модель воспроизвела повышение скорости ветра на станциях Варандей и Индига, но с запаздыванием

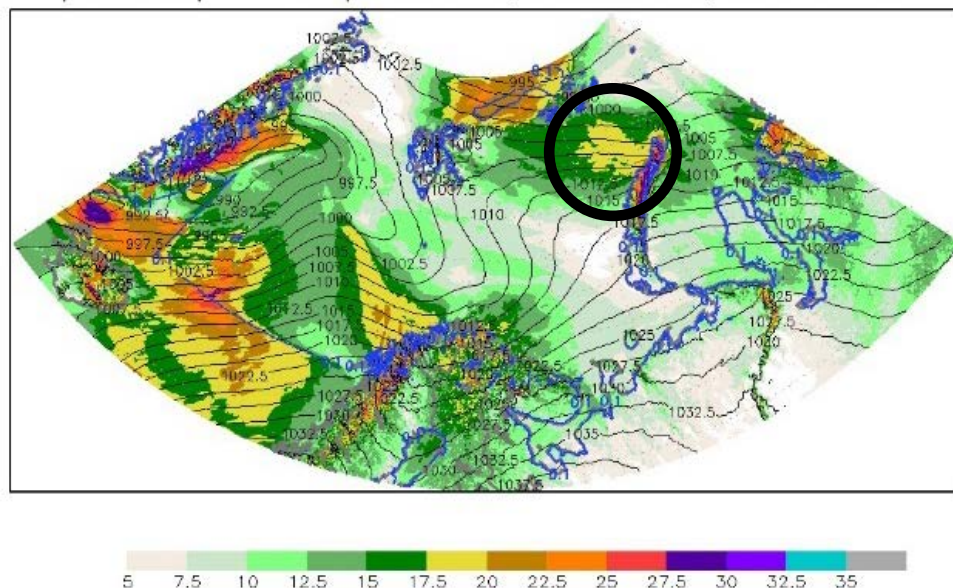
- Прогноз от 02 ВСВ 17 марта 2022 на 34 часа
- ПМЦ сформировался в Норвежском море, прошёл вдоль побережья Шпицбергена и двигался к Новой земле надо льдом
- Модель воспроизвела повышение скорости ветра на станциях Эдж и Хорсунн

Скорость порывов ветра и PMSL, WestArctic, 11Z06JAN2024



Скорость порывов ветра (IceBuild)

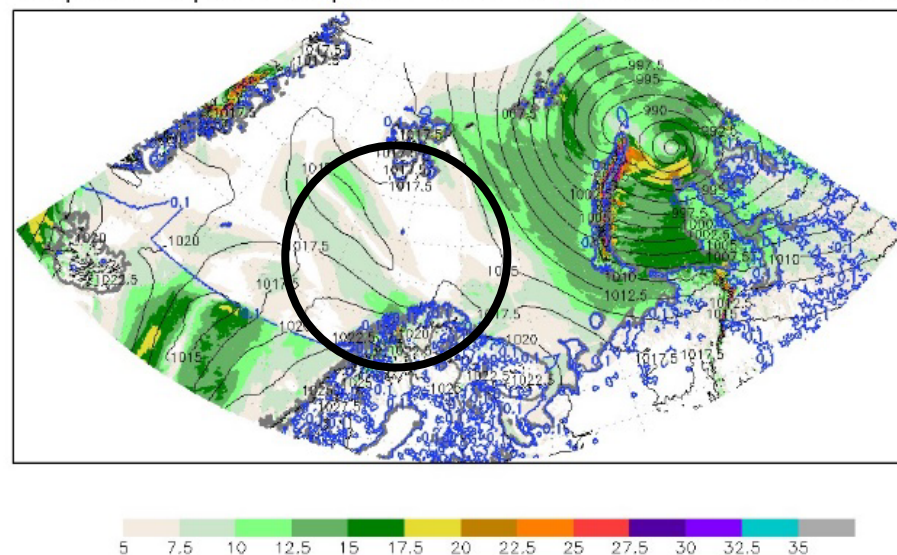
Скорость порывов ветра и PMSL, WestArctic, 12Z18MAR2022



- Прогноз от 02 ВСВ 17 марта 2022 на 34 часа
- Несмотря на то, что всё время своей жизни ПМЦ шёл надо льдом, повышение скорости порывов ветра **сохраняется**.

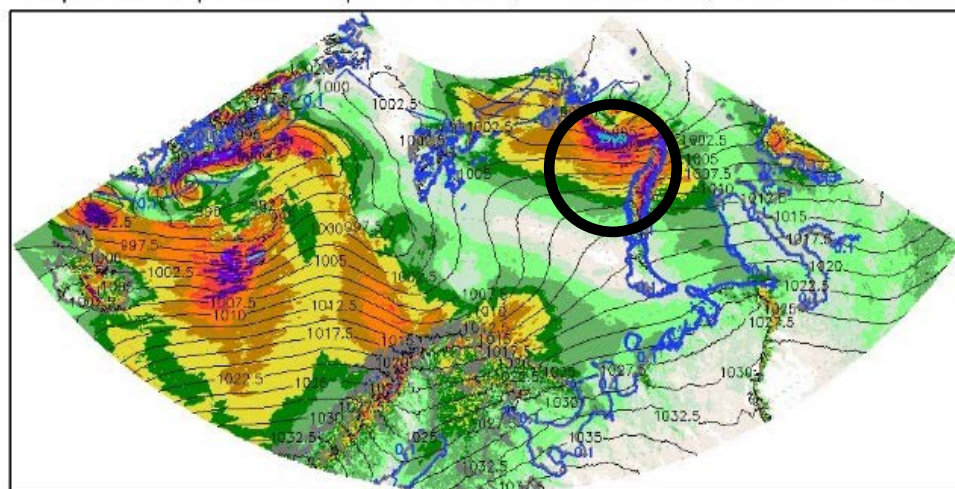
- Прогноз от 12 ВСВ 5 января 2024 на 23 часа
- В отличие от мартовского случая, не наблюдается никаких следов полярных циклонов

Скорость порывов ветра и PMSL, WestArctic, 20Z06JAN2024



Скорость порывов ветра (IceCutTemp5)

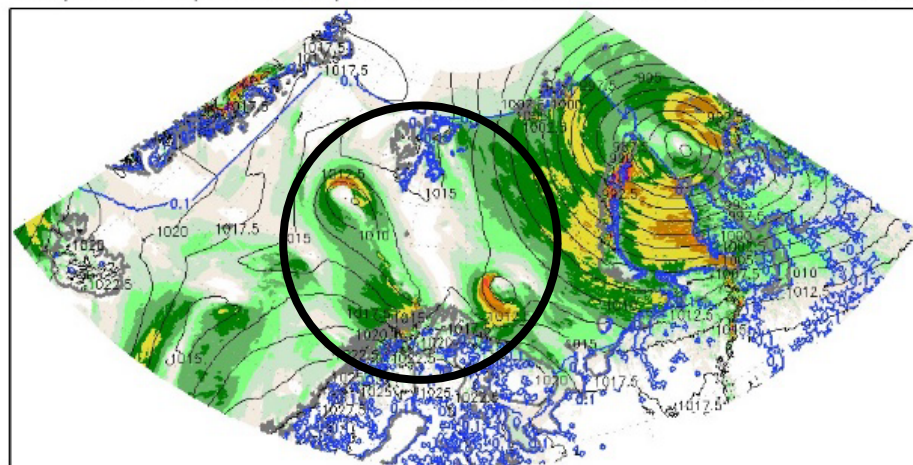
Скорость порывов ветра и PMSL, WestArctic, 12Z18MAR2022



- Прогноз от 02 ВСВ 17 марта 2022 на 34 часа
- При повышении температуры воды ПМЦ существенно интенсифицировался.
- Повышение скорости порывов ветра достигает **5 м/с**

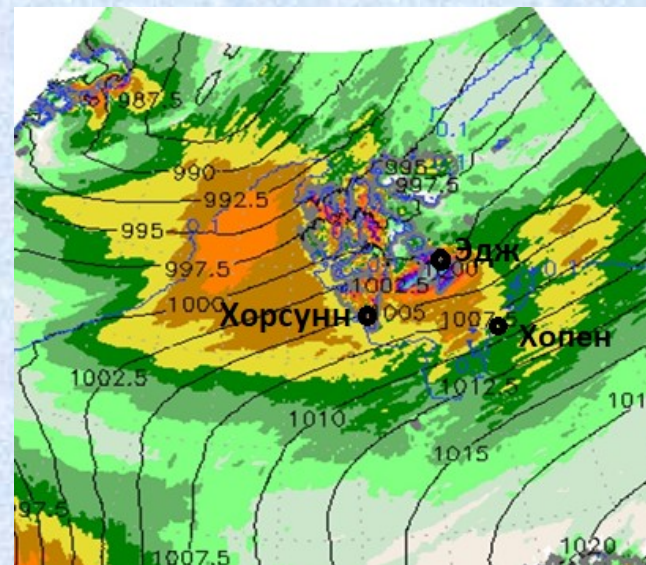
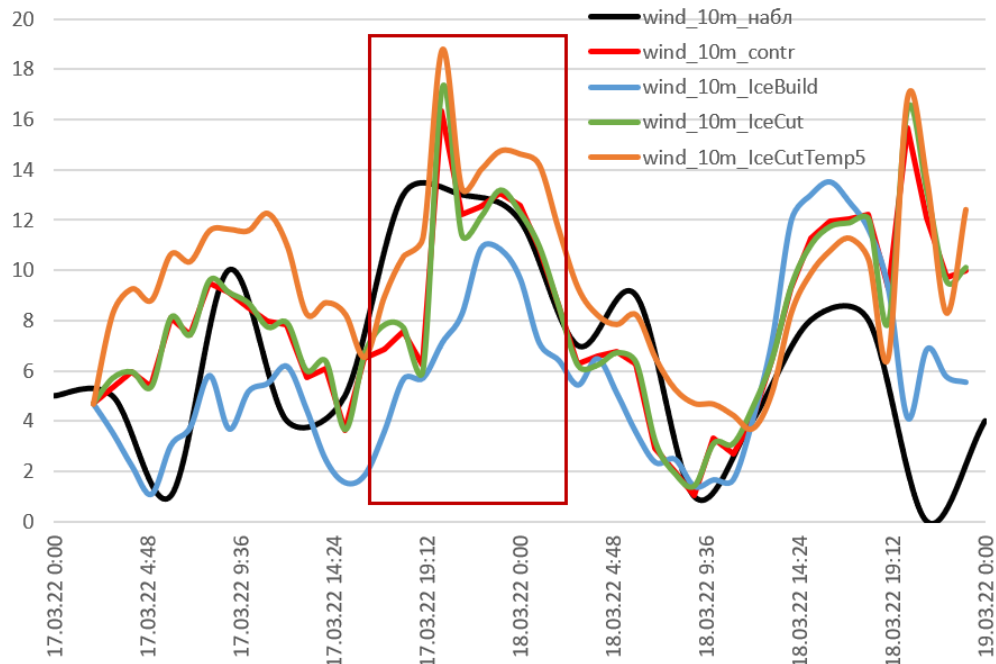
- Прогноз от 12 ВСВ 5 января 2024 на 23 часа
- Незначительное усиление скорости порывов ветра и небольшое изменение траекторий ПМЦ
- В эксперименте IceCut в обоих случаях существенные изменения отсутствуют

Скорость порывов ветра и PMSL, WestArctic, 20Z06JAN2024



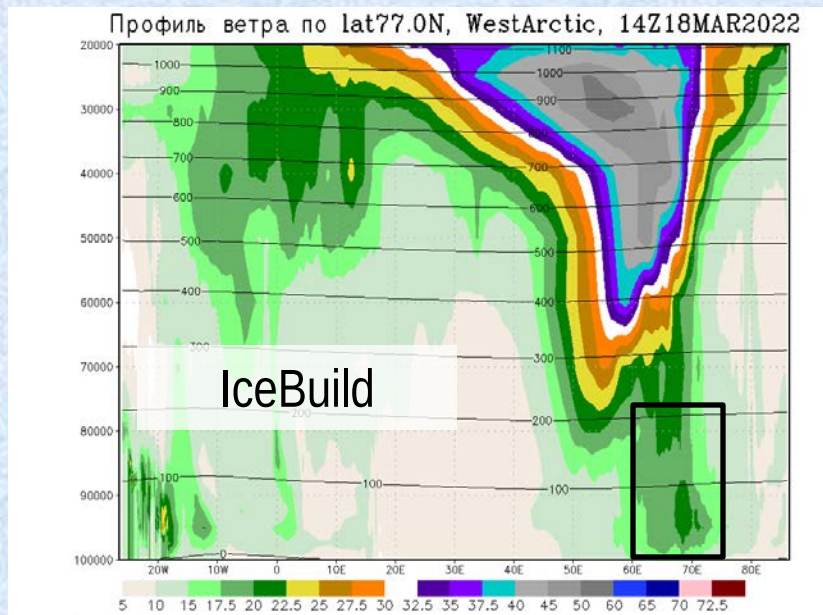
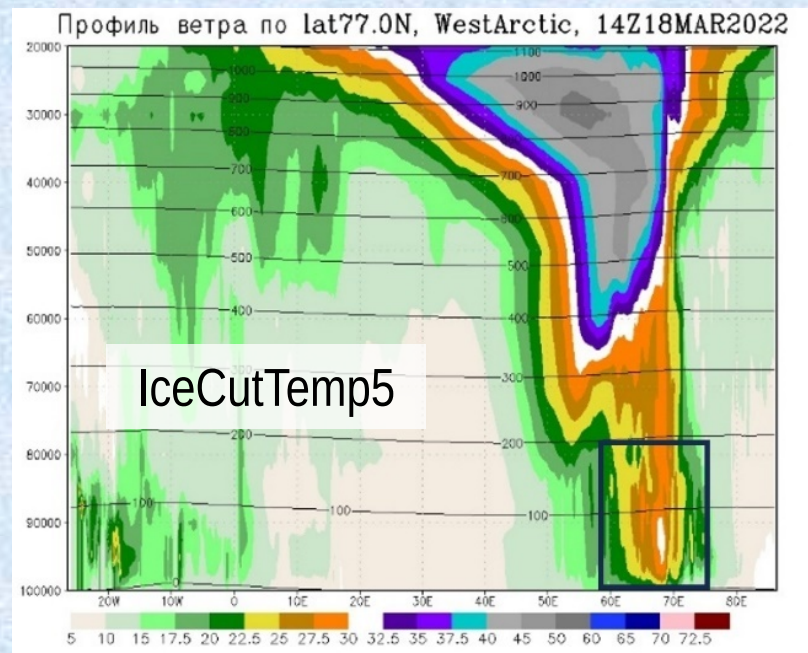
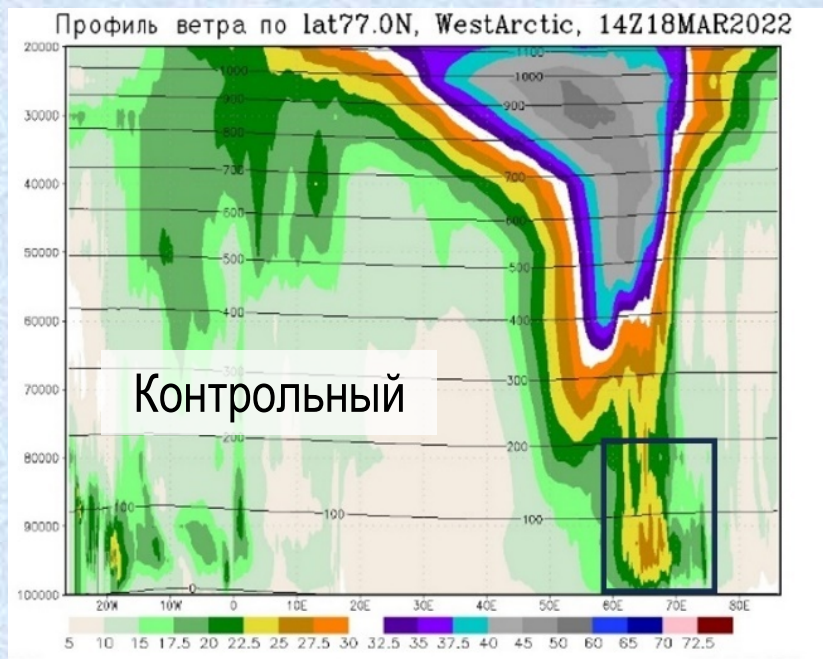
Сравнение со стационарными данными

Ветер на станции Хорсунд



- Прогноз от 02 ВСВ 17 марта 2022
- Модель воспроизводит наблюдаемое повышение скорости ветра.
- Скорости в контрольном и IceCut экспериментах практически не отличаются, но в эксперименте IceCutTemp5 скорости выше
- Скорость ветра в эксперименте IceBuild ниже, но она всё равно остаётся повышенной

Разрез скорости ветра вдоль направления движения ПМЦ



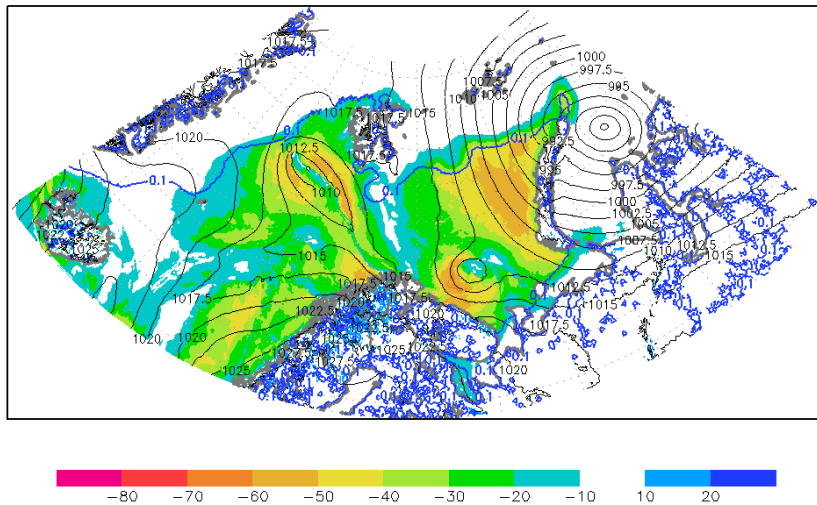
- Прогноз от 02 ВСВ 17 марта 2022 на 36 часов
- Прослеживается связь ПМЦ со струйным течением
- ПМЦ перемещается вслед за максимумами скорости струйного течения
- Даже в эксперименте IceBuild наблюдается повышение скорости ветра на высотах.

Сравнение иных характеристик (прогноз от 12 ВСВ 5 января 2024)

	IceBuild	IceCut	IceCutTemp5
Ts-T_H500	-2...-6 °C в зоне, где был лёд и -10...-15 °C над зоной, свободной ото льда	Различия возрастают по мере увеличения срока прогноза (до 10 °C на 56 часе.)	+10...+20 °C в зоне, где был лёд и -2...+6 °C над зоной, свободной ото льда
Потоки скрытого тепла	Нулевой поток (в контрольном -20...-30 Вт/м² , поверхность излучает). В ПМЦ +30...+100 Вт/м²	Над зоной, свободной ото льда, изменения незначительные и разнонаправленные. -100... - 50 Вт/м² в областях, где был лёд	Разнонаправленные изменения в ПМЦ. -100... -50 Вт/м² в областях, где был лёд
CAPE	В ПМЦ-2 и ПМЦ-3 -10...-20 Дж/кг , в ПМЦ-1 -20...-50 Дж/кг	На большей части территории изменения минимальны.	Местами в ПМЦ-1 +50...+100 Дж/кг ; , в ПМЦ-2 и ПМЦ-3 +20...+30 Дж/кг , в синоптическом циклона на востоке местами до +150 Дж/кг
Атм. давление	Повсеместный рост давления на 0.5-2 гПа, в центре ПМЦ увеличивается на 10 гПа	Незначительный рост в зоне прохождения ПМЦ-1 на 0.6-0.8 гПа , понижение на остальной территории на 1-2 гПа	Повсеместное снижение давления на 0.5-3 гПа, в центре ПМЦ снижается на 2-3 гПа , скорость перемещение снижается

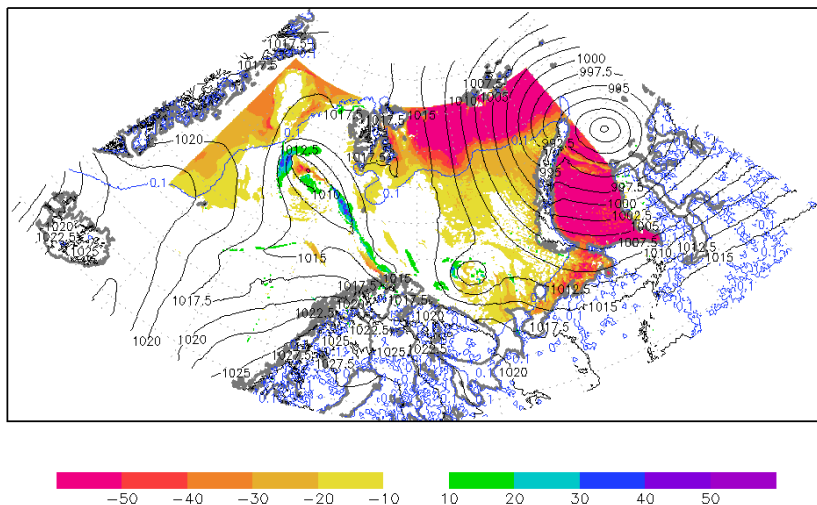
Потоки скрытого тепла

Поток скрытого тепла, WestArctic, 01Z07JAN2024



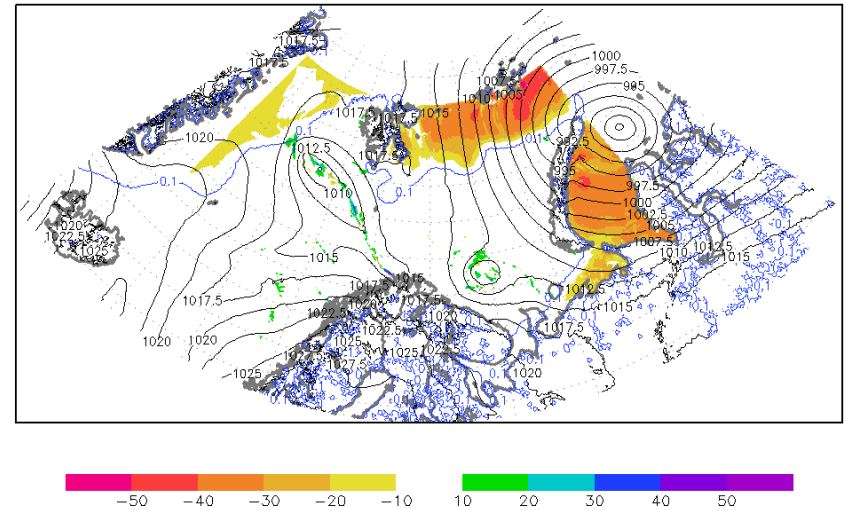
Контрольный

Разность потоков скрытого тепла, exp-ref,
WestArctic, 01Z07JAN2024



IceCutTemp5 - Контрольный

Разность потоков скрытого тепла, exp-ref,
WestArctic, 01Z07JAN2024



IceCut - Контрольный

- Прогноз от 12 ВСВ 5 января 2024 на 37 часов
- При отрицательном потоке поверхность излучает
- ПМЦ прослеживается в карте потоков явного и скрытого тепла
- В эксперименте IceBuild разность положительная (испаряет меньше), в IceCut – слабоположительная, в IceCutTemp5 – разнонаправленная.

Выводы

- Модель ICON-Ru реалистично воспроизводит процессы мезомасштабного циклогенеза в Арктике.
- В эксперименте с отсутствующим льдом характеристики полярного циклона меняются на удивление мало. Для их существенного изменения необходимо повысить температуру воды или же, напротив, нарастить лёд.
- Когда полярный циклон тесно связан со струйным течением, то он способен сохраниться даже в эксперименте с нарощенным льдом. Полярные циклоны, связанные с бароклинностью, не обладают подобной устойчивостью

Спасибо за внимание!