

Облачно-радиационные характеристики атмосферы во время холодных вторжений над Баренцевым морем по данным спутникового зондирования.

**Нарижная А.И.¹ Чернокульский А.В.¹ Чечин Д.Г.¹
Тимажев А.В.¹ Эзау И.Н.²**

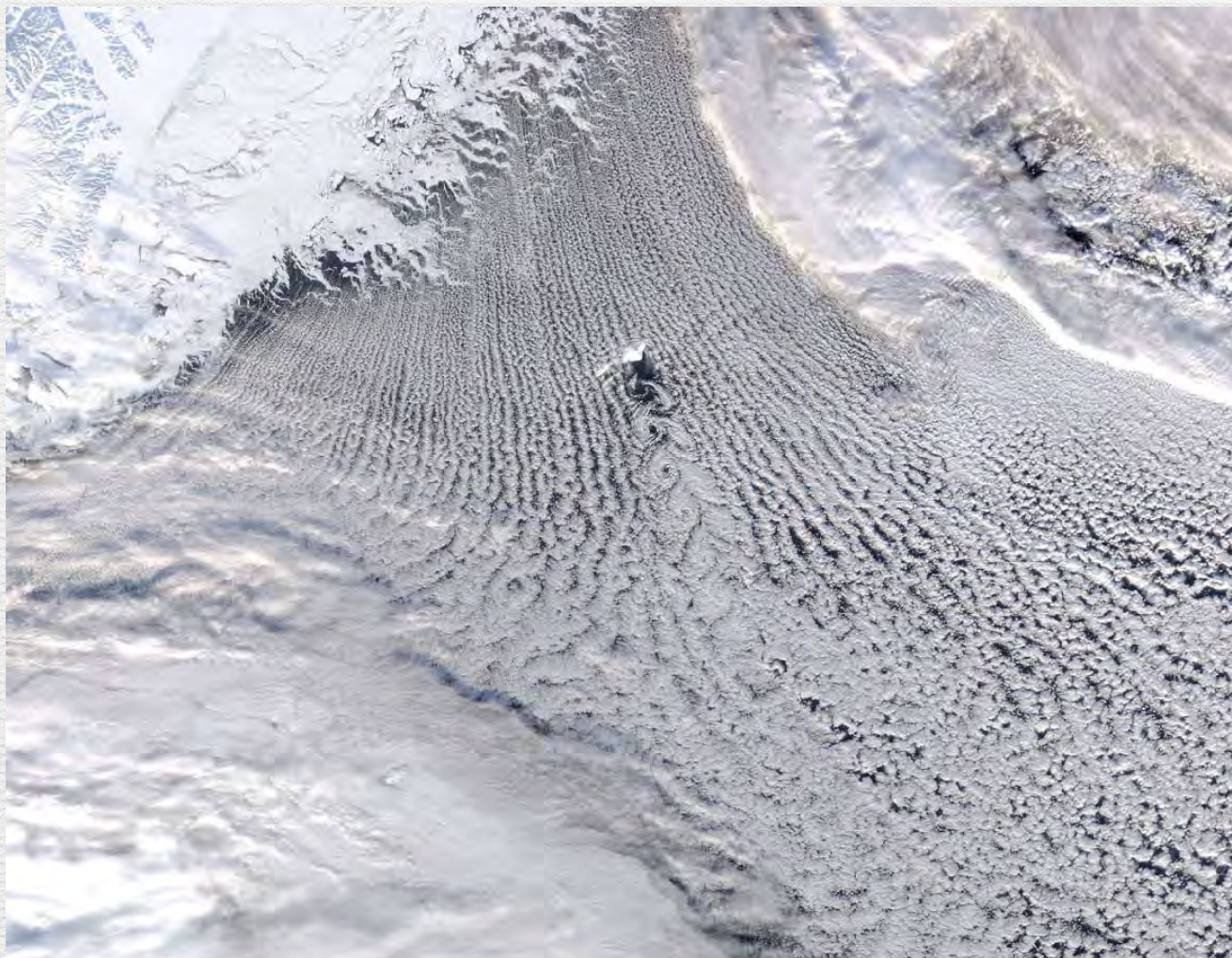
1 Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

2 Центр исследования окружающей среды и дистанционного зондирования
атмосферы им. Нансена, Берген, Норвегия

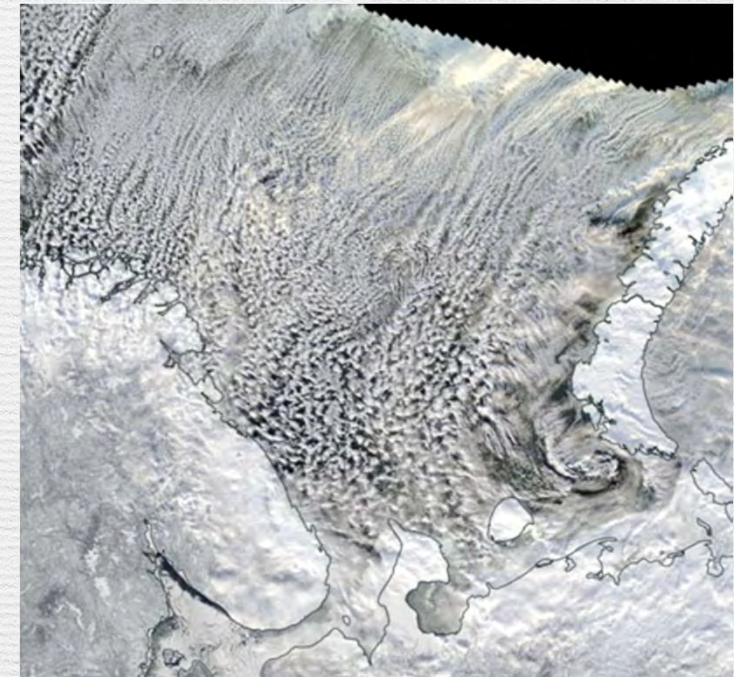
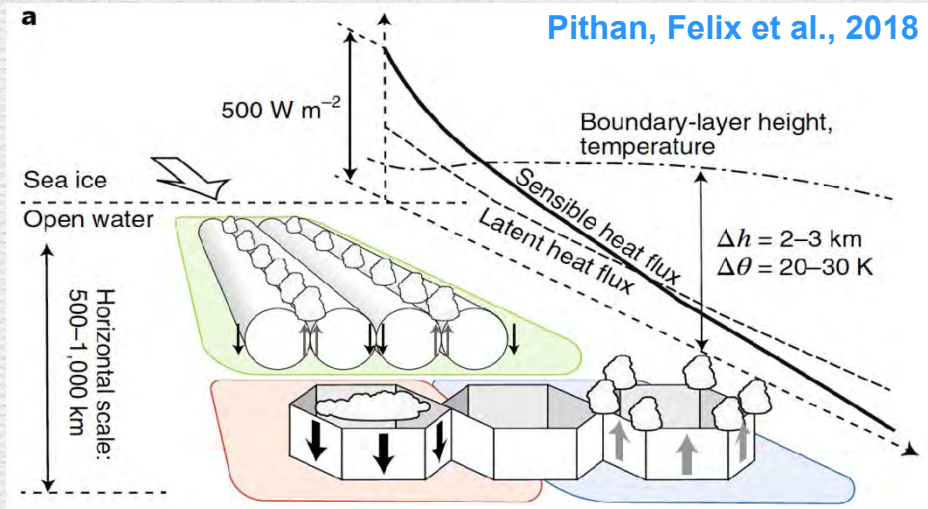
**Одиннадцатая международная Школа-семинар:
«Спутниковые методы и системы исследования
Земли».**

16.03 - 20.03.2020, г. Таруса

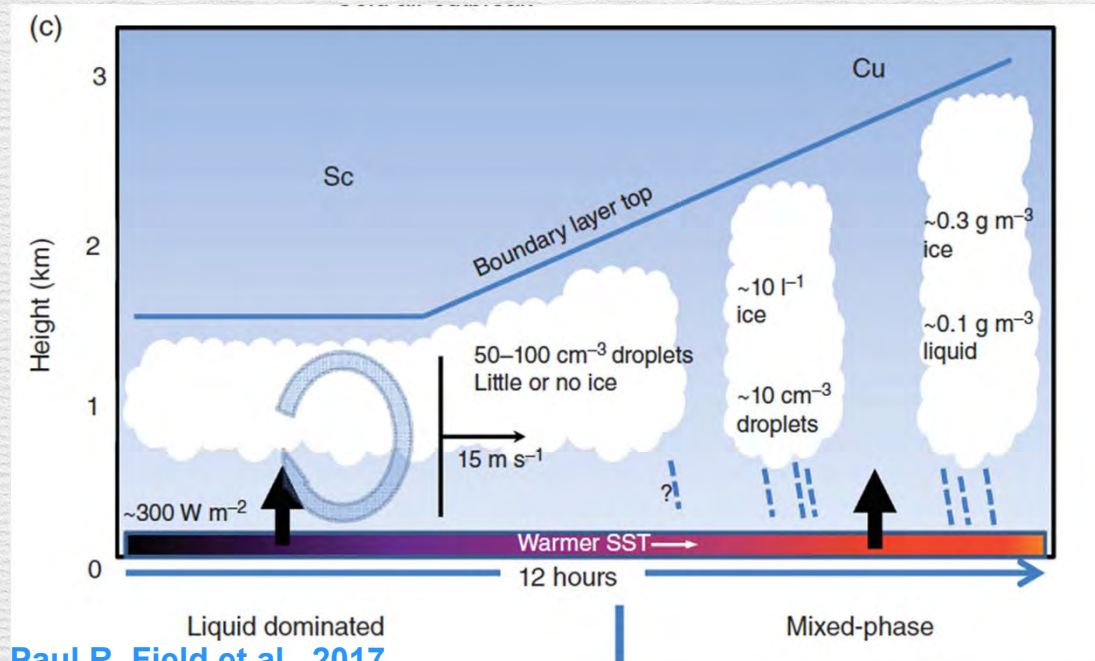
Холодные вторжения: (ХВ или MCAO-maritime cold air outbreaks) – быстрое распространение холодной арктической или континентальной воздушной массы на свободную ото льда поверхность океана.



Облачные структуры



Worldview.org



Paul R. Field et al., 2017

Актуальность

- С холодными вторжениями связаны **неблагоприятные и опасные** погодные условия: формирование полярных мезоциклонов, усиление ветра, резкое понижение температуры, интенсивные ливневые осадки. ХВ могут нанести экономический урон;
- Наиболее интенсивный теплообмен между океаном и атмосферой в холодные периоды года в высоких широтах осуществляется в ХВ (до 400 Вт/м²).
- Потоки явного тепла изучены достаточно хорошо, в то время как облачно-радиационные характеристики для ХВ **изучены слабо** – на данный момент существуют работы, освещающие единичные случаи ХВ (так называемые “case studies”), или ХВ за относительно небольшие промежутки времени.
- При воспроизведении ХВ в моделях может **не корректно** учитываться организация конвекции, происходящей при трансформации воздушной массы в ХВ, что может сказываться на неверных модельных оценках радиационных потоков в Арктике.

Задачи:

- & Выделение ХВ по данным реанализа;
- ♦ Ранжировка ХВ по интенсивности (слабые/средние/сильные) - создание каталога вторжений
- ♦ Анализ семейства случаев ХВ (климатология, годовой ход, межгодовая изменчивость);
- ♦ Анализ поля ветра в нижней тропосфере во время эпизодов ХВ.
- ♦ Изучение трансформации облачного покрова от начального до конечного момента времени наблюдения ХВ над выбранным регионом (композитный анализ облачных и радиационных характеристик конвективных образований);

Данные:

- ♦ Реанализ ERA-Interim (данные о потенциальной температуре, поле ветра, осадках). Период 1979–2018 гг, сетка $0,75^\circ \times 0,75^\circ$, сроки через каждые 6 часов.
- ♦ Данные спутниковых наблюдений (CERES) (данные о макро- (вертикальной и горизонтальной структуре облачного поля) и микро- (водность, ледность) характеристиках облаков, данные о радиационных потоках и облачно-радиационном воздействии), период 2000–2018 гг, часовое разрешение.
- ♦ Спутниковые данные о концентрации морского льда из архива NSIDC пакета Bootstrap. Данные объединяются в полярную стереографическую сетку (25 x 25 км), предоставляются в суточном разрешении.

Методика выделения вторжений

Индекс М: $M = \theta_{skt} - \theta_{800}$ Fletcher et al, 2016

$$\theta_{skt} = T_{skt} \left(\frac{P_0}{P_{msl}} \right)^{0,288}$$

$$\theta_{800} = T_{800} \left(\frac{P_0}{P_{800}} \right)^{0,288}$$

P_{msl} = mean sea level pressure

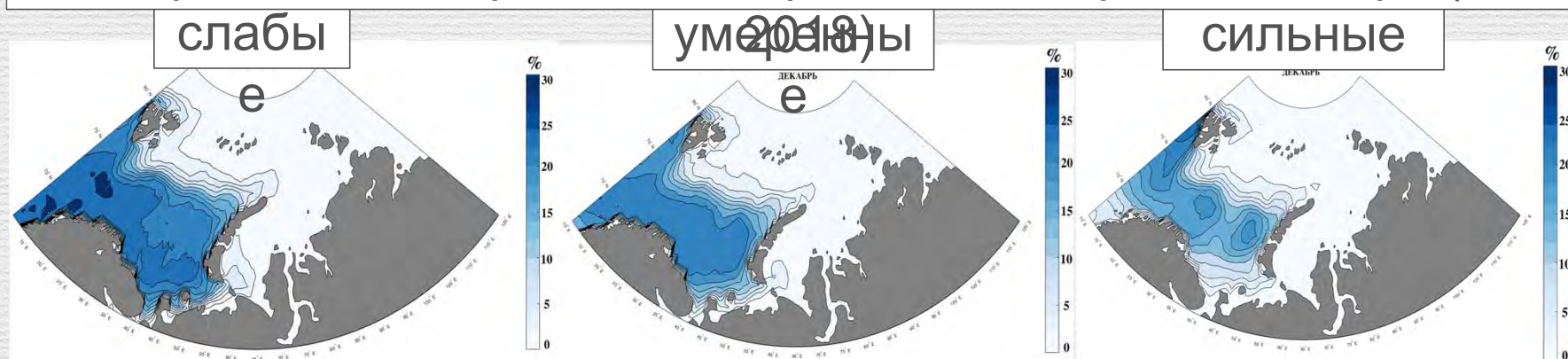
P_{800} = 800 hPa

События ХВ - области с $M > 0$ К, не менее 8 связанных ячеек определенной интенсивности

Ранжировка ХВ по интенсивности:

- слабые $0 < M \leq 3$ К
- умеренные $3 < M \leq 6$ К
- сильные $6 < M$ К

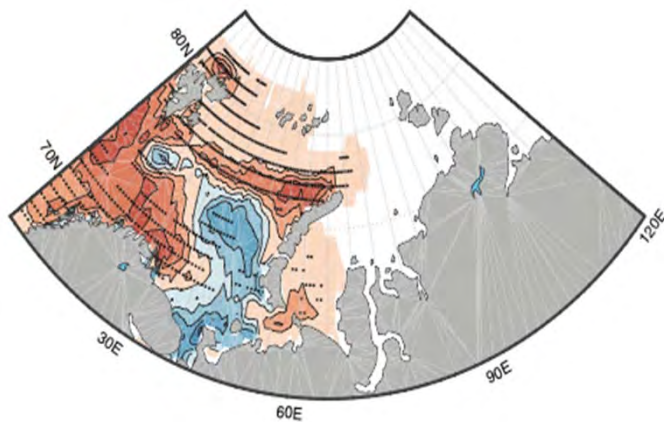
Повторяемость вторжений в Баренцевом море за декабрь (1979-



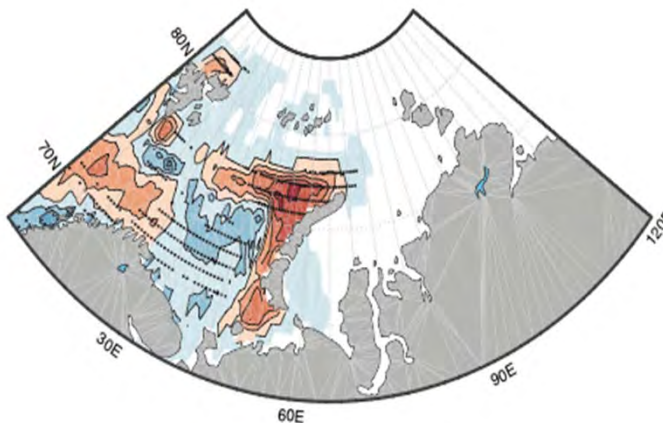
Тренд повторяемости, западные моря

Слабые вторжения

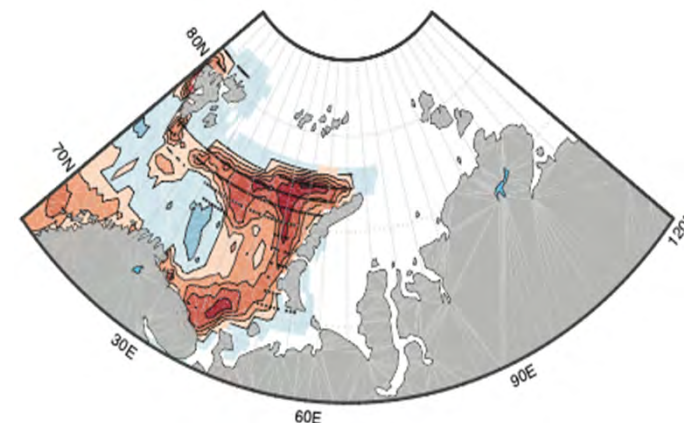
Декабрь



Январь

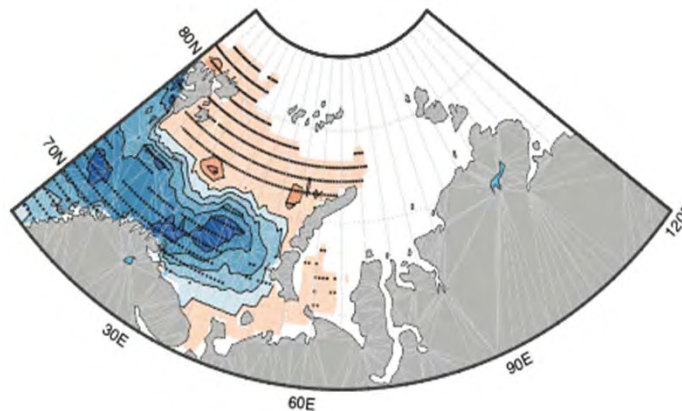


Март

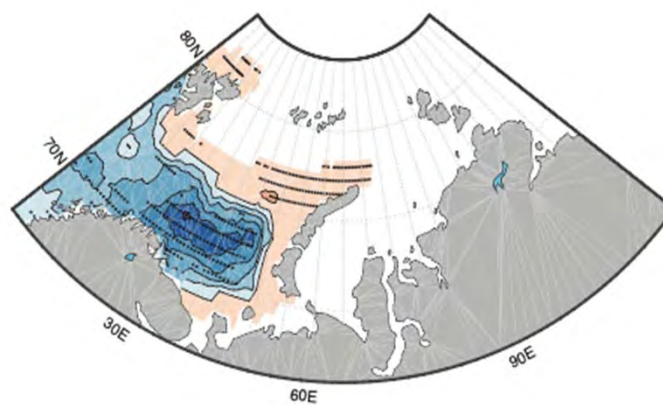


Сильные вторжения

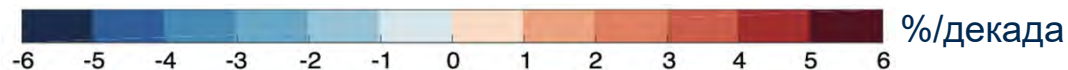
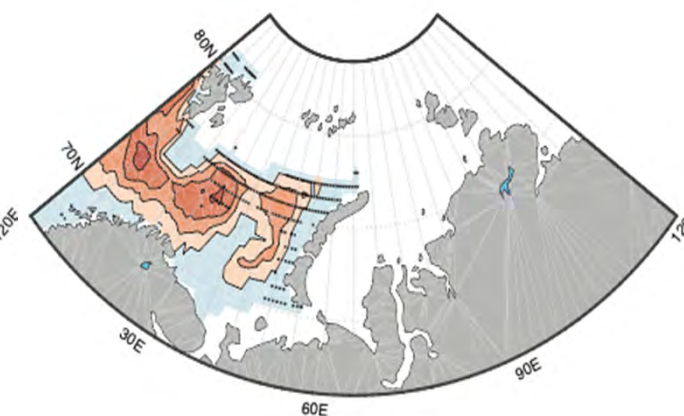
Декабрь



Январь

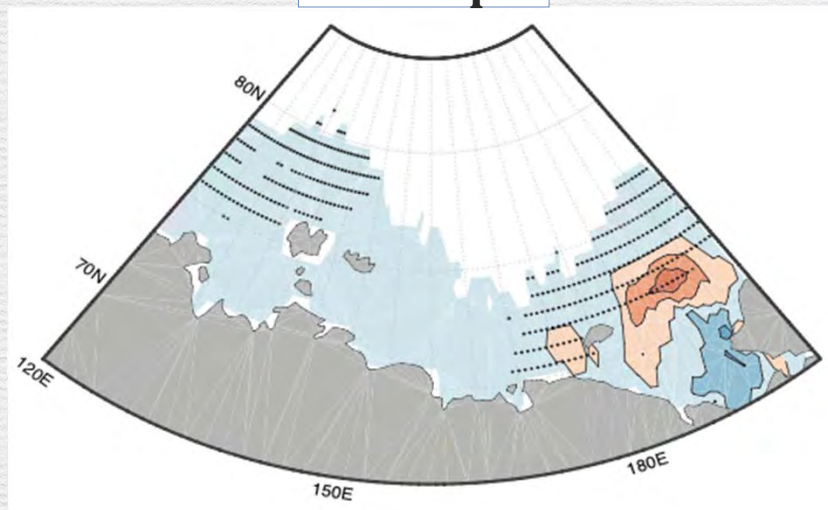


Март

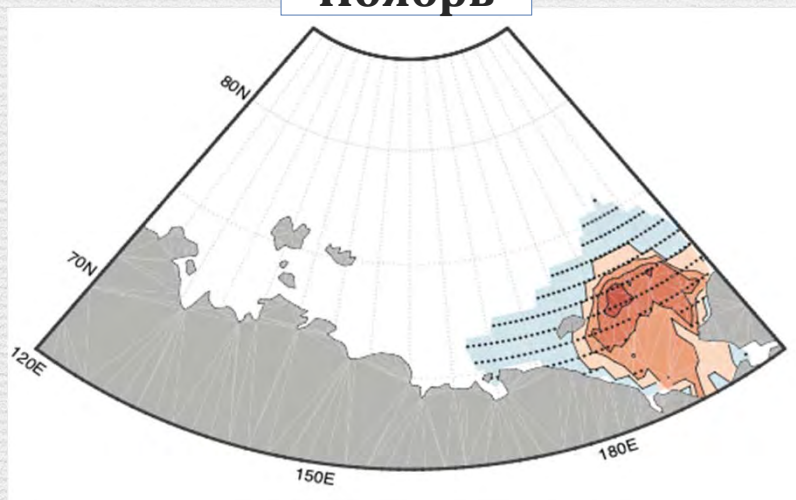


Слабые вторжения

Октябрь



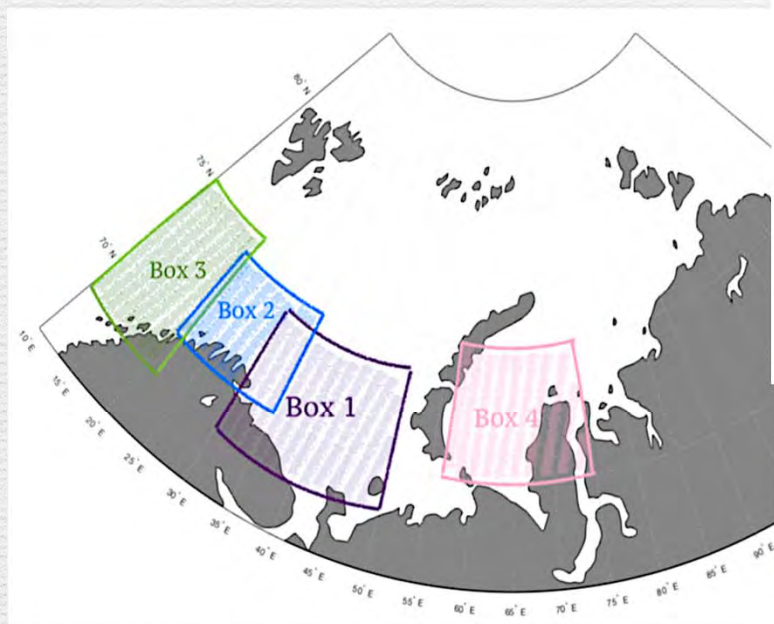
Ноябрь



Тренд повторяемости, восточные моря



Поле приземного в



**Регион 1
слабые**



**Регион 1
умерен**



**Регион 1
сильные**



**Регион 2
слабые**



**Регион 2
умерен**



**Регион 2
сильные**



**Регион 3
слабые**



**Регион 3
умерен**



**Регион 3
сильные**



**Регион 4
слабые**



**Регион 4
умерен**

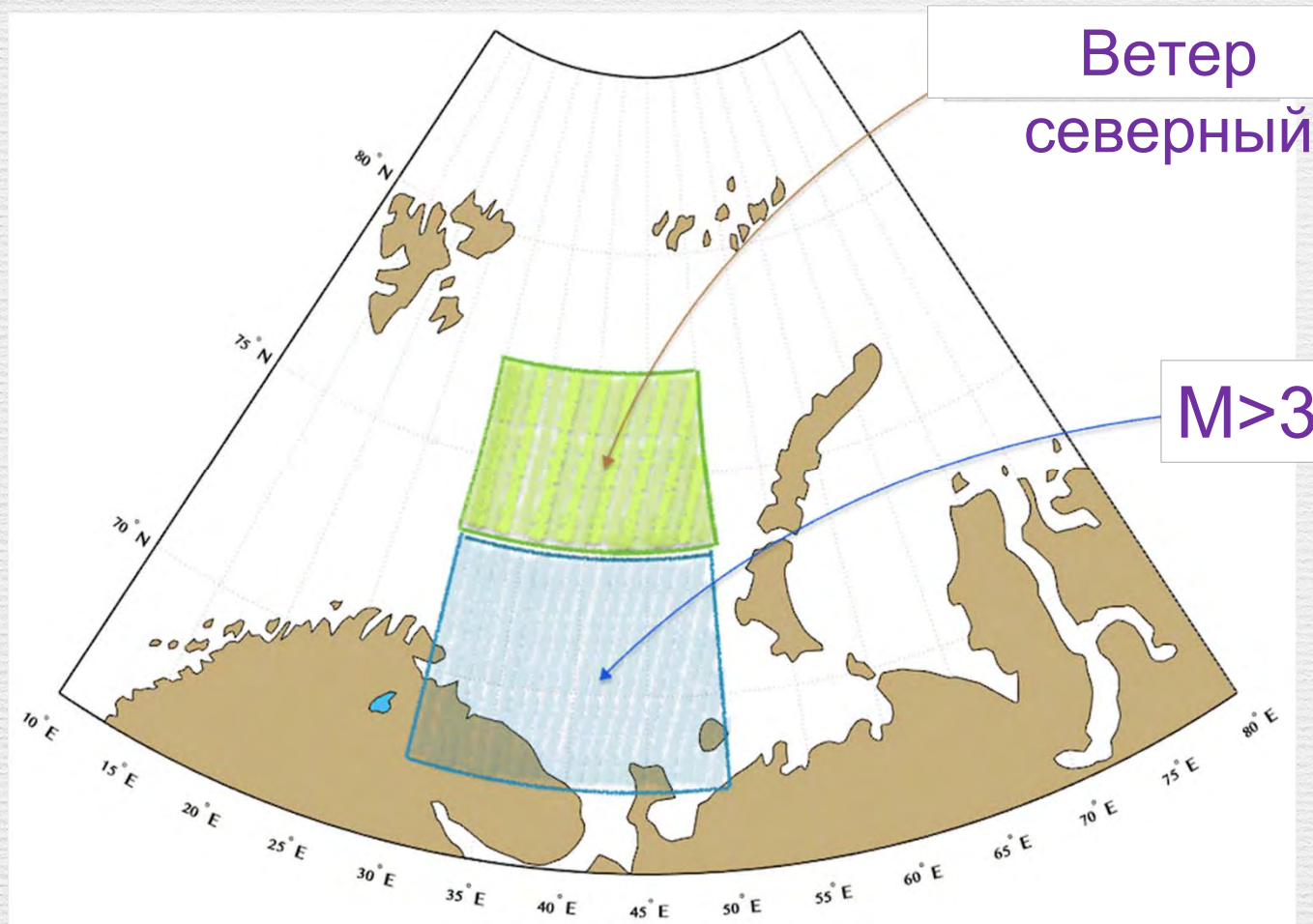


**Регион 4
сильные**



- ветер преимущественно северной четверти
- преобладающий тип циркуляции: $Z > Az$

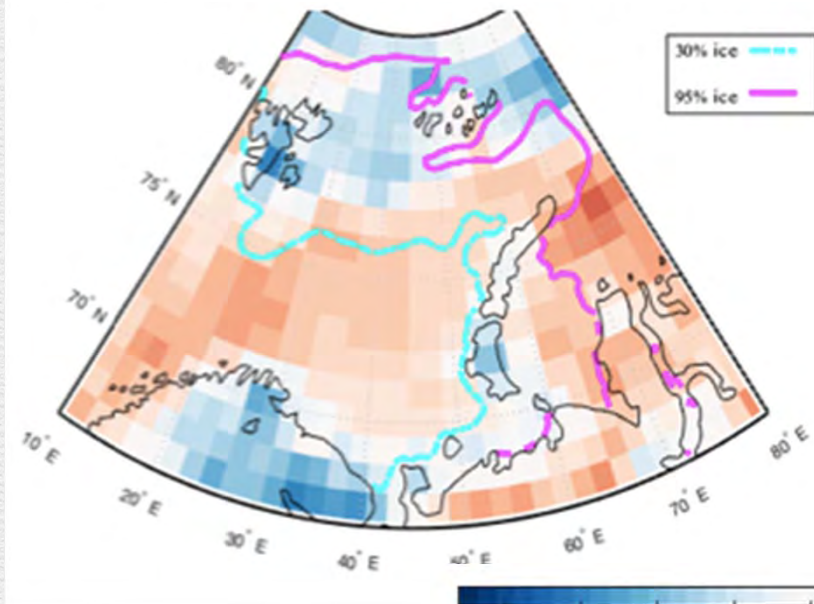
Создание выборки:



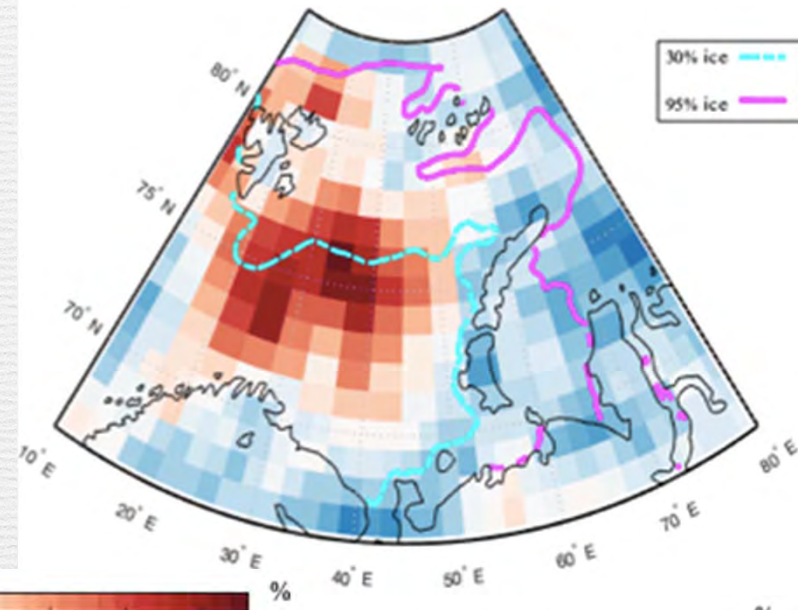
Всего: 381 срок
После 2000: 72 срока

Облачные характеристики вторжений: количество облаков

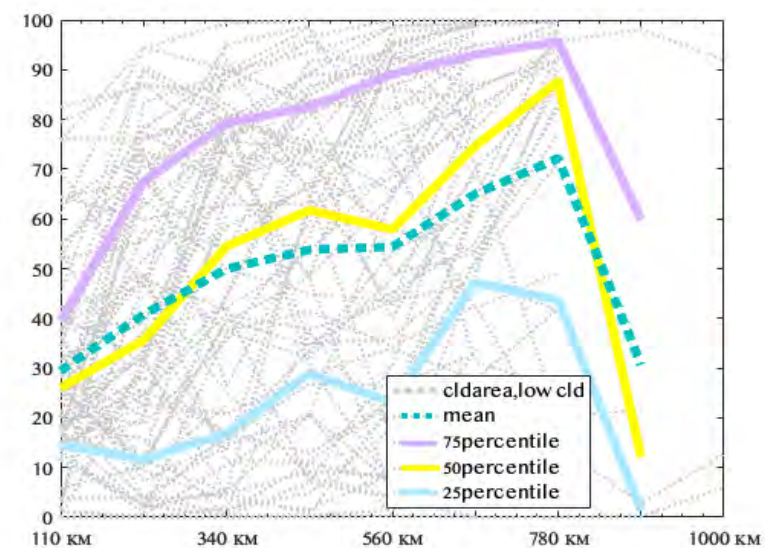
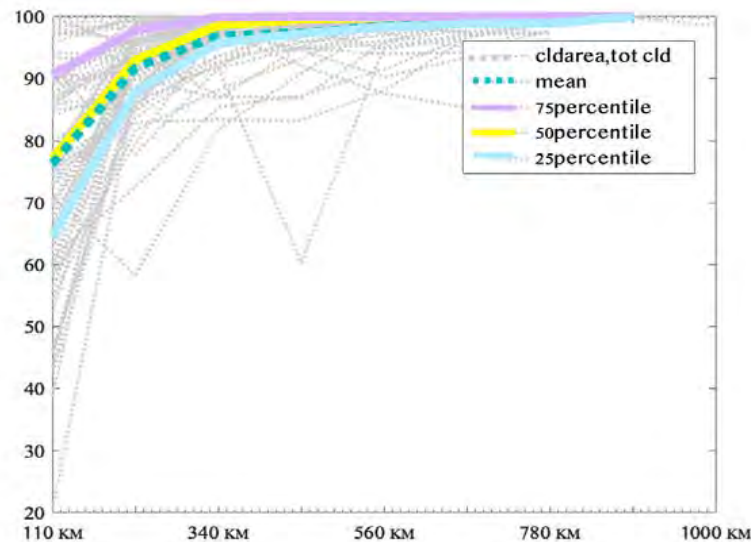
Cloud area fraction - Total clouds



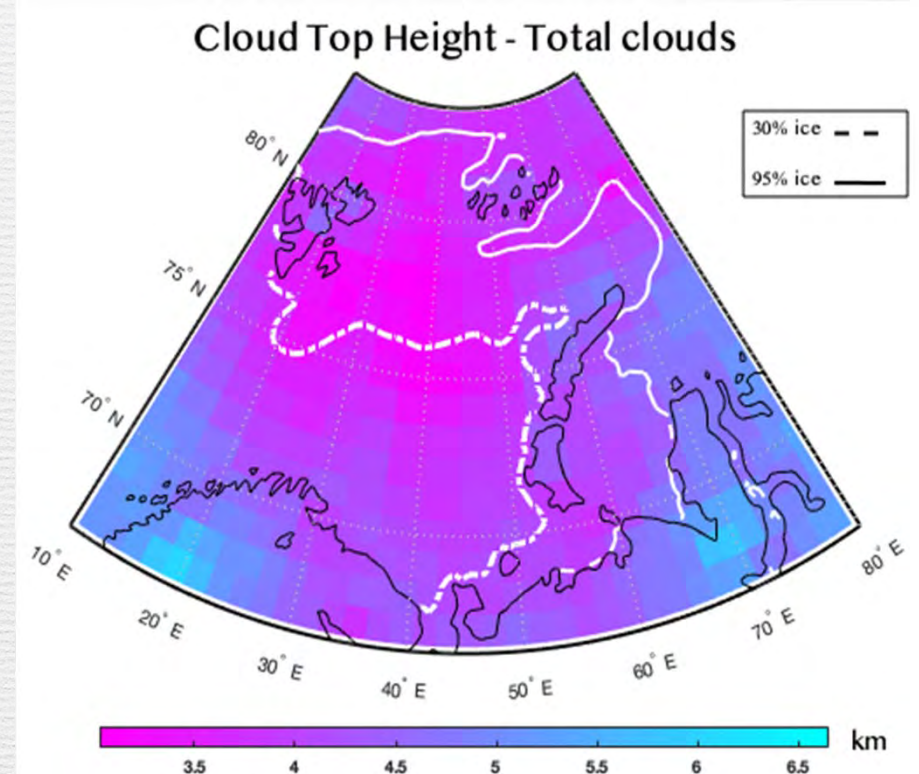
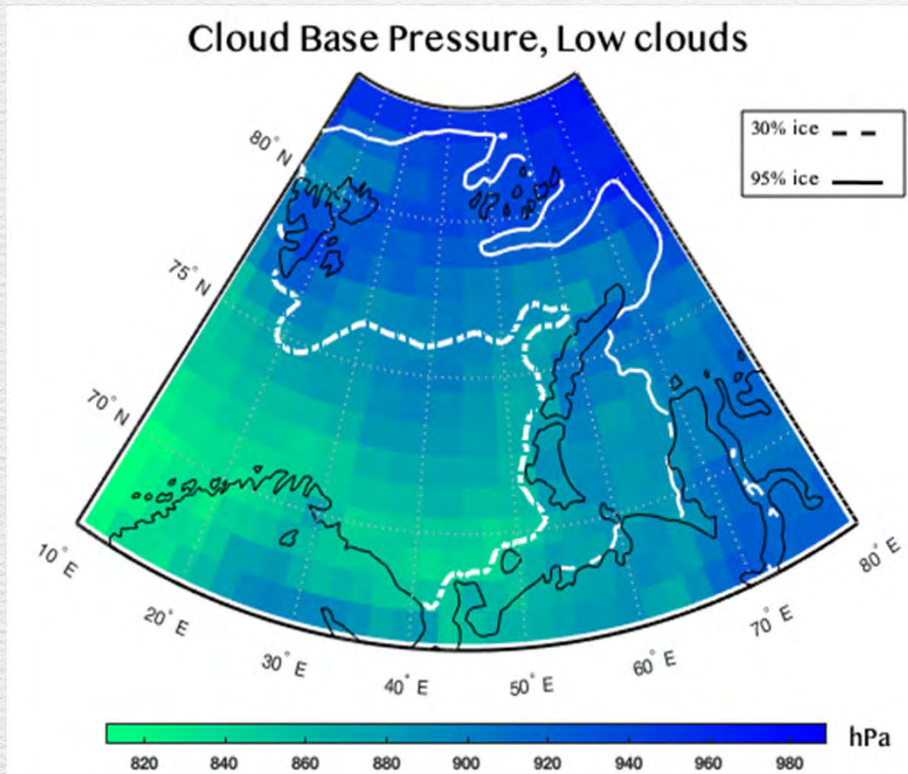
Cloud area fraction, Low clouds



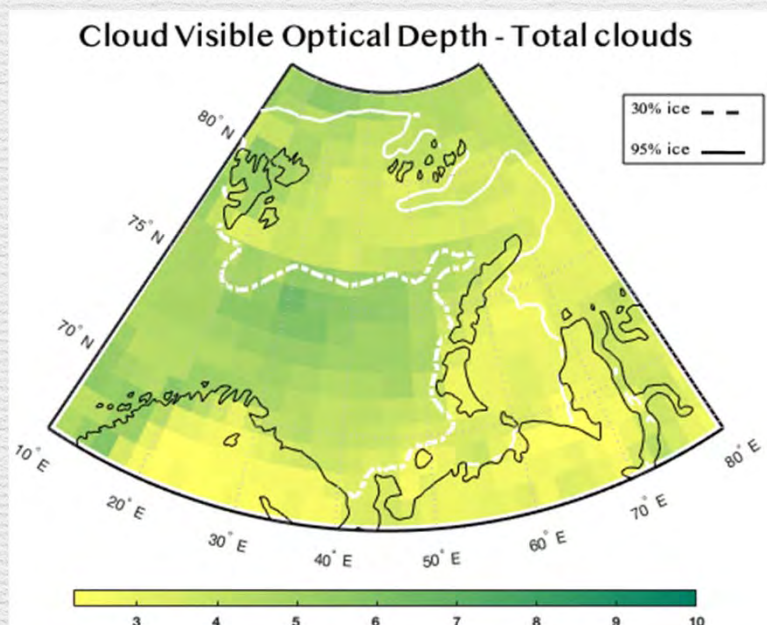
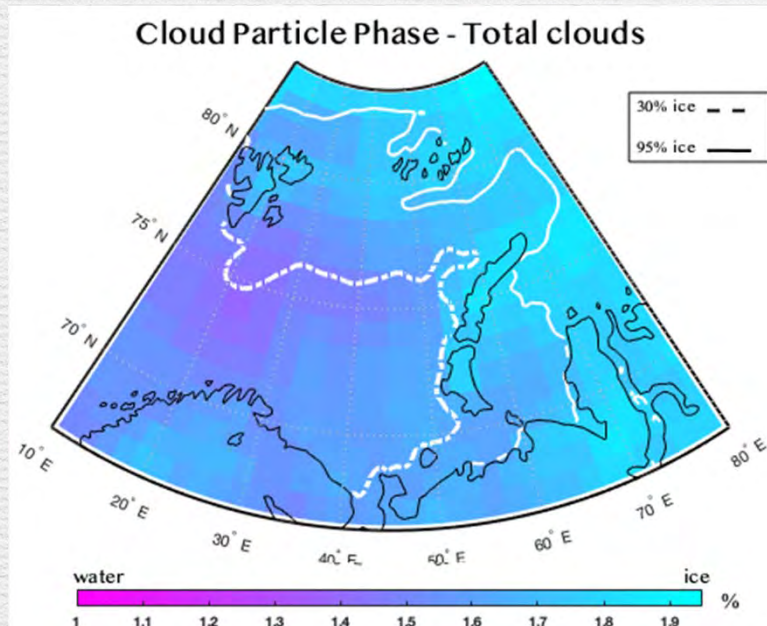
Изменение кол-ва облаков для сроков вторжений вдоль 30 в.д: от границы 30% льда до Кольского п-ова



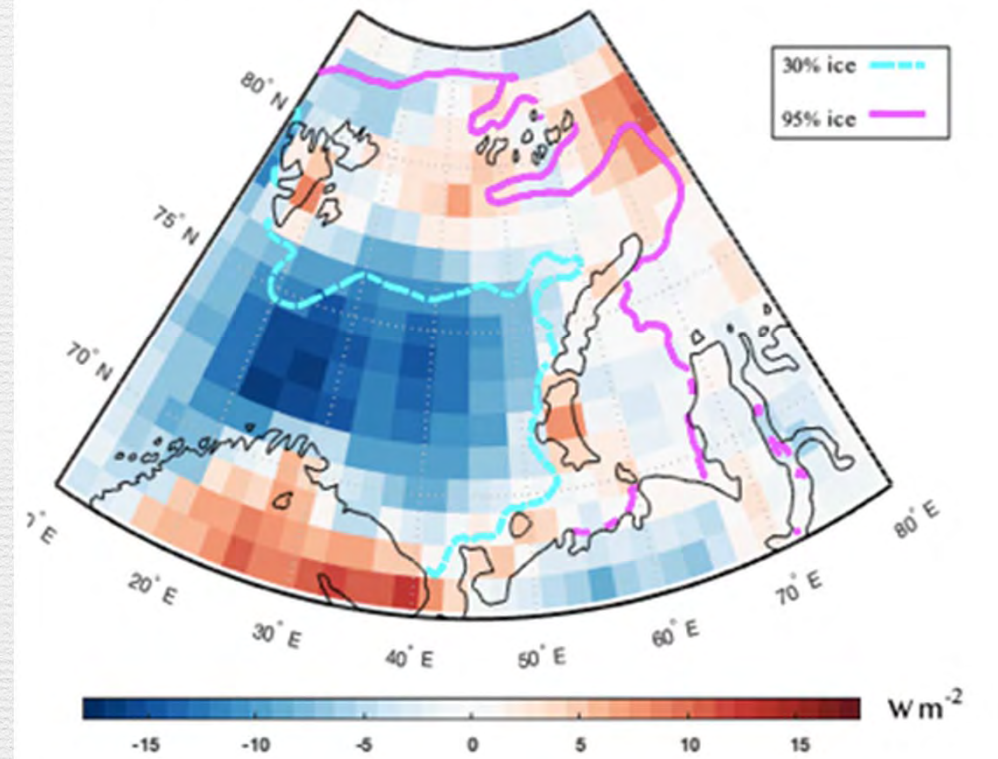
Облачные характеристики вторжений: **давление на НГО, высота облаков**



Облачные характеристики вторжений: фаза, оптическая толщина, радиационный эффект



LWR effect, SFC



Аномалии значений длинноволнового радиационного эффекта на поверхности (разница нисходящих потоков ДВР при полном небе и при чистом небе).

Основные результаты:

- Рассмотрены тренды холодных вторжений с учетом значимости изменений повторяемости явления – на западе выявлен положительный тренд сильных и умеренных вторжений в зимние месяцы, увеличение повторяемости слабых в переходных сезоны; на востоке – увеличение слабых вторжений осенью.
- Проанализировано поле ветра в нижней тропосфере во время эпизодов ХВ: преобладание ветра северной четверти, циклонического типа циркуляции над антициклоническим.
- Сделана выборка ХВ; для выбранных 72 случаев ХВ построены композитные карты и меридиональные разрезы (с севера на юг в зависимости от удаления от кромки льда).
- Показано, насколько сильно положение границы лед – вода влияет на облачно-радиационные характеристики атмосферы во время ХВ (над кромкой льда наблюдается резкое увеличение фракции облаков нижнего яруса, увеличивается тепляющее воздействие облаков, увеличивается оптическая толщина атмосферы; по мере удаления воздушной массы от кромки льда облачные структуры трансформируются, тепляющее воздействие облаков уменьшается, при этом высота АПС увеличивается при продвижении ХВ над открытой водой).

alex.narizhnaya@ifaran.ru

Планы на будущее:

- Анализ аномалий облачно-радиационных во время холодных вторжений в зависимости от начальных условий воздушной массы (влажностендержания, температуры) и температуры поверхности океана.
- Взаимосвязь вторжений с синоптической ситуации, траекториями циклонов/антициклонов.
- Привлечение данных ERA-5 для сравнение результатов методики выделения вторжений по данным реанализа.
- Добавление для анализа восточных морей Российской Арктики.
- Выборка вторжений в зависимости от места и времени пролета спутников системы A-Train (Aqua, CALIPSO, CloudSat etc).
- Моделирование (что происходит с облачно-радиационными характеристиками во вторжениях в региональных моделях).