



ВЕТРОВОЕ ВОЛНЕНИЕ ПРИ НОВОЗЕМЕЛЬСКОЙ БОРЕ

ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Шестакова А.А.¹, Мысленков С.А.²

¹ Институт физики атмосферы имени А. М. Обухова РАН, Москва, Россия
² МГУ имени М.В. Ломоносова Географический факультет, Москва, Россия

Мотивация и цель

Новоземельская бора – сильный порывистый ветер, возникающий на западном и восточном побережье Новой Земли за счет обтекания гор воздушным потоком. Повторяемость ураганного ветра при боре составляет 4% в год, максимальная скорость достигает 48 м/с.

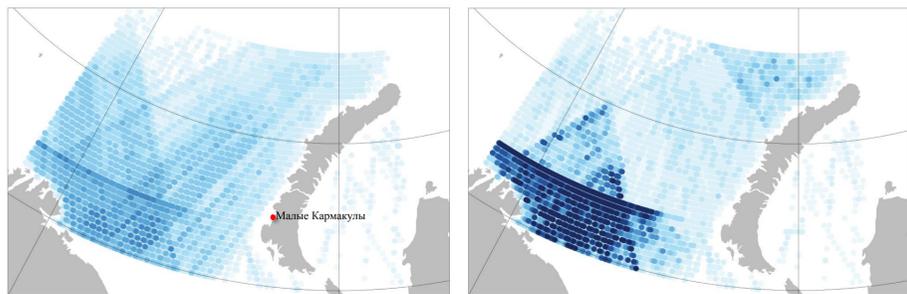
Подобные ветры в Арктике связаны с опасными явлениями погоды, такими как обледенение судов (Samuelson and Graversen 2019), ухудшение видимости (Pastusiak 2016), быстрый дрейф льда (), и, возможно, опасное волнение.

На примере моделирования новороссийской боры ранее было показано, что при наличии боры высота волн вблизи берега возрастает. Локальные прибрежные ветры могут приводить к значительному локальному увеличению высоты волнения (Langodan et al. 2014).

Основная цель работы: оценка особенностей ветрового волнения и повторяемости опасного волнения, вызванного новоземельской борой.

Данные и методы

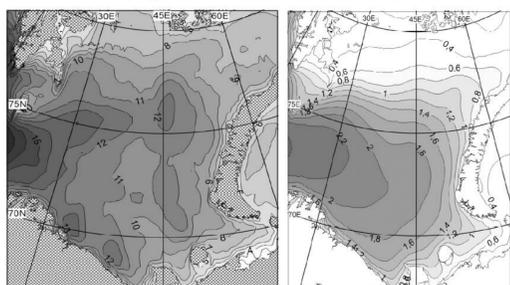
- Основным источником данных о волнении послужили данные спутниковых **альтиметров** (спутники Cryosat, Envisat, ERS, Geosat, GFO, Saral и Sentinel) с суммарным временным охватом 1985 – 1988, 1991–2018. Для оценки статистики, данные о существенной высоте волн и скорости ветра во время боры (всего 1078 дней) интерполировались на сетку с шагом 20 км (внутри каждой ячейки рассчитывалось пространственно-временное среднее и максимальное значение). Все наблюдения вблизи берега или льда были отфильтрованы.



Количество точек внутри 20-км ячейки (выборка во время боры)

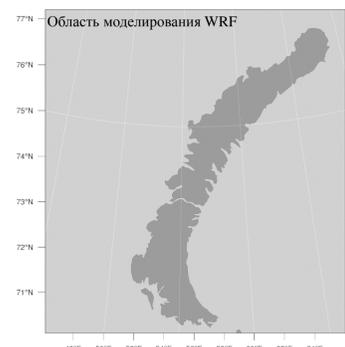
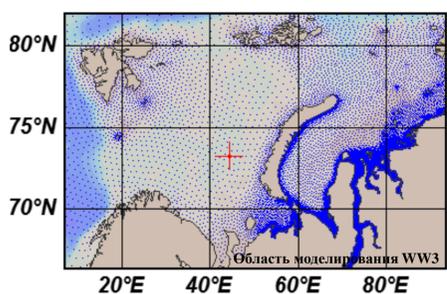
Количество дней с борой в 20-км ячейках

- Климатология волнения (1979–2017 гг.) в Баренцевом море на основе расчетов волновой модели WaveWatch III (Мысленков и др. 2019) с грубым разрешением (от 1° до 15 км) и ветровым форсингом из реанализа CFSR использовалась для расчета аномалий высоты волн во время боры



Максимальная (А) и среднепогодная (Б) высота значительных волн в Баренцевом море по данным моделирования за период с 1979 по 2010 гг.

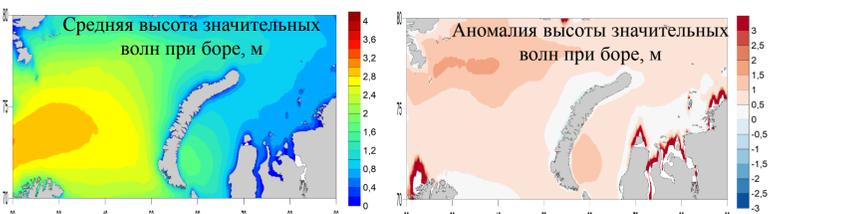
- Данные наблюдений** на метеостанции Малые Кармакулы использовались для составления календаря восточной боры (направление ветра 70–120°, скорость > 15 м/с).
- Для изучения ветрового волнения при боре в прибрежных районах дополнительно проводилось численное моделирование волнения с помощью модели **Wave Watch III (WW3)** для нескольких случаев штормовой боры. В качестве атмосферного форсинга для волновой модели использовались реанализ CFSR (над акваторией Баренцева моря) и результаты расчета мезомасштабной модели **Polar WRF** с разрешением 3 км (в районе Новой Земли). Для инициализации атмосферной модели использовались данные арктического реанализа **ASR v.2** с высоким разрешением (15 км); также в течение всего счета проводилась операция притягивания (nudging) модели к данным наблюдений на станции Малые Кармакулы. Результаты моделирования верифицировались по данным спутниковых альтиметров: для высоты значительных волн среднее систематическое отклонение составляет 0.08 м, коэффициент корреляции 0.9.



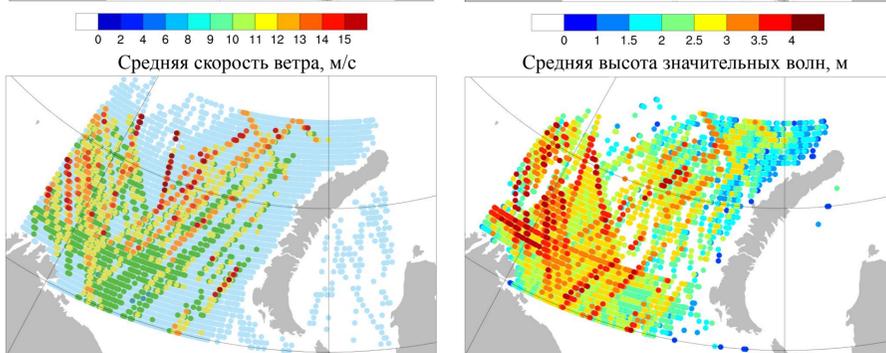
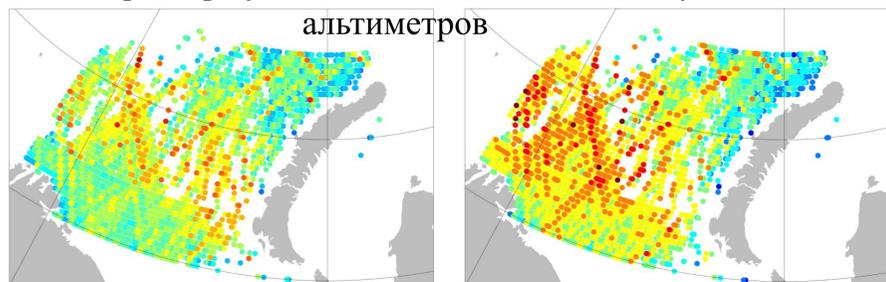
- Эпизоды штормовой боры выбирались по календарю боры в Малых Кармакулах и спутниковым данным радаров с синтезированной апертурой (PCA) (спутники Radarsat-2, Sentinel-1), позволяющим судить о пространственной структуре боры.

Результаты

Волнение при боре у Новой Земли по данным климатологии WW3



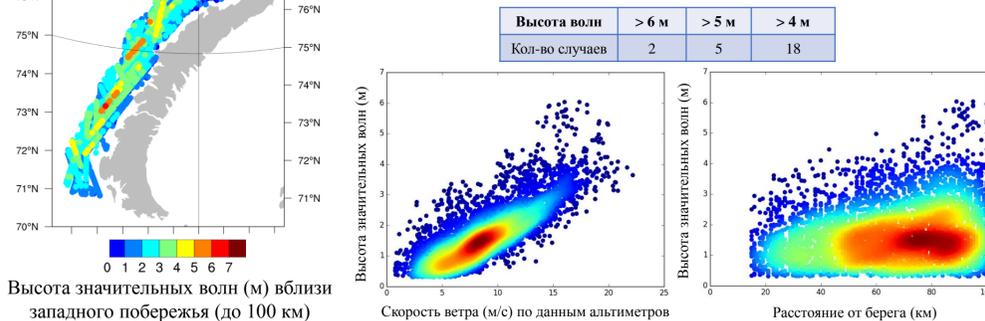
Волнение при боре у Новой Земли по данным спутниковых



Повторяемость высоты значительных волн >6 м, % Максимальная высота значительных волн, м

Высота значительных волн вблизи архипелага в среднем не превышает 2–3 м, что однако значительно выше климатического значения в этом районе. Максимальная высота волн вблизи архипелага достигает 6–7 м. Наибольшая повторяемость высоты волн выше 6 м отмечается напротив южной части архипелага, однако этот максимум связан не с борой, а с южными ветрами.

Волнение вблизи побережья Новой Земли по данным спутниковых альтиметров



Волнение вблизи побережья Новой Земли по данным моделирования

- Численные эксперименты показали, что:
- волны, непосредственно связанные с борой и сопутствующими каньонными ветрами, достигают 3–6 м недалеко от берега (~50 км)
 - поле волнения быстро приспособляется к ветровому форсингу при боре (коэффициент корреляции >0.9)
 - напротив северной части архипелага за счет особенностей обтекания (т.н. гидравлического скачка) формируется область ветрового затишья и более низких волн, чем у побережья. В эту область волны приходят с юга, что объясняет низкую корреляцию высоты волн и скорости ветра
 - наибольшая крутизна волн достигается на расстоянии 20–40 км

