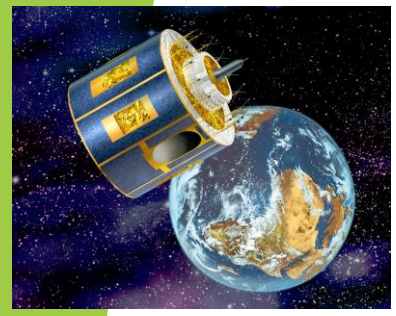


СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СУТОЧНОГО ХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ СКАНЕРА SEVIRI

Рубакина В.А., Кубряков А.А., Станичный С.В.

Морской гидрофизический институт

Город Севастополь

2018 год

Актуальность работы

Физические процессы в морской среде оказывают значительное влияние на экологическую систему всей нашей планеты. Поэтому чрезвычайно важно постоянно отслеживать состояние морской поверхности, одной из характеристик которой являет температура поверхностного слоя моря (ТПМ).

ТПМ оказывает большое влияние на климат прилегающих к водоему территорий. С изменениями ТПМ связаны такие явления как Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

Повышение температуры поверхностного слоя моря может привести к более частому возникновению тропических циклонов, ураганов и тайфунов, к их усилению и, соответственно, к увеличению причиняемого ими ущерба и масштабов возникающих наводнений, усугубляемых повышением уровня моря.

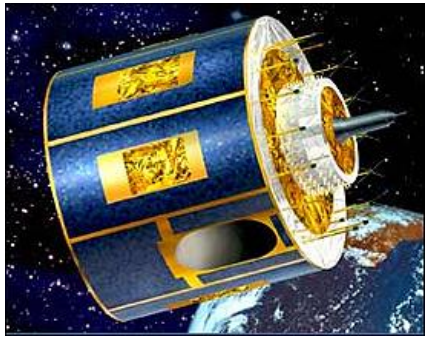
Градиент ТПМ может являться причиной отклонений в данных о поле ветра, полученных с помощью скаттерометров.

Данные о поле ТПМ можно получить как и дистанционными методами так и контактными (стационарные буи и дрифтеры).

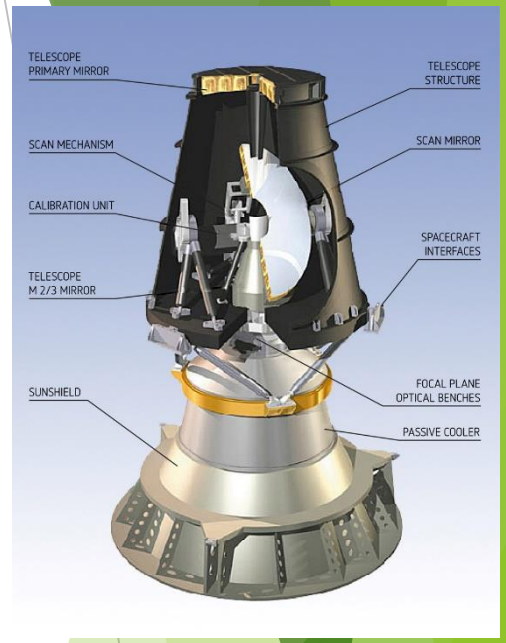
Сегодня одним из лучших приборов для дистанционного определения ТПМ является сканер Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (далее SEVIRI), устанавливаемый на геостационарных метеорологических спутниках Meteosat Second Generation (MSG). Сканер позволяет получать данные о поле температуры с дискретностью 15 минут и имеет достаточно высокое пространственное разрешение (до 1 км).

Сканер SEVIRI

- SEVIRI (Spinning Enhanced Visible Infra-Red Imager) - сканер с разрешением от 5 км до 1 км измеряющий в 12 спектральных каналах в оптическом и инфракрасном диапазоне (облачность, водяной пар, температура океана).
- SEVIRI установлен на геостационарных метеоспутниках Meteosat второго поколения (MSG). Каналы позволяют получать изображения поверхности Земли каждые 15 минут.
- Точность измерений ТПМ составляет 0.5 К.



Спутник Meteosat Second Generation (MSG)



Радиометр SEVIRI

О суточном ходе ТПМ

- Суточный цикл ТПМ является результатом взаимодействия между солнечным теплом, турбулентным перемешиванием и динамикой теплообмена между океаном и атмосферой.
- В условиях чистого неба и слабого ветра в течение дня может образовываться значительный температурный вертикальный градиент.
- В ночное время перемешивание посредством конвекции разрушает суточный термоклин. Следующий дневной цикл солнечного излучения, при сохранении подходящих условий, может привести к формированию нового теплого слоя над перемешанным слоем, ранее образовавшимся из-за ночной конвекции.
- Так как поглощение солнечного тепла наиболее интенсивно на поверхности, максимальное увеличение температуры ограничивается тонким приповерхностным слоем (на глубине ~0.5–1 м).
- Величина амплитуды суточного хода ТПМ зависит от облачного покрова, который влияет на количество поглощенного солнечного тепла.
- Если ветер достаточно слабый, а облачность незначительна, в отдельных областях при наблюдениях *in situ* был зафиксирован перепад ТПМ на 5 °C на глубине 0.3–0.6 м

Анализируемые данные

1. Для анализа были выбраны данные сканера SEVIRI за 2015 год для Черного моря (Источник данных: http://www.osi-saf.org/).

Анализируемые данные: температура поверхностного слоя моря.

Временное разрешение – 1 час.

Пространственное разрешение – 5 км.

2. Для анализа поля ветра использовались данные реанализа «Era-Interim» о скорости ветра на высоте 10 м для района Черного моря за 2015 год.

(Источник данных: https://www.ecmwf.int/).

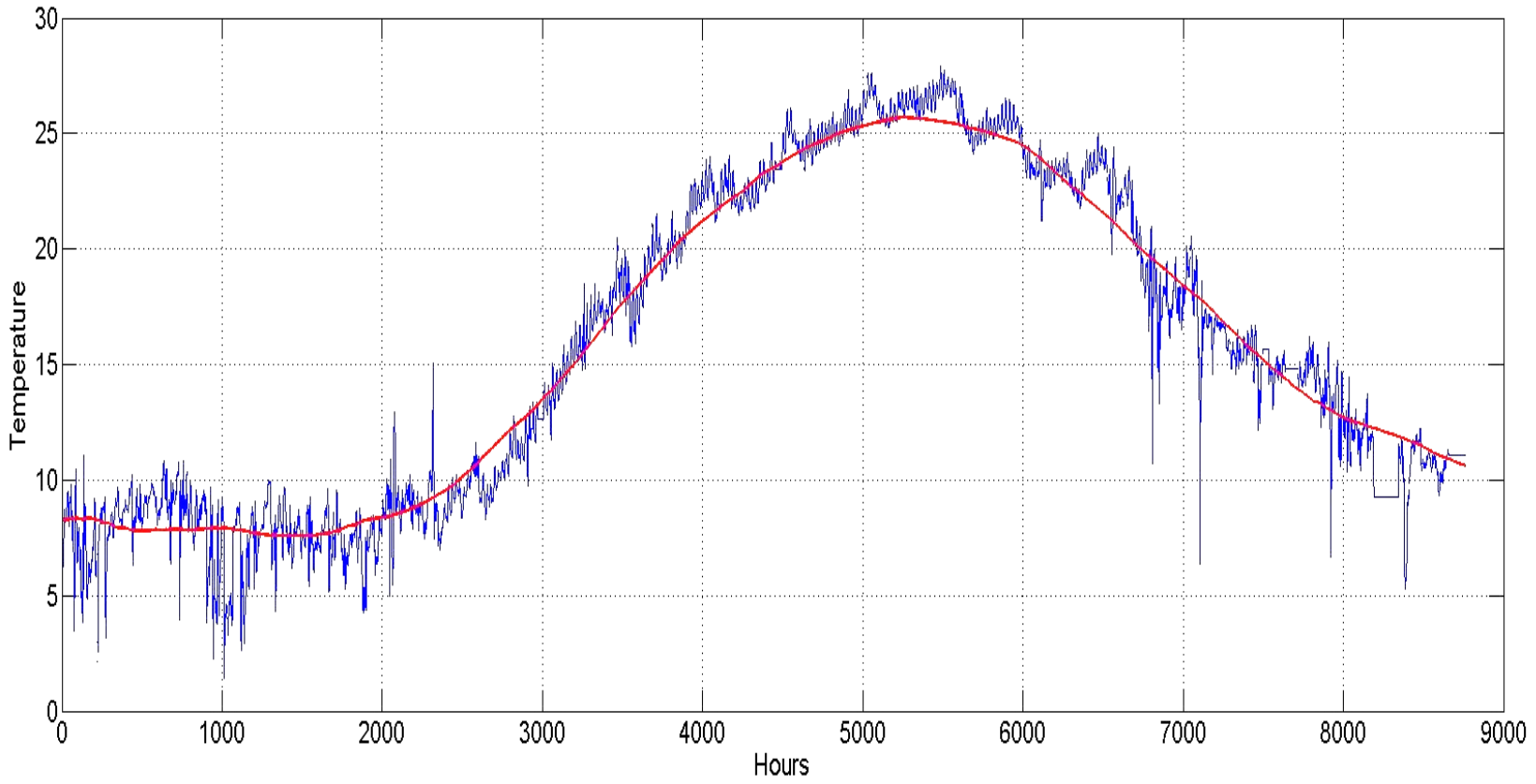
Анализируемые данные: направление и величина скорости ветра.

Временное разрешение – 6 часов.

Пространственное разрешение – 75 км.

Анализ изменения ТПМ Черного моря за 2015 год:

График изменения температуры поверхностного слоя Черного моря за 2015 год.



После осреднения температуры за каждую съемку по площади построен график изменения температуры за весь временной интервал.

Также была построена изменчивость, сглаженная скользящим средним с окном 30 дней (красная линия), которая отображает сезонный ход температуры.

Суточный ход ТПМ Черного моря за 2015 год

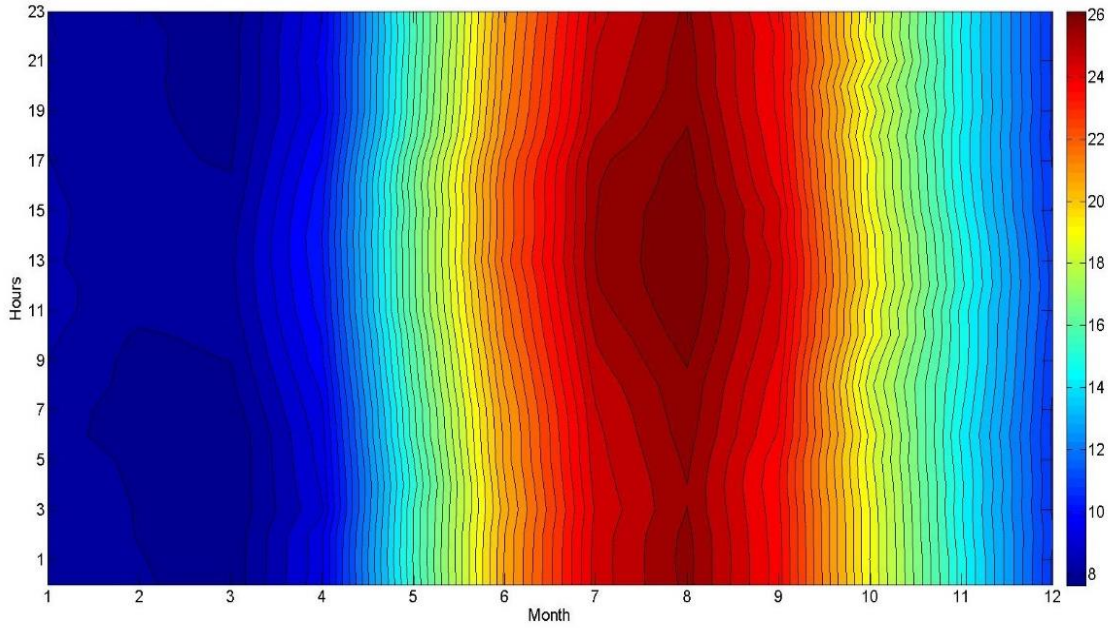
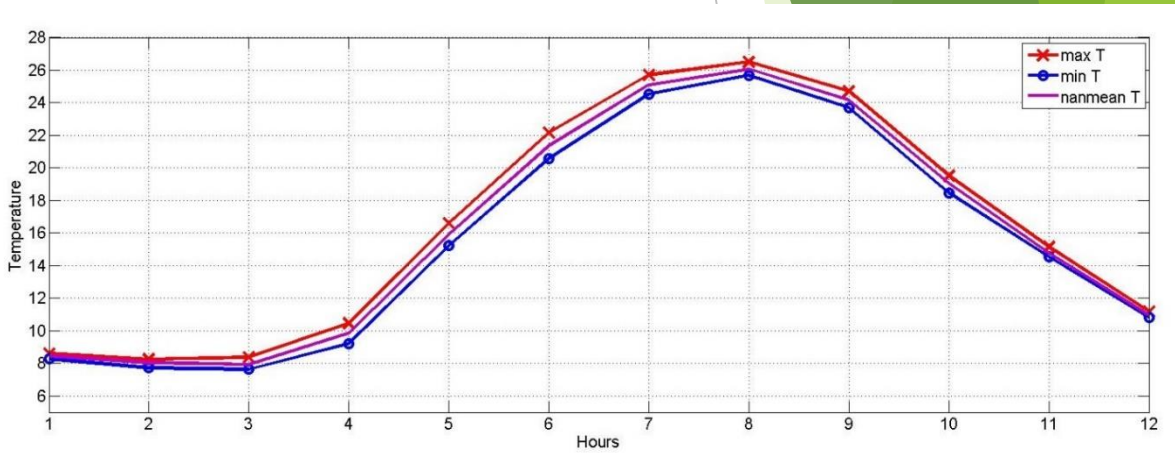


Диаграмма годичного распределения ТПМ по часам суток и месяцам года.



Графики распределения среднемесячной, максимальной и минимальной ТПМ по месяцам года

- Наименьшие значения ТПМ наблюдаются в ночное время (с 03.00 до 05.00 и с 19.00 до 23.00).
- Максимальные значение ТПМ наблюдаются с 11.00 до 15.00, далее происходит ее медленное снижение.
- Поверхностный слой моря наиболее холодный в период с середины ноября до середины апреля. ТПМ максимальна с июля по сентябрь.

Аномалии суточного хода ТПМ

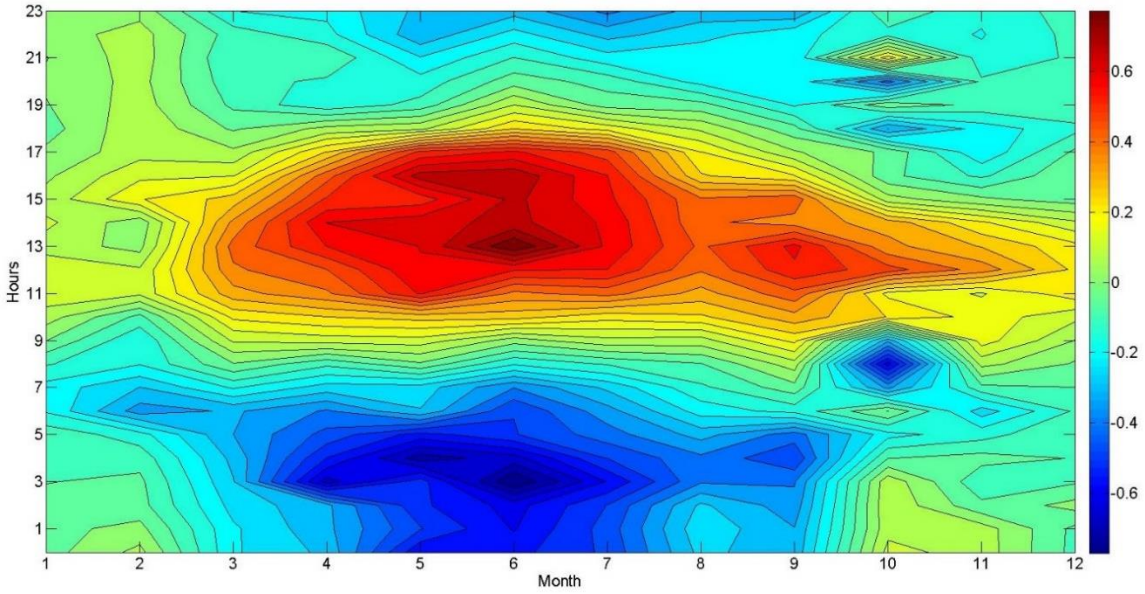
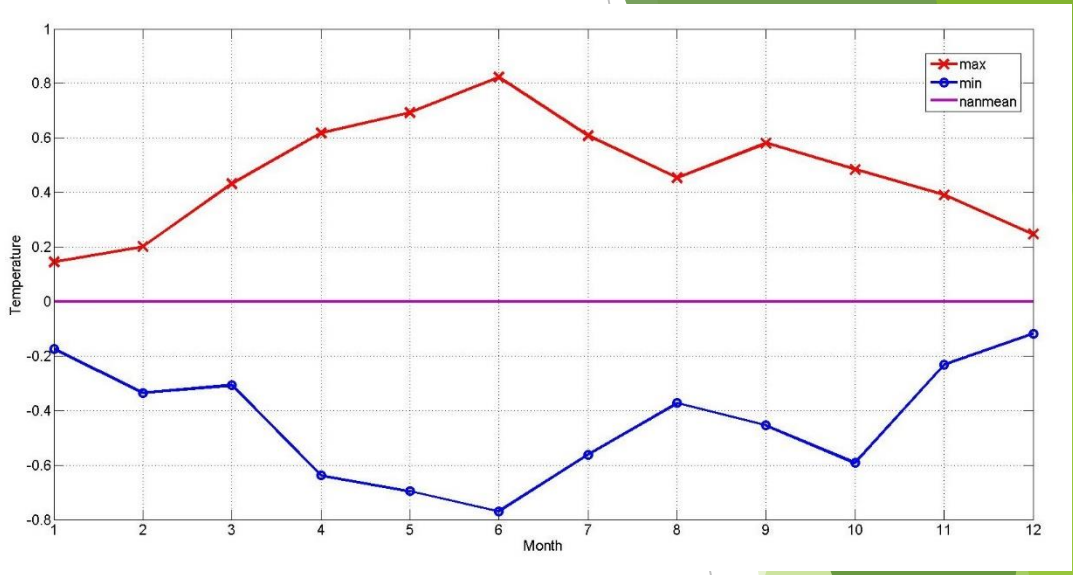


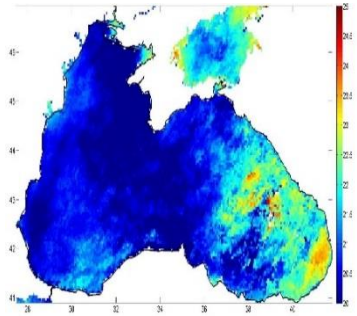
Диаграмма годичного распределения аномалий ТПМ по часам суток и месяцам года



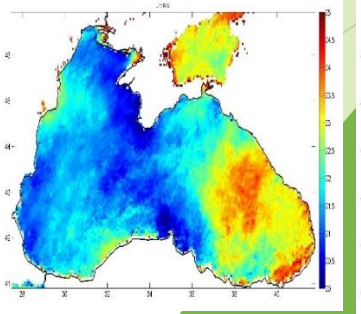
Графики годичного распределения аномалий ТПМ месяцам года

Диаграмма годичного распределения аномалий ТПМ отображает отклонение суточного хода ТПМ от среднего значения. Наибольший дневной прогрев наблюдается в апреле-июле, а в течении суток - с 12.00 до 18.00 часов.

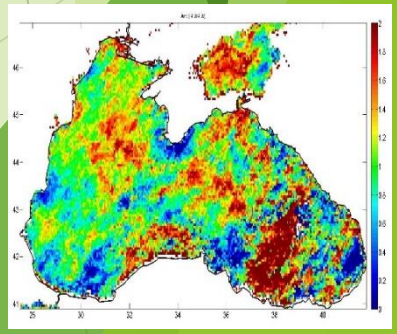
Средняя карта распределения ТПМ за июнь в 4.00



Средняя карта распределения ТПМ за июнь в 14.00



Ката распределения разности ТПМ (14.00-4.00)



Амплитуда суточного хода

В каждой точке, где определялась температура, было найдено ее максимальное и минимальное значение за сутки, а также их разность – амплитуда суточного хода температуры (далее А).

- После чего рассчитан временной ход средних по бассейну значений А.
- Необходимо отметить наличие сезонного хода для А: максимальные значения наблюдаются в весенне-летнее время (2-3°), а зимой составляют (1-1.5°)

Пример карты распределения амплитуды суточного хода (за 2.07.2015)

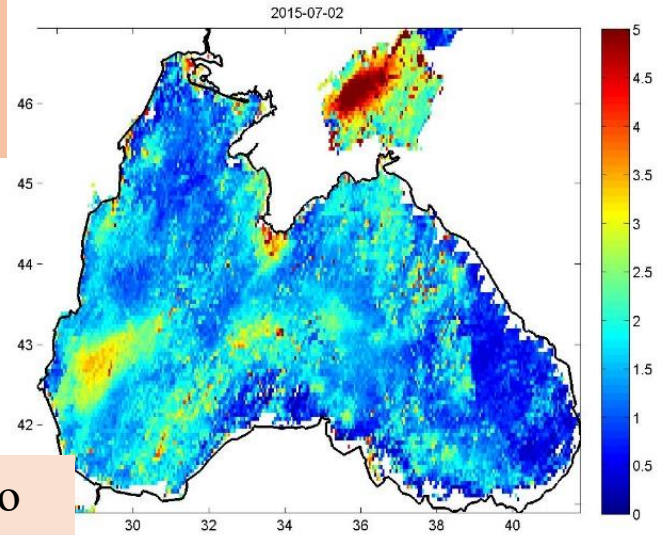
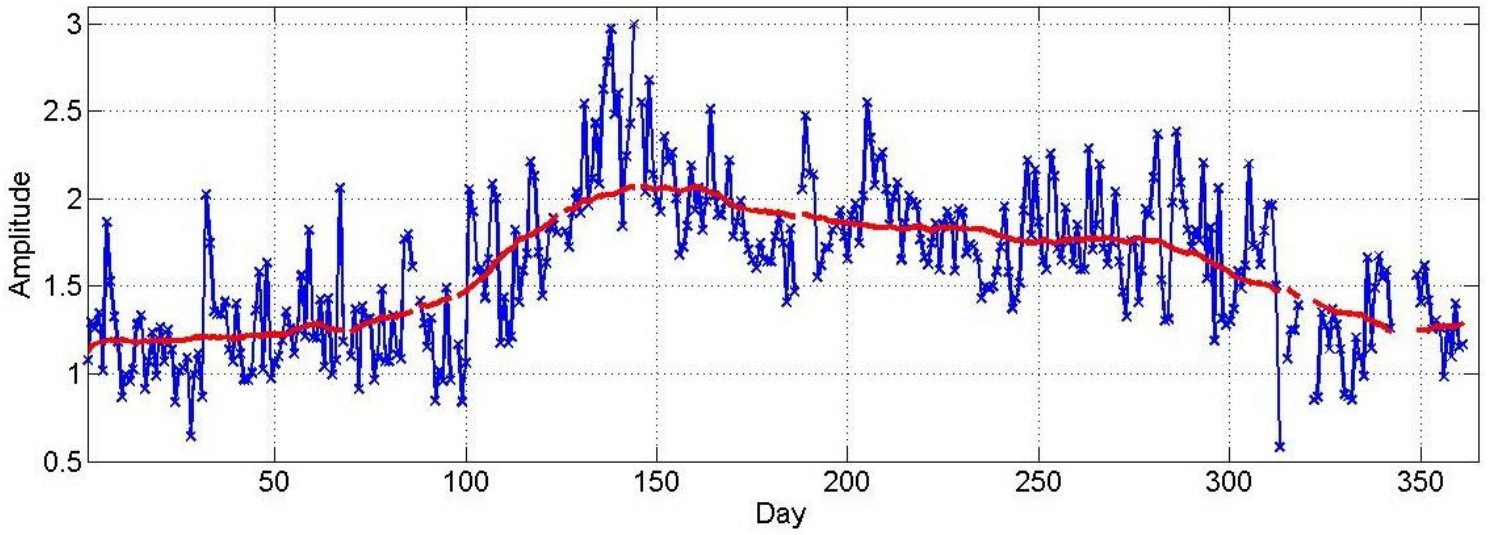
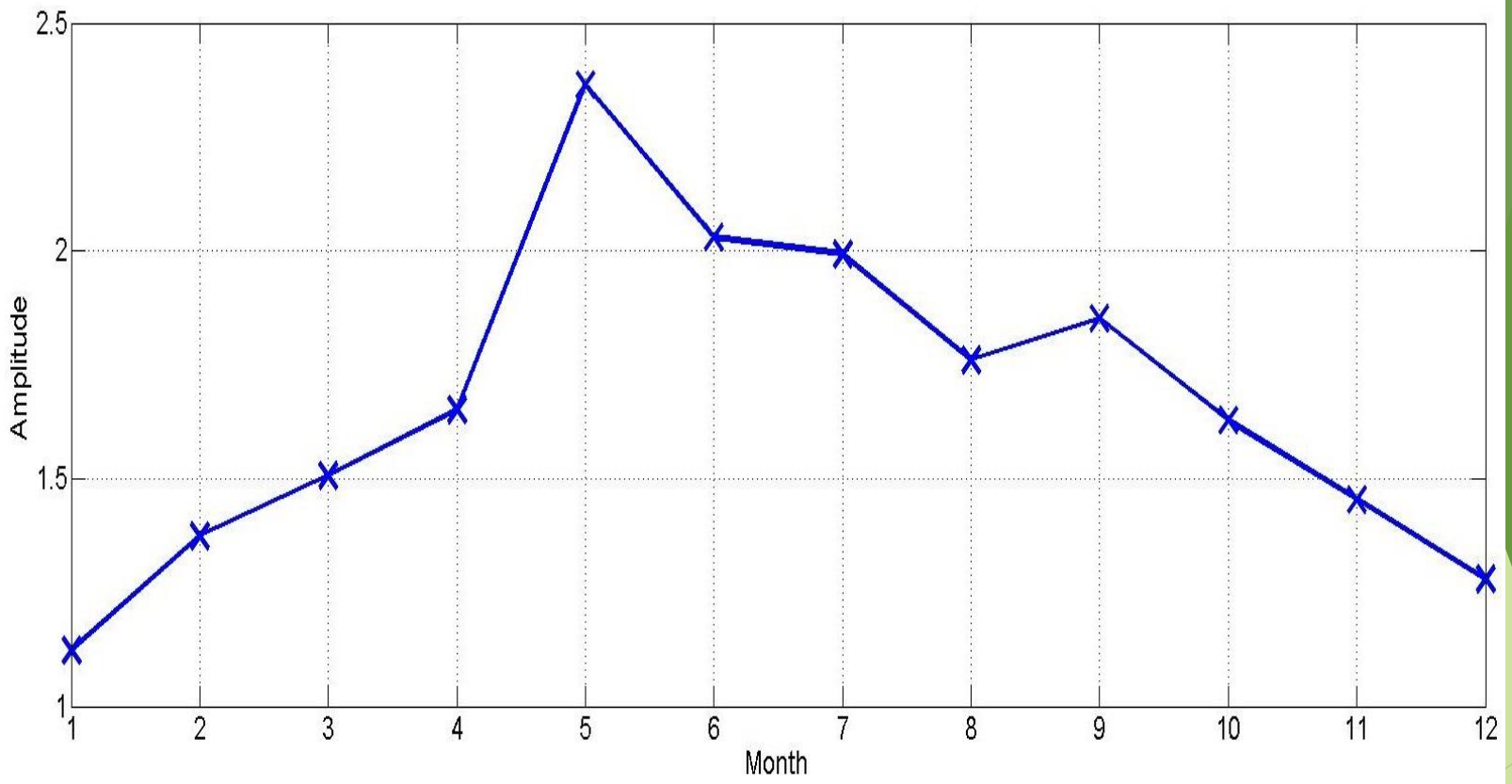


График изменения среднего значения амплитуды суточного хода за 2015 год.



Сезонная изменчивость амплитуда суточного хода ТПМ

График изменения среднемесячной амплитуды суточного хода ТПМ.



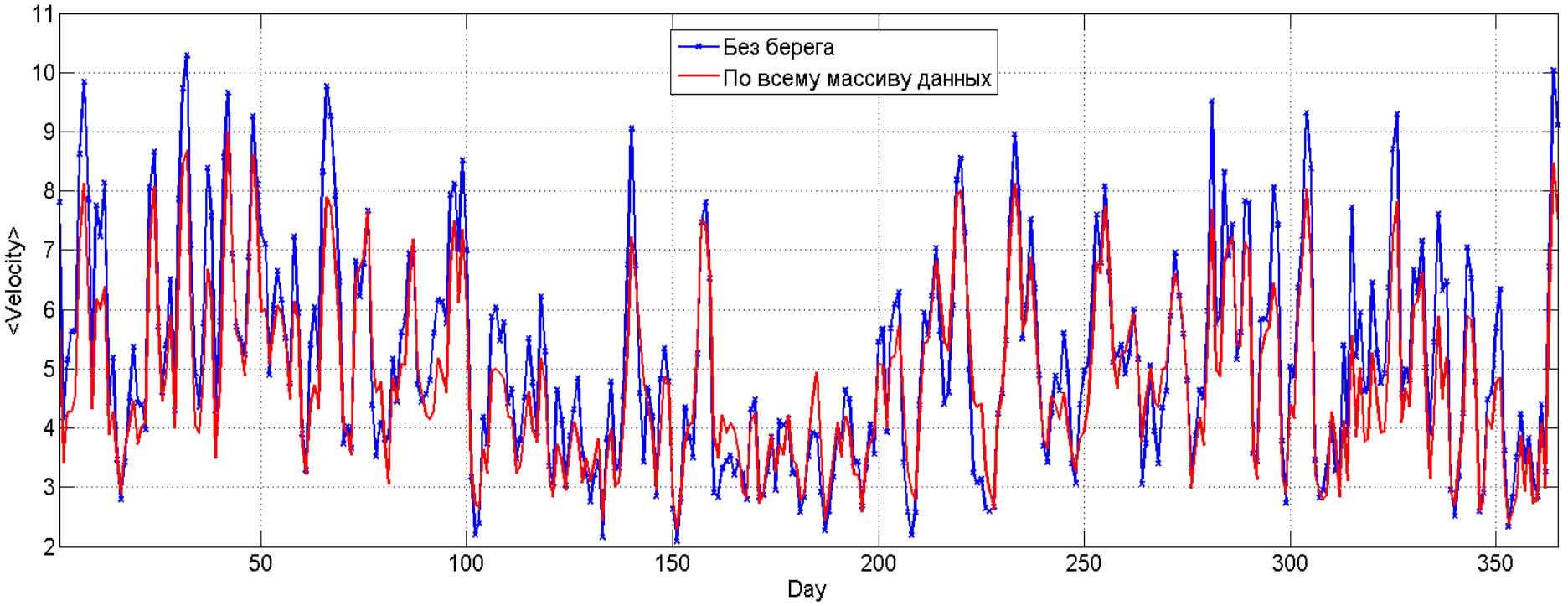
- Минимальный перепад температуры наблюдался в декабре (1.1 ^{0}C).
- Максимальное значение амплитуды суточного хода наблюдалось в мае и составило приблизительно 2.4 ^{0}C.

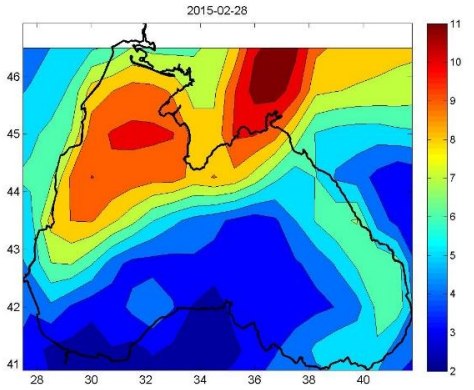
Поле ветра

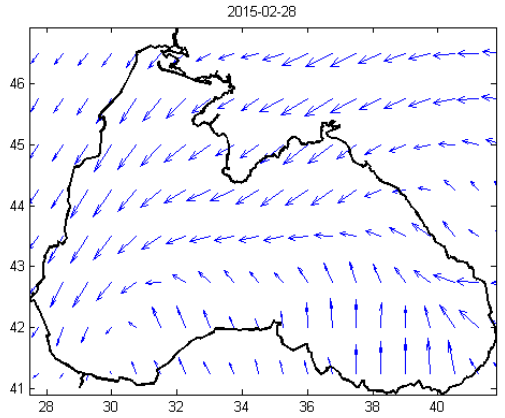
На суточный ход температуры большое влияние оказывает скорость ветра.

По данным реанализа «Era-Interim» рассчитана пространственная изменчивость скорости ветра, а также средняя по площади временная изменчивость за 2015 г.

График изменения среднего модуля скорости ветра за 2015 г.





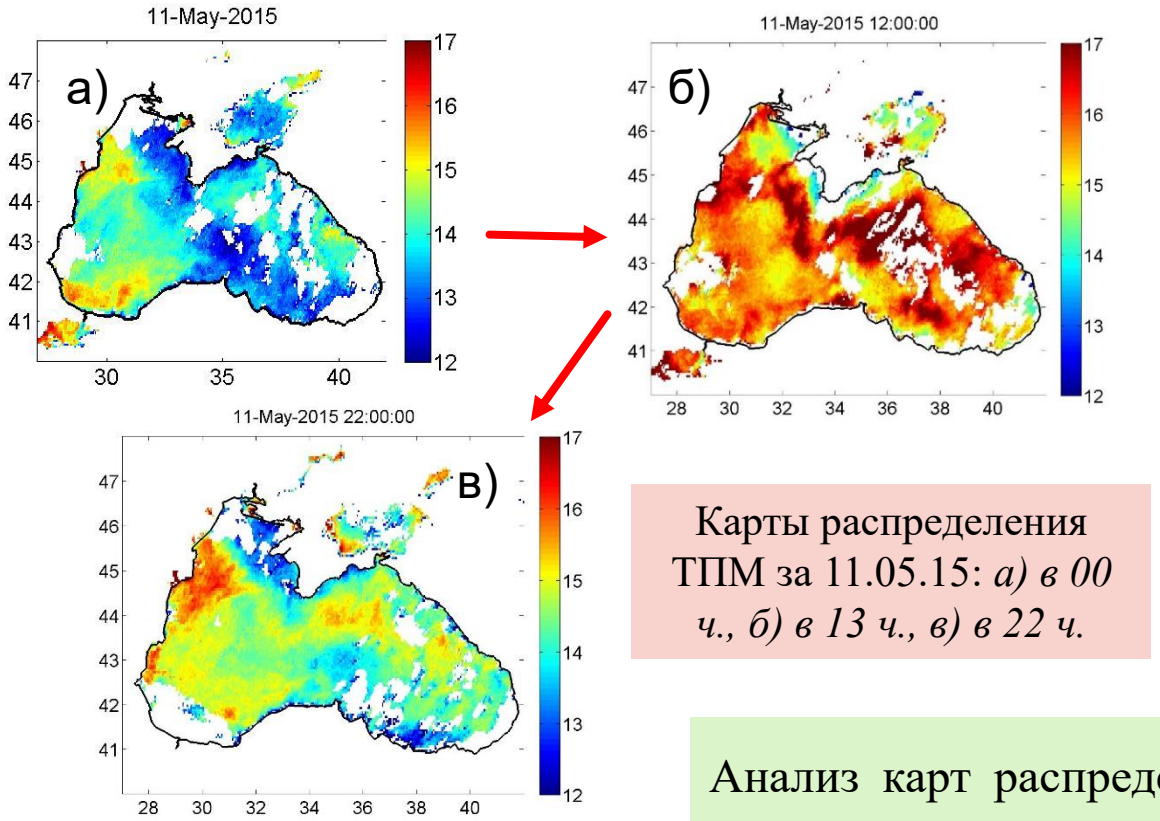


Пример карт распределения модуля скорости ветра

Анализ случаев максимального дневного прогрева

Рассмотрены карты амплитуды суточного хода и выделены случаи с максимальной разностью ТПМ.
Случаи наибольшего перепада ТПМ для отдельных областей Черного моря зафиксирован 26.02, 11.04, **11.05,** 14.05, 17.05, 18.05, 25.05, 01.06, 13.06, 08.07, 24.07, 04.09.

Пример дневного прогрева 11.05.15.



Карты распределения ТПМ за 11.05.15: *а) в 00 ч., б) в 13 ч., в) в 22 ч.*

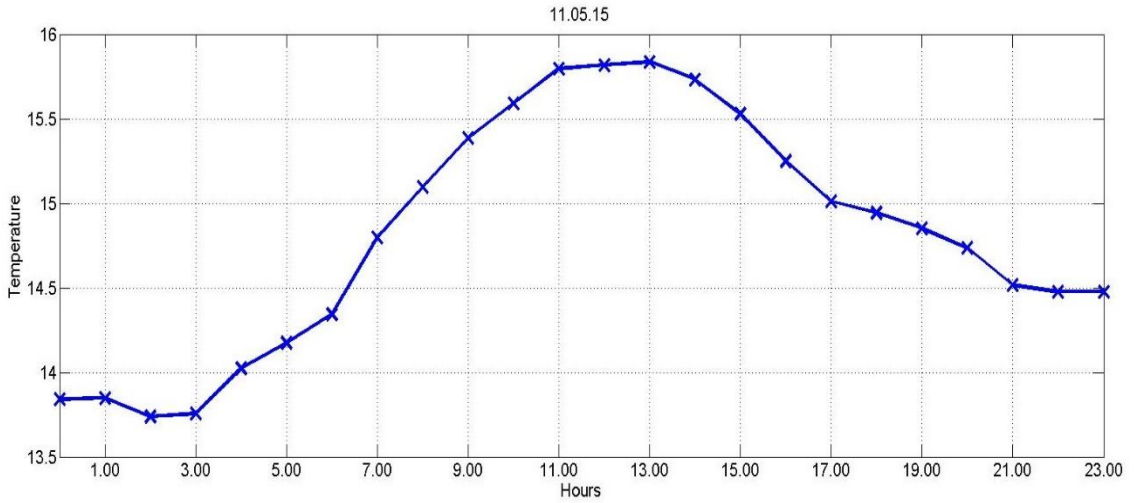


График изменения ТПМ Черного моря за 11.05.15.

Анализ карт распределения ТПМ за 11.05 показал, что наиболее интенсивное ее увеличение происходит с 6.00 до 11.00, с 11.00 до 13.00 ч. ТПМ практически не изменяется, далее происходит ее снижение. Амплитуда ТПМ составила 2 ^{0}C.

Дневной прогрев 11 мая 2015

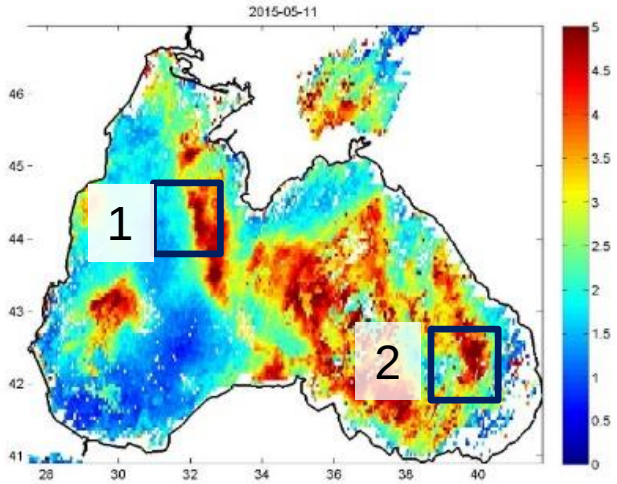
Анализ прогрева за 11.05.15 в отдельно взятых точках Черного моря.

Выбранные точки 1 и 2 расположены в выделенных областях карты.

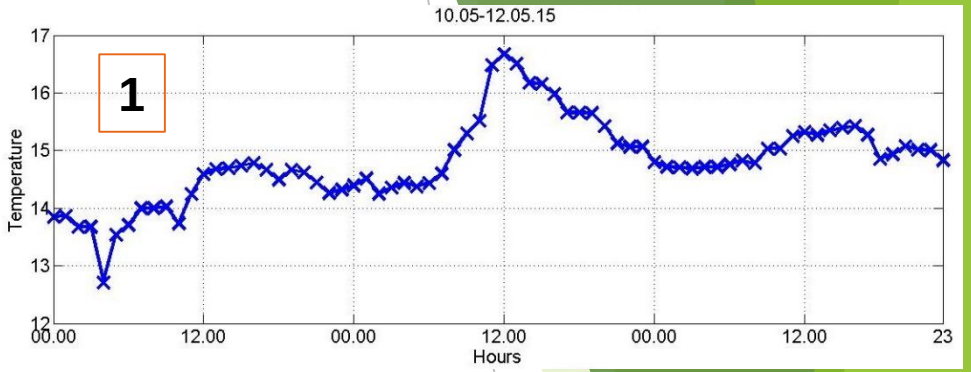
Определено, что в точке 1 амплитуда суточного хода ТПМ составила 2.4 ^{0}C.

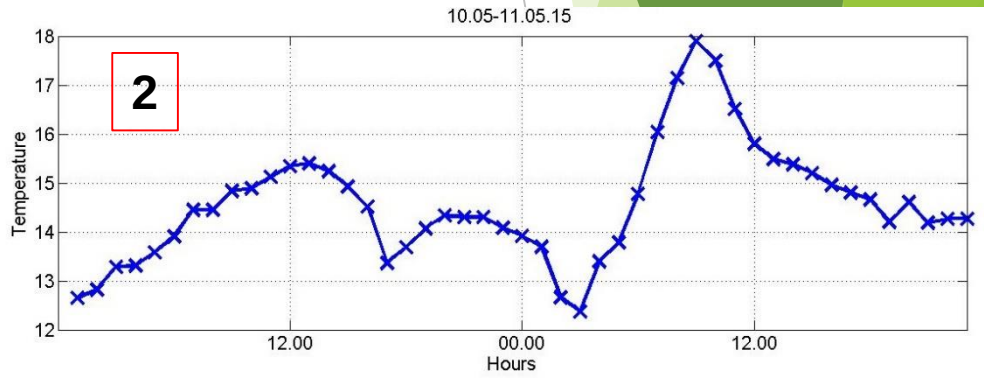
В точке 2 она достигла 5.5 ^{0}C.

Как в точке 1, так и в точке 2 ярко выражен случай значительного прогрева поверхностного слоя моря.



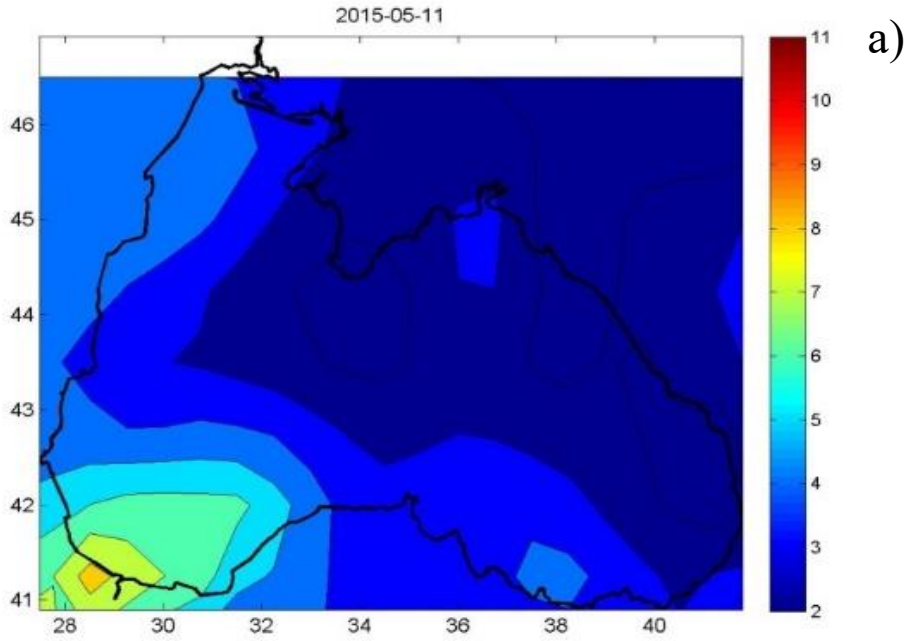
Карта распределения амплитуды суточного хода ТПМ за 11.05.15



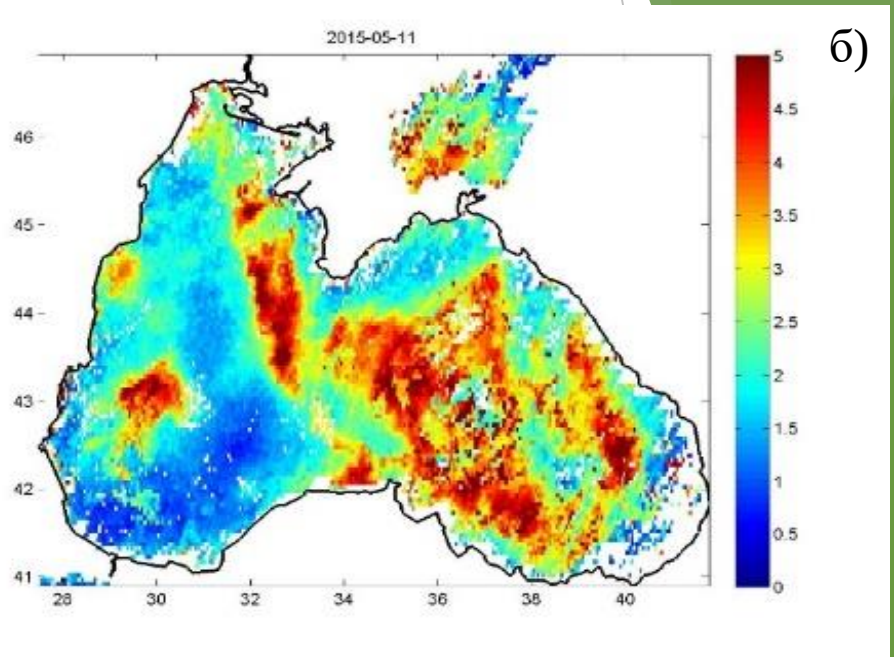


Графики
изменения ТПМ для выбранных точек 1 и 2 Черного моря с 10.05.15 по 12.05.15.

Влияние ветра на дневной прогрев



а)



б)

Карты распределения:
а) среднего модуля скорости ветра за 11.05.15; б) амплитуды суточного хода ТПМ за 11.05.15

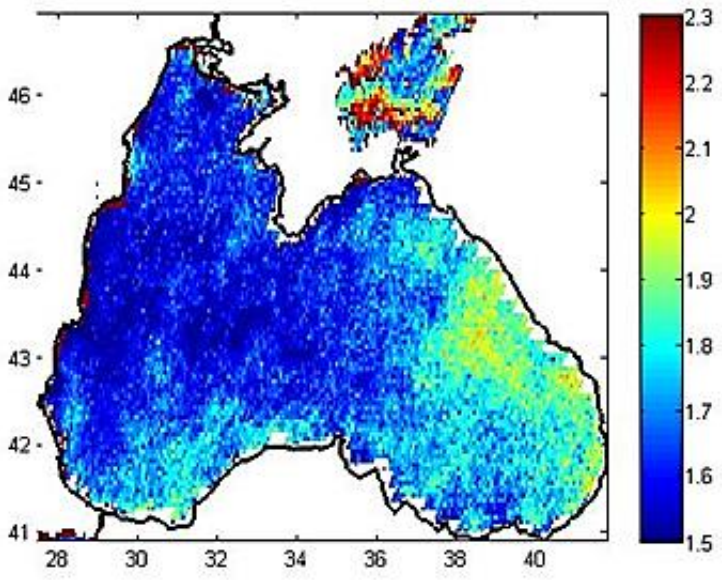
11 мая скорость ветра над основной частью бассейна Черного моря не превышала 3 м/с, что способствовало развитию дневного прогрева в и значительному увеличению амплитуды суточного хода ТПМ в данном районе Черного моря. В отдельных областях она достигла 5.5 ^{0}C.

Среднее распределение поля ветра и амплитуды ТПМ

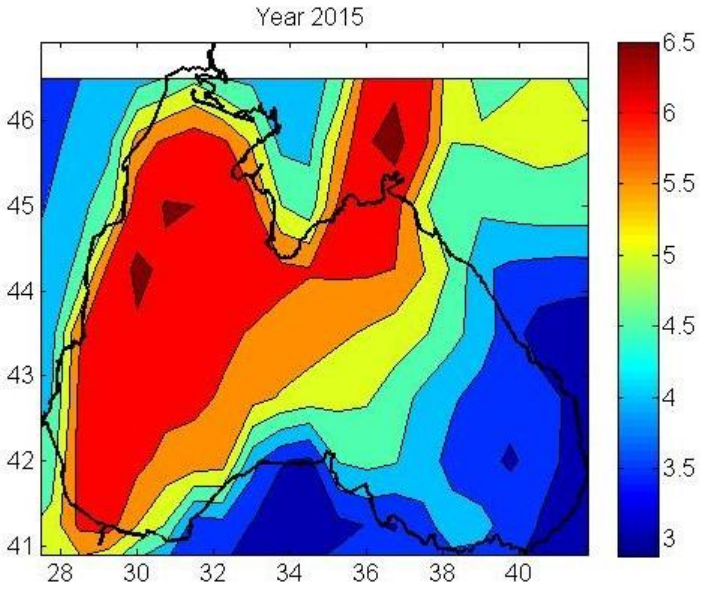
Следует отметить наличие пространственных особенностей в распределении поля ветра: над юго-восточной частью Черного моря скорость ветра ниже, чем для остального района, что связано с особенностями рельефа окружающей море суши (наличие Кавказских гор).

Такое распределение поля ветра способствует тому, что в юго-восточном районе бассейна Черного моря амплитуда ТПМ в среднем заметно выше, чем в остальной части акватории

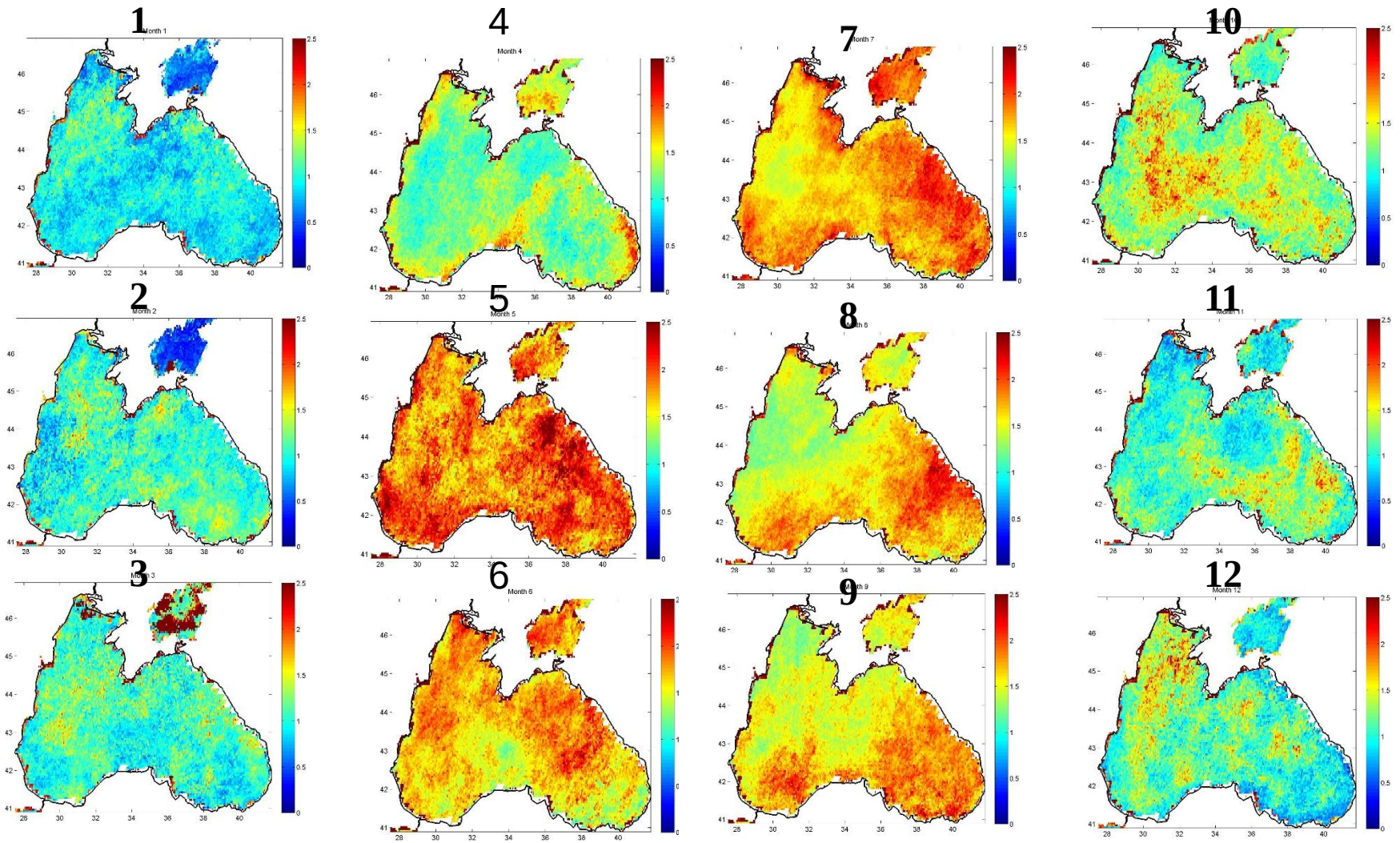
Карта распределения средней за год амплитуды суточного хода ТПМ



Карта распределения среднего за год модуля скорости ветра.



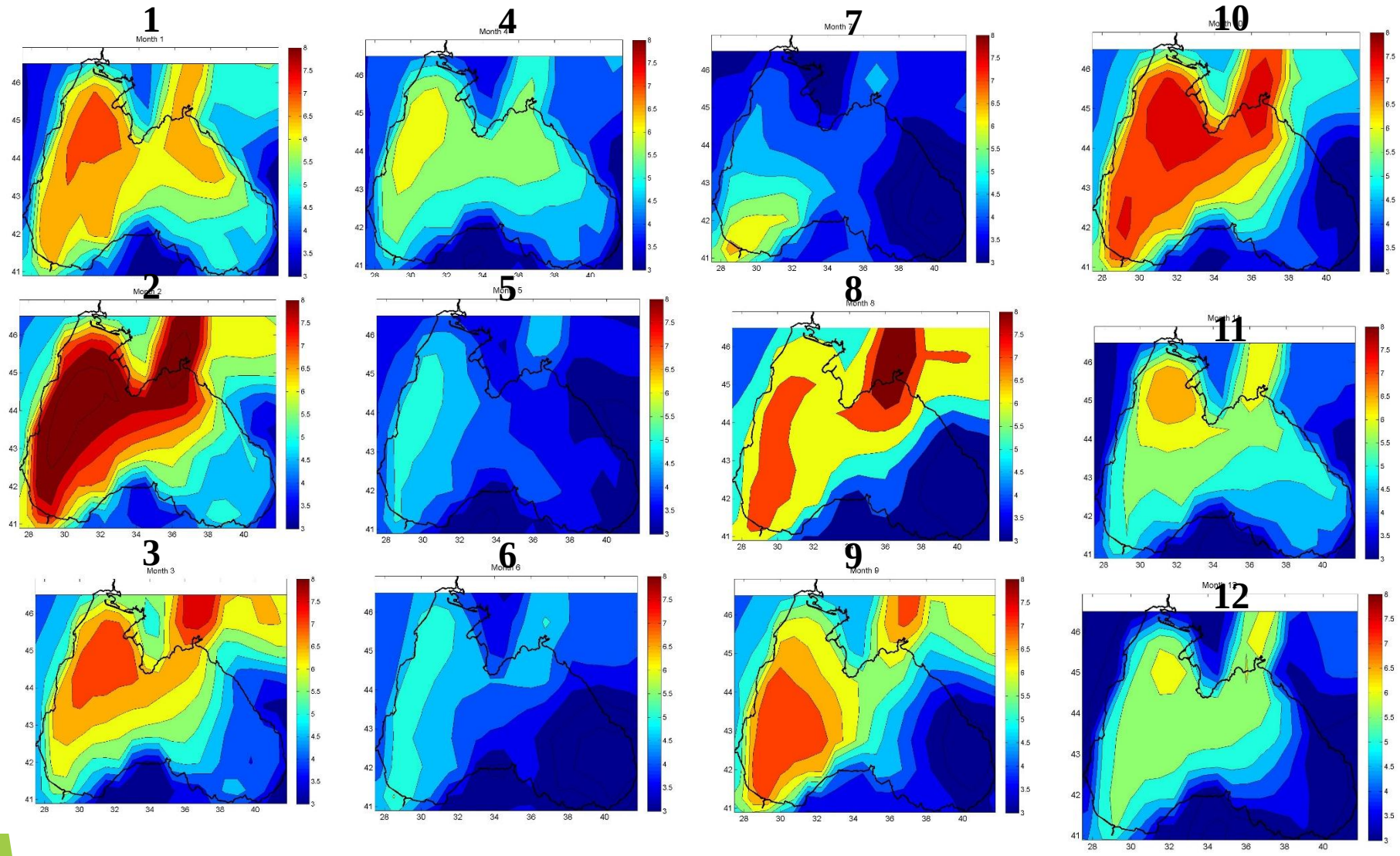
Сезонная изменчивость амплитуда суточного хода ТПМ



Как показывают карты распределения, максимальная амплитуда ТПМ наблюдается с мая по сентябрь. Минимальные изменения температур происходят с января по март.

Карты распределения среднемесячной амплитуды суточного хода ТПМ

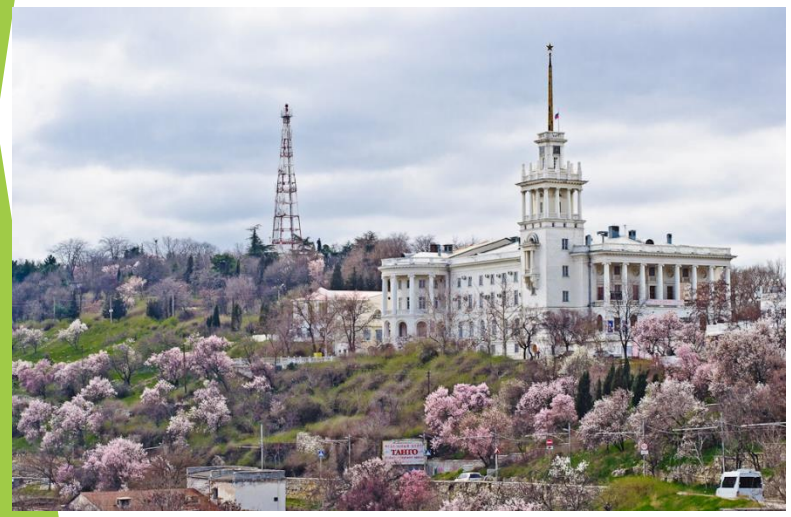
Модуль скорости ветра в 2015 за каждый месяц



Скорость ветра достигала минимальных значений в мае – июне, что способствовало увеличению числа случаев максимального дневного прогрева именно в этот период года

Карты распределения среднемесячного значения модуля скоростей ветра по месяцам года

Обобщения и выводы

1. В рамках представленного исследования проанализированы данные поля ТПМ по измерениям SEVIRI за 2015 год для района Черного моря.
2. Проведен анализ суточной и сезонной изменчивости ТПМ.
3. Определена амплитуда суточного хода в 2015 году для каждого дня.
4. Рассмотрена сезонная изменчивость амплитуды суточного хода: минимальный перепад температуры наблюдался в декабре (1.1 ^{0}C), максимальное значение амплитуды суточного хода наблюдалось в мае и составило 2.4 ^{0}C.
5. Выполнен анализ наиболее ярко выраженные случаи прогрева для всего Черного моря и для его отдельных точек: разница максимального и минимального значения ТПМ в некоторых районах достигала 5.5 ^{0}C.
6. Проанализировано поле ветра за 2015 год.
7. Определена корреляция между полем ветра и полем амплитуды суточного хода ТПМ для Черного моря.

Спасибо за внимание!