



**Изменчивость ТПМ Черного моря за
многолетний период по данным сканер SEVIRI.
Особенности дневного прогрева в районе
речного плюма**

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

Г. Москва 13 – 17 ноября 2023 г.

Актуальность исследования

2



Данные сканера SEVIRI

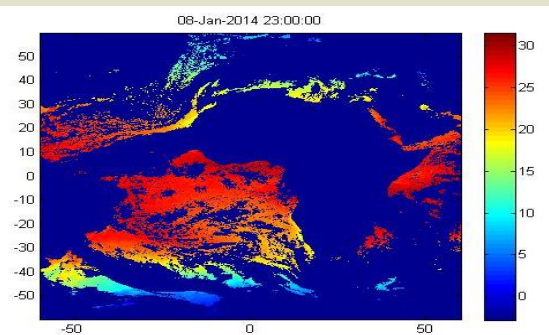
3

- ▶ В работе используются данные сканера SEVIRI за 2005 – 2017 гг., расположенного на геостационарных метеорологических спутниках Meteosat Second Generation с временным разрешением 1 час пространственным разрешением 5 км.
- ▶ Данные SEVIRI использовались для изучения процессов дневного прогрева в различных районах океана (*Gentemann et al., 2008; Marullo et al., 2010; Merchant et al., 2008; Filipiak et al., 2012*).
- ▶ Потенциальная возможность применения сканера SEVIRI для анализа суточного хода ТПМ в Черном море впервые продемонстрирована в работе (*Акимов и др., 2014*).
- ▶ В работах (*Rubakina, Kubryakov, Stanichny, 2019; Рубакина, Кубряков, Станичный, 2019; Rubakina, Kubryakov, Stanichny, 2021; Rubakina, Kubryakov, Stanichny, Mizyik, 2022*) продемонстрировано успешное использование этих данных для района Черного моря совместно с данными термодрифтеров и численным моделированием.
- ▶ *Источник данных: <http://www.osi-saf.org/>.*



Радиометр
SEVIRI

Карта ТПМ, построенная
по данным SEVIRI

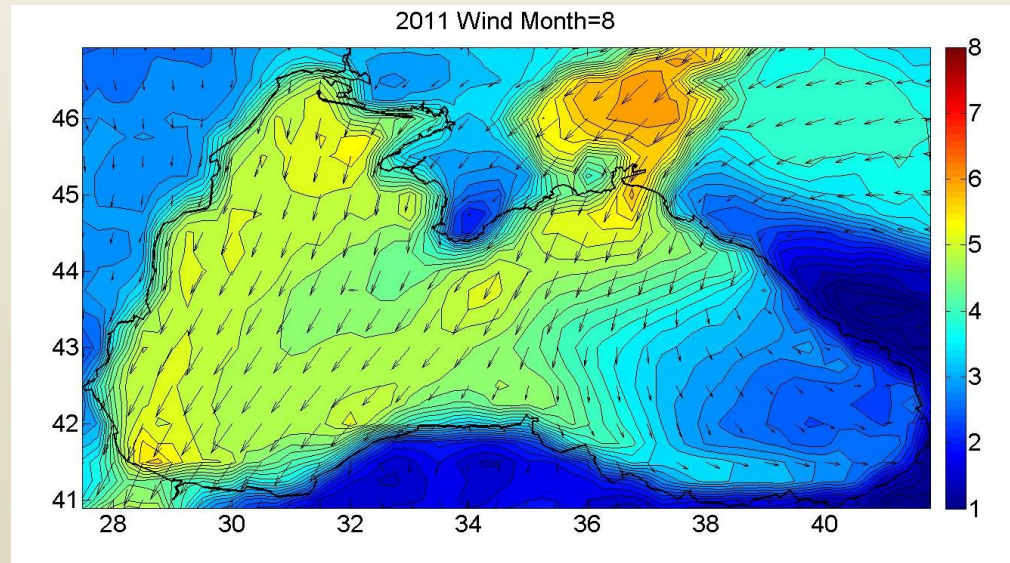


Спутник Meteosat
Second Generation
(MSG)



Данные реанализа Era5

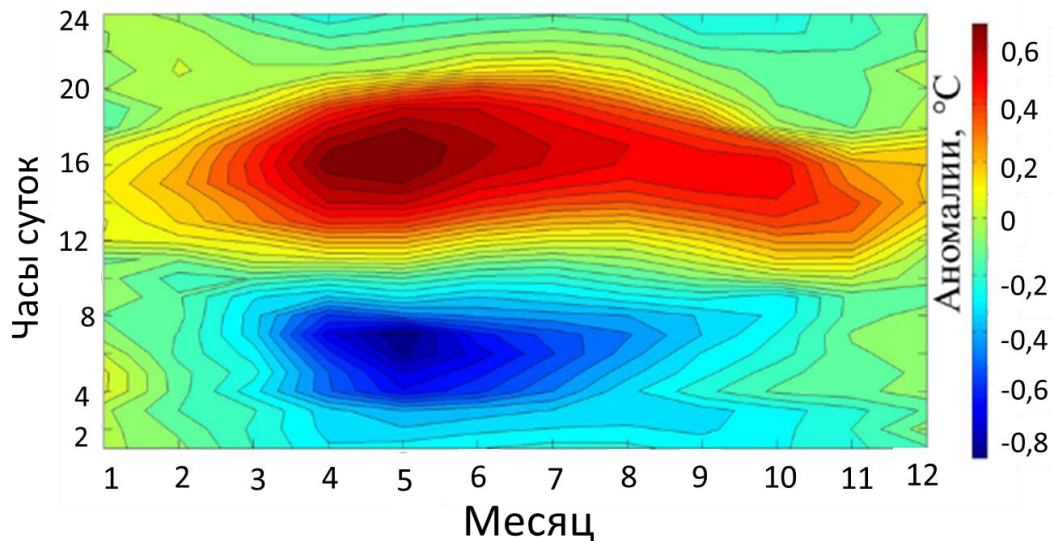
Для анализа поля ветра использовались данные реанализа Era5 о **скорости ветра** на высоте 10 м, с пространственным разрешением $0,25^\circ$ и временным разрешением 1 час. Данные получены из архива <https://cds.climate.copernicus.eu/>.



Суточный ход ТПМ

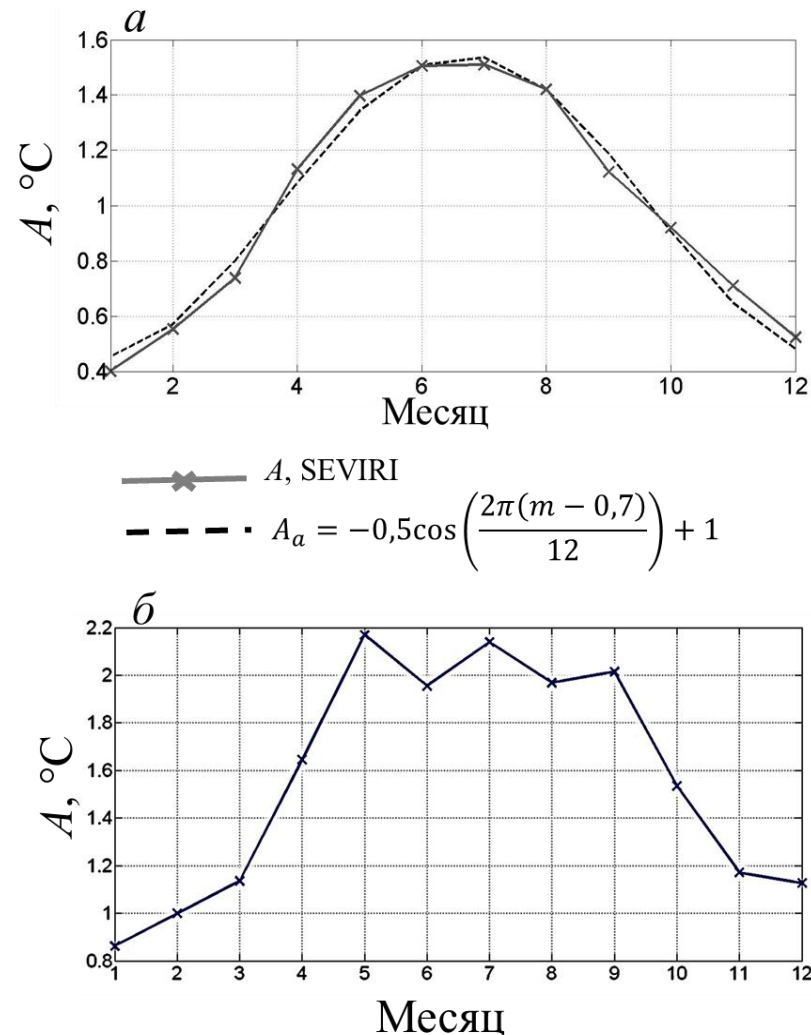
5

Диаграмма годичного распределения аномалий ТПМ по данным SEVIRI за 2005-2017 гг. в среднем для бассейна Черного моря



Наибольшие отклонения от средних значений наблюдаются в весенне-летний период, при этом максимальный прогрев наблюдается в часы с 14.00 до 18.00-19.00, минимальные температуры имеют место с 4.00 до 9.00.

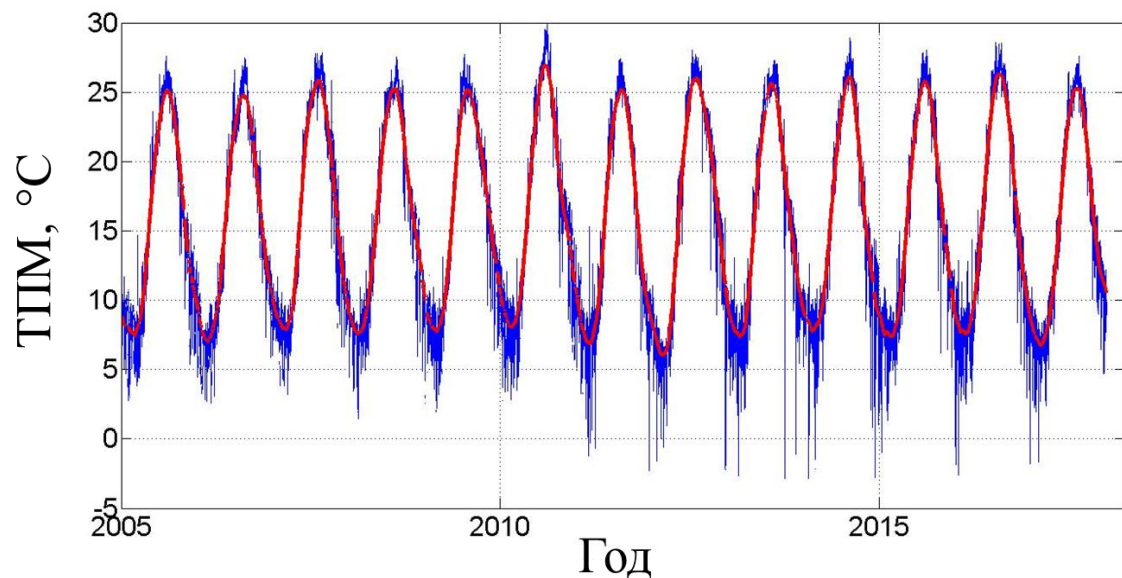
Средняя за многолетний период амплитуда суточного хода



Графики изменения средней за месяц амплитуды суточного хода ТПМ: а – за 2005 – 2017 гг., серая линия с маркером – по данным SEVIRI, черная пунктирная линия – линия аппроксимации; б – за 2015 г.

Многолетняя изменчивость ТПМ в Черном море

6



Средний по бассейну временной ход ТПМ за 2005–2017 гг.

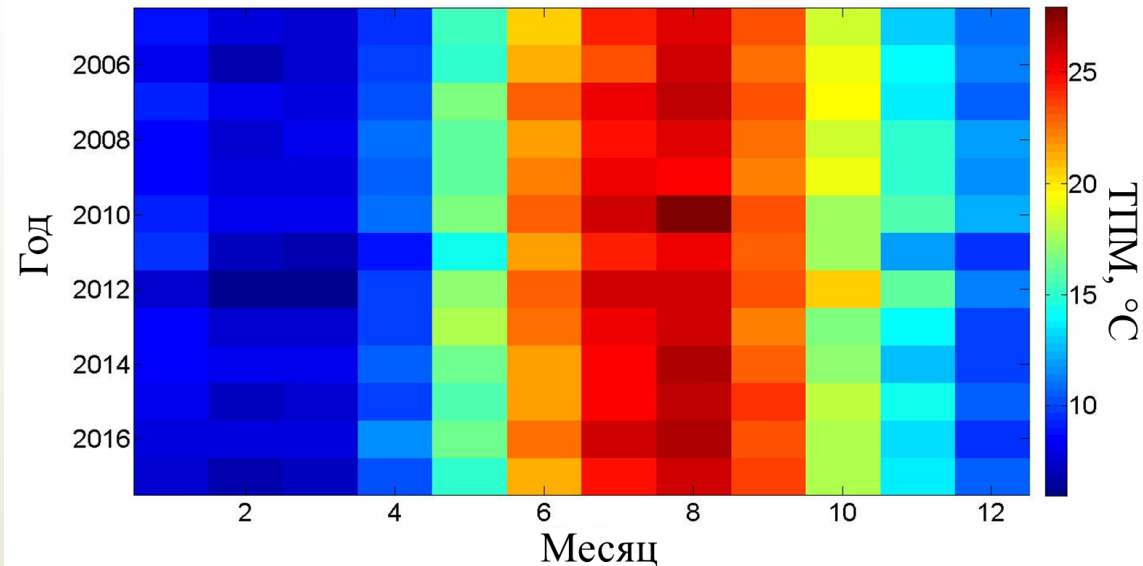


Диаграмма средних по бассейну среднемесячных значений ТПМ для 2005–2017 гг.

В среднем минимальные величины ТПМ приходятся на февраль – март и составляют $7\text{--}8^{\circ}\text{C}$, максимальные значения достигаются в августе и зачастую превышают 26°C .

Аномалии в межгодовом ходе. 2010 и 2011 гг.

7

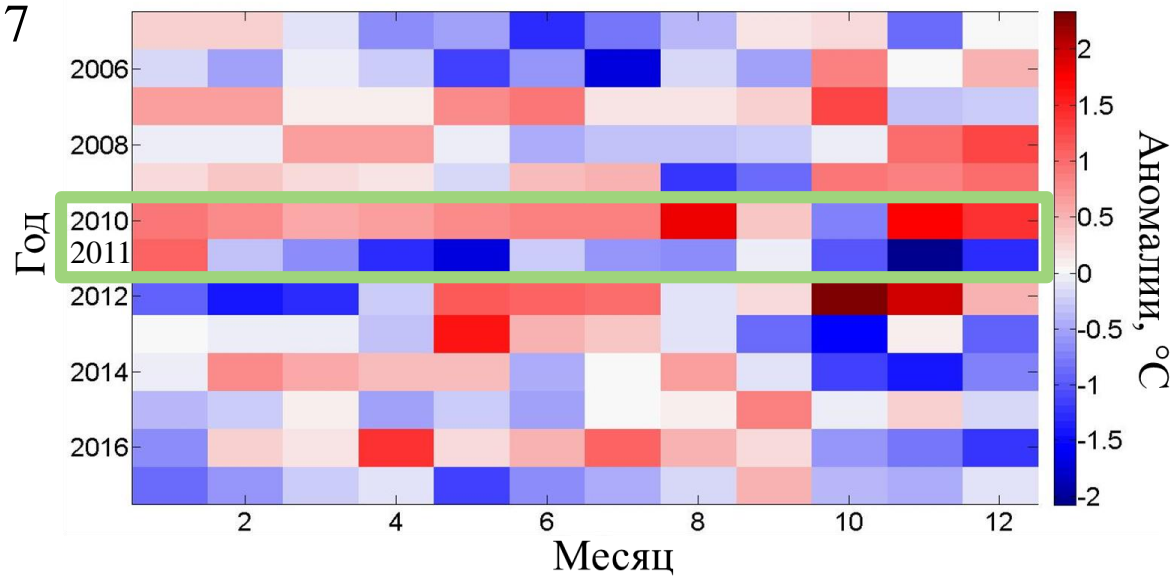
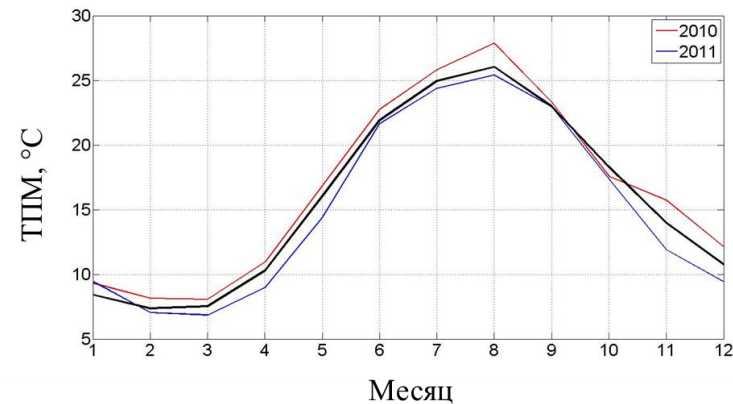
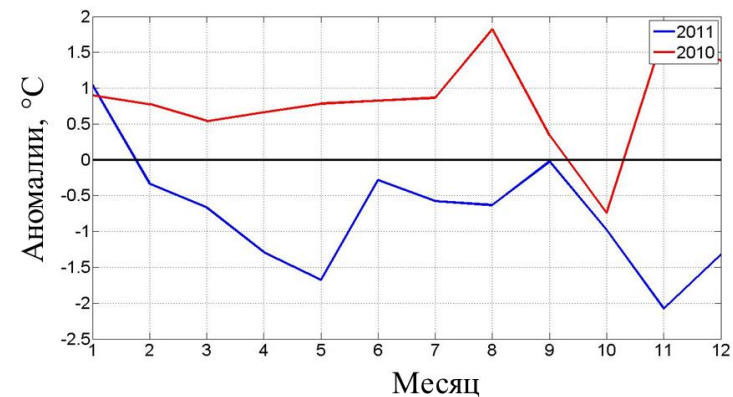


Диаграмма межгодового распределения аномалий среднемесячного хода ТПМ по данным SEVIRI за 2005–2017 гг.



Среднемесячный ход ТПМ в 2010 и 2011 гг.

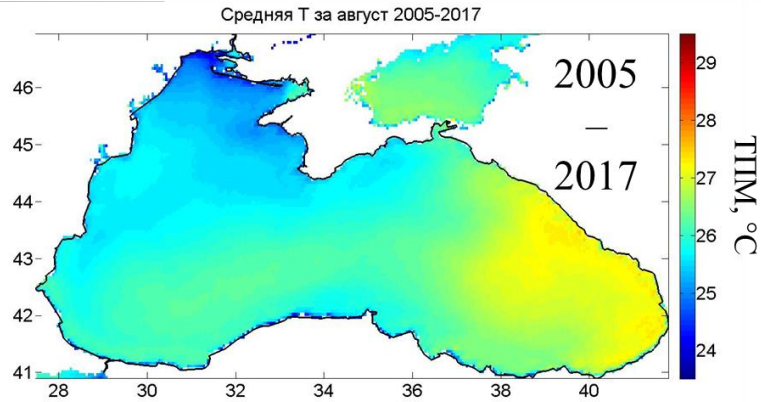


Аномалии ТПМ в 2010 и 2011 гг.

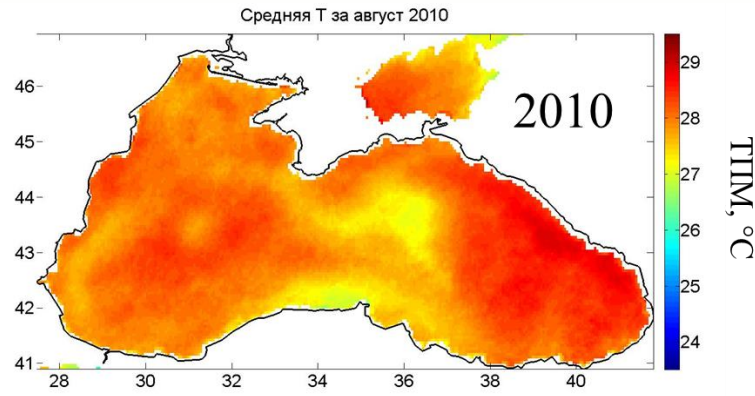
- **2010 год.** Среднемесячные значения ТПМ выше средних значений ТПМ в каждом месяце. В марте ТПМ на $0,34^{\circ}\text{C}$ выше, чем в среднем для марта за 2005–2017 гг., а в августе эта разница достигает максимального значения $-1,8^{\circ}\text{C}$. В августе 2010 г. средняя температура по бассейну составила $27,86^{\circ}\text{C}$, а в отдельных районах она достигла $28,89^{\circ}\text{C}$, при этом средняя скорость ветра (по данным реанализа Era5) не превышала 5–6 м/с (т.е. имели место практически штилевые условия).
- **2011 г.** Самый холодный по значениям ТПМ за рассматриваемый период. Средние значения ТПМ для этого года в каждом месяце были ниже среднемесячных значений за 2005–2017 гг. ТПМ в ноябре 2011 г. была на $2,1^{\circ}\text{C}$ ниже средних значений. Самые низкие значения ТПМ в 2011 г. имели место в марте (составили $6,8^{\circ}\text{C}$).

2010 и 2011 гг.

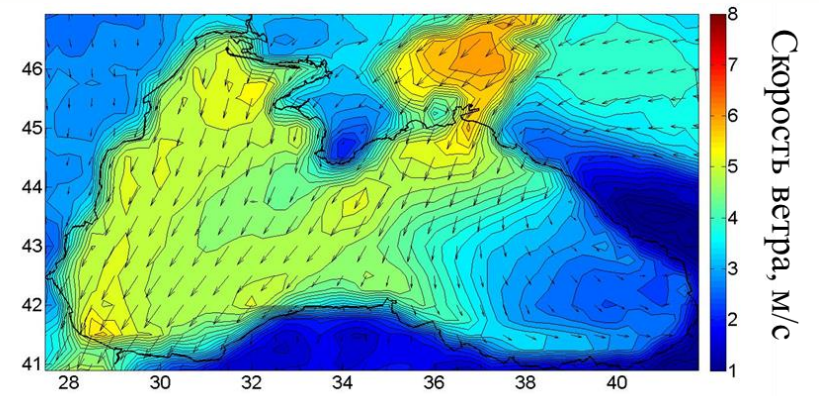
8



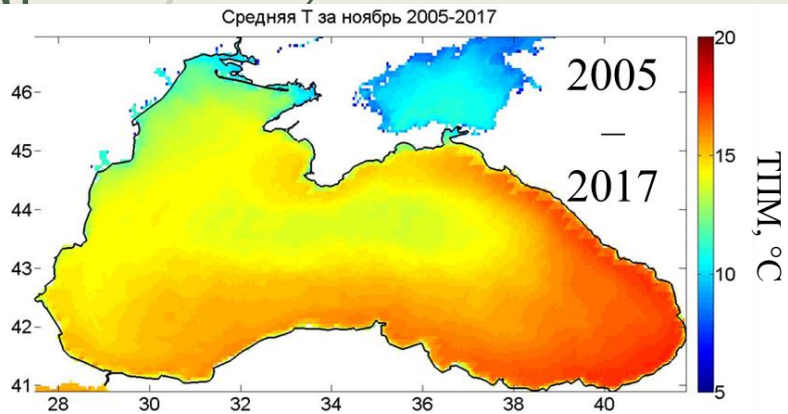
Средняя карта ТПМ за август 2005-2017 гг.



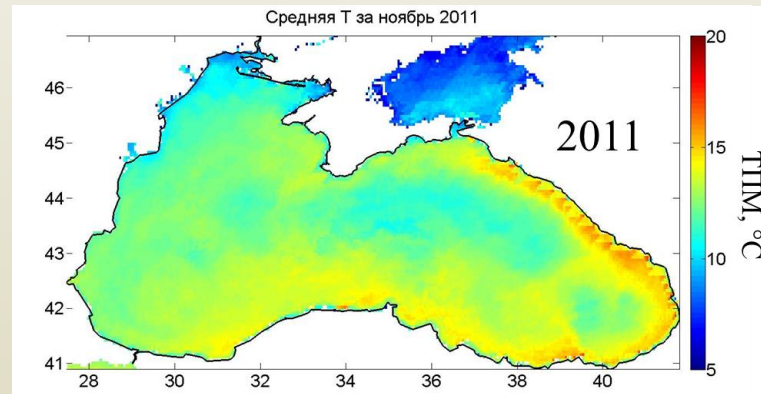
Средняя карта ТПМ за август 2010 г.



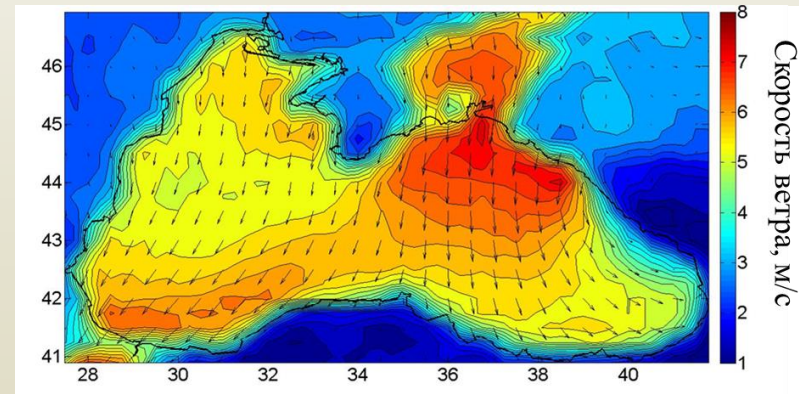
Среднемесячная карта модуля скорости ветра в августе 2010 г.



Средняя карта ТПМ за ноябрь 2005-2017 гг.



Средняя карта ТПМ за ноябрь 2011 г.

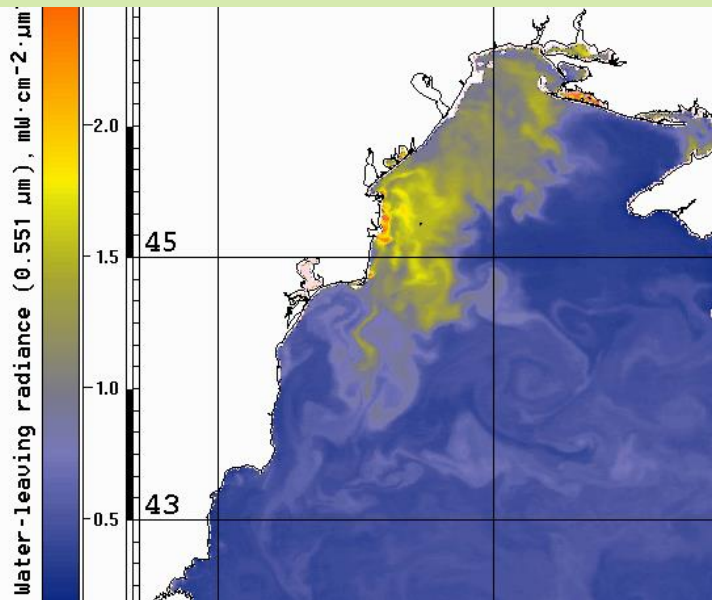


Среднемесячная карта модуля скорости ветра в ноябре 2011 г.

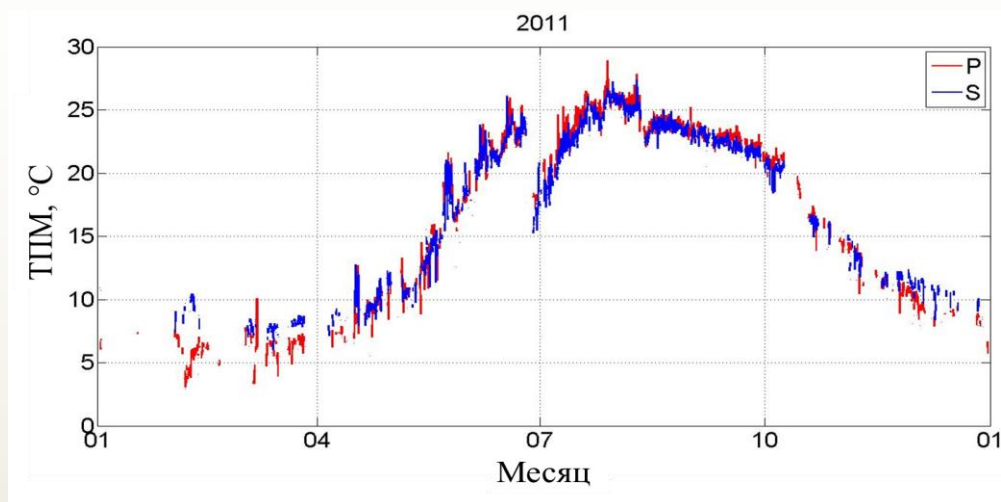
Суточный ход ТПМ в районе пюма

http://dvs.net.ru/mp/data/201107bs_mod_ru.shtml

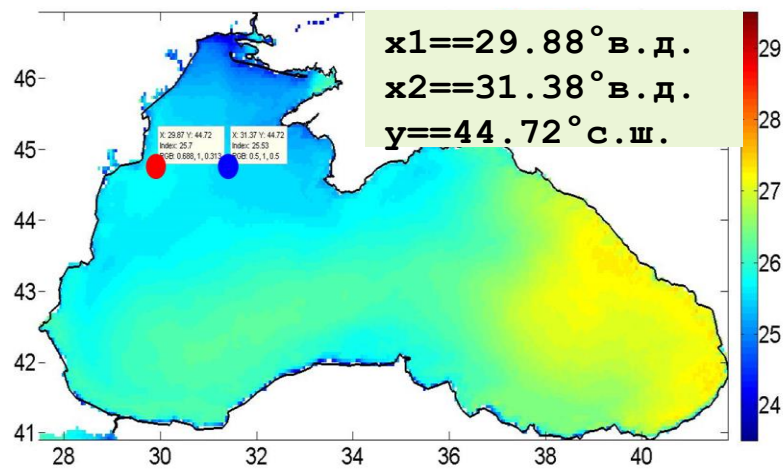
9



MODIS-AQUA
9.07.2011,
551 нм



Временной ход ТПМ в выбранных точках в 2011 г.

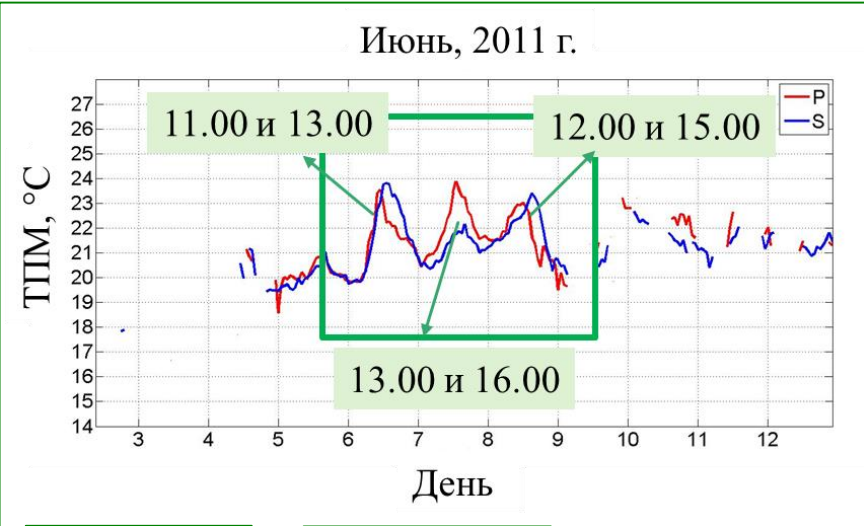


В холодный период года, а также в период интенсивного остывания ТПМ в точке 1 существенно ниже, чем в точке 2. В период интенсивного прогрева и в теплый период года ТПМ в зоне пюма в среднем выше, чем в близлежащих точках вне его.

Точки для исследования ТПМ

Особенности дневного прогрета

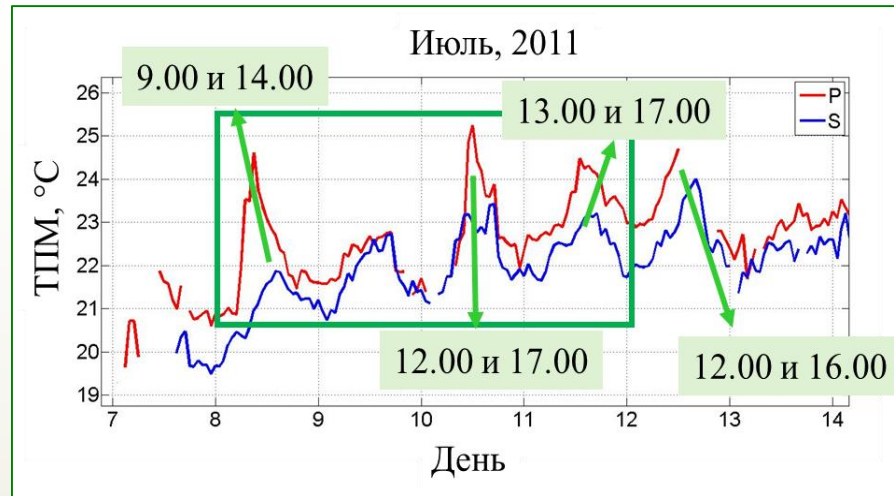
10



A1=3,8°C
A2=4°C

A1=3,45°C
A2=1,9°C

A1=2,6°C
A2=3,1°C

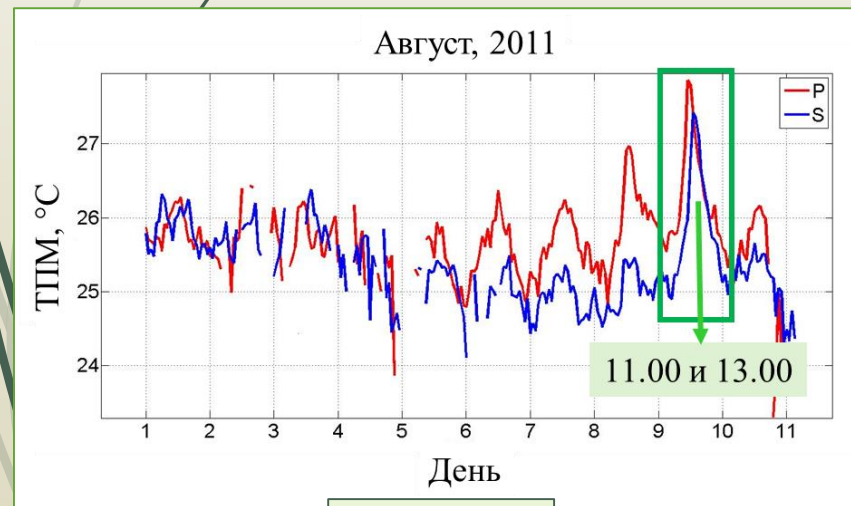


A1=3,8°C
A2=2,2°C

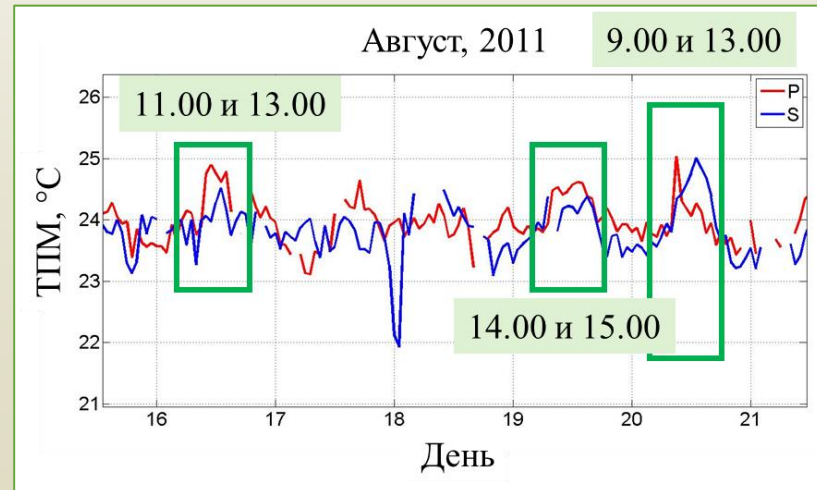
A1=3,9°C
A2=2,2°C

A1=2,2°C
A2=1,5°C

A1≈2°C
A2=2,2°C



A1=2,3°C
A2=2,5°C



A1=1,5°C
A2=1,25°C

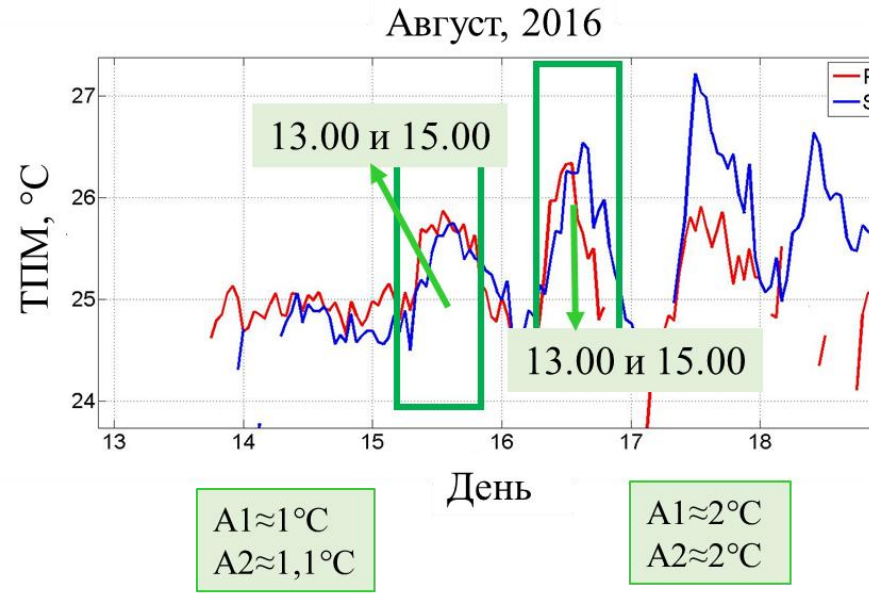
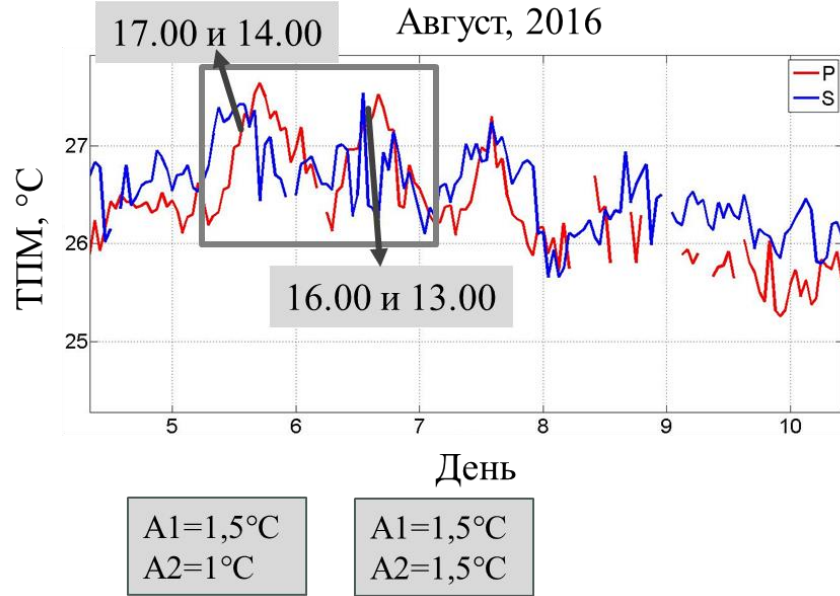
A1=0,8°C
A2=1,1°C

A1=1,6°C
A2=1,75°C

Для отдельных событий дневного прогрета скорость изменения ТПИ в зоне плюма за сутки выше, чем в точке вне его – в течение одних суток максимальное значение ТПИ достигается раньше, а за тем падение ТПИ до минимальных значений также наступает раньше, чем для точки вне плюма.

Особенности дневного прогрева

11



В августе 2016 года наблюдались также интересные особенности:

- Был выделен ряд событий прогрева, когда ТПМ вне плюма увеличивалась быстрее, чем в районе плюма – 5 и 6 августа 2016 г.
- 15 и 16 августа скорость изменения ТПМ в зоне плюма за сутки выше, чем в точке в него.16

Отметим:

Толщина слоя прогрева определяется слоем скачка. В зоне плюма имеет место высокая плотностная стратификация и повышенные значения мутности. Поглощаемая энергия распределяется в более тонком слое, чем в основной части акватории, соответственно ТПМ и амплитуда суточного хода имеет более высокие значения при равных потоках тепла и ветровых условиях.

Когда толщина плюма меньше толщины пикноклина, наблюдается опережение в прогреве и повышенные значения ТПМ. В условиях, когда толщина плюма совпадает с толщиной пикноклина, значения ТПМ примерно одинаковы для сравниваемых районов, опережения в прогреве не наблюдается.

Заключение

12

Анализ данных о ТПМ за период с 2005 по 2017 гг. показал, что:

1. В среднем минимальные величины ТПМ приходятся на февраль – март и составляют 7–8°C, максимальные значения достигаются в августе и зачастую превышают 26°C.
2. В рассматриваемом периоде наиболее высокие значения ТПМ имели место в 2010 году, с максимальными значениями в августе до 28,89°C в отдельных районах. Самым холодным оказался 2011 г. ТПМ в ноябре 2011 г. была на 2,1°C ниже средних значений. Самые низкие значения ТПМ в 2011 г. имели место в марте (составили 6,8°C).

Исследование дневного прогрева в зоне плюма позволило выявить ряд особенностей:

3. В холодный период года, а также в период интенсивного остывания ТПМ в точке 1 существенно ниже, чем в точке 2. В период интенсивного прогрева и в теплый период года ТПМ в зоне плюма в среднем выше, чем в близлежащих точках вне его.
4. Для отдельных событий дневного прогрева скорость изменения ТПМ, величина амплитуды и самой ТПМ в зоне плюма за сутки выше, чем в точке вне его при одинаковых ветровых условиях и потоках тепла, что объясняется особенностями распределения стратификации и показателями мутности в верхнем слое.



Спасибо за внимание!



Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБУН ФИЦ МГИ по темам FNNN-2021-0006 и FNNN-2021-0003

