



# Мониторинг биооптических характеристик арктических морей России в 2024 г.

**Вазюля С.В., Салинг И.В.**

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

- Среднемесячные распределения таких биооптических характеристик как концентрации хлорофилла  $Chl$ , взвеси  $TSM$  и кокколитофорид  $N_{coc}$ , показатели поглощения желтым веществом  $a_g$  и рассеяния назад взвесью  $b_{br}$ , рассчитанные по данным MODIS третьего уровня L3 за период 2003-2024 гг., представлены в Атласе Лаборатории оптики океана ИО РАН ([optics.ocean.ru](http://optics.ocean.ru)).
- Расчеты проводятся с помощью региональных алгоритмов, разработанных на основе спутниковых измерений. По мере накопления данных натурных измерений региональные алгоритмы модифицируются и создаются новые (Glukhovets et al., 2022; Vazyulya et al., 2024; Вазюля и др., 2024).
- Кроме того, Атлас содержит карты среднемесячных значений температуры поверхностного слоя моря SST – индикатора происходящих в данном регионе климатических изменений.
- В работе представлено сравнение среднемесячных распределений вышеперечисленных характеристик в 2024 г. со среднеклиматическими, полученными в результате осреднения данных за 2003-2023 гг. Анализ выполнен для трех арктических морей: Баренцева, Карского и Лаптевых.

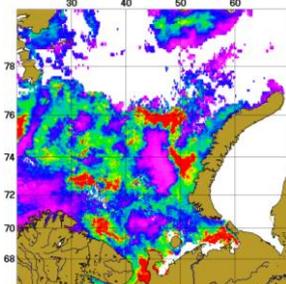
# Баренцево море. Концентрация хлорофилла.

*Chl* (мг/м<sup>3</sup>)

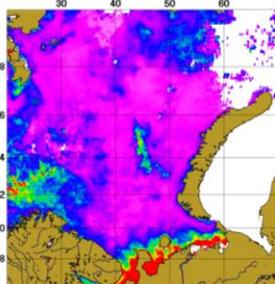


2024 г.

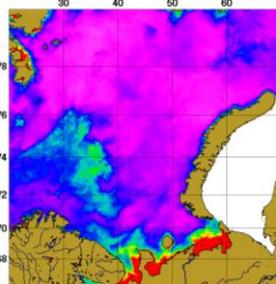
май



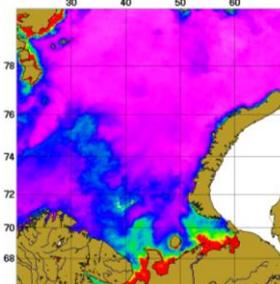
июнь



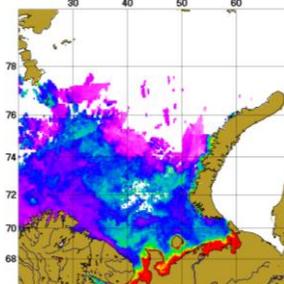
июль



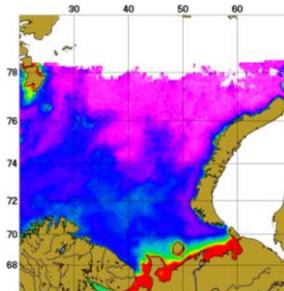
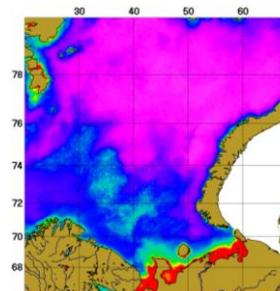
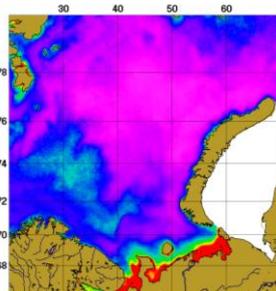
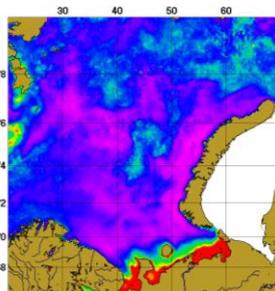
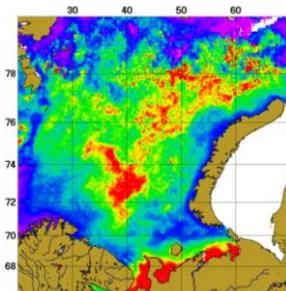
август



сентябрь



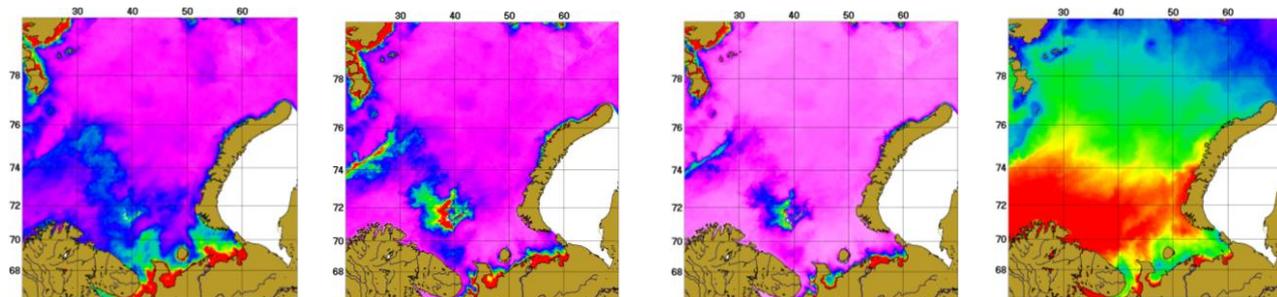
среднекли-  
матические  
2003-2023 гг.



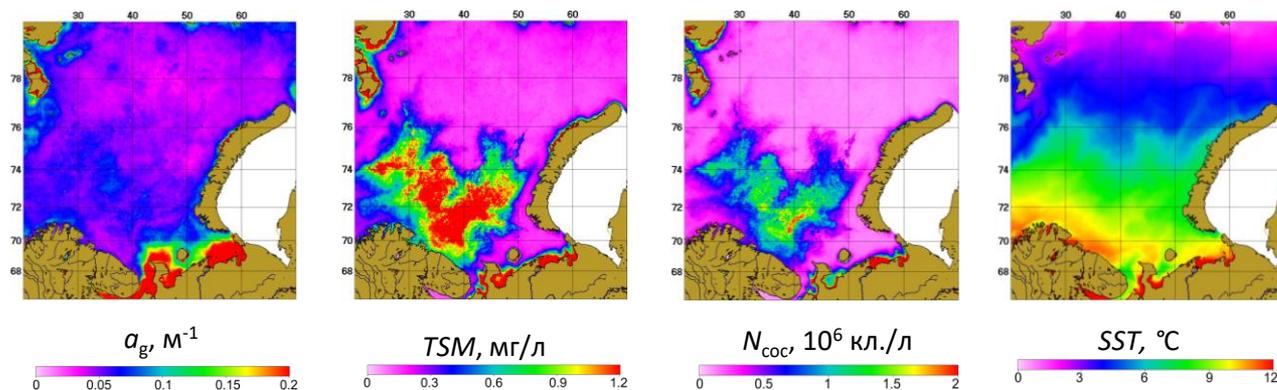
Наибольшие отличия наблюдаются в мае и июне. Майское цветение в 2024 г. было не таким интенсивным, как обычно, поэтому средние величины *Chl* для среднего и северного регионов Баренцева моря ниже среднеклиматических на 17% и 27%, соответственно. В июне заметные отличия были в северном регионе, где средняя величина *Chl* составила 0.42 мг м<sup>-3</sup>, что на 36% меньше оценки для периода 2003-2023 гг.

# Баренцево море. Август.

2024 г.

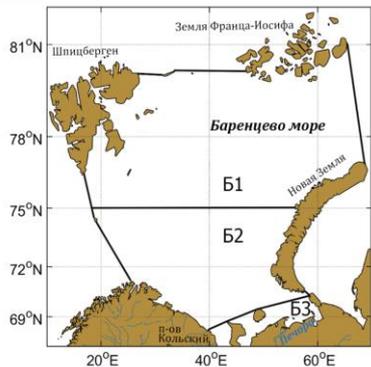


средне-  
климатические  
2003-2023 гг.

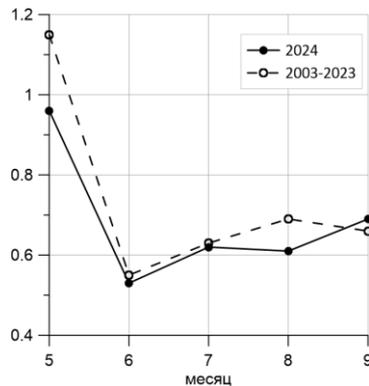


Область высоких значений рассеяния назад взвесью в центре Баренцева моря обусловлена кокколитофоридным цветением, ежегодно происходящим в этом регионе. Цветение кокколитофорид наблюдается в период с июня по сентябрь, пик цветения приходится на август. Интенсивность и площадь цветения в 2024 г. была невелика по сравнению со среднеклиматическими данными.

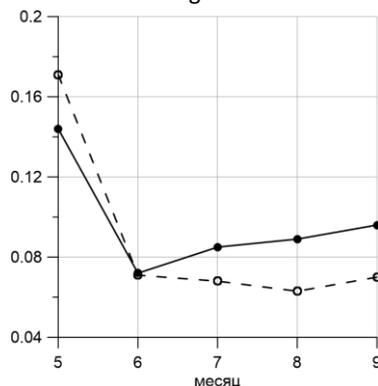
# Средние значения для среднего региона Баренцева моря (Б2).



$Chl$  (мг/м<sup>3</sup>)



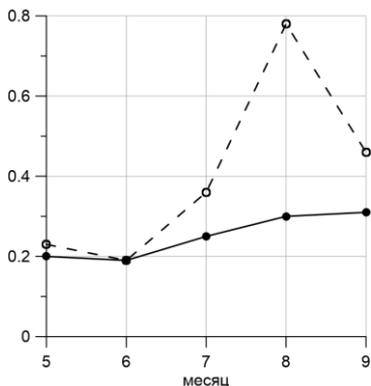
$a_g$ , м<sup>-1</sup>



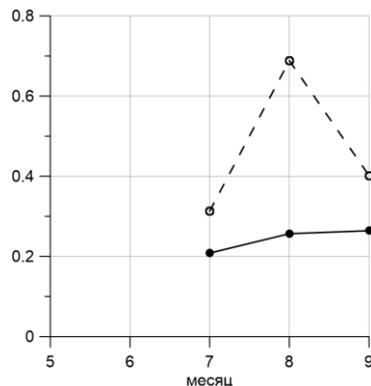
Средняя величина концентрации кокколитофорид  $N_{\text{COC}}$  в среднем регионе в 2024 г. была на 60% ниже среднеклиматической.

При этом в августе и сентябре 2024 г. наблюдалось аномальное увеличение SST. Средние величины SST в среднем Баренце были выше среднеклиматических на 28% и 40%, соответственно.

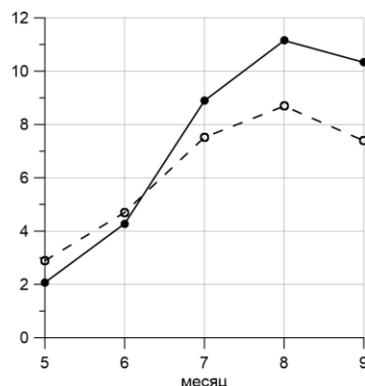
$TSM$ , мг/л



$N_{\text{COC}}$ , 10<sup>6</sup> кл./л



SST, °C



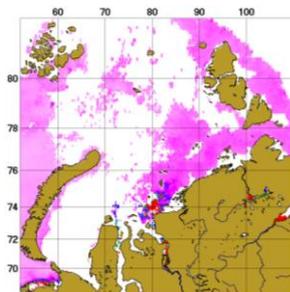
# Карское море. Поглощение ОРОВ.

$a_g, \text{M}^{-1}$

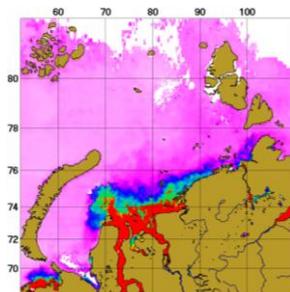


2024 г.

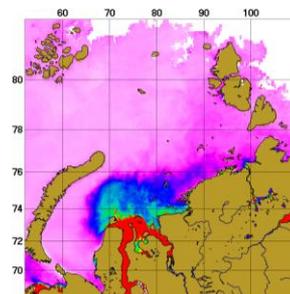
июнь



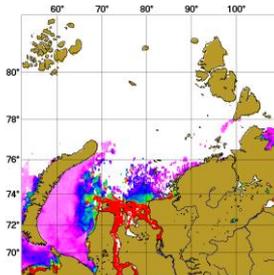
июль



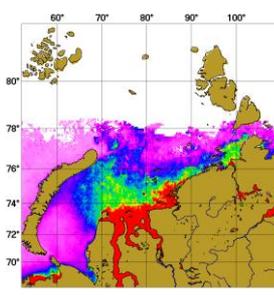
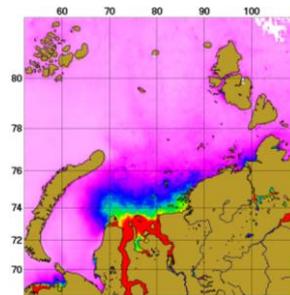
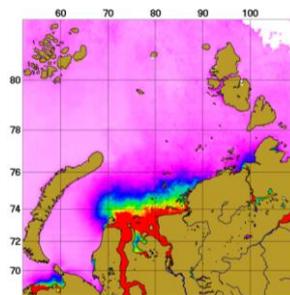
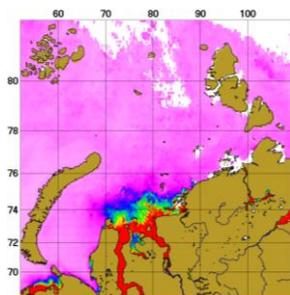
август



сентябрь

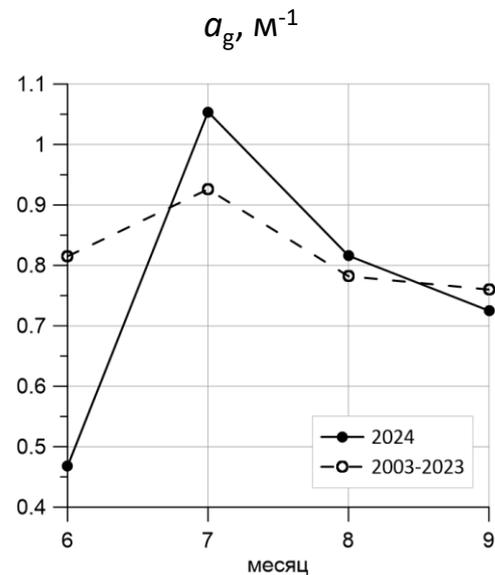
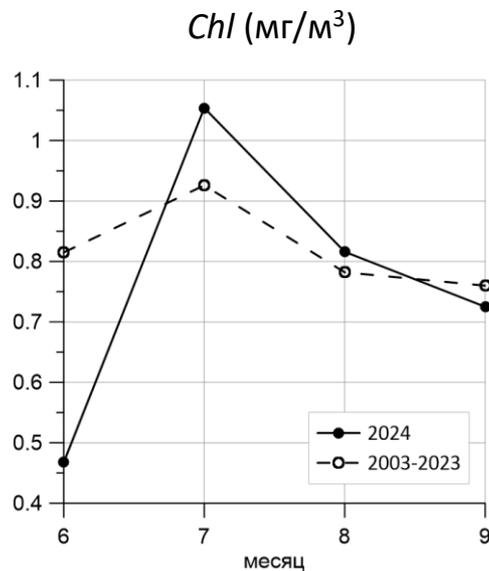


средне-  
климатические  
2003-2023 гг.



Карское море отличается от Баренцева значительным влиянием стока рек Оби и Енисея, который ярко проявляется в пространственном распределении всех биооптических характеристик ( $Chl$ ,  $a_g$  и  $b_{bp}$ ). Признанным индикатором распространения речных вод являются значения показателя поглощения ОРОВ. Наблюдаемое в 2024 г. распространение линзы опресненной воды лишь незначительно отличается от среднеклиматического.

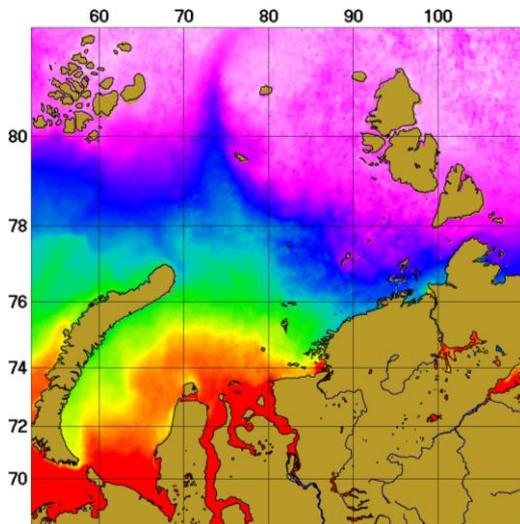
## Средние значения для юго-западного региона Карского моря (K1).



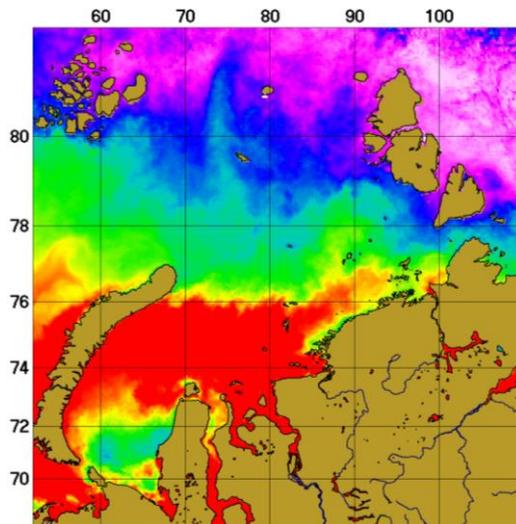
В июне 2024 г. из-за наличия льда и частой облачности покрытие спутниковыми данными составило только 12 и 43% для юго-западной (K1) и северо-восточной (K2) частей Карского моря, соответственно. Именно этим объясняются заметные отличия средних значений  $Chl$  и  $a_g$  для региона K1 в июне 2024 г. от среднеклиматических.

# Карское море. Температура поверхностного слоя SST .

август 2024 г.

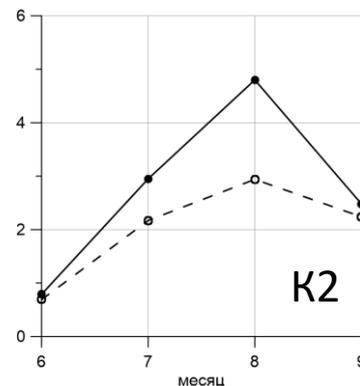
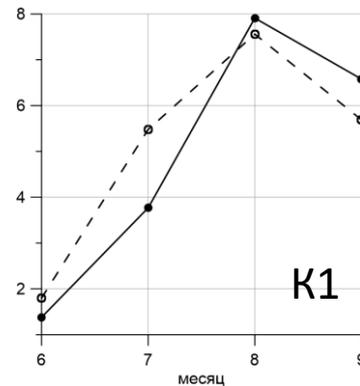


среднеклиматические  
2003-2023 гг.



SST, °C

0 2 4 6 8



В августе 2024 г. наблюдалось необычное распределение SST, которое привело к значительному росту средней величины SST в северо-восточной (K2) части Карского моря – на 60% по сравнению со среднеклиматическими оценками. При этом в юго-западной (K1) части моря за счет области низких значений SST в Байдарацкой губе средняя величина SST для этого региона практически совпала со среднеклиматической (7.9 и 7.6°C).

# Море Лаптевых. Концентрация хлорофилла.

*Chl* (мг/м<sup>3</sup>)

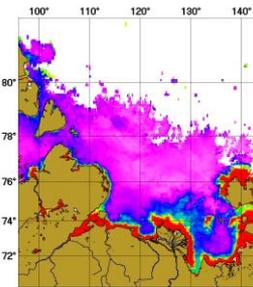
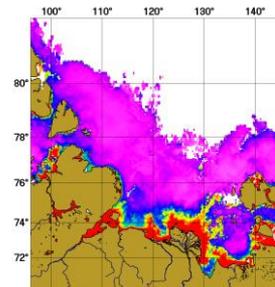
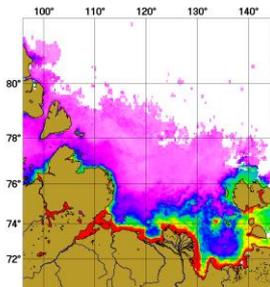
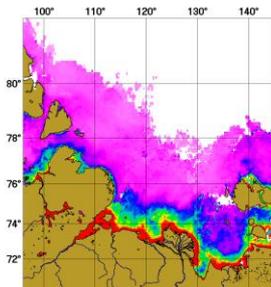


В Атласе представлены распределения концентрации хлорофилла *Chl*, рассчитанные по двум региональным алгоритмам L\_VBP (через показатель рассеяния назад взвешенными частицами) и L\_CI (через индекс цвета) [Вазюля и др., 2024].

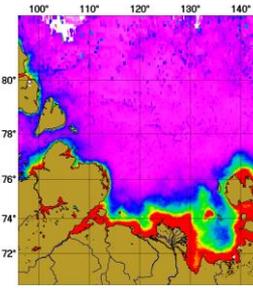
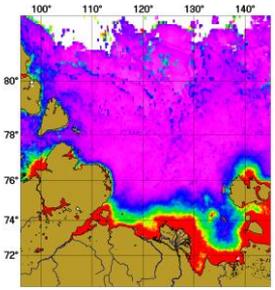
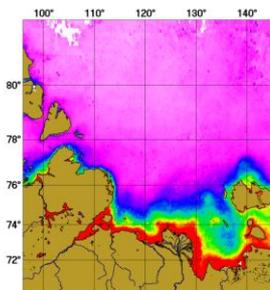
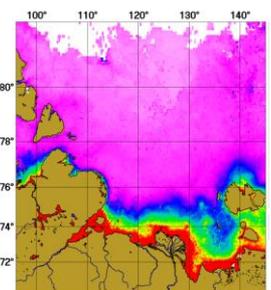
L\_CI

L\_VBP

2024 г.



средне-  
климатические  
2003-2023 гг.



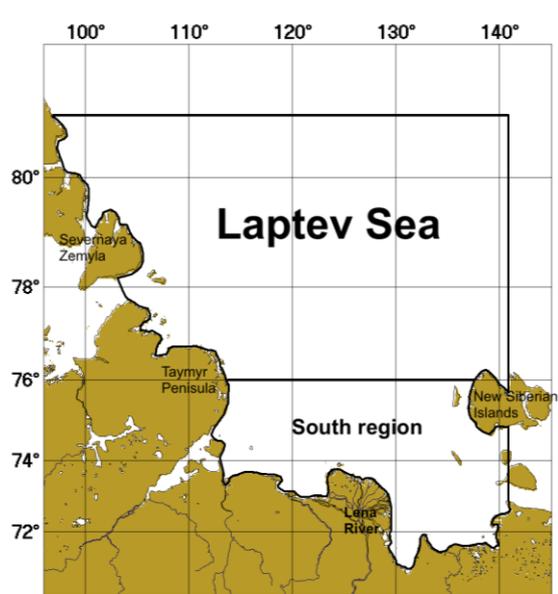
июль

август

июль

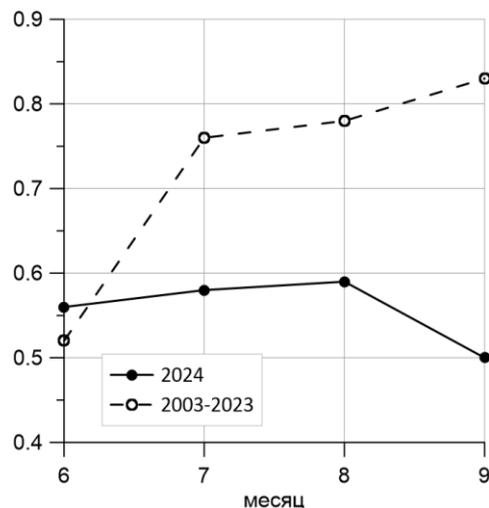
август

## Средние значения для южной части моря Лаптевых.

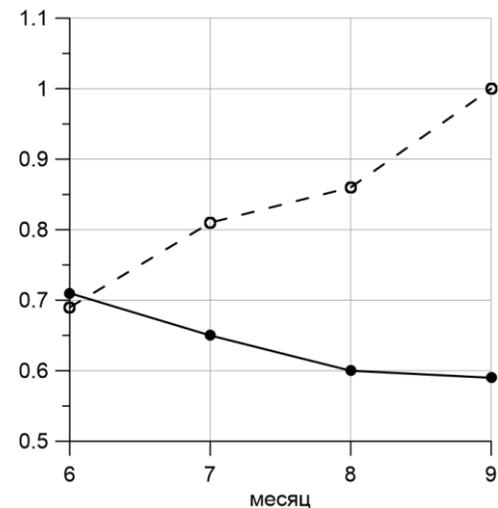


Выбор региона (южнее 76° с.ш.) обусловлен приемлемым покрытием спутниковыми данными

*Chl L\_CI* (мг/м<sup>3</sup>)



*Chl L\_BBP* (мг/м<sup>3</sup>)



Наблюдаются заметные различия как между результатами применения двух региональных алгоритмов, так и между средними оценками Chl в южной части моря Лаптевых для 2024 г. и среднеклиматическими (2003-2023 гг.).

## Выводы

- В Баренцевом море в 2024 г. наблюдалось заметное уменьшение концентрации хлорофилла во время весеннего цветения в мае и июне, сокращение площади и интенсивности кокколитофоридного цветения в августе. При этом в августе 2024 г. отмечено аномальное увеличение *SST*. Средняя величина *SST* в северном Баренце была выше среднеклиматической на 67%.
- В текущем году распространение линзы опресненной воды в Карском море лишь незначительно отличается от среднеклиматического. При этом для *SST* в августе было необычное распределение, которое привело к значительному росту средней величины *SST* в северо-восточной части Карского моря – на 60% по сравнению со среднеклиматическими оценками.
- В море Лаптевых наблюдаются заметные различия как между результатами применения двух региональных алгоритмов, так и между средними оценками Chl в южной части моря Лаптевых для 2024 г. и среднеклиматическими (2003-2023 гг.). В тоже время обнаружено заметное увеличение *SST*, особенно в июле.

# Спасибо за внимание!

- 

- **Литература**

- Glukhovets D., Sheberstov S., Vazyulya S., Yushmanova A, Salyuk P, Sahling I, Aglova E. Influence of the accuracy of chlorophyll-retrieval algorithms on the estimation of solar radiation absorbed in the Barents Sea // Remote Sensing. 2022. Vol. 14, № 19. P. 4995. doi: 10.3390/rs14194995.
- Vazyulya S.V., Sahling I.V., Glukhovets D.I., Demidov A.B. Regional algorithms for chlorophyll concentration estimation in the Kara Sea from MODIS ocean color data // Atmospheric and Oceanic Optics. 2024. (в печати)
- Вазюля С.В., Салинг И.В. Демидов А.Б., Глуховец Д.И. Региональный алгоритм оценки концентрации хлорофилла в море Лаптевых по данным MODIS // Материалы XXX Международного симпозиума «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы», г. Санкт-Петербург, 1-5 июля 2024 г.