

# Статистический анализ связей между биооптическими характеристиками субрегионов Баренцева и Карского морей

Глуховец Д.И., Копелевич О.В., Салинг И.В., Шеберстов С.В.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,

Московский физико-технический институт

[glukhovets@ocean.ru](mailto:glukhovets@ocean.ru)



«Спутниковые методы и системы исследования Земли»

Таруса, 9 апреля 2019 г.

# Определяющие факторы

- Баренцево: арктические и атлантические воды
- Карское и Лаптевых: речной сток

Поверхностная циркуляция  
в Баренцевом море.  
(Giraudeau et al., 2016).

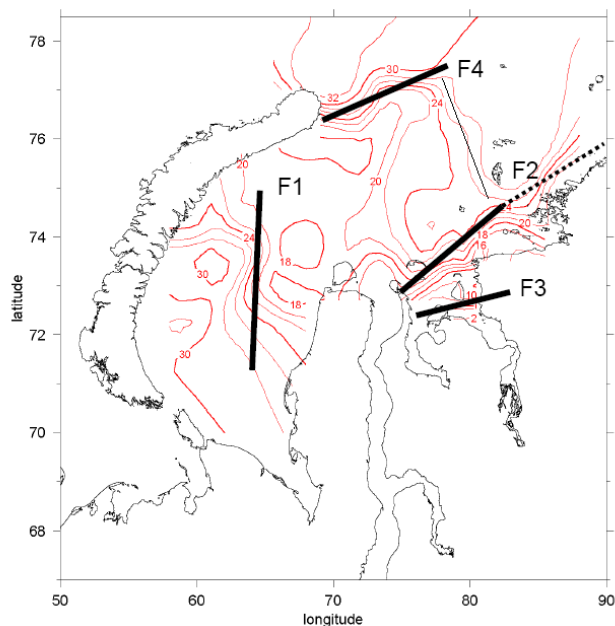
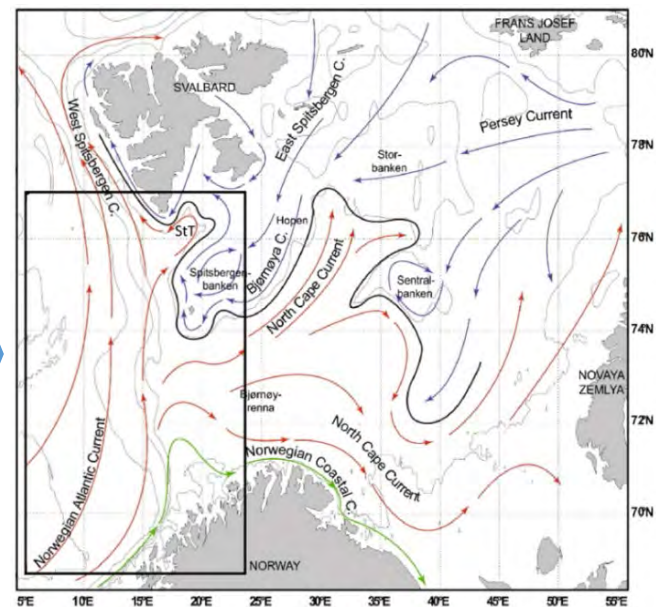
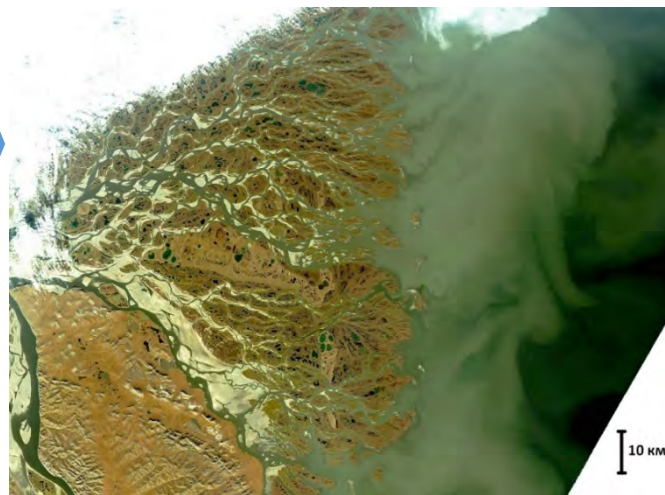
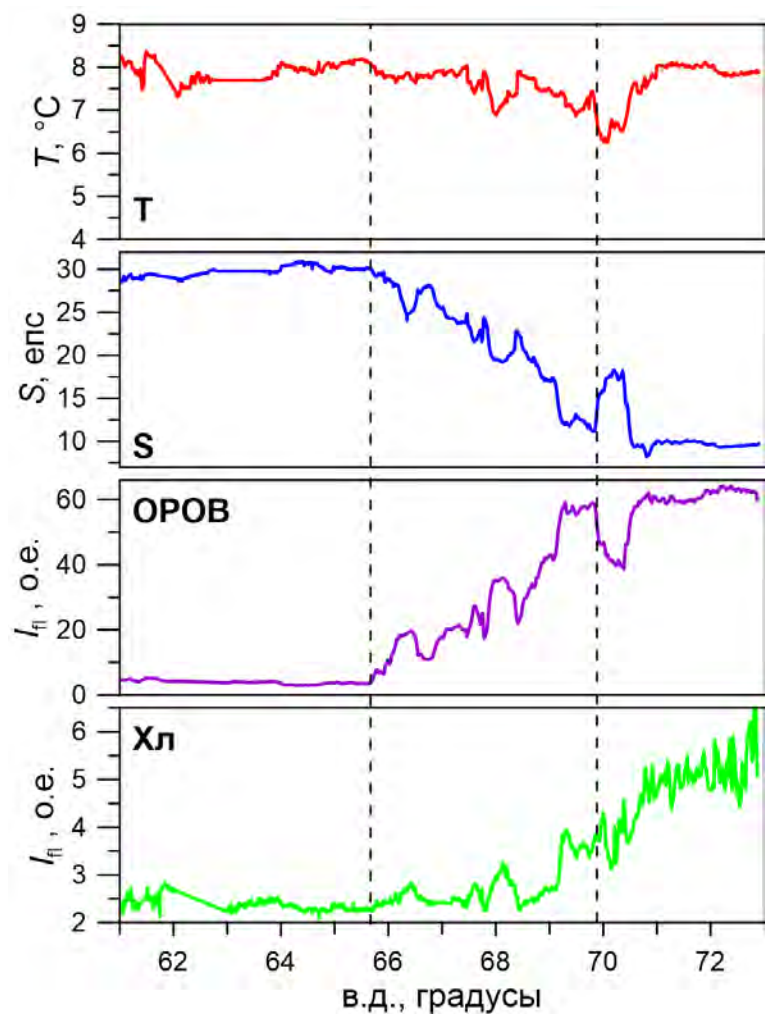


Схема фронтальных зон Карского моря (Завьялов и др., 2015).

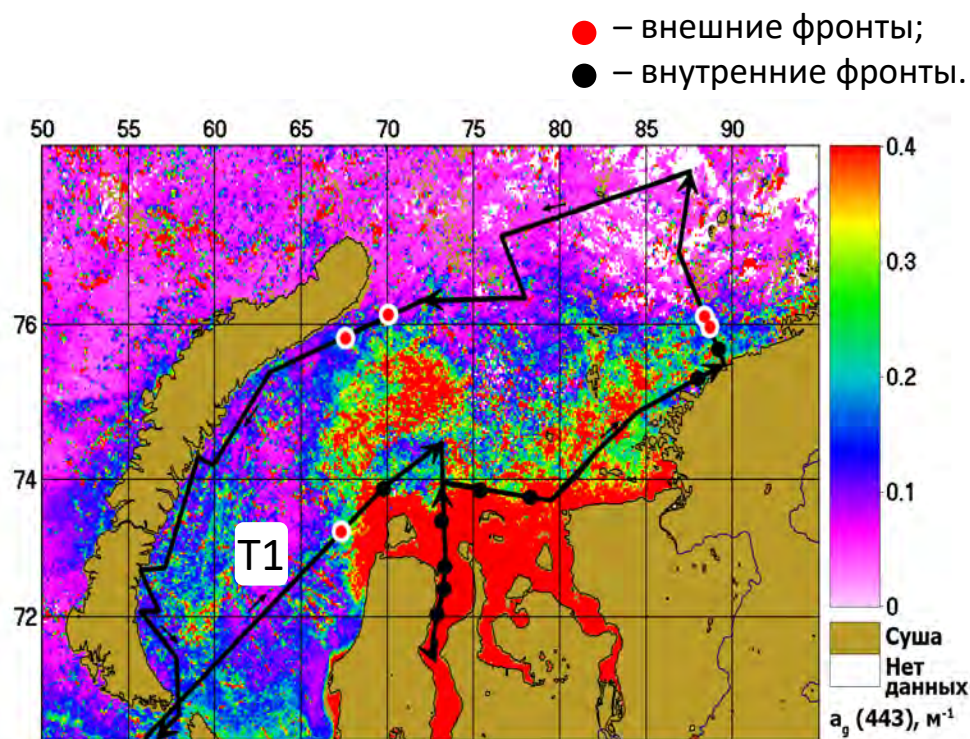
Дельта Лены,  
8 сентября  
2015 г.  
Изображение  
Landsat-8.  
(Глуховец  
и Артемьев,  
2017)



## Поверхностный опресненный слой



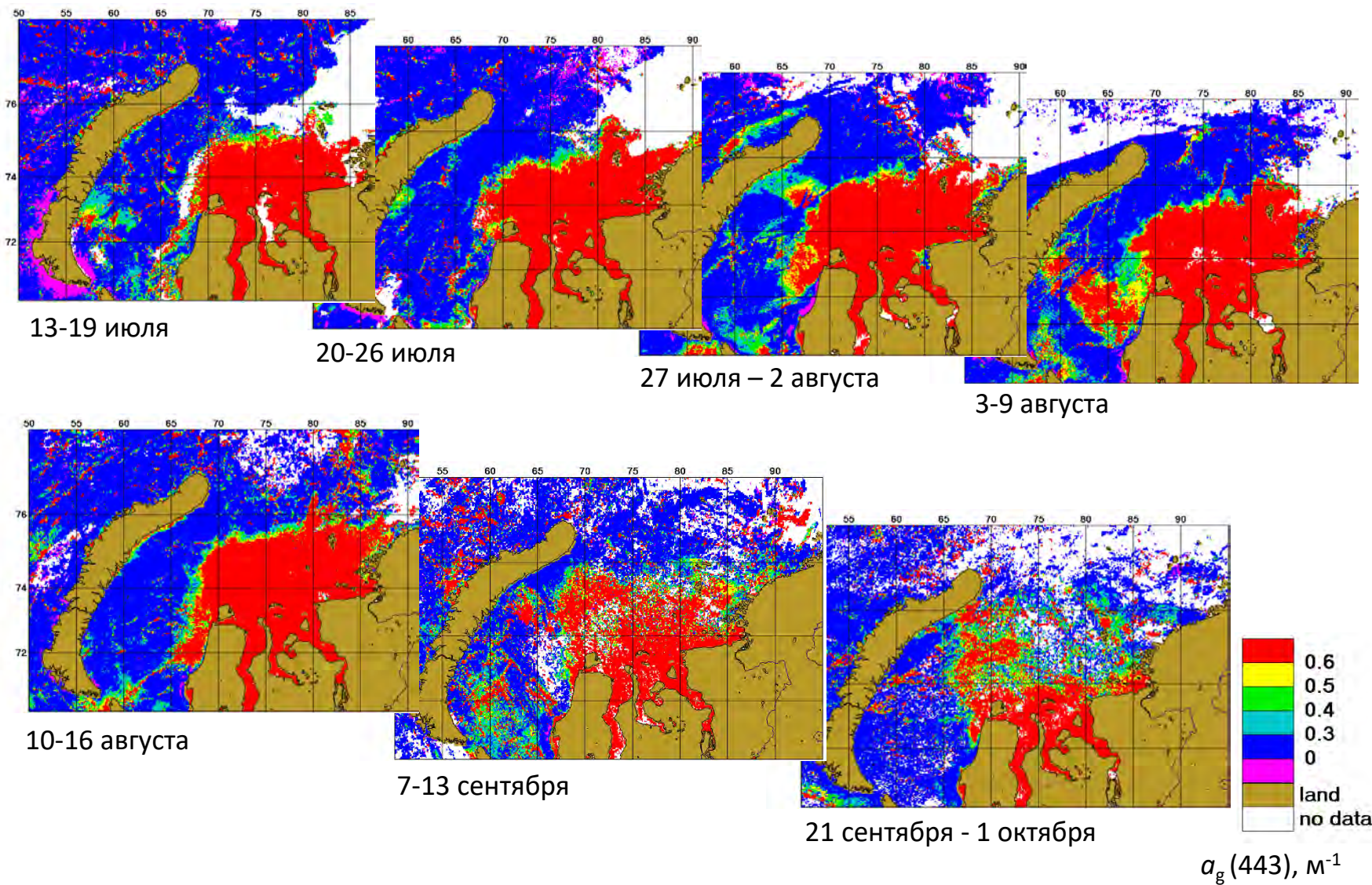
Разрез Т1. Карское море,  
2-3 сентября 2013 г.



$\alpha_g(443)$  по данным MODIS-Aqua (региональный алгоритм), 31 августа - 1 октября 2013 г. и маршрут 125-го рейса НИС «Профессор Штокман». (Глуховец и Гольдин, 2014).

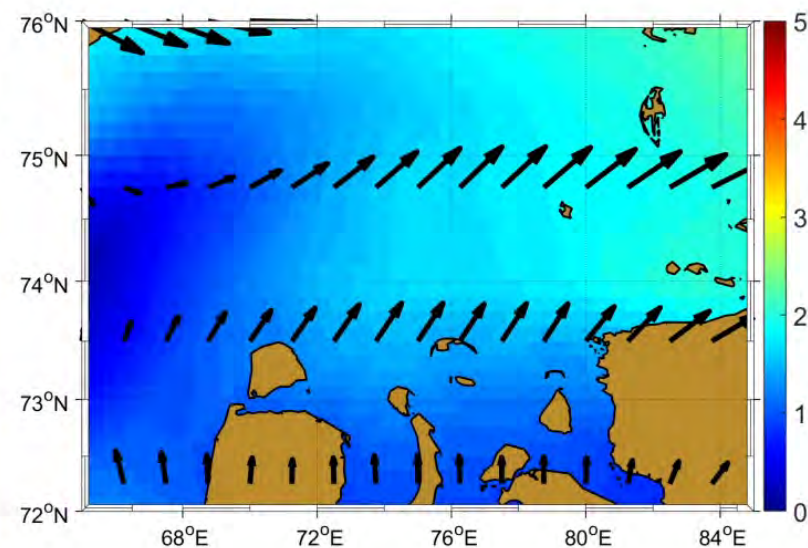
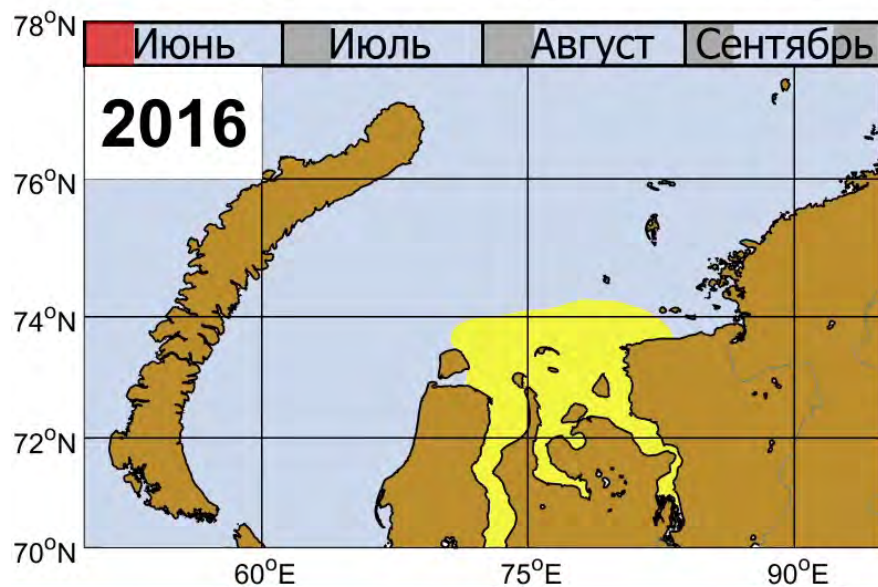
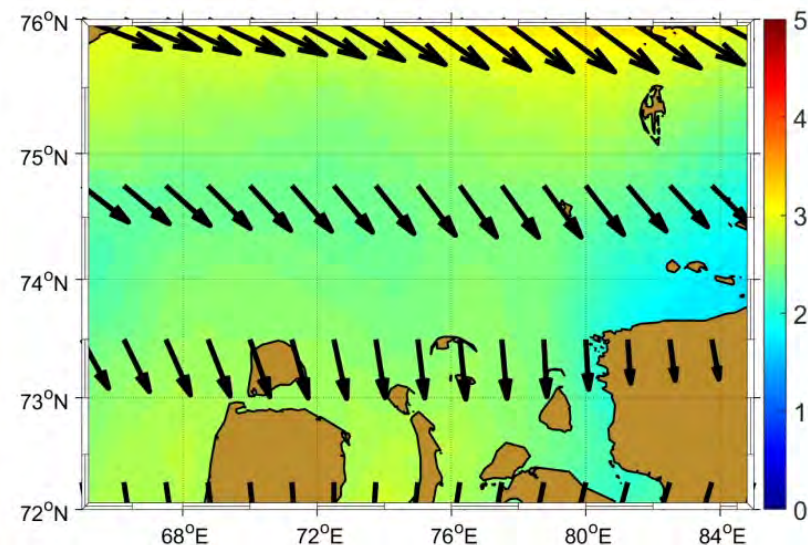
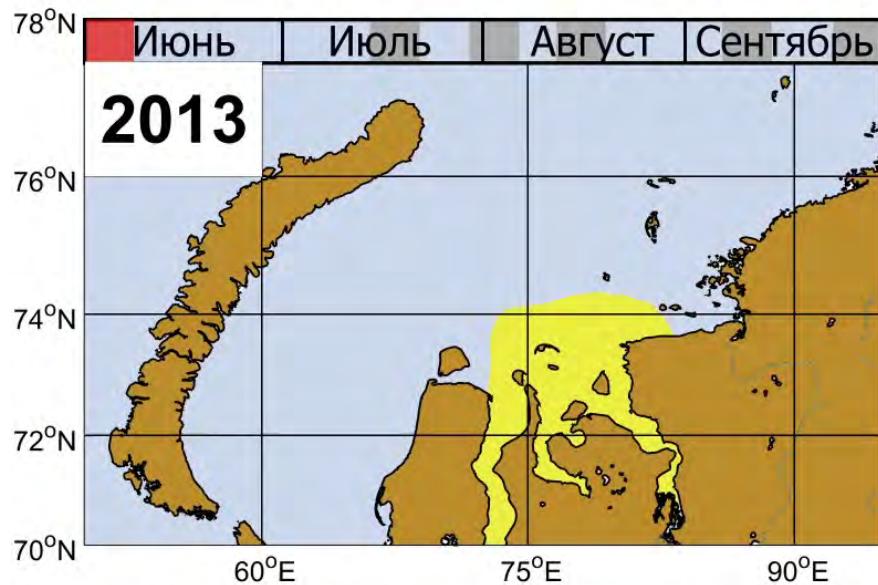


# Карты пространственного распределения $a_g$ (443), построенные с недельным осреднением с 13 июля по 1 октября 2013 г.

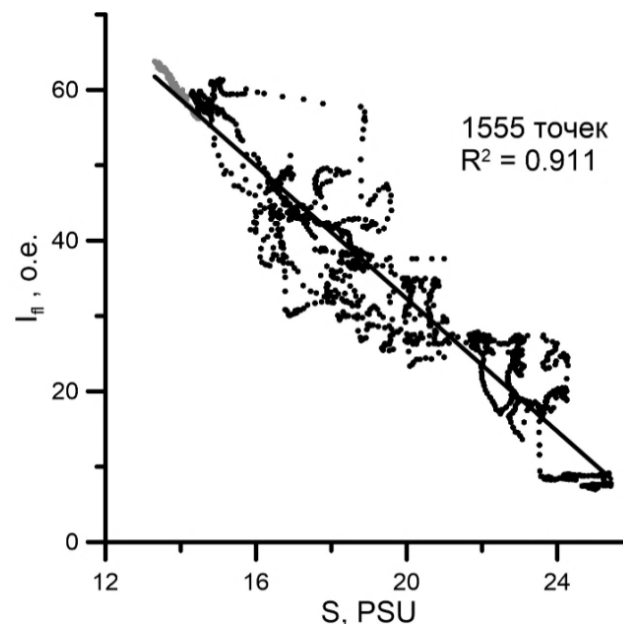
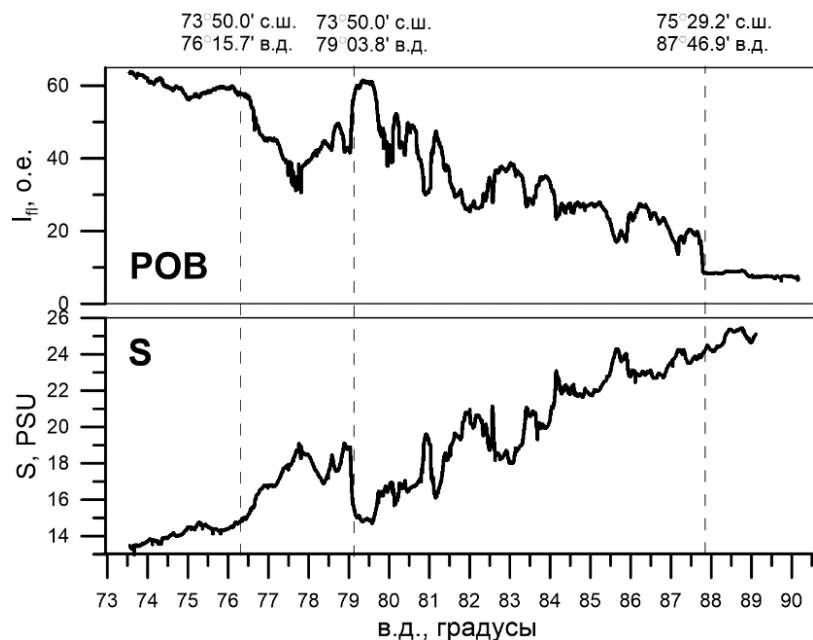




# Распространение речного стока в Карском море

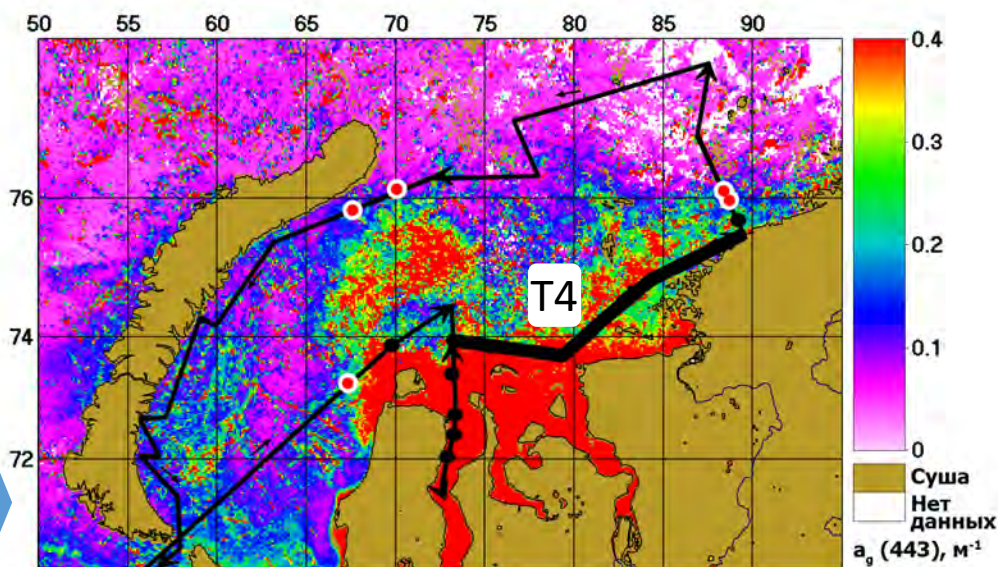


# Связь солёности и интенсивности флуоресценции ОРОВ



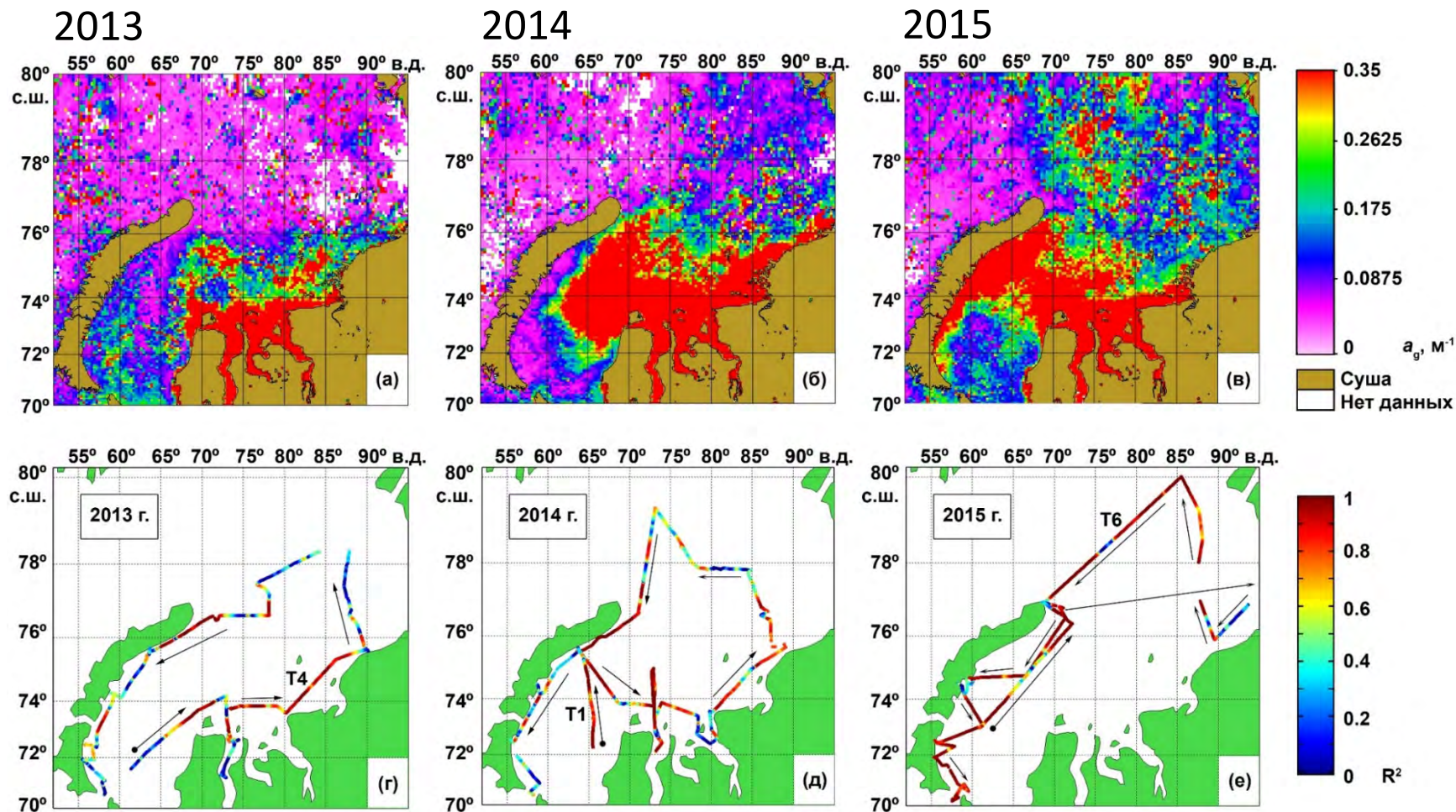
Разрез T4. Карское море,  
8-9 сентября 2013 г.

$a_g(443)$  по данным MODIS-Aqua,  
31 августа – 1 октября 2013 г.  
И положение разреза T4





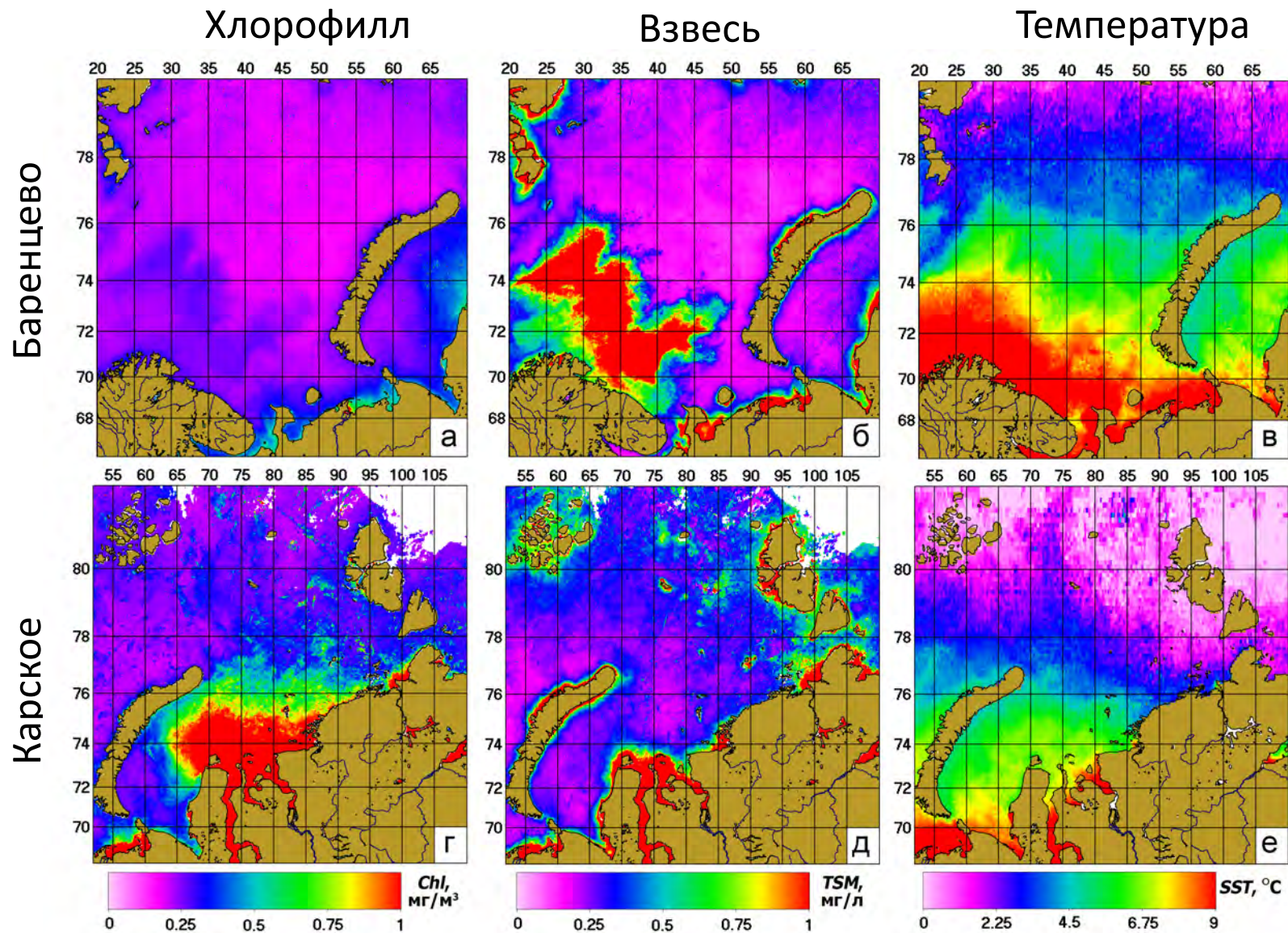
# Метод «скользящих корреляций» (Глуховец и Гольдин, 2018)



$a_g$  (443) (а-в) и маршруты рейсов: 125-й (г) и 128-й (д) НИС «Профессор Штокман», 63-й НИС «АМК» (е). На маршрутах цветом показана величина  $R^2$ , рассчитанная методом «скользящих корреляций». Масштаб исследования – 80 км. Карское море, 2013-2015 гг.

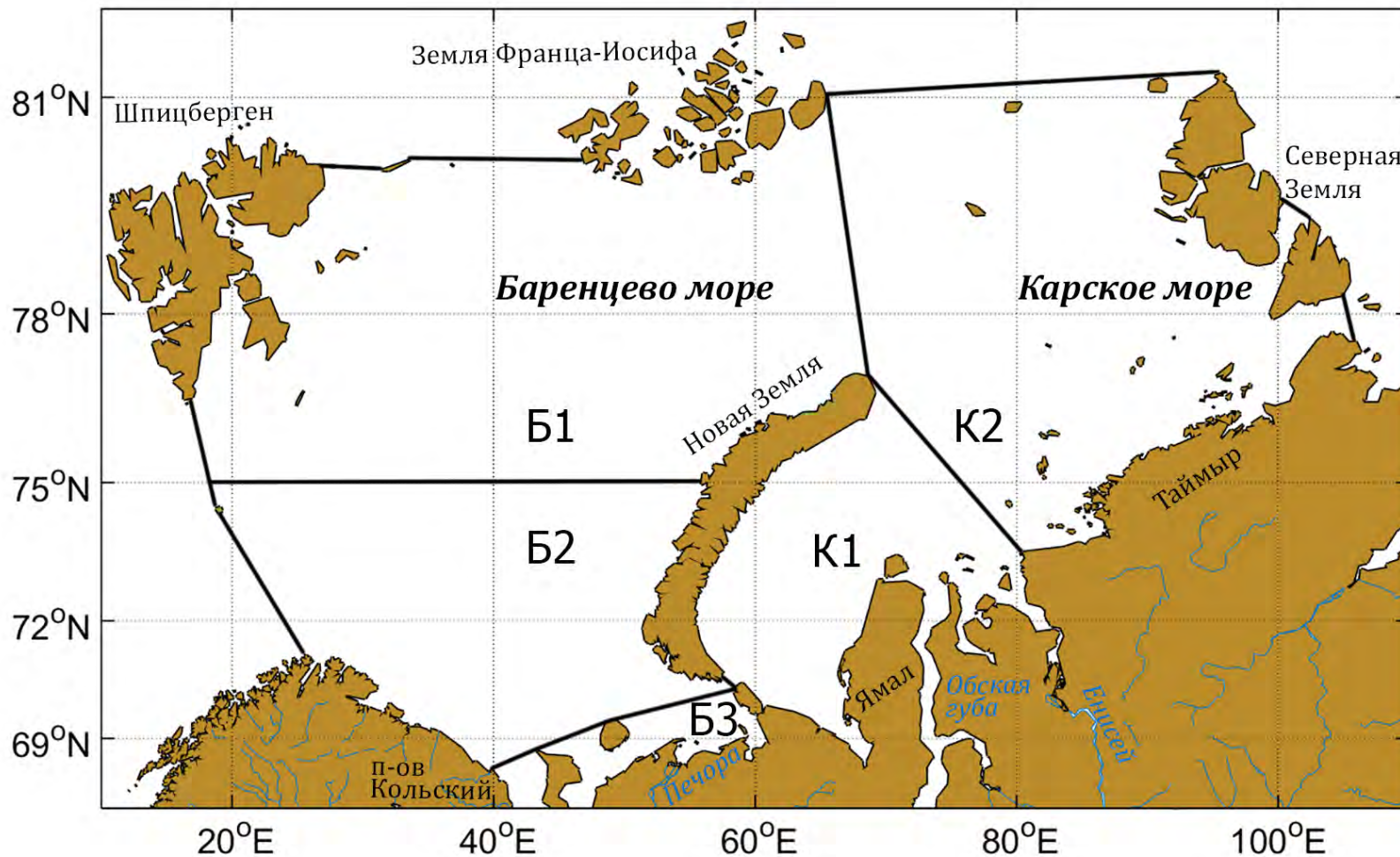


# Среднеклиматические распределения (август 2003-2012 гг.)

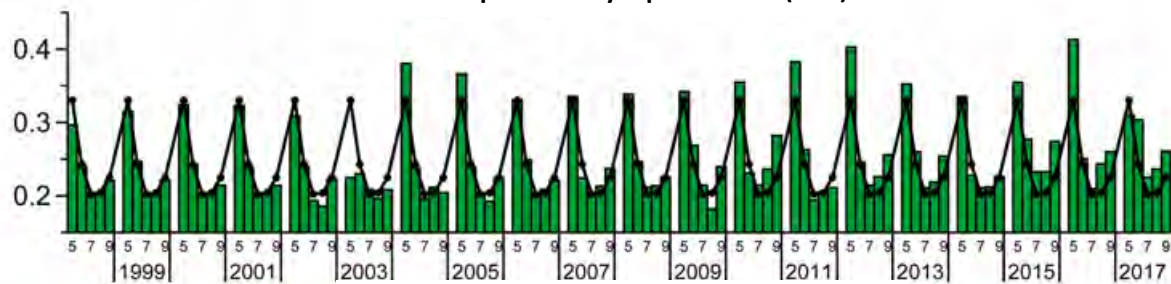




## Субрегионы Баренцева и Карского морей



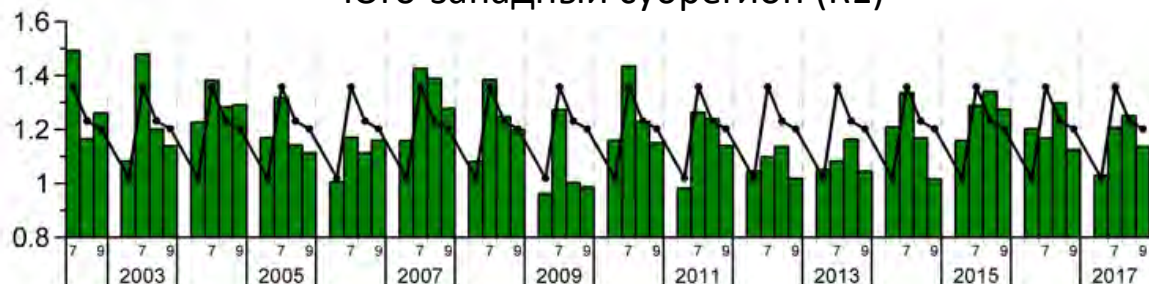
Северный субрегион (Б1)



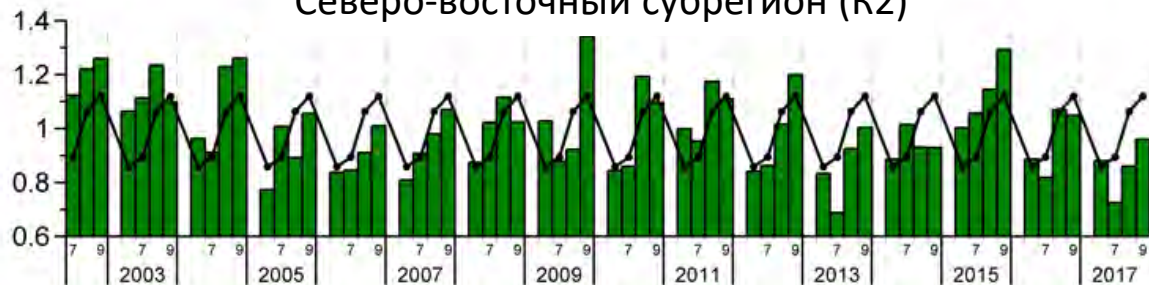
Средний субрегион (Б2)



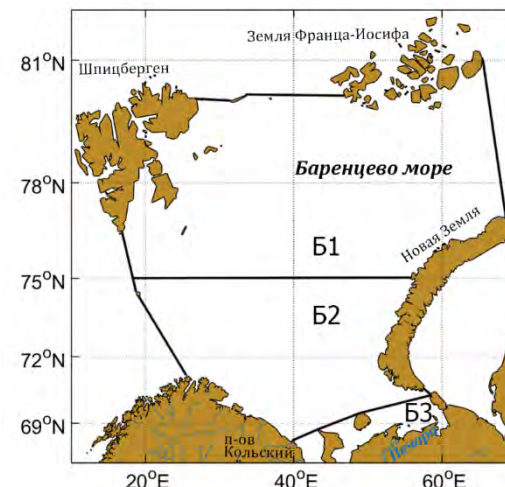
Юго-западный субрегион (К1)



Северо-восточный субрегион (К2)



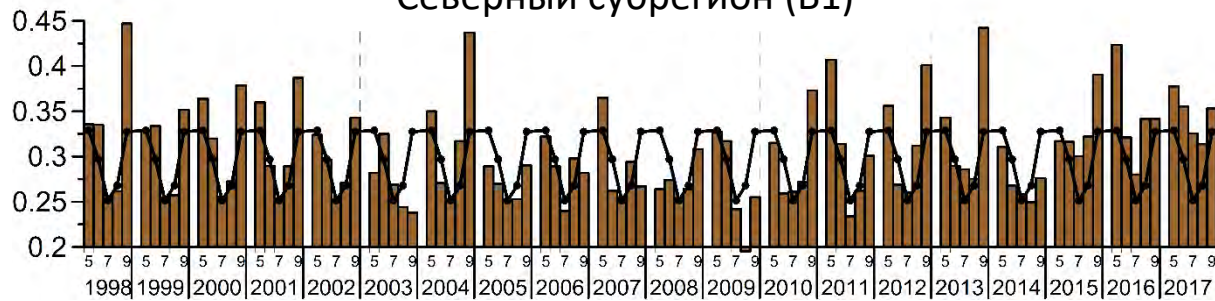
Концентрация  
хлорофилла,  
 $\text{мг/м}^3$



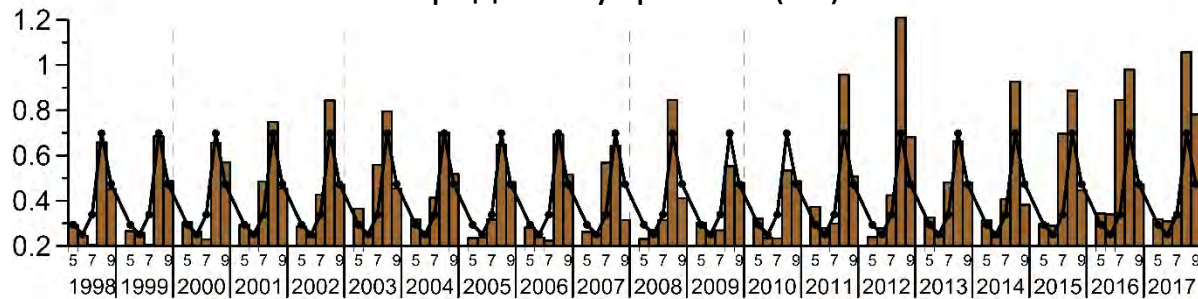


# Концентрация взвешенных частиц, мг/л

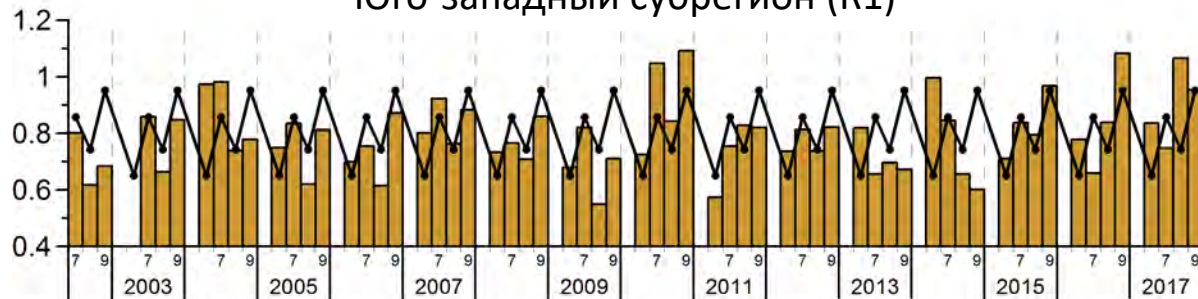
## Северный субрегион (Б1)



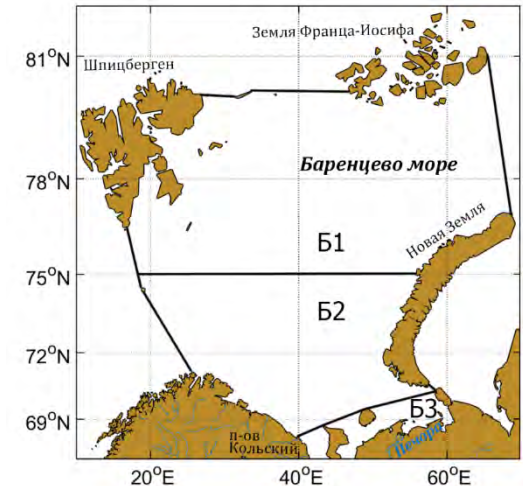
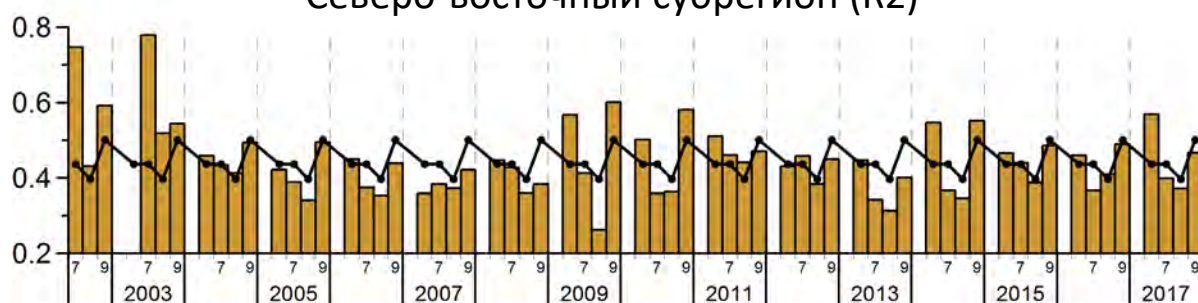
## Средний субрегион (Б2)



## Юго-западный субрегион (К1)



## Северо-восточный субрегион (К2)



# Концентрация хлорофилла в Баренцевом море

|          |    | Май |      |    | Июнь |      |      | Июль |      |      | Август |      |      | Сентябрь |      |      |
|----------|----|-----|------|----|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|----------|------|------|
|          |    | Б1  | Б2   | Б3 | Б1   | Б2   | Б3   | Б1   | Б2   | Б3   | Б1     | Б2   | Б3   | Б1       | Б2   | Б3   |
| Сентябрь | Б3 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | 0,60 | —    | 0,56   | 0,69 | 0,78 | 0,77     | 0,63 | —    |
|          | Б2 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | 0,75 | —    | 0,59   | 0,72 | —    | 0,74     | —    | 0,63 |
|          | Б1 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | 0,59 | 0,72 | —    | 0,74   | 0,74 | 0,70 | —        | 0,74 | 0,77 |
| Август   | Б3 | —   | —    | —  | —    | 0,60 | —    | 0,73 | 0,69 | —    | 0,61   | 0,57 | —    | 0,70     | —    | 0,78 |
|          | Б2 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 0,80   | —    | 0,57 | 0,74     | 0,72 | 0,69 |
|          | Б1 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | 0,70 | 0,58 | —    | —      | 0,80 | 0,61 | 0,74     | 0,59 | 0,56 |
| Июль     | Б3 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | 0,59 | —    | —    | —      | —    | —    | —        | —    | —    |
|          | Б2 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | 0,80 | —    | —    | 0,58   | —    | 0,69 | 0,72     | 0,75 | 0,60 |
|          | Б1 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | 0,80 | 0,59 | 0,70   | —    | 0,73 | 0,59     | —    | —    |
| Июнь     | Б3 | —   | 0,61 | —  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —        | —    | —    |
|          | Б2 | —   | —    | —  | 0,71 | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | 0,60 | —        | —    | —    |
|          | Б1 | —   | —    | —  | —    | 0,71 | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —        | —    | —    |
| Май      | Б3 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —        | —    | —    |
|          | Б2 | —   | —    | —  | —    | —    | 0,61 | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —        | —    | —    |
|          | Б1 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —        | —    | —    |

Коэффициенты корреляции для среднемесячных значений концентрации Хл в поверхностном слое вод субрегионов Баренцева моря за период 2003-2017 гг.

цветение фитопланктона

речной сток и цветение фитопланктона

— для  $r < 0,51$  ( $p = 0,05$ )



## Концентрация взвеси в Баренцевом море

|          |    | Май |      |    | Июнь |      |      | Июль |    |      | Август |      |      | Сентябрь |    |    |
|----------|----|-----|------|----|------|------|------|------|----|------|--------|------|------|----------|----|----|
|          |    | Б1  | Б2   | Б3 | Б1   | Б2   | Б3   | Б1   | Б2 | Б3   | Б1     | Б2   | Б3   | Б1       | Б2 | Б3 |
| Сентябрь | Б3 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —  | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | Б2 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —  | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | Б1 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —  | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
| Август   | Б3 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —  | 0,61 | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | Б2 | —   | —    | —  | —    | —    | 0,60 | 0,60 | —  | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | Б1 | —   | —    | —  | 0,66 | —    | —    | —    | —  | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
| Июль     | Б3 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —  | —    | —      | —    | 0,61 | —        | —  | —  |
|          | Б2 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —  | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | Б1 | —   | —    | —  | 0,59 | —    | —    | —    | —  | —    | —      | 0,60 | —    | —        | —  | —  |
| Июнь     | Б3 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —  | —    | —      | 0,60 | —    | —        | —  | —  |
|          | Б2 | —   | —    | —  | 0,71 | —    | —    | —    | —  | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | Б1 | —   | 0,62 | —  | —    | 0,71 | —    | 0,59 | —  | —    | 0,66   | —    | —    | —        | —  | —  |
| Май      | Б3 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —  | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | Б2 | —   | —    | —  | 0,62 | —    | —    | —    | —  | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | Б1 | —   | —    | —  | —    | —    | —    | —    | —  | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |

Коэффициенты корреляции для среднемесячных значений концентрации взвешенного вещества в поверхностном слое вод субрегионов Баренцева моря за период 2003-2017 гг.

цветение фитопланктона

речной сток

— для  $r < 0,51$  ( $p = 0,05$ )

# Связь между распределениями биооптических характеристик в Карском море

Коэффициенты корреляции среднемесячных значений концентрации хлорофилла, рассчитанные для двух субрегионов Карского моря, оказались значимы лишь в двух случаях:

1.  $r_1 = 0,67$  в субрегионах K1 и K2 в июле;

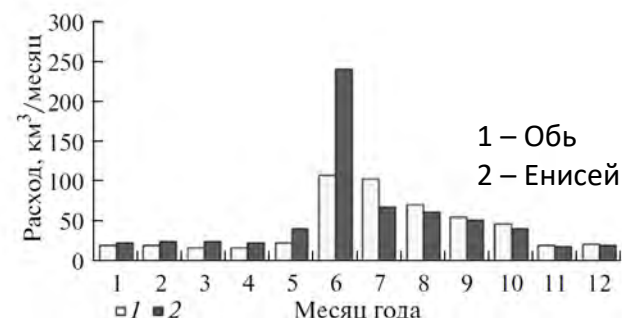
максимум речного стока Оби и Енисея

2.  $r_2 = 0,81$  в субрегионе K1 между августом и сентябрем.

сложившийся тип распределения речного стока

Коэффициенты корреляции для среднемесячных распределений концентрации взвешенного вещества, полученные в Карском море, оказались значимы лишь в субрегионе K1 между августом и сентябрем ( $r = 0,61$ ).

сложившийся тип распределения речного стока



(Зацепин и др., 2010)





# Связь между распределениями биооптических характеристик в Баренцевом и Карском морях

Для концентрации хлорофилла незначима по уровню 0,05.

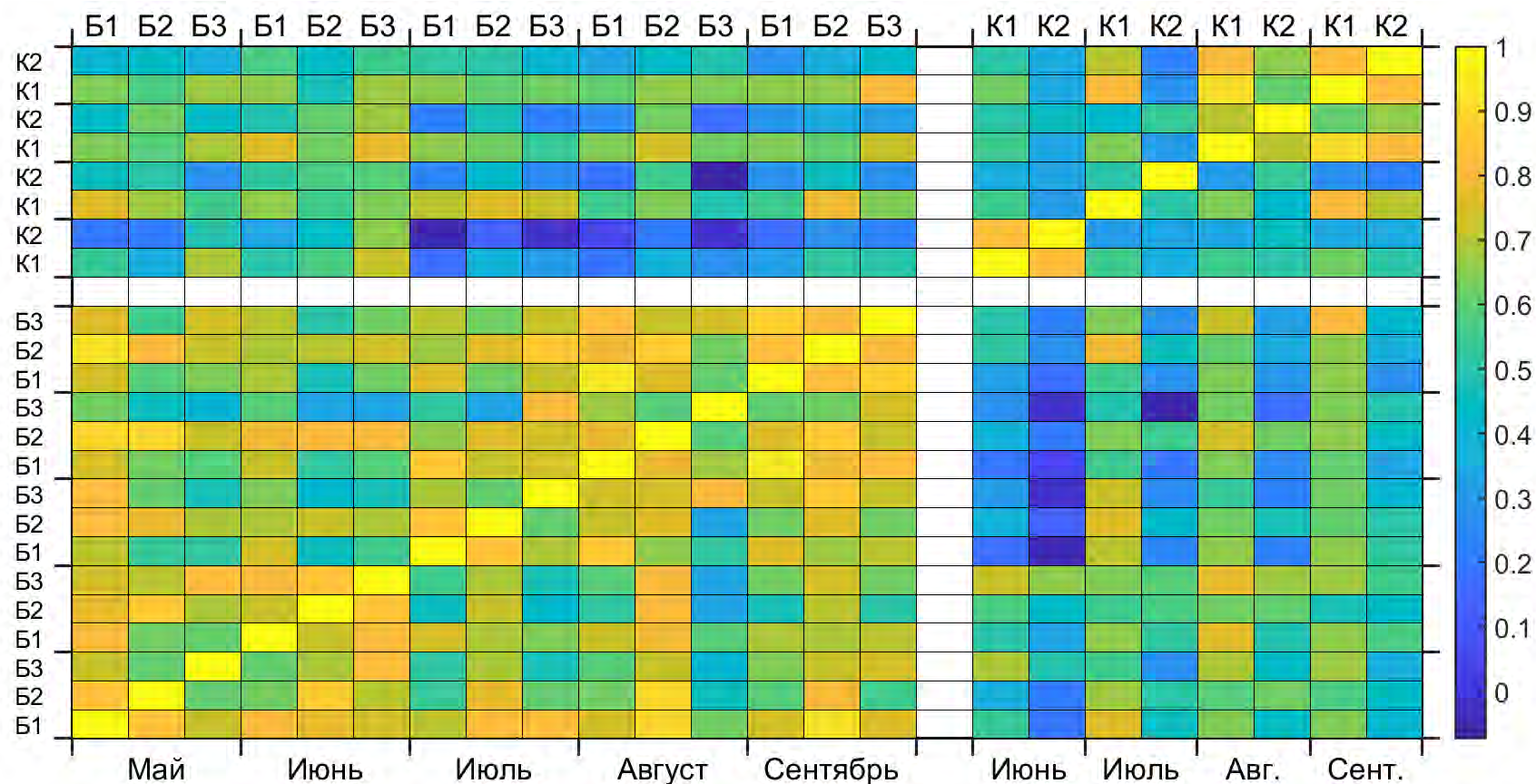
Концентрация взвешенного вещества:

|          |    | Май |    |    | Июнь |    |    | Июль |      |      | Август |      |      | Сентябрь |    |    |
|----------|----|-----|----|----|------|----|----|------|------|------|--------|------|------|----------|----|----|
|          |    | Б1  | Б2 | Б3 | Б1   | Б2 | Б3 | Б1   | Б2   | Б3   | Б1     | Б2   | Б3   | Б1       | Б2 | Б3 |
| Сентябрь | К2 | —   | —  | —  | —    | —  | —  | —    | —    | 0,62 | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | К1 | —   | —  | —  | —    | —  | —  | —    | —    | —    | —      | 0,57 | 0,63 | —        | —  | —  |
| Август   | К2 | —   | —  | —  | —    | —  | —  | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | К1 | —   | —  | —  | 0,61 | —  | —  | —    | 0,69 | —    | —      | 0,59 | —    | —        | —  | —  |
| Июль     | К2 | —   | —  | —  | —    | —  | —  | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | К1 | —   | —  | —  | —    | —  | —  | —    | —    | 0,76 | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
| Июнь     | К2 | —   | —  | —  | —    | —  | —  | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |
|          | К1 | —   | —  | —  | —    | —  | —  | —    | —    | —    | —      | —    | —    | —        | —  | —  |

Коэффициенты корреляции для среднемесячных значений концентрации взвешенного вещества в поверхностном слое вод субрегионов Баренцева и Карского морей за период 2003-2017 гг.

|                 |             |                                 |
|-----------------|-------------|---------------------------------|
| сток с ледников | речной сток | — для $r < 0,51$ ( $p = 0,05$ ) |
|-----------------|-------------|---------------------------------|

## Связь между распределениями температуры в Баренцевом и Карском морях



Значения коэффициентов корреляции для среднемесячных значений температуры поверхности моря в субрегионах Баренцева и Карского морей за период 2003-2017 гг.



## Выводы

- Результаты анализа подтвердили влияние весеннего цветения фитопланктона в Баренцевом море и речного стока в Карском на пространственные распределения и временные изменения концентрации хлорофилла и взвеси.
- Выявлено общее влияние талых ледниковых вод на средний субрегион Баренцева моря и юго-западный Карского в период с июля по сентябрь.
- Изменение температуры поверхностного слоя в субрегионах исследуемых морей связано с общими факторами – крупномасштабными циркуляциями водных и воздушных масс. Поэтому в большинстве случаев между ними наблюдается значимая корреляция.



# Спасибо за внимание!

Глуховец Д.И., Копелевич О.В., Салинг И.В., Шеберстов С.В.  
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Московский физико-технический институт  
[glukhovets@ocean.ru](mailto:glukhovets@ocean.ru)