

Чёрное море

Black Sea

Москва, Лаборатория оптики океана ИО РАН, 2024

Moscow, Ocean Optics Laboratory, SIO RAS, 2024

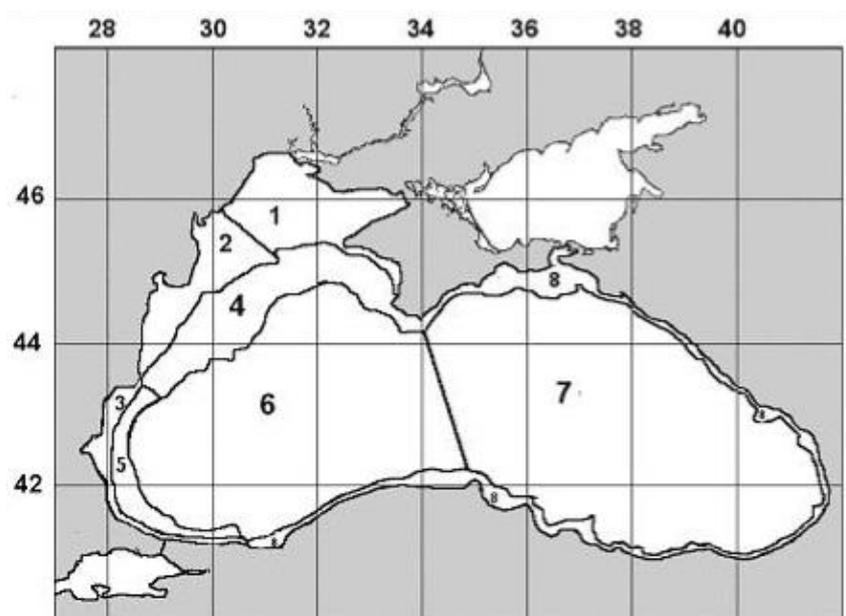
Чёрное море. Black Sea

Субрегионы. Subregions	3
Карты среднемесячных распределений. Maps of monthly average distributions	4
Концентрация хлорофилла. Chlorophyll concentration.....	4
Показатель поглощения желтым веществом. Yellow substance absorption coefficient.....	6
Показатель рассеяния назад взвешенными частицами. Particle backscattering coefficient.....	8
Концентрация взвешенного вещества. Suspended matter concentration	10
Концентрация кокколитофорид. Coccolithophore concentration.....	11
Температура поверхности моря. Sea surface temperature	12
Диаграммы по субрегионам. Diagrams by subregions	14
Покрытие данными. Data coverage	14
Концентрация хлорофилла. Chlorophyll concentration.....	18
Показатель рассеяния назад взвешенными частицами. Particle backscattering coefficient.....	22
Показатель поглощения желтым веществом. Yellow substance absorption coefficient.....	26
Концентрация взвешенного вещества. Suspended matter concentration	28
Концентрация кокколитофорид. Coccolithophore concentration.....	29
Температура поверхности моря. Sea surface temperature	30
Список литературы. References	32

Субрегионы. Subregions

Краткое физико-географическое описание Черного моря дано в главе 6 монографии (Копелевич и др., 2018). Исходя из основных различий условий, определяющих формирование биооптических характеристик вод, выделено 8 субрегионов.

A brief physical and geographical description of the Black Sea is given in Chapter 6 of the monograph (Kopelevich et al., 2018). Of the main conditions that determine the parameters of the bio-optical characteristics of water, 8 subregions have been identified.

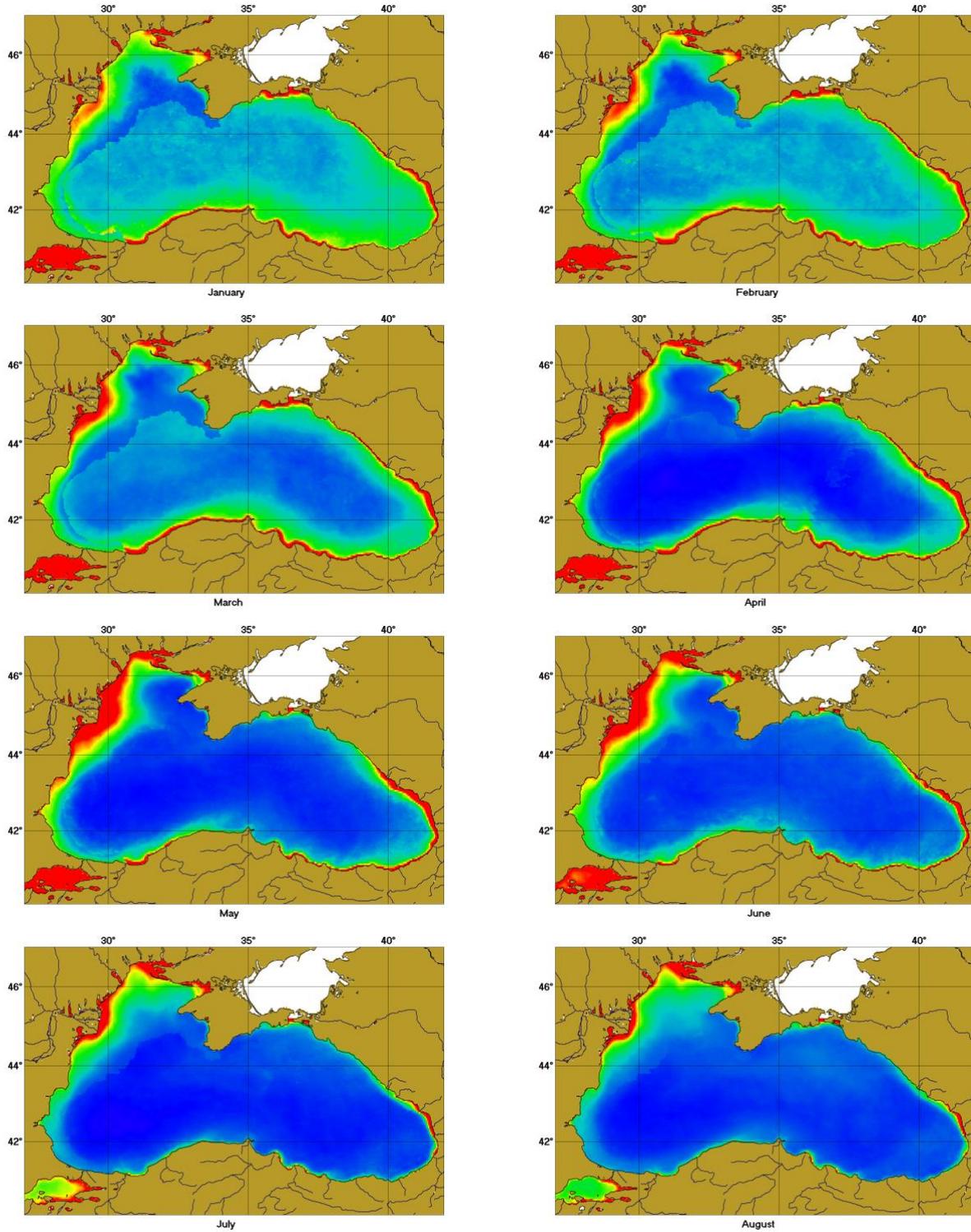


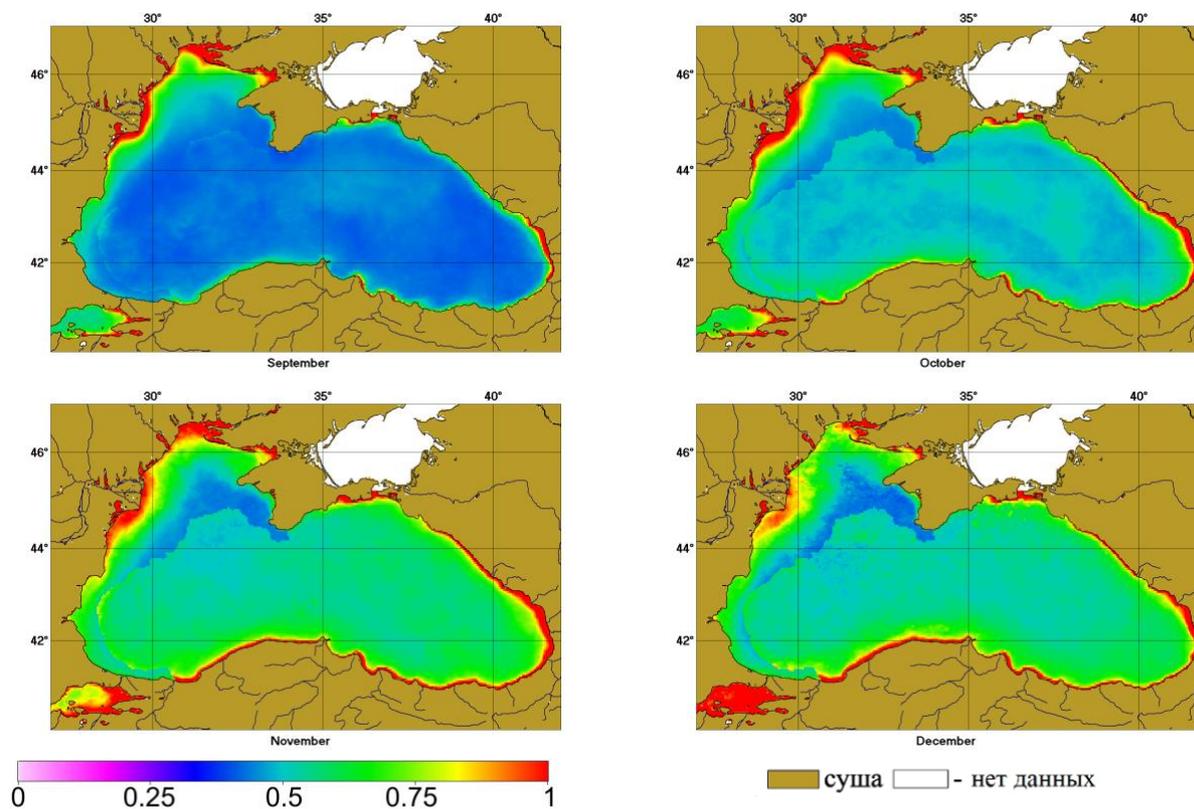
Субрегионы Чёрного моря (Subregions of the Black Sea)

1. North inner shelf (depths less than 50 m) – северный внутренний шельф (глубины меньше 50 м);
2. North-western inner shelf (depths less than 50 m) – северо-западный внутренний шельф (глубины меньше 50 м);
3. South-western inner shelf (depths less than 50 m) – юго-западный внутренний шельф (глубины меньше 50 м);
4. North-western outer shelf (depths 50-200 m) – северо-западный внешний шельф (глубины 50-200 м);
5. South-western outer shelf (depths 50-200 m) – юго-западный внешний шельф (глубины 50-200 м);
6. Western open part (depths more than 200 m) – западная открытая часть (глубины больше 200 м);
7. Eastern open part (depths more than 200 m) – восточная открытая часть (глубины больше 200 м);
8. Eastern and southern shelf (depths less than 200 m) – восточный и южный шельф (глубины меньше 200 м).

Карты среднемесячных распределений. Maps of monthly average distributions

Концентрация хлорофилла. Chlorophyll concentration

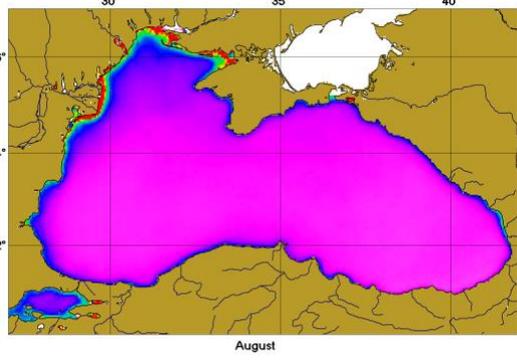
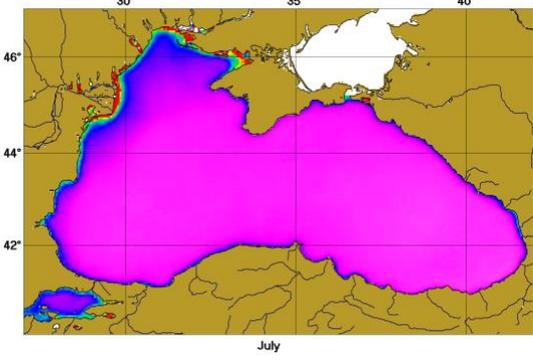
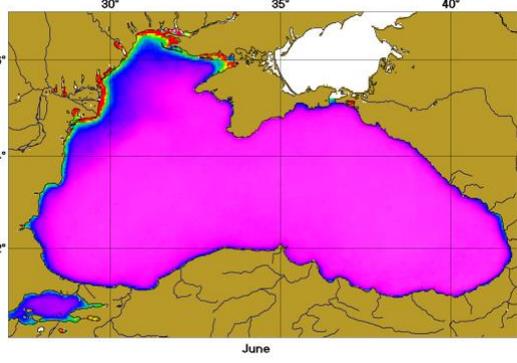
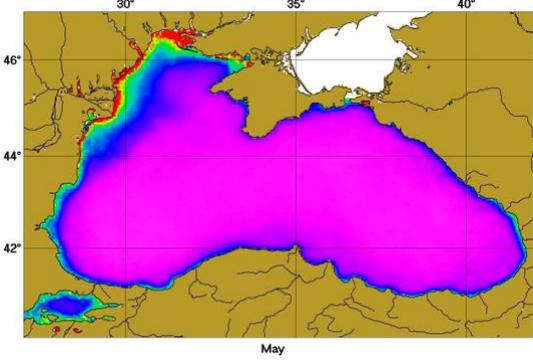
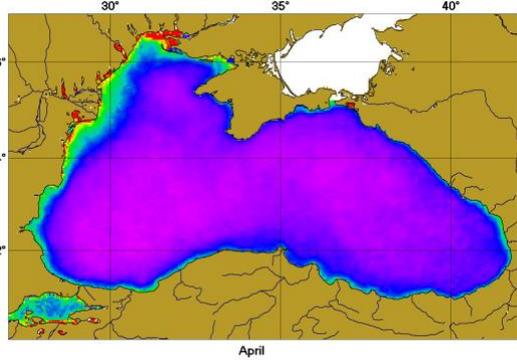
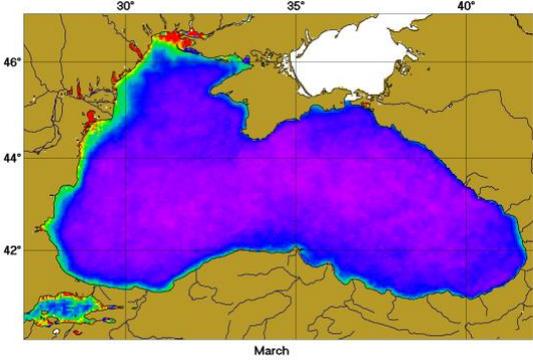
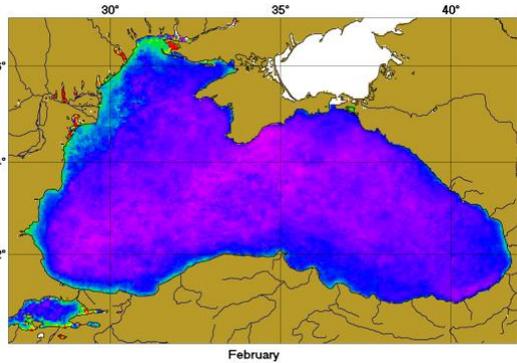
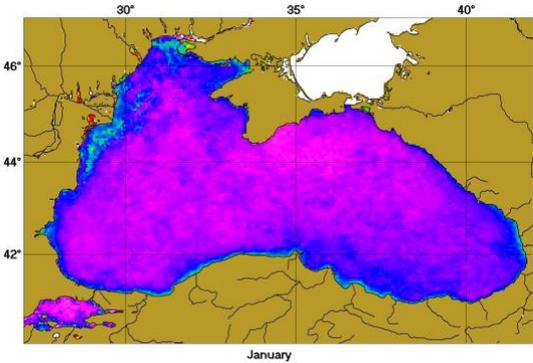


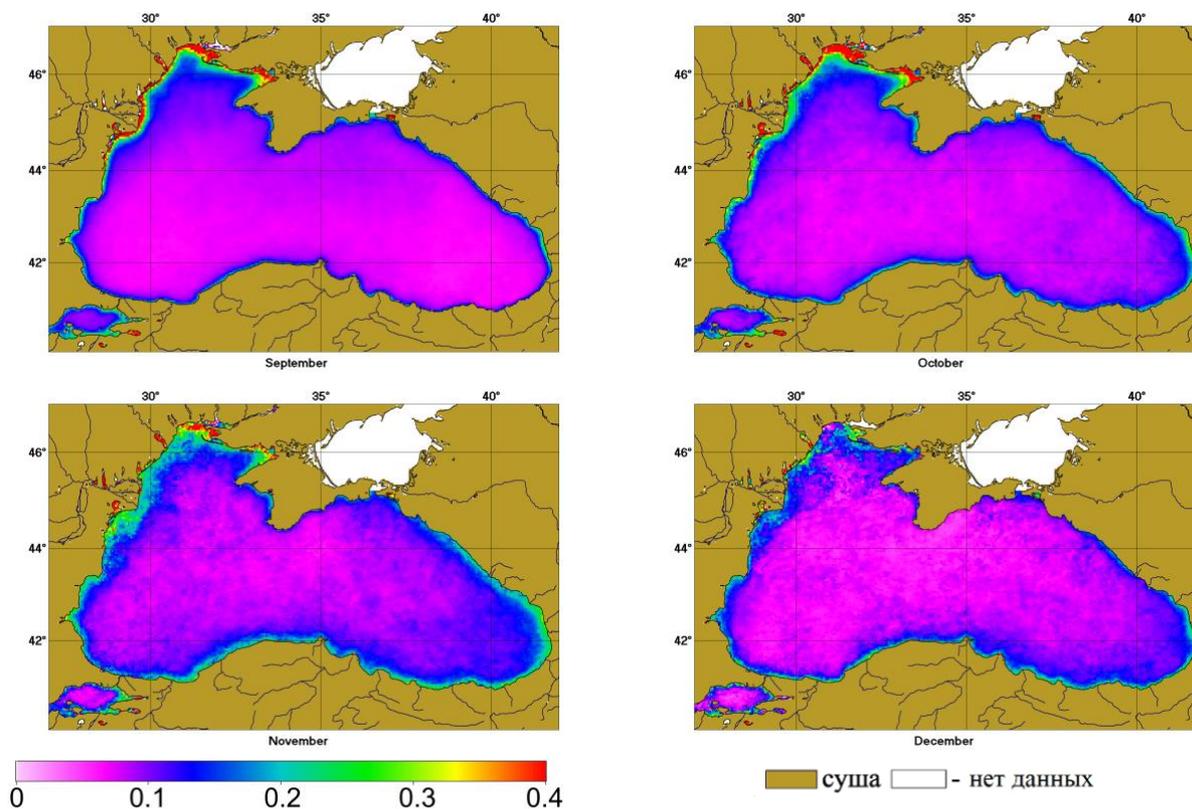


Распределения средне-климатических (2003-2023 гг.) значений концентрации хлорофилла Chl (mg/m^3), рассчитанные по региональным алгоритмам ИО РАН [для регионов 1-5: Суетин и др. 2018, 2001, 2002; для регионов 6-8: Буренков и др., 2002]

Distributions of climatic averages (2003-2023) values of chlorophyll concentration Chl (mg/m^3), calculated with the particle backscattering coefficient using regional algorithms of the IO RAS [for regions 1-5: Suetin et al. 2018, 2001, 2002; for regions 6-8: Burenkov et al, 2002].

Показатель поглощения желтым веществом. Yellow substance absorption coefficient

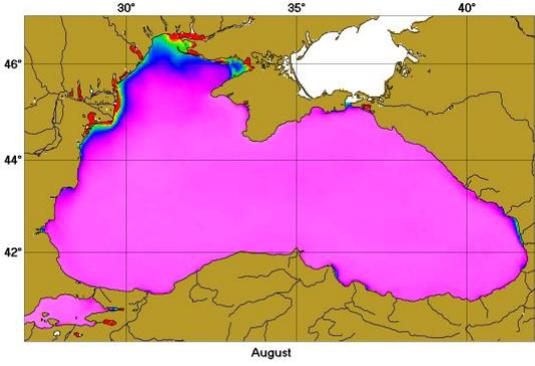
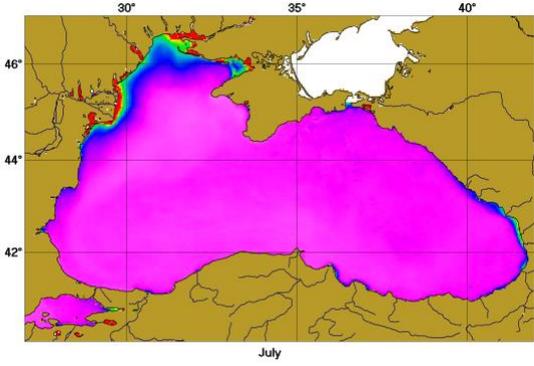
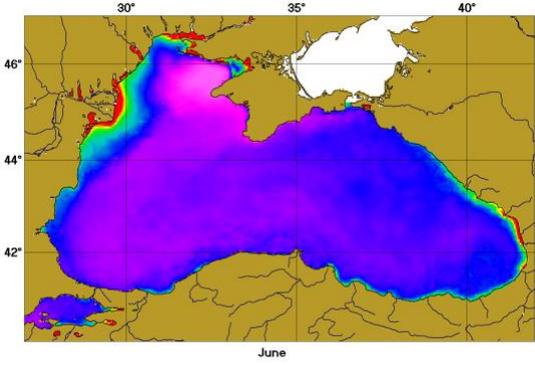
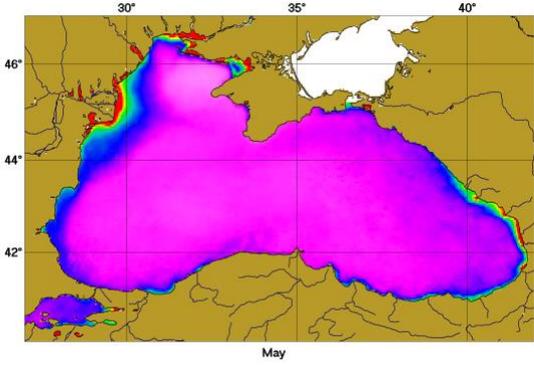
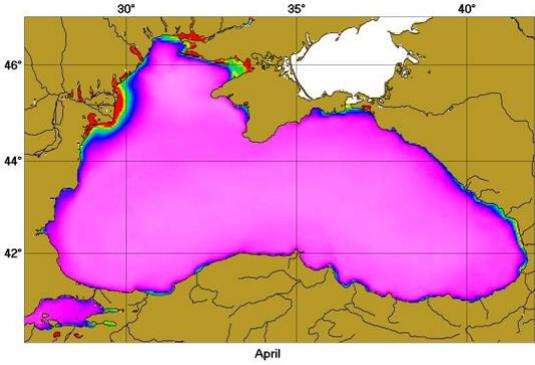
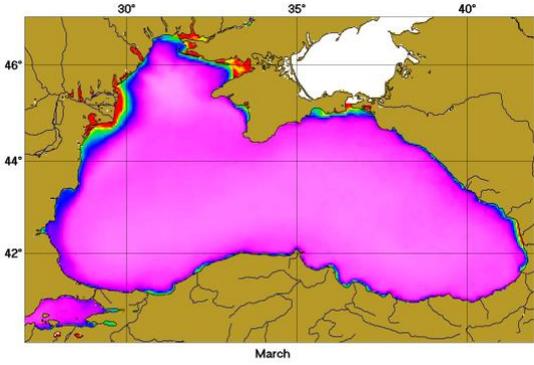
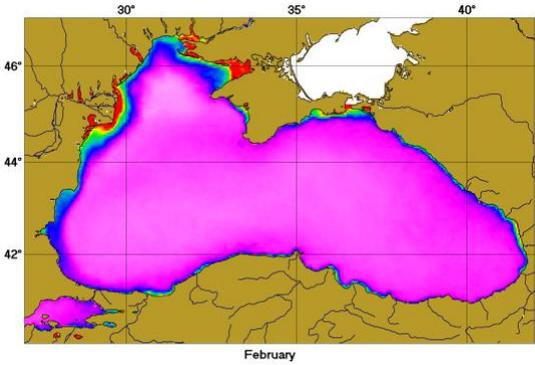
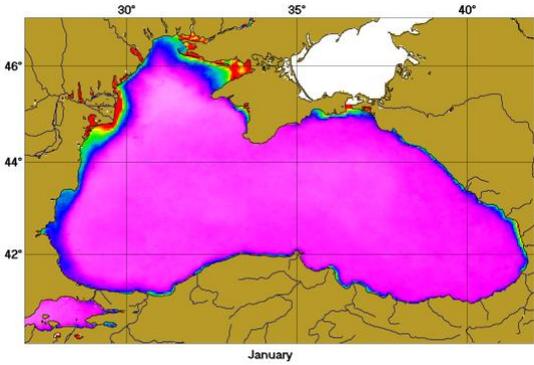


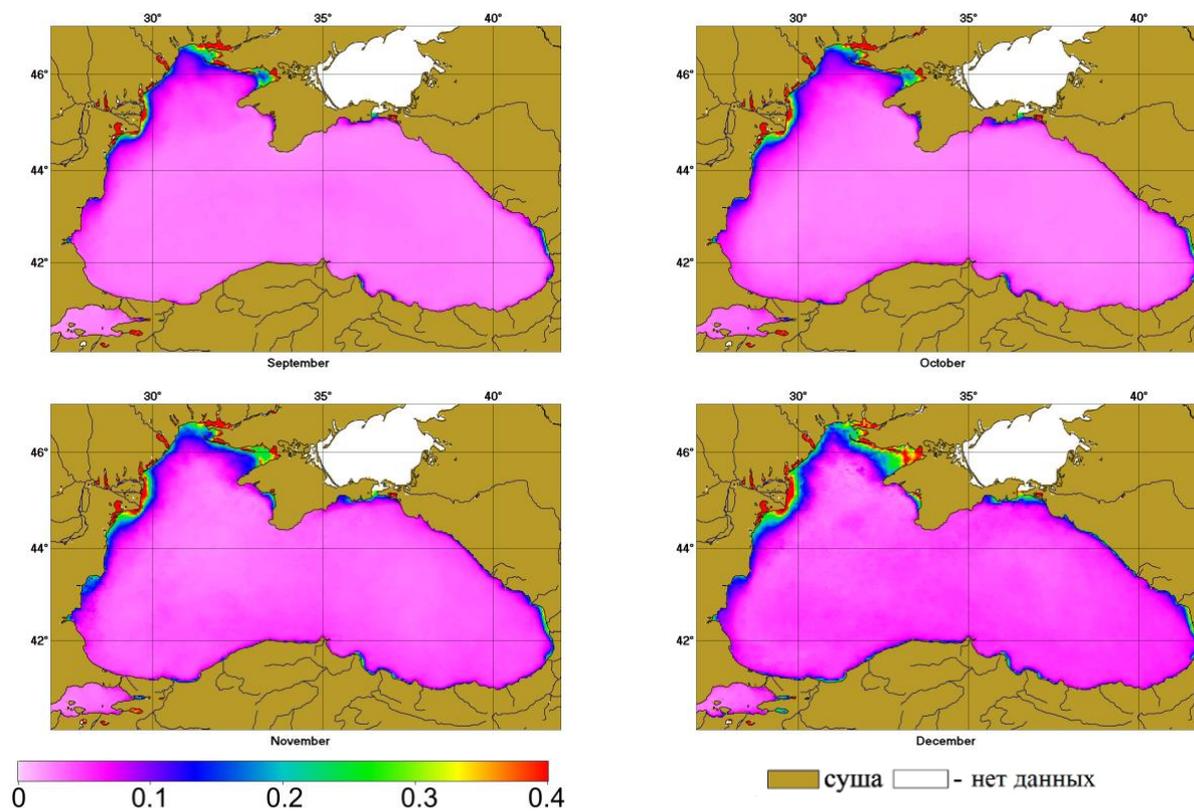


Распределения средне-климатических (2003-2023 гг.) значений показателя поглощения желтым веществом a_g (m^{-1}), рассчитанные по региональным алгоритмам ИО РАН (Буренков и др., 2002)

Distributions of climatic averages (2003-2023) values of the yellow substance absorption coefficient a_g (m^{-1}), calculated with the particle backscattering coefficient using regional algorithms of the IO RAS (Burenkov et al, 2002).

Показатель рассеяния назад взвешенными частицами. Particle backscattering coefficient

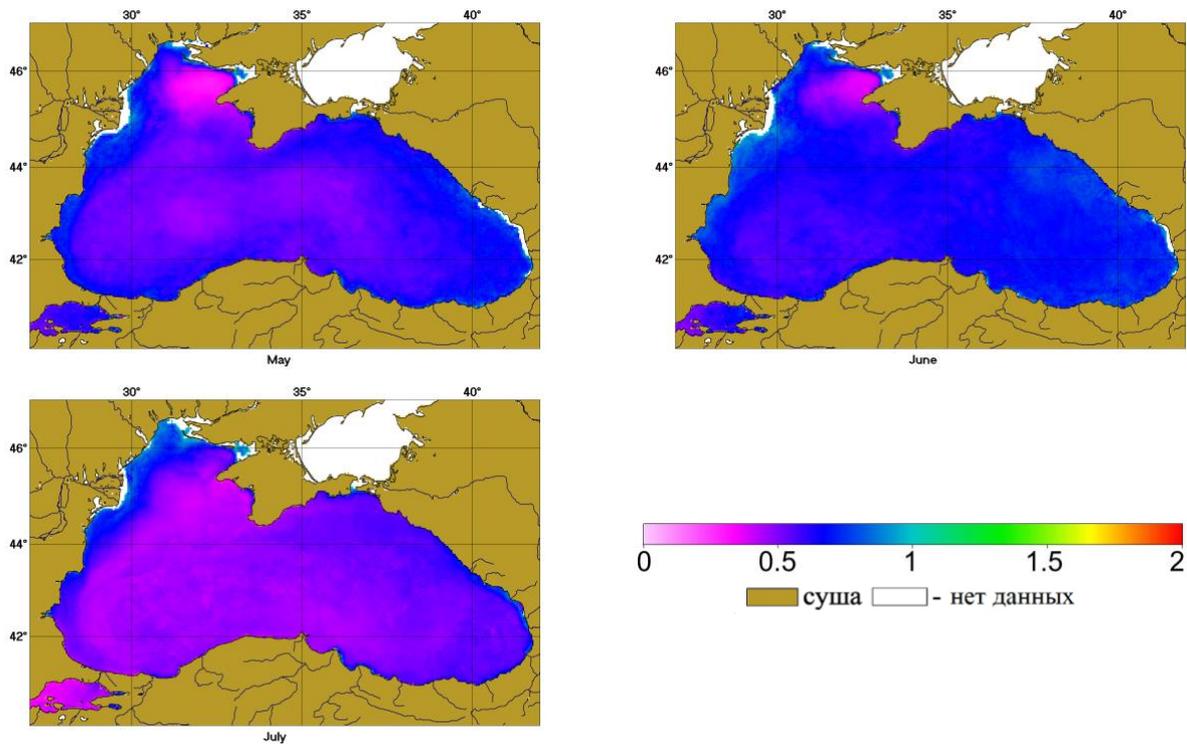




Распределения средне-климатических (2003-2023 гг.) значений показателя рассеяния назад взвешенными частицами b_{bp} (m^{-1}), рассчитанные по региональным алгоритмам ИО РАН (Буренков и др., 2001)

Distributions of climatic averages (2003-2023) values of the particle backscattering coefficient b_{bp} (m^{-1}), calculated with the particle backscattering coefficient using regional algorithms of the IO RAS (Burenkov et al, 2001).

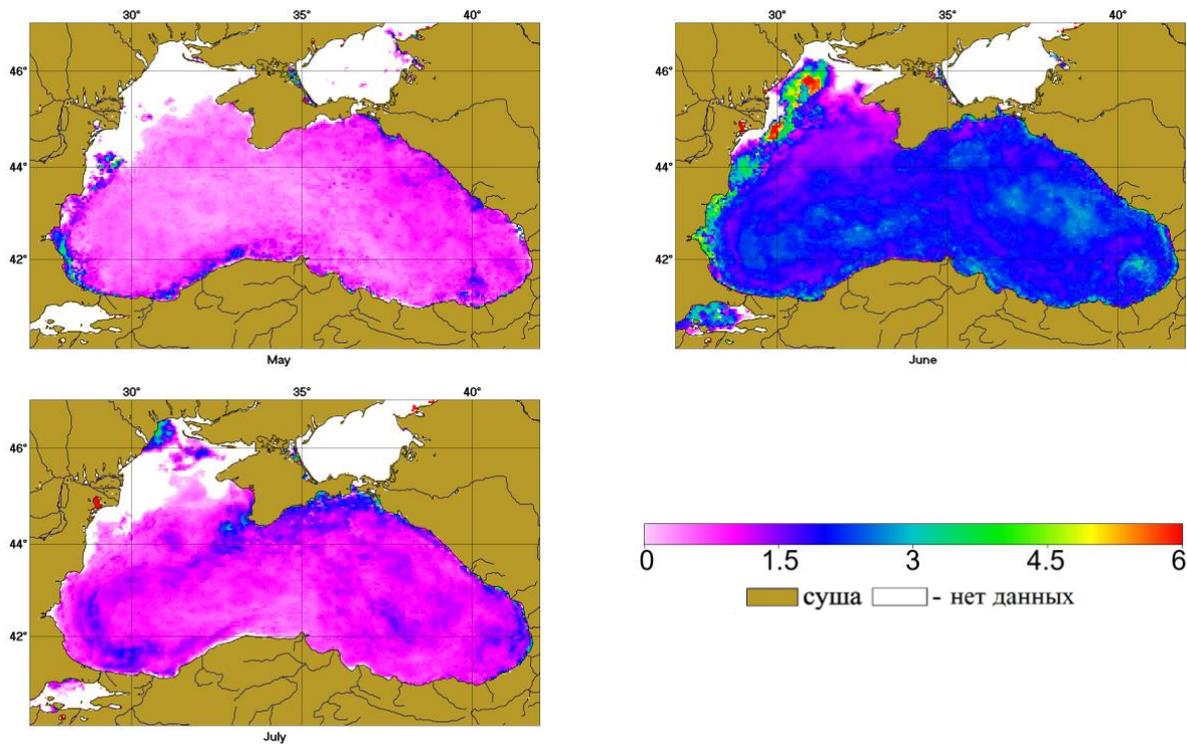
Концентрация взвешенного вещества. Suspended matter concentration



Распределения средне-климатических (2003-2023 гг.) значений концентрации взвешенного вещества (*TSM*, мг/л), рассчитанные по региональным алгоритмам ИО РАН (Буренков и др., 2001)

Distributions of climatic averages (2003-2023) values of the total suspended matter concentration (*TSM*, mg/l), calculated with the particle backscattering coefficient using regional algorithms of the IO RAS (Burenkov et al, 2001).

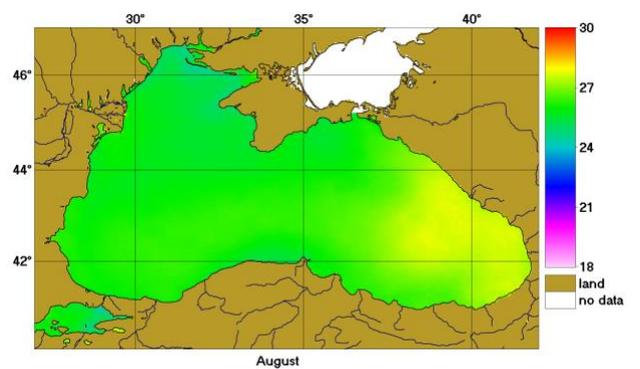
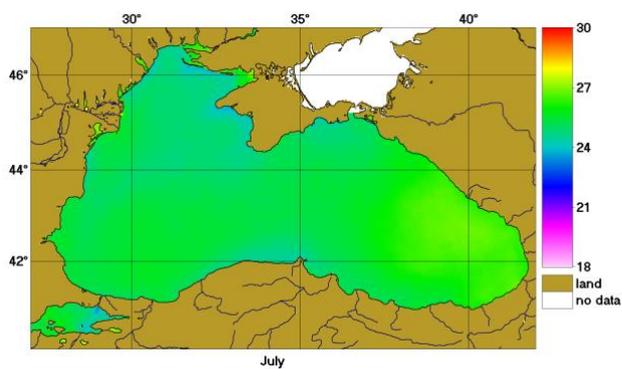
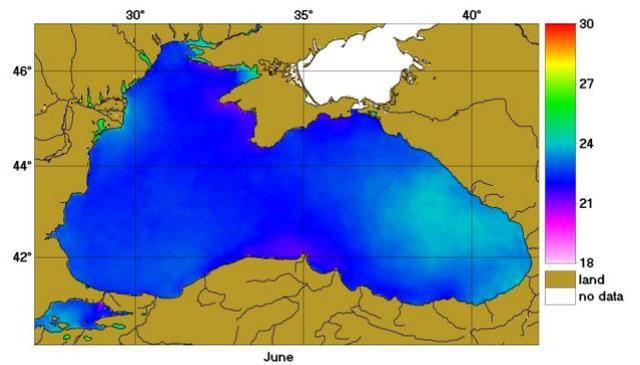
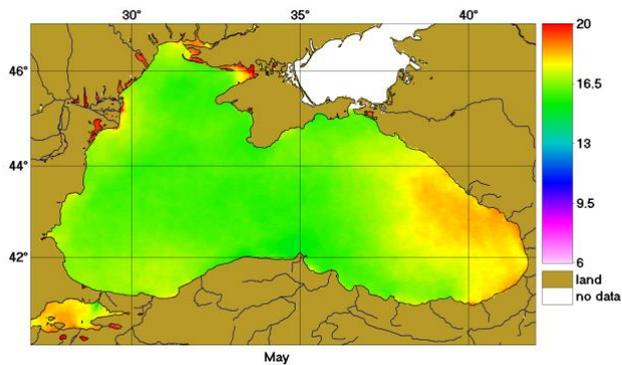
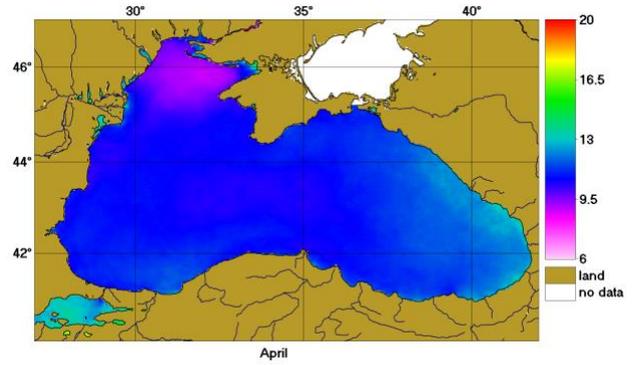
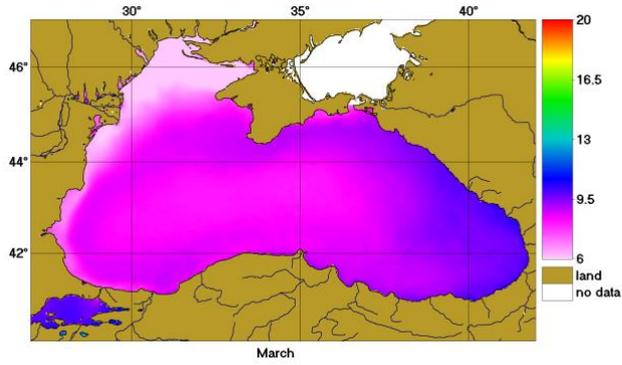
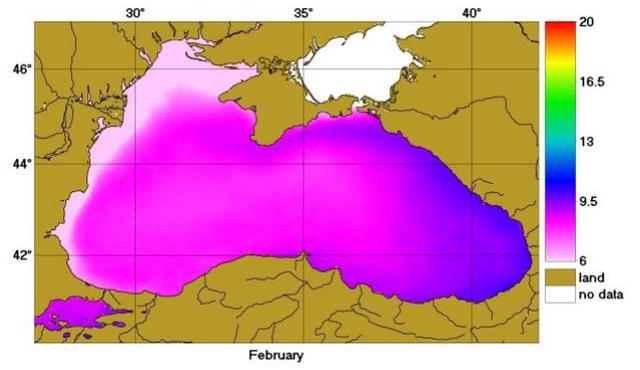
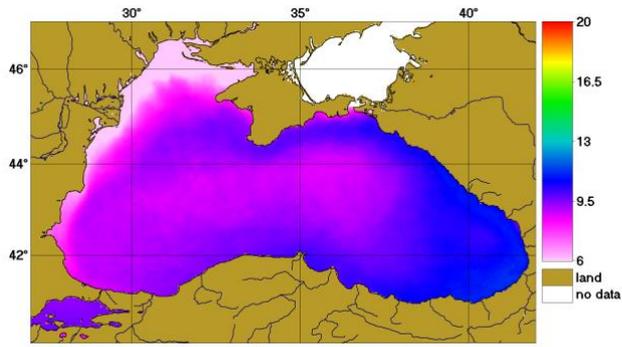
Концентрация кокколитофорид. Coccolithophore concentration

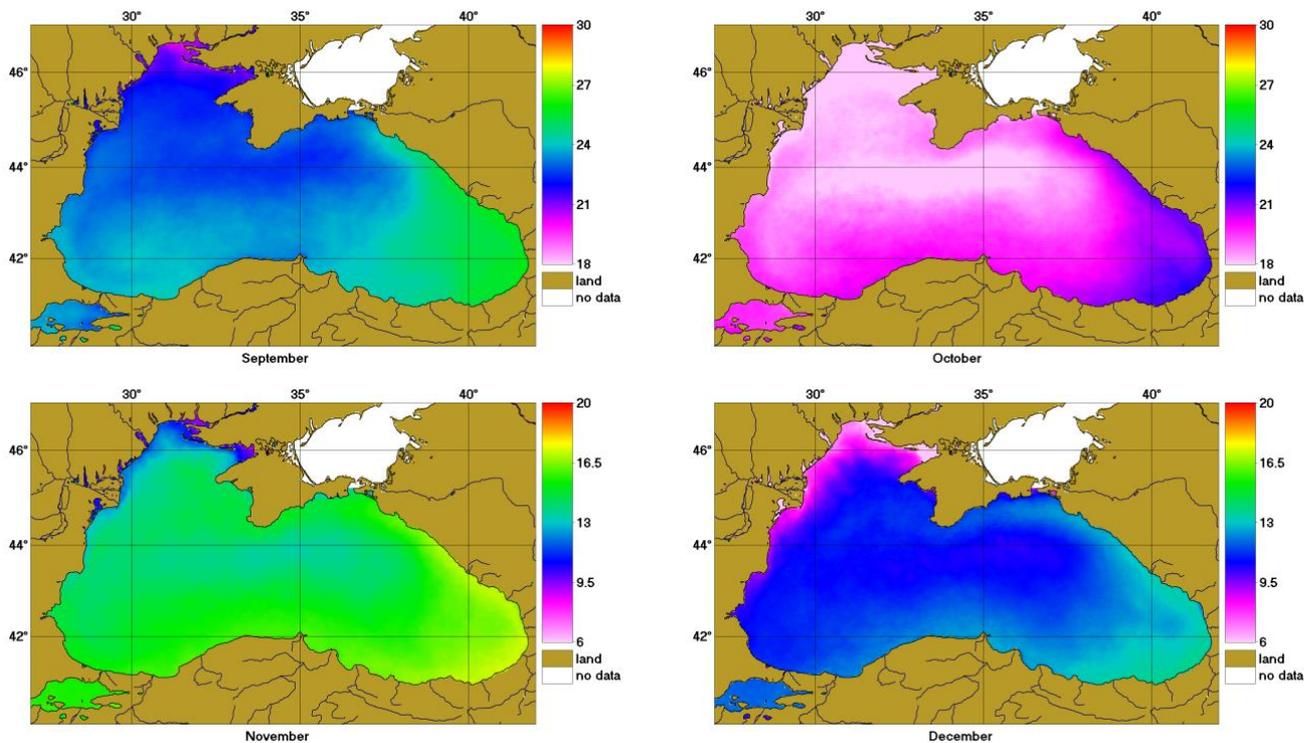


Распределения средне-климатических (2003-2023 гг.) значений концентрации кокколитофорид (N_{coc} , 10^6 кл./л), рассчитанные по региональным алгоритмам ИО РАН (Kopelevich et al., 2014; Vazyalya et al., 2023)

Distributions of climatic averages (2003-2023) values of the coccolithophore concentration (N_{coc} , 10^6 cells/l), calculated with the particle backscattering coefficient using regional algorithms of the IO RAS (Kopelevich et al., 2014; Vazyalya et al., 2023).

Температура поверхности моря. Sea surface temperature





Распределения средне-климатических (2003-2023 гг.) значений температуры поверхности моря (*SST*, °C) стандартного продукта L3 NASA (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>)

Distributions of climatic averages (2003-2023) values of the sea surface temperature (*SST*, °C) standard L3 NASA product (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>)

Карты распределений среднемесячных величин биооптических характеристик и температуры моря доступны по ссылке: [Black Maps](#).

Maps of distributions of monthly average values of bio-optical characteristics and sea temperature are available at the link: [Black Maps](#).

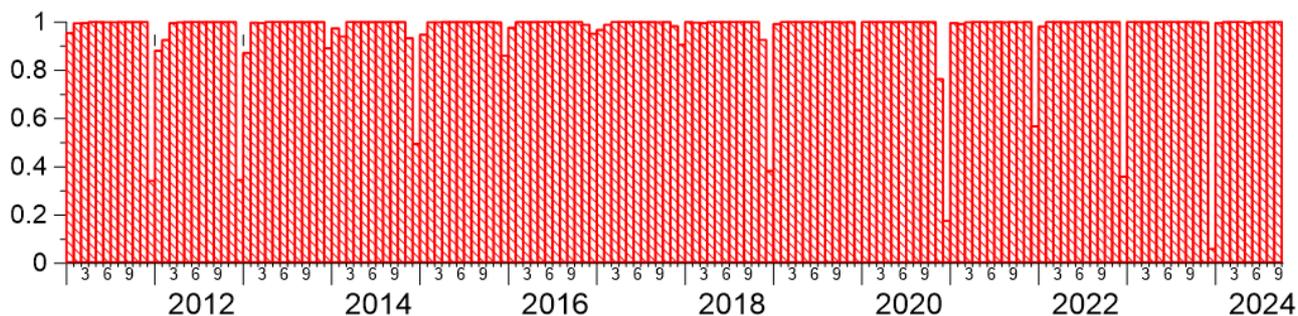
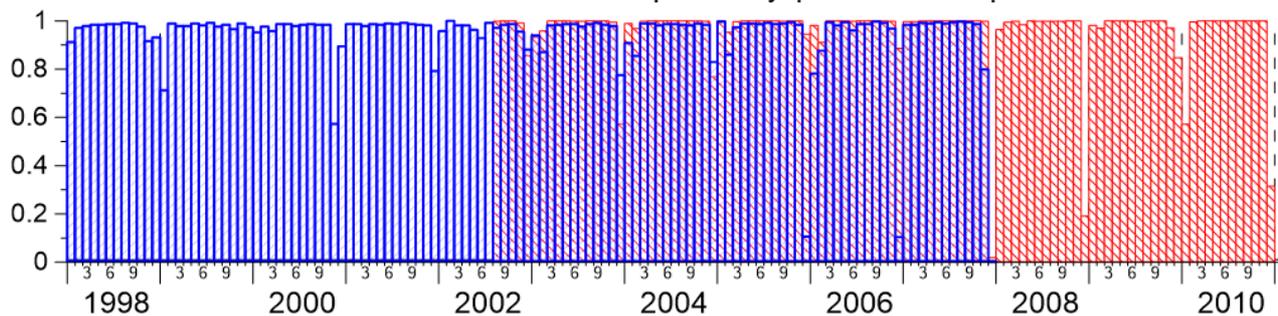
Диаграммы по субрегионам. Diagrams by subregions

Покрытие данными. Data coverage

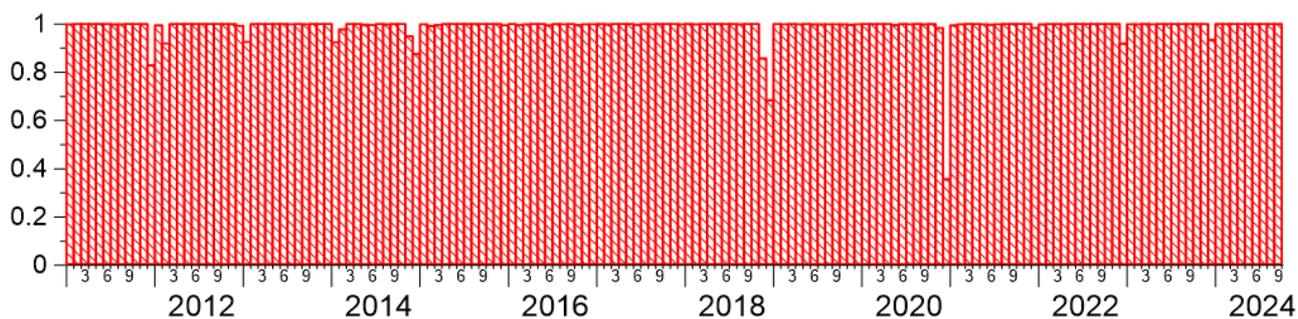
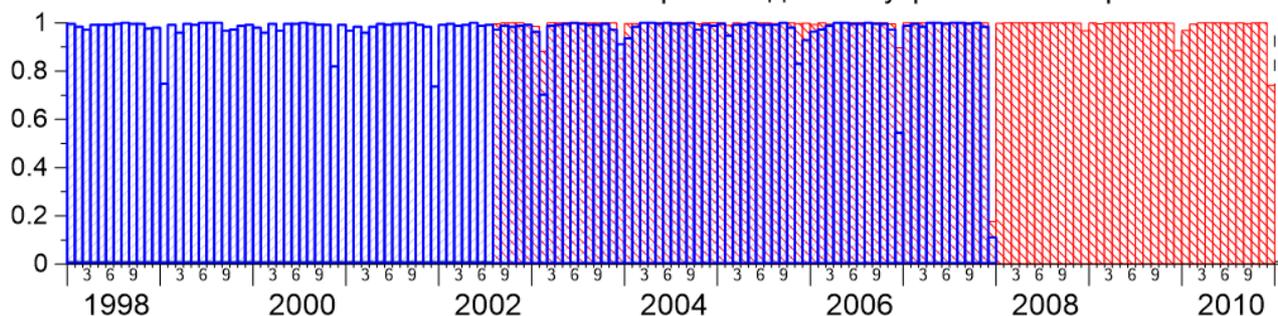
Ежемесячное покрытие Чёрного моря данными SeaWiFS (синий) и MODIS-Aqua (красный)

Monthly coverage of the Black Sea by SeaWiFS (blue) and MODIS-Aqua (red) data

#1 North inner shelf – северный внутренний шельф



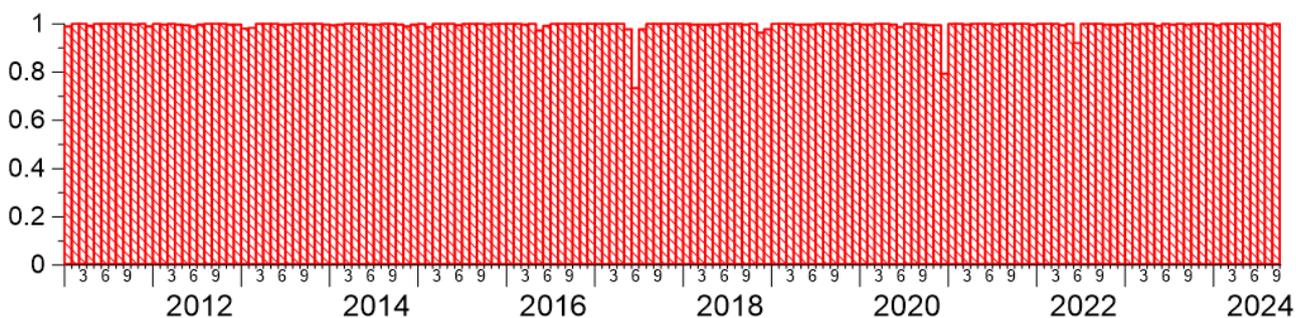
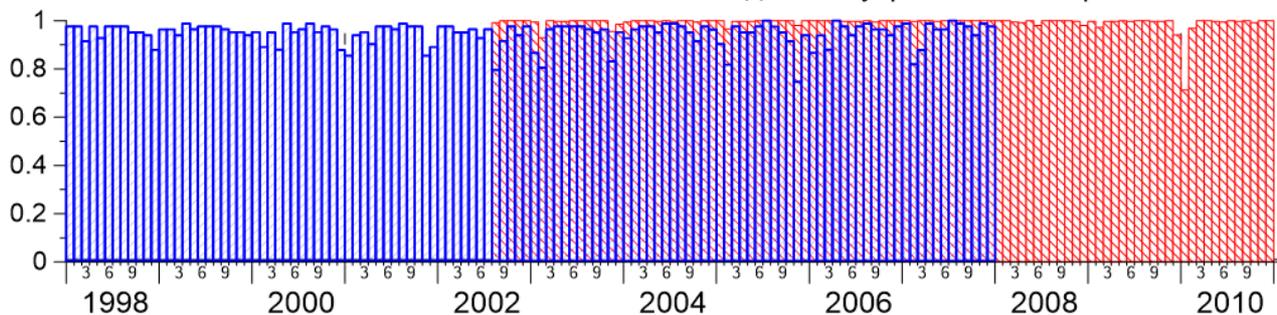
#2 North-western inner shelf – северо-западный внутренний шельф



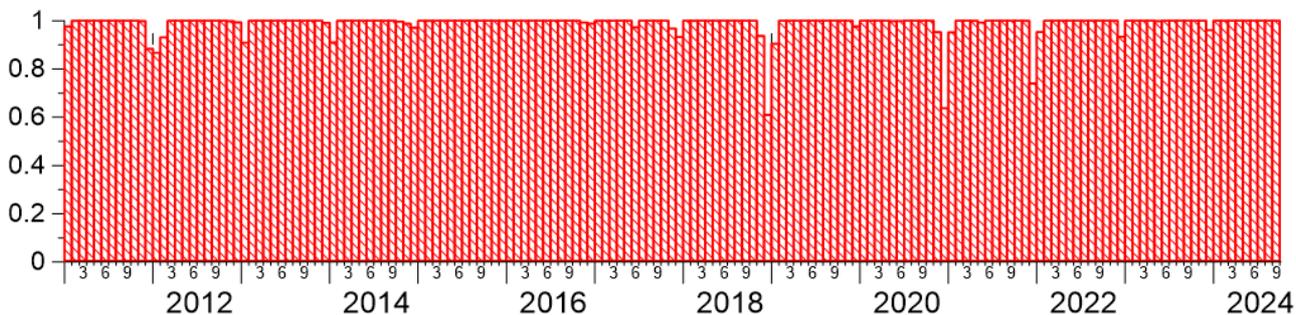
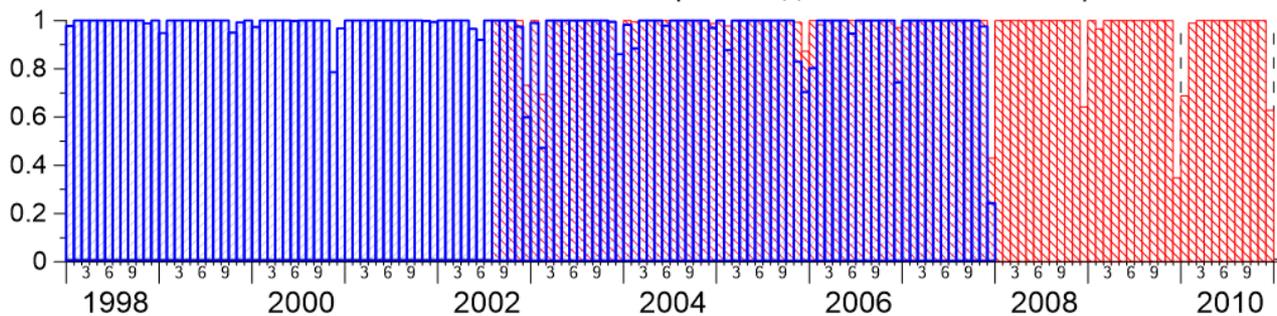
Ежемесячное покрытие Чёрного моря данными SeaWiFS (синий) и MODIS-Aqua (красный)

Monthly coverage of the Black Sea by SeaWiFS (blue) and MODIS-Aqua (red) data

#3 South-western inner shelf – юго-западный внутренний шельф



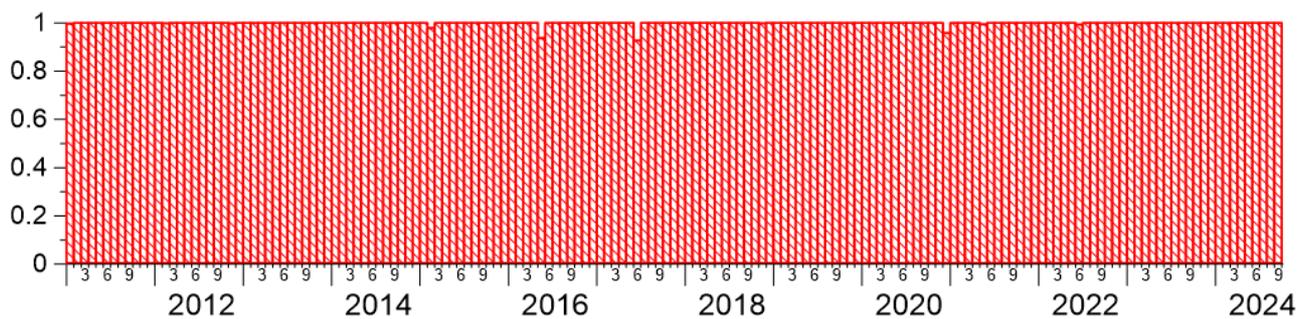
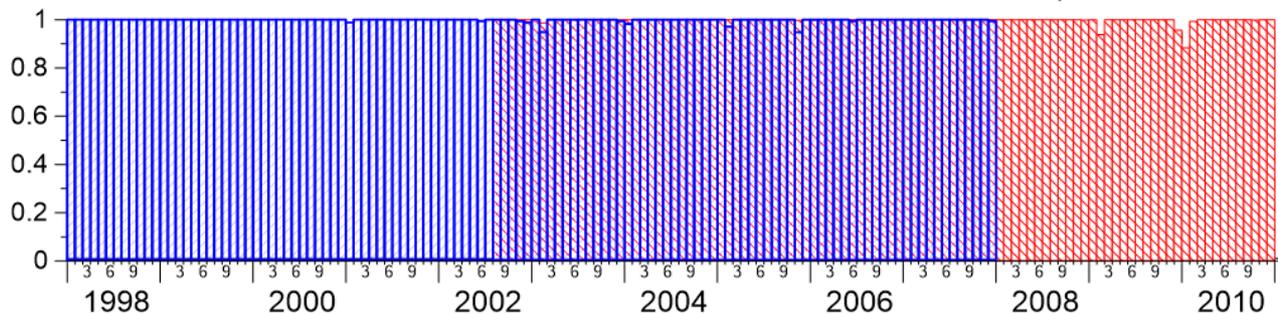
#4 North-western outer shelf – северо-западный внешний шельф



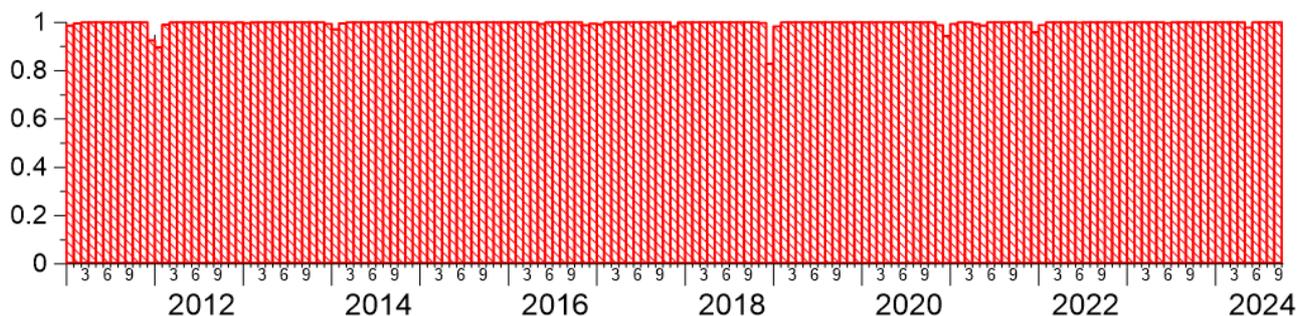
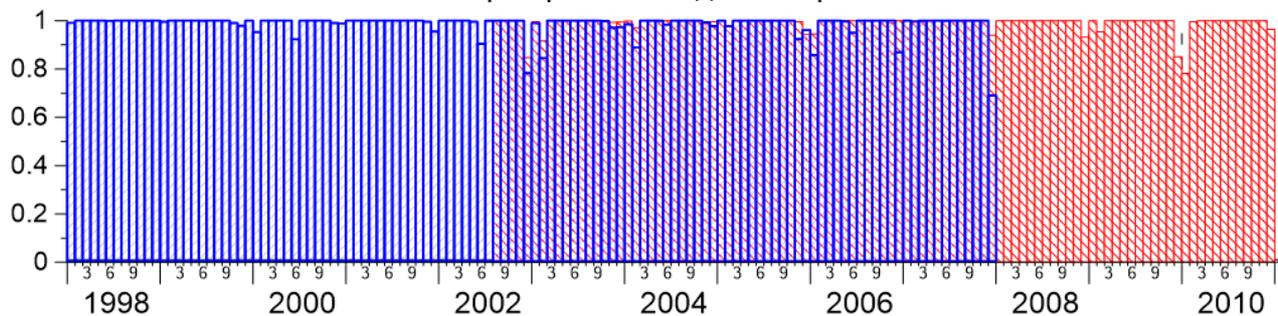
Ежемесячное покрытие Чёрного моря данными SeaWiFS (синий) и MODIS-Aqua (красный)

Monthly coverage of the Black Sea by SeaWiFS (blue) and MODIS-Aqua (red) data

#5 South-western outer shelf – юго-западный внешний шельф



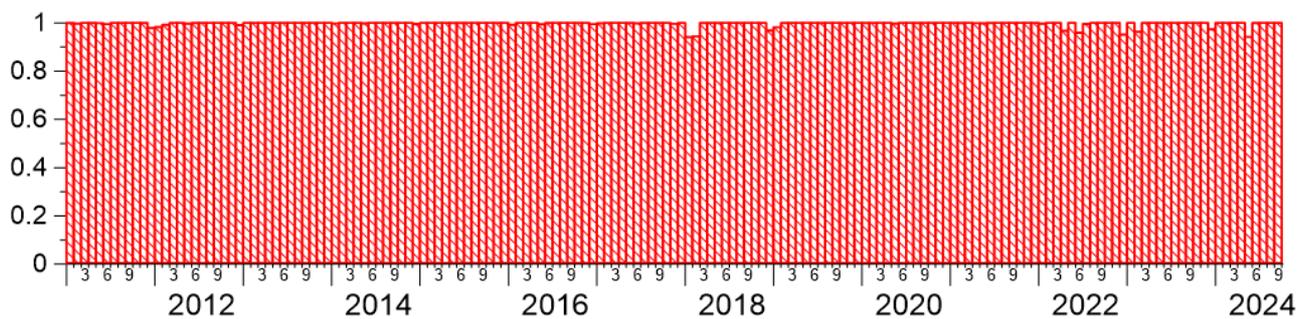
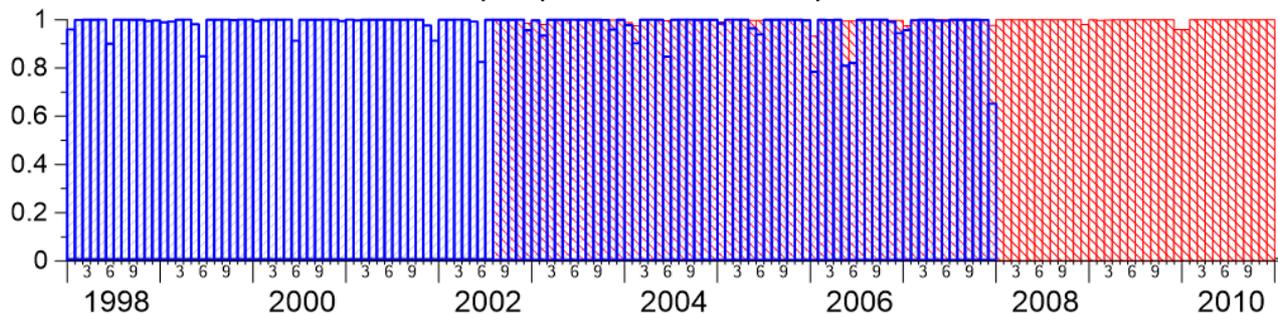
#6 Western open part – западная открытая часть



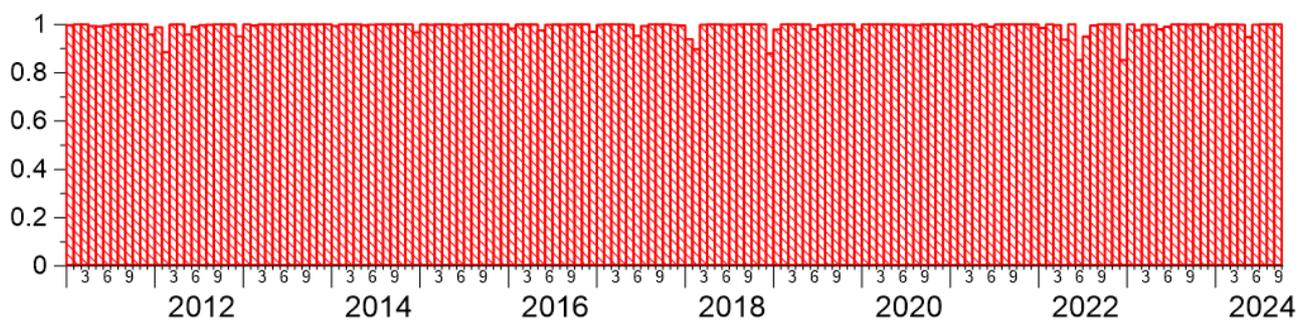
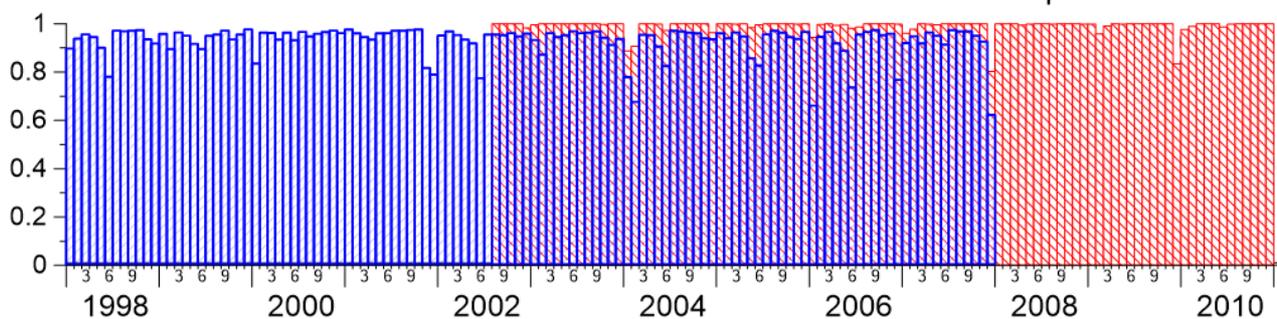
Ежемесячное покрытие Чёрного моря данными SeaWiFS (синий) и MODIS-Aqua (красный)

Monthly coverage of the Black Sea by SeaWiFS (blue) and MODIS-Aqua (red) data

#7 Eastern open part – восточная открытая часть



#8 Eastern and Southern shelf – восточный и южный шельф



Концентрация хлорофилла. Chlorophyll concentration

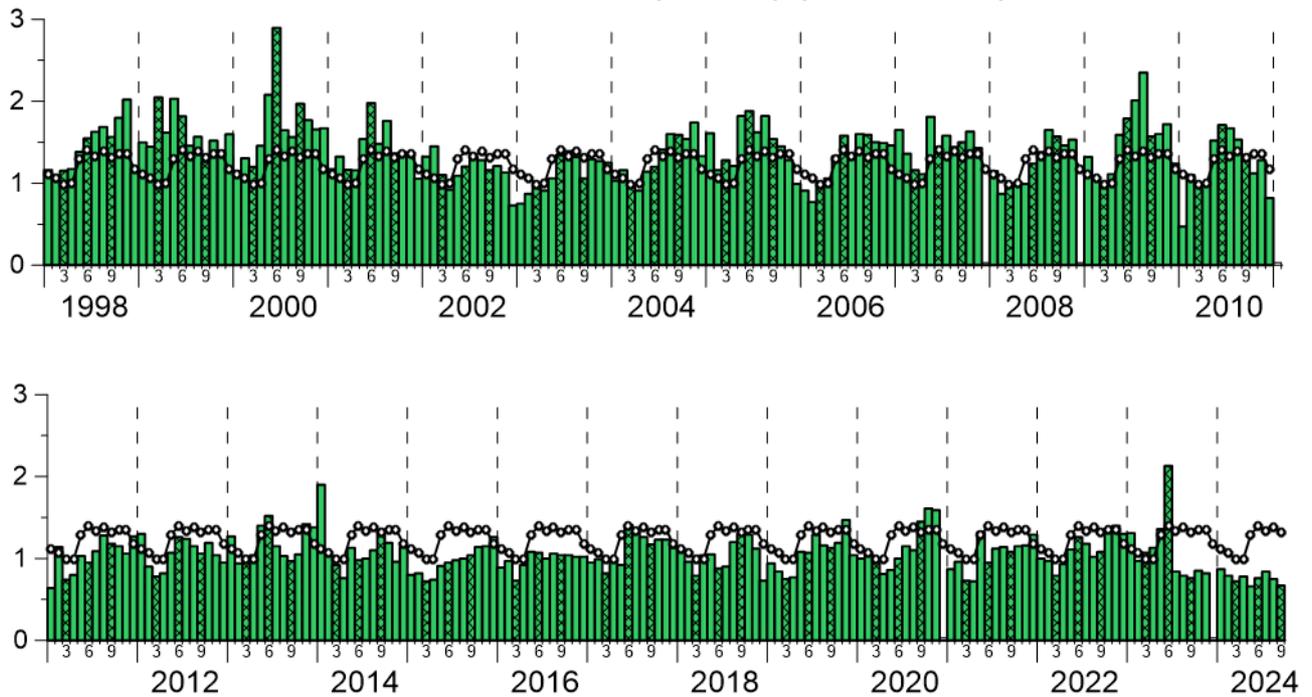
Изменения среднемесячных величин концентрации хлорофилла Chl (mg/m^3).

Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.

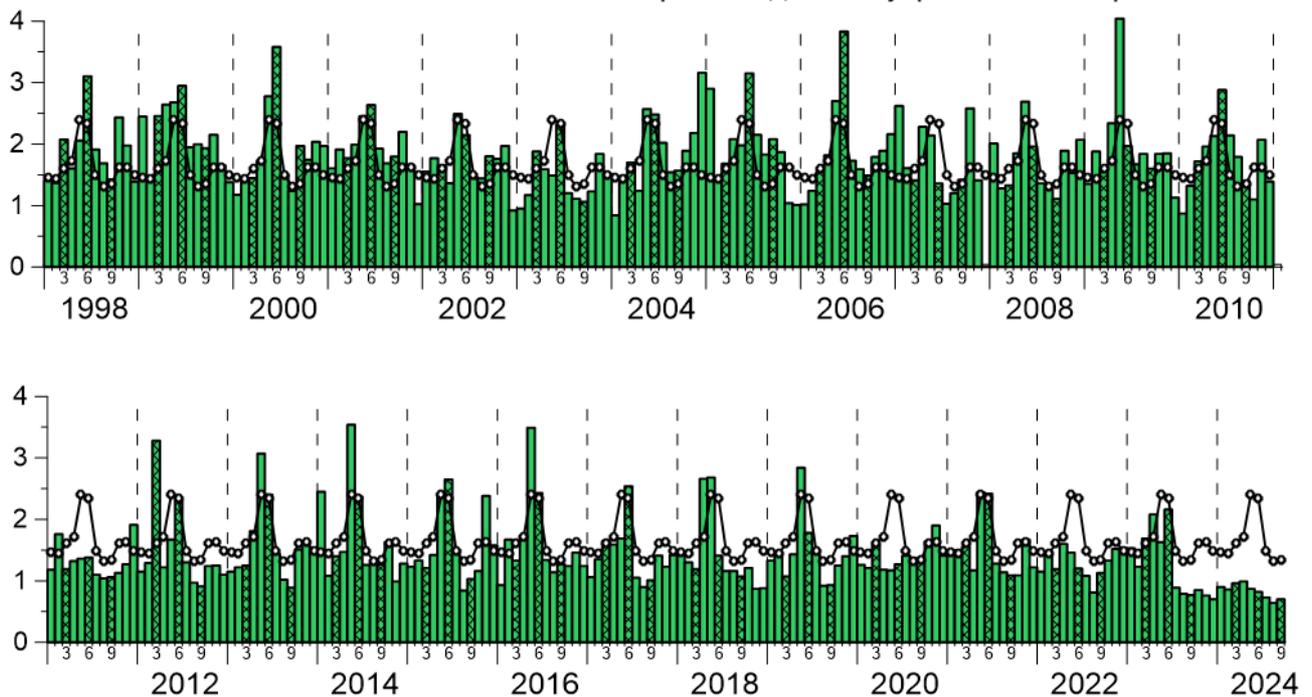
Changes in the monthly average values of chlorophyll concentration Chl (mg/m^3).

The black curve is the average change for the period 1998–2023

#1 North inner shelf – северный внутренний шельф



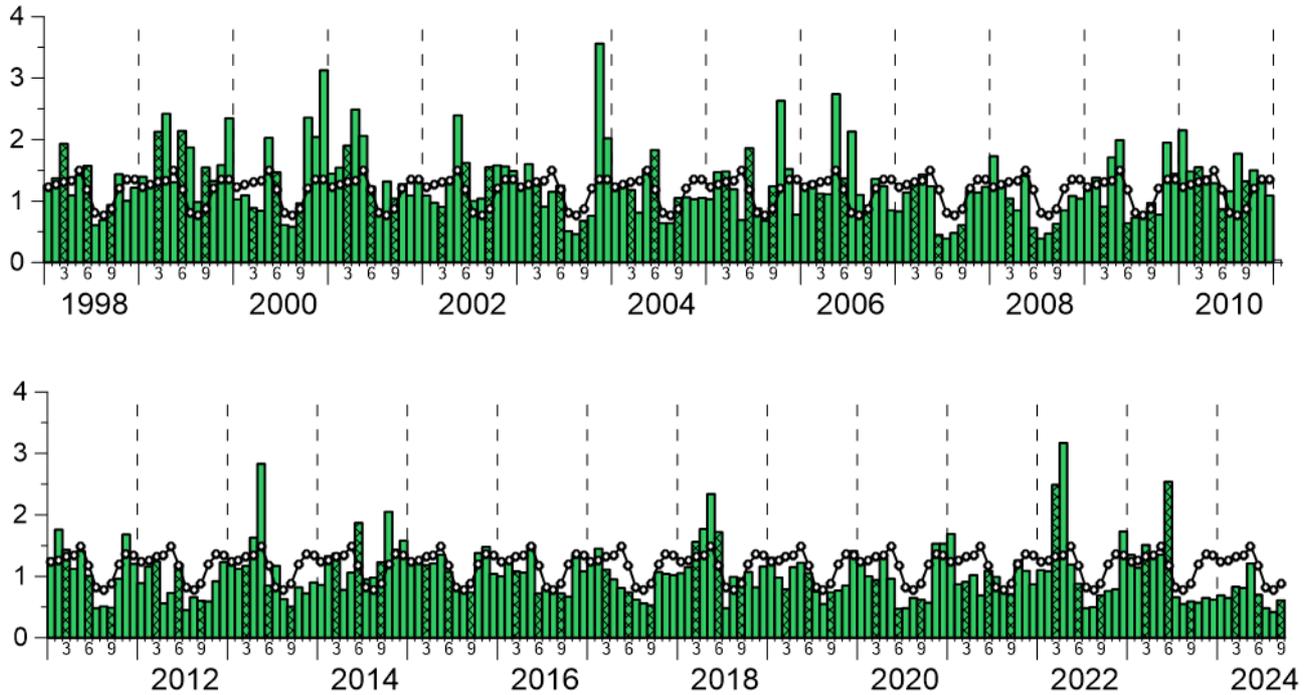
#2 North-western inner shelf – северо-западный внутренний шельф



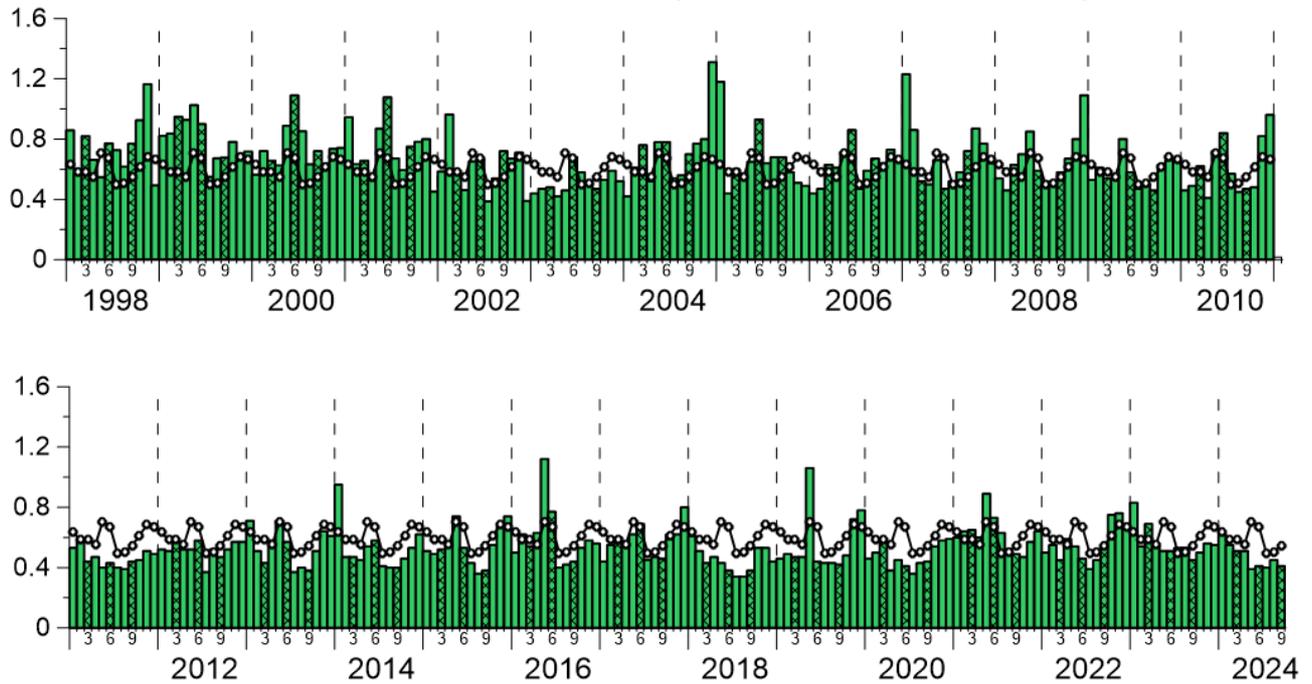
Изменения среднемесячных величин концентрации хлорофилла Chl (mg/m^3).
Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.

Changes in the monthly average values of chlorophyll concentration Chl (mg/m^3).
The black curve is the average change for the period 1998–2023

#3 South-western inner shelf – юго-западный внутренний шельф



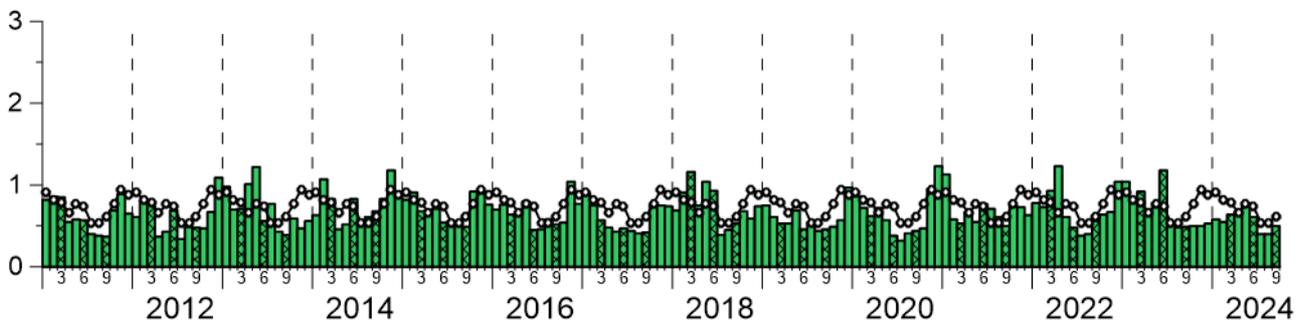
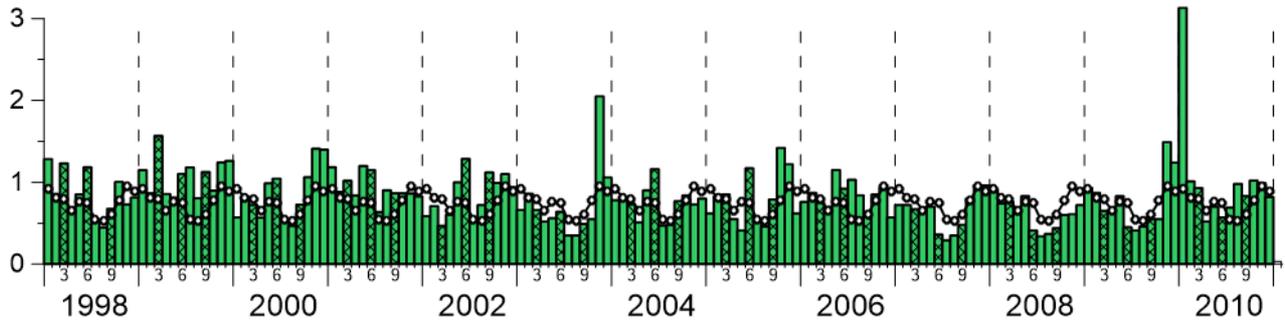
#4 North-western outer shelf – северо-западный внешний шельф



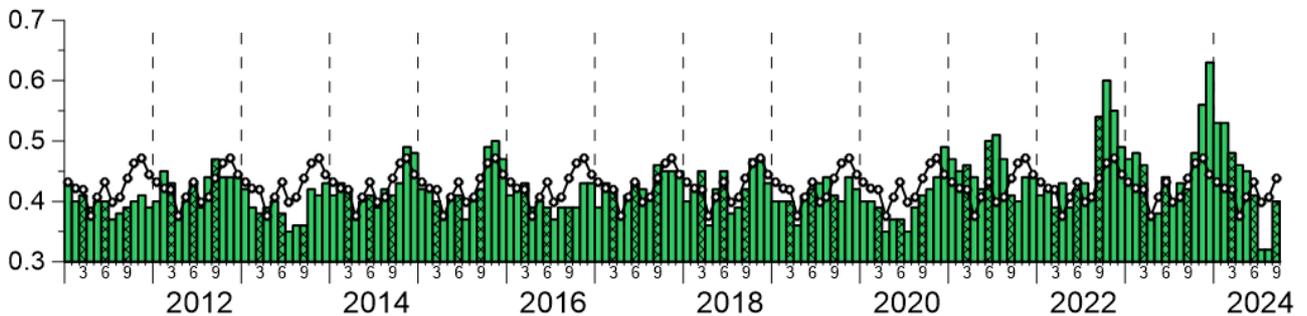
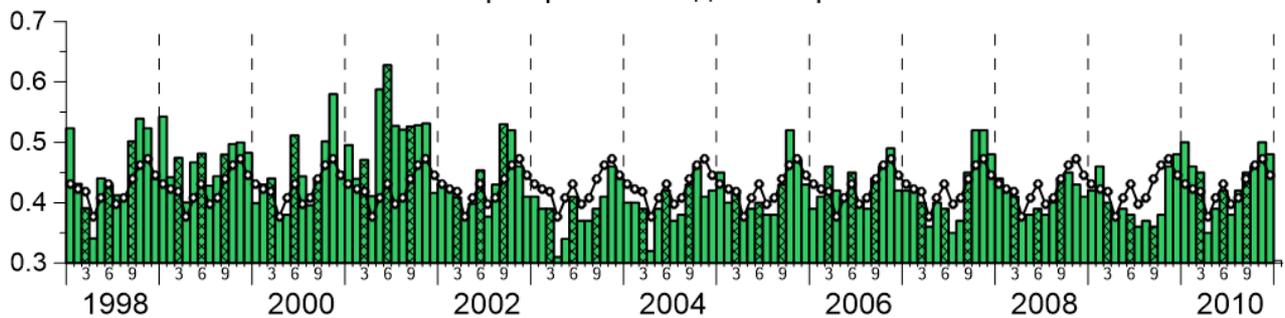
Изменения среднемесячных величин концентрации хлорофилла *Chl* (мг/м³).
Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.

Changes in the monthly average values of chlorophyll concentration *Chl* (mg/m³).
The black curve is the average change for the period 1998–2023

#5 South-western outer shelf – юго-западный внешний шельф

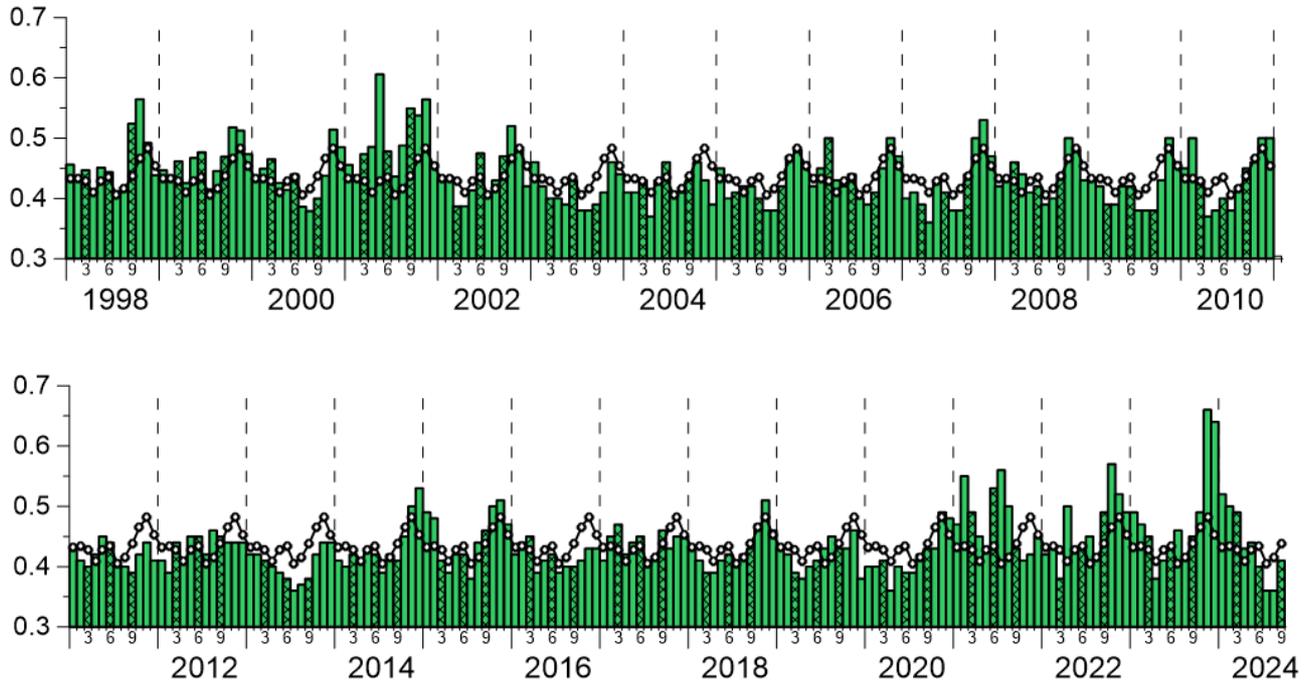


#6 Western open part – западная открытая часть

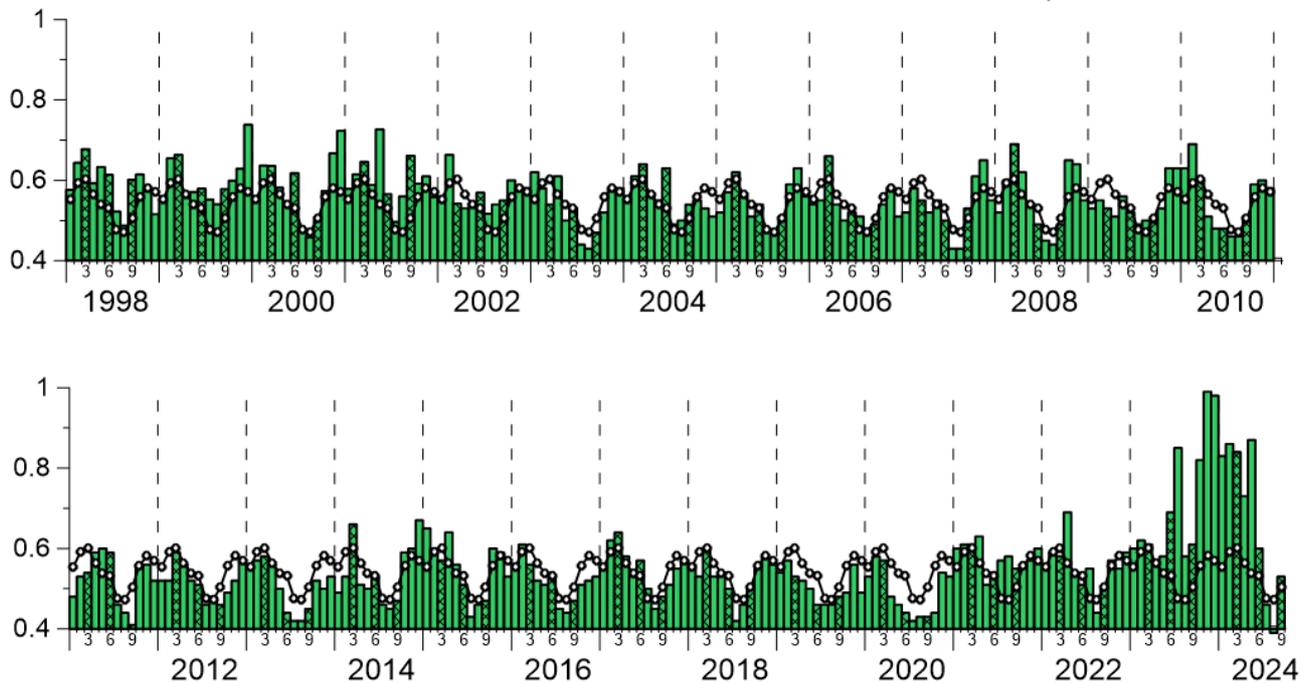


Изменения среднемесячных величин концентрации хлорофилла *Chl* (мг/м³).
 Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.
 Changes in the monthly average values of chlorophyll concentration *Chl* (mg/m³).
 The black curve is the average change for the period 1998–2023

#7 Eastern open part – восточная открытая часть



#8 Eastern and Southern shelf – восточный и южный шельф



Показатель рассеяния назад взвешенными частицами. Particle backscattering coefficient

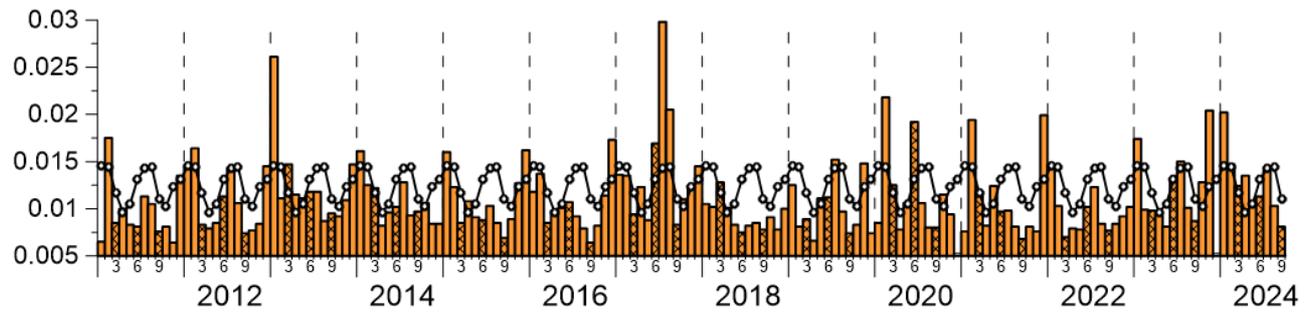
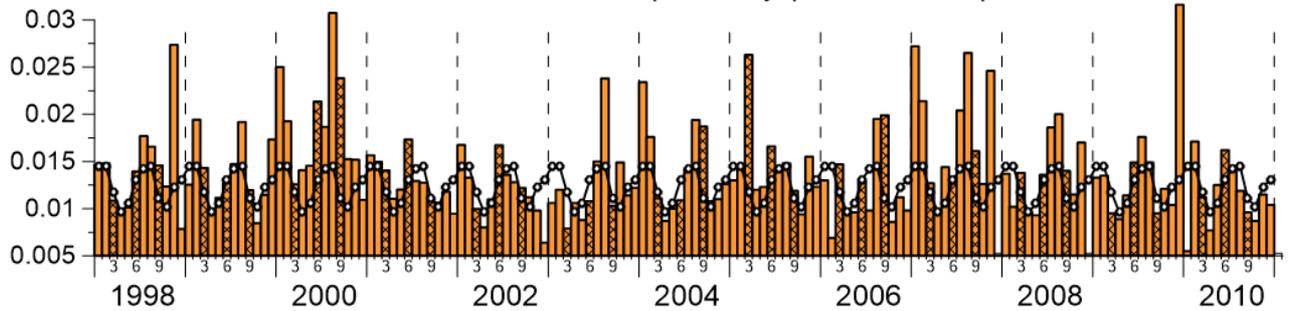
Изменения среднемесячных величин показателя рассеяния назад взвешенными частицами b_{bp} (m^{-1}).

Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.

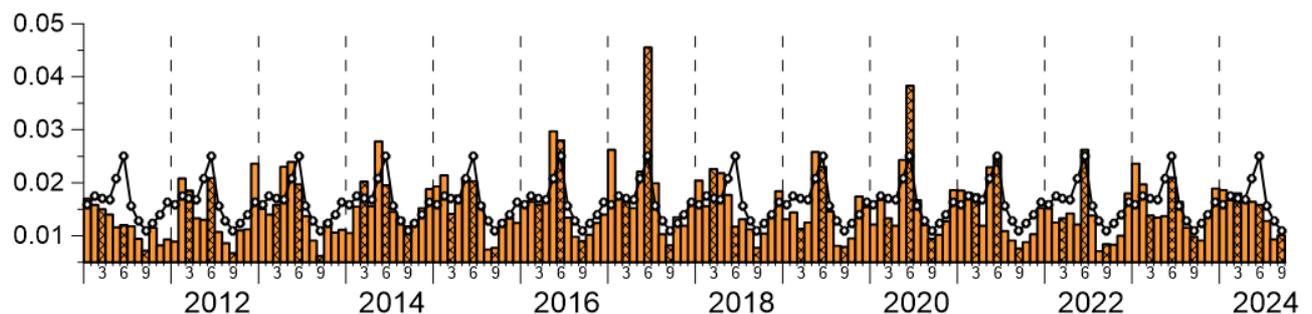
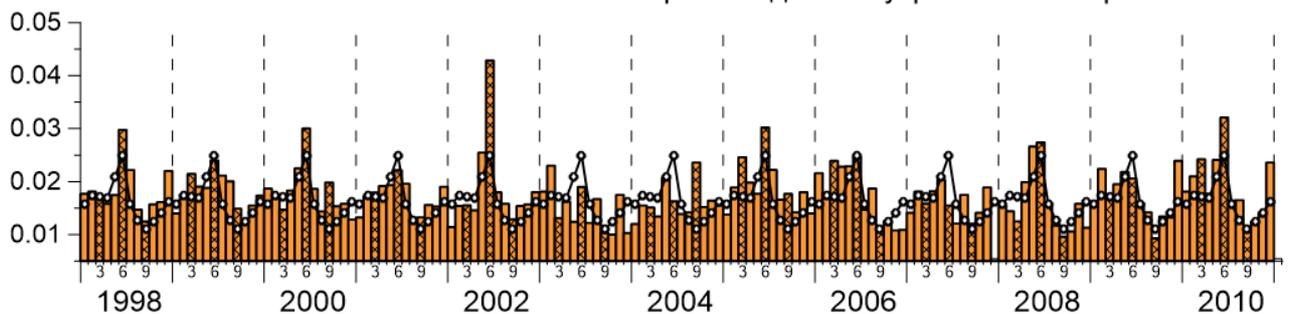
Changes in the monthly average values of the particle backscattering coefficient b_{bp} (m^{-1}).

The black curve is the average change for the period 1998–2023

#1 North inner shelf – северный внутренний шельф



#2 North-western inner shelf – северо-западный внутренний шельф



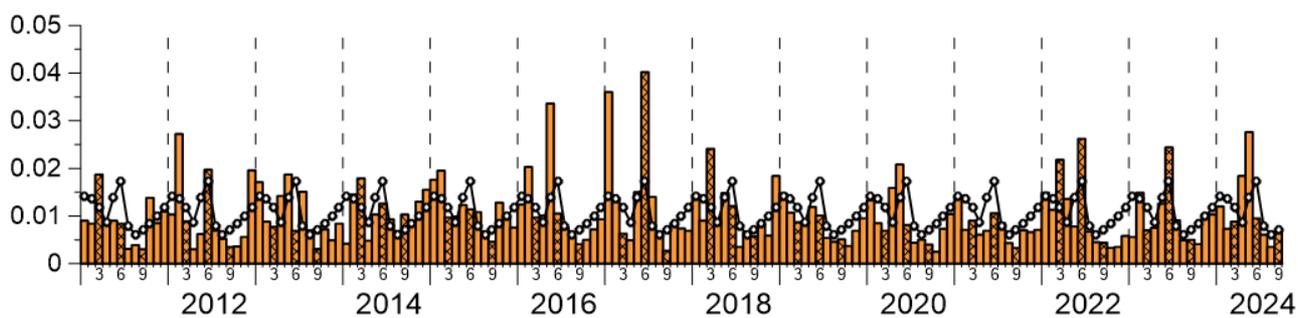
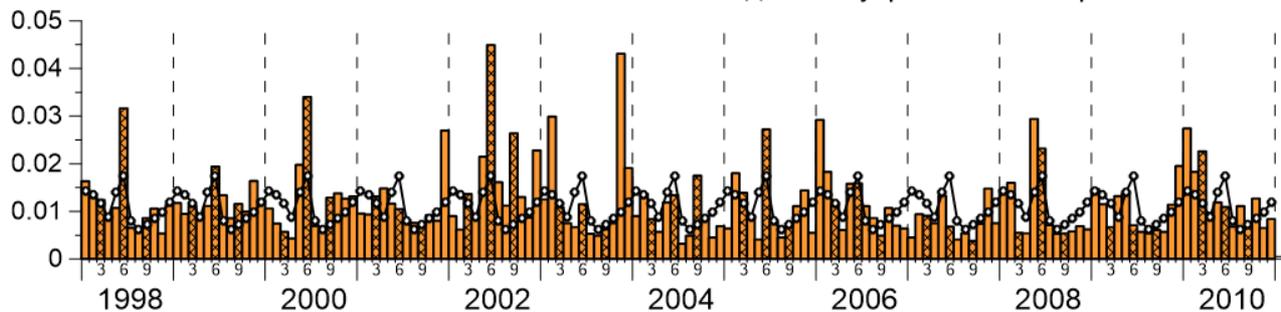
Изменения среднемесячных величин показателя рассеяния назад взвешенными частицами b_{bp} (m^{-1}).

Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.

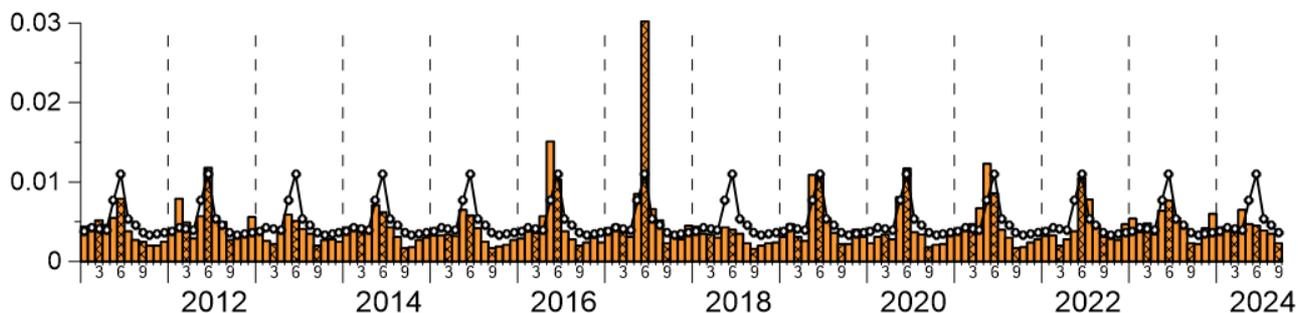
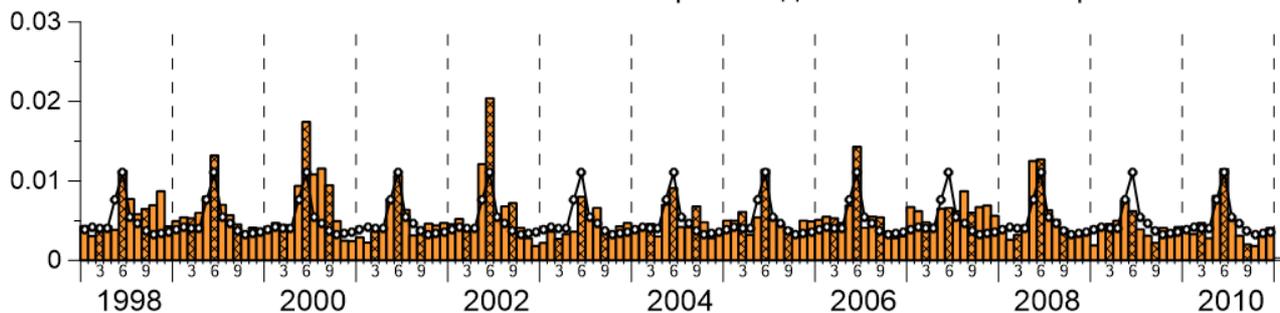
Changes in the monthly average values of the particle backscattering coefficient b_{bp} (m^{-1}).

The black curve is the average change for the period 1998–2023 гг.

#3 South-western inner shelf – юго-западный внутренний шельф



#4 North-western outer shelf – северо-западный внешний шельф



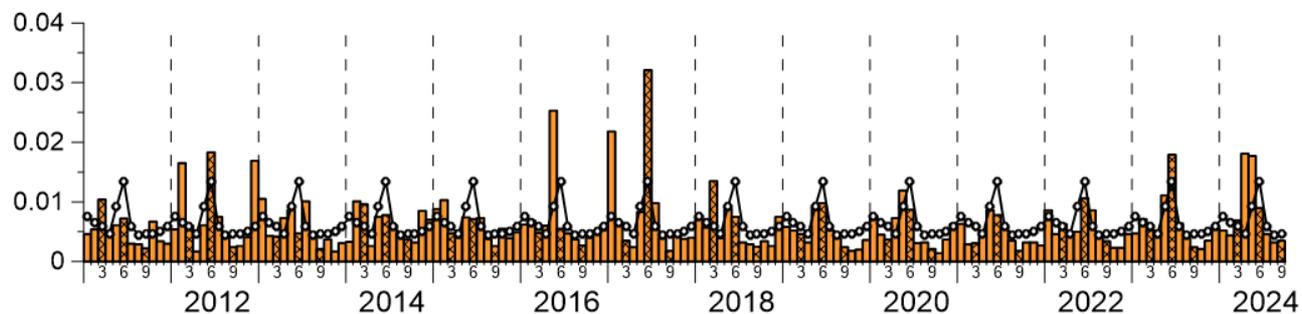
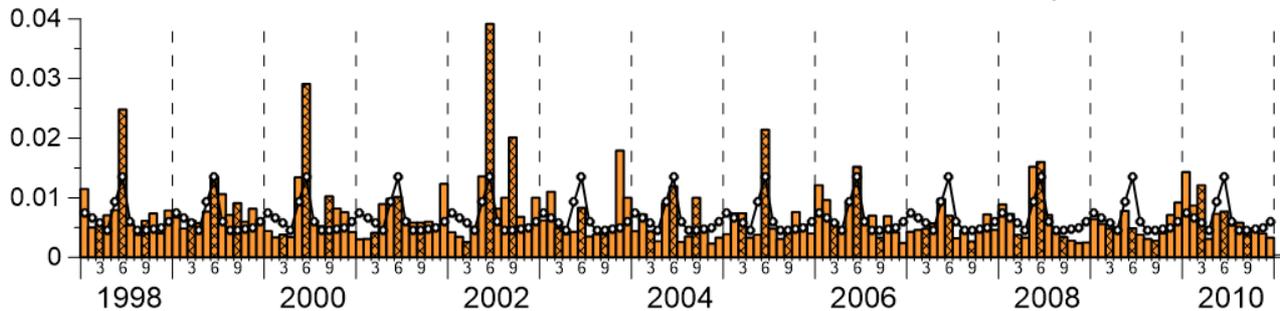
Изменения среднемесячных величин показателя рассеяния назад взвешенными частицами b_{bp} (m^{-1}).

Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.

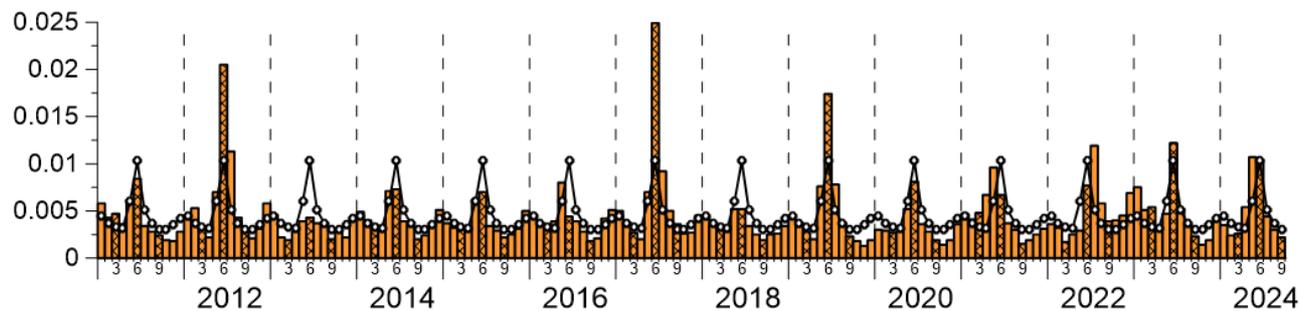
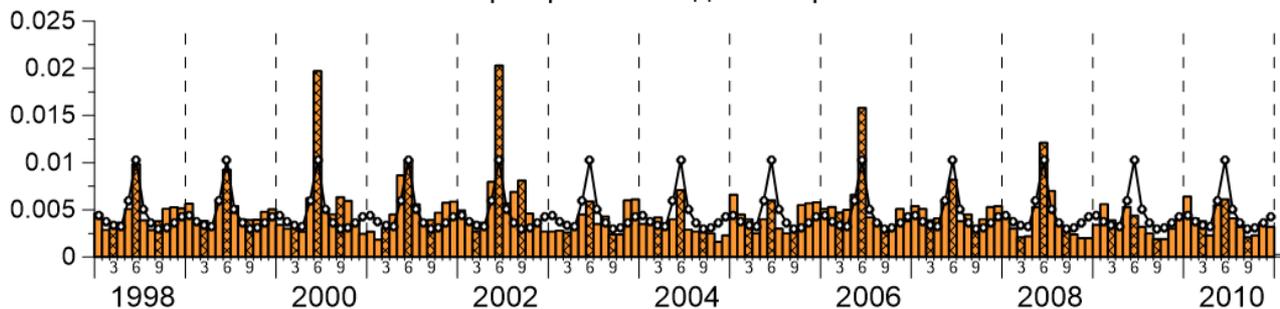
Changes in the monthly average values of the particle backscattering coefficient b_{bp} (m^{-1}).

The black curve is the average change for the period 1998–2023

#5 South-western outer shelf – юго-западный внешний шельф



#6 Western open part – западная открытая часть



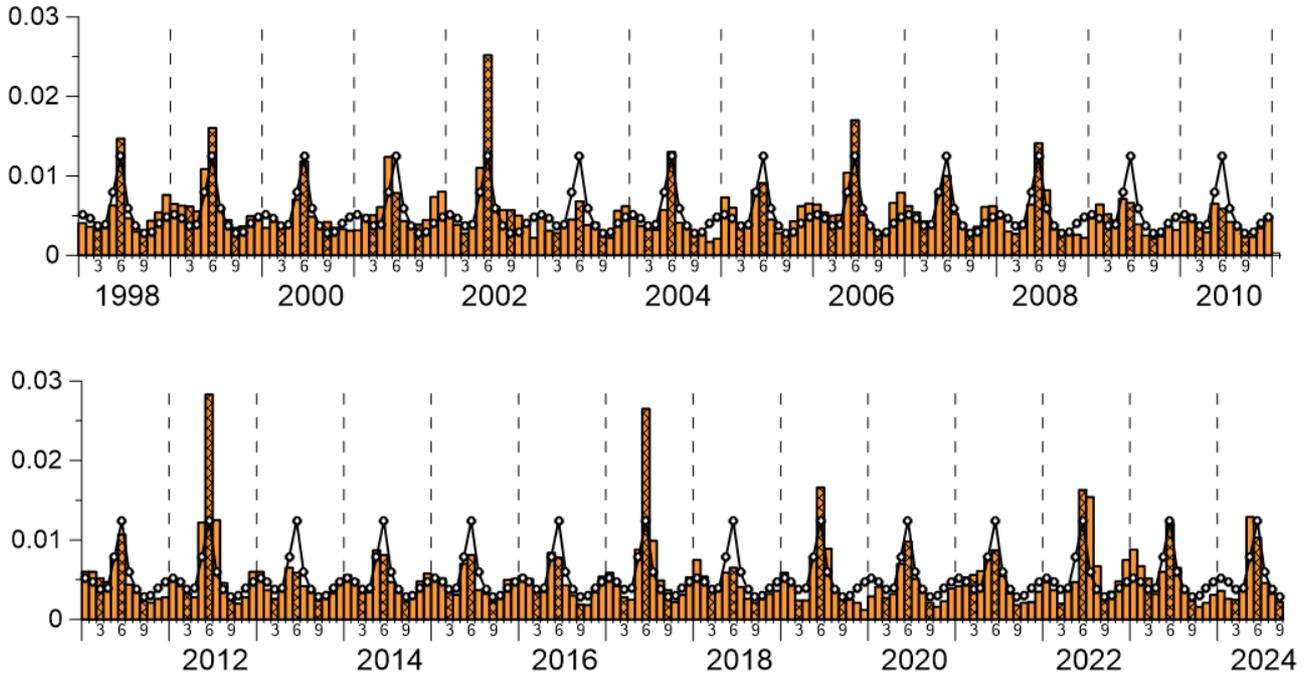
Изменения среднемесячных величин показателя рассеяния назад взвешенными частицами b_{bp} (m^{-1}).

Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.

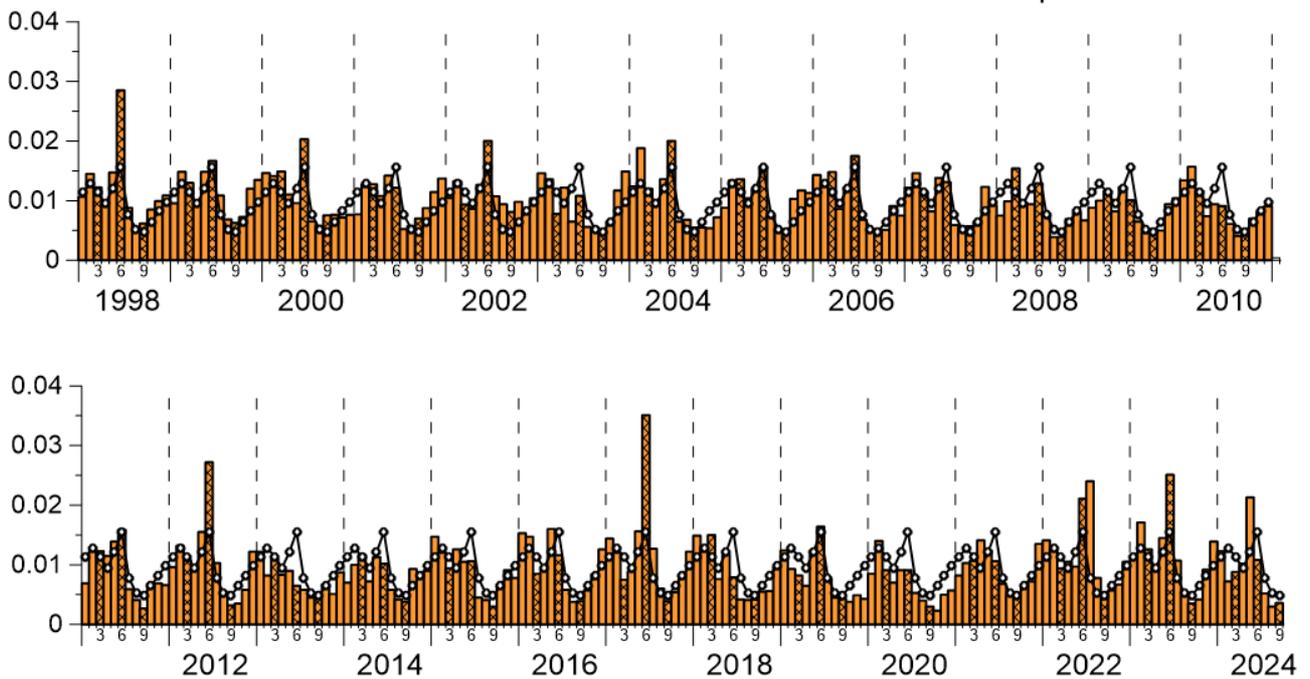
Changes in the monthly average values of the particle backscattering coefficient b_{bp} (m^{-1}).

The black curve is the average change for the period 1998–2023 гг.

#7 Eastern open part – восточная открытая часть



#8 Eastern and Southern shelf – восточный и южный шельф



Показатель поглощения желтым веществом. Yellow substance absorption coefficient

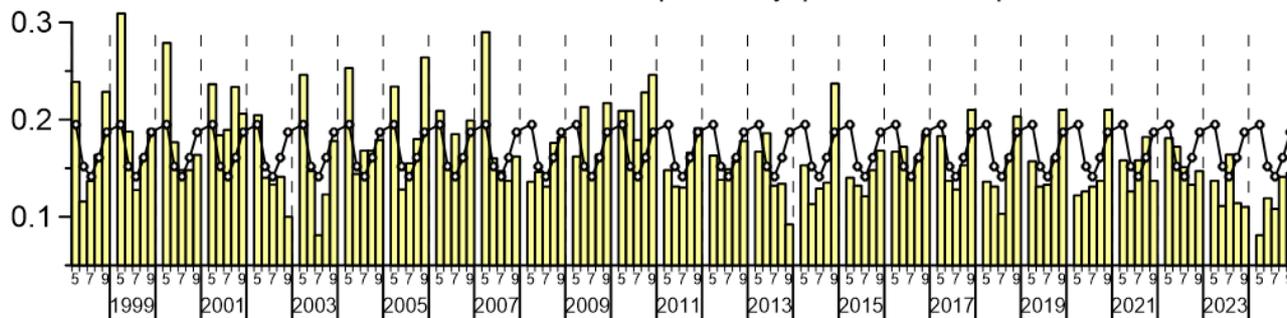
Изменения среднемесячных величин показателя поглощения желтым веществом a_g (m^{-1}).

Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.

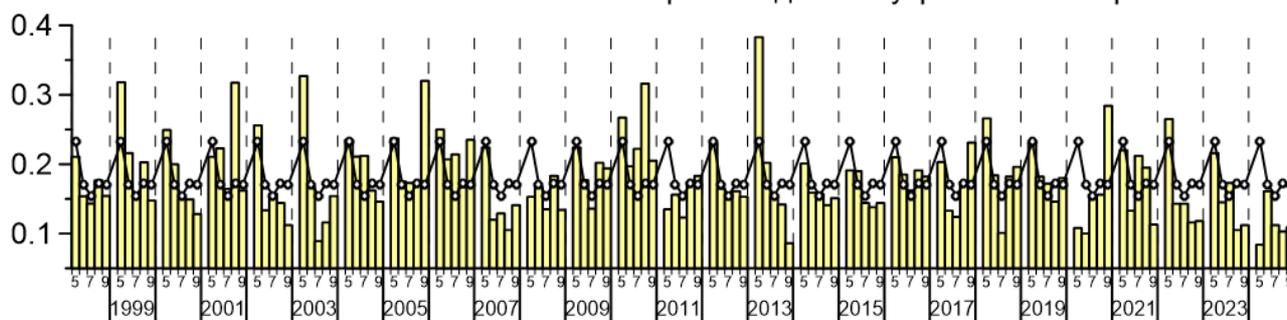
Changes in the monthly average values of the yellow substance absorption coefficient a_g (m^{-1}).

The black curve is the average change for the period 1998–2023

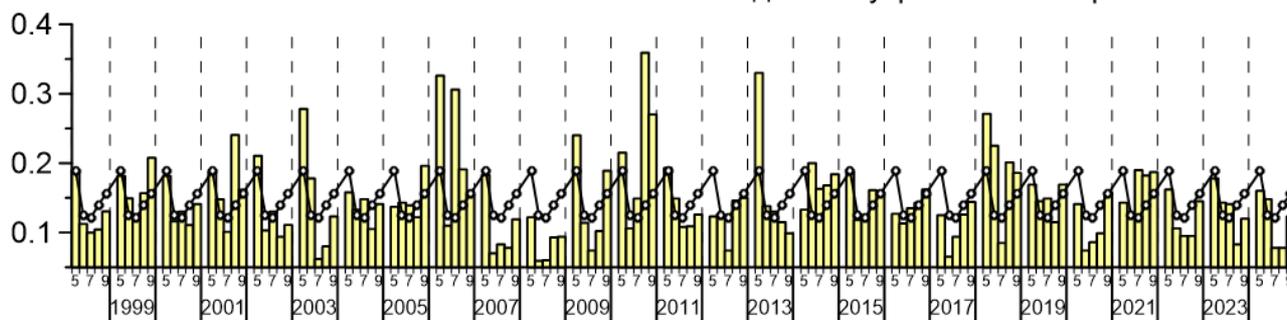
#1 North inner shelf – северный внутренний шельф



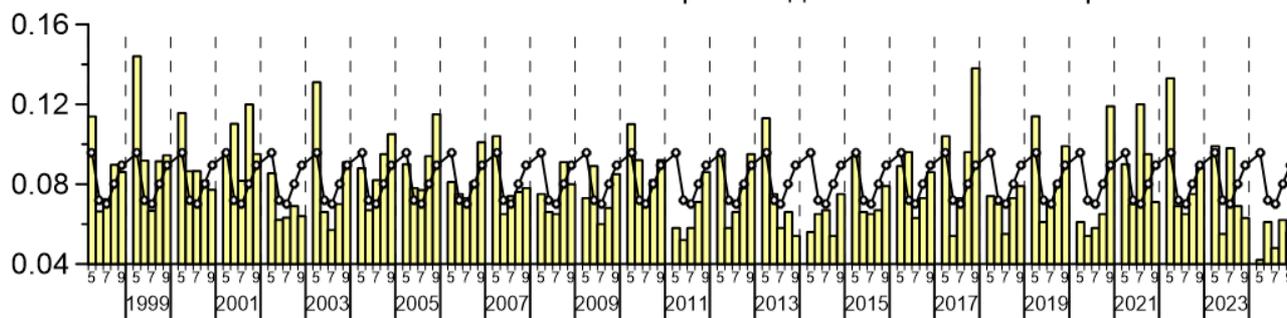
#2 North-western inner shelf – северо-западный внутренний шельф



#3 South-western inner shelf – юго-западный внутренний шельф



#4 North-western outer shelf – северо-западный внешний шельф



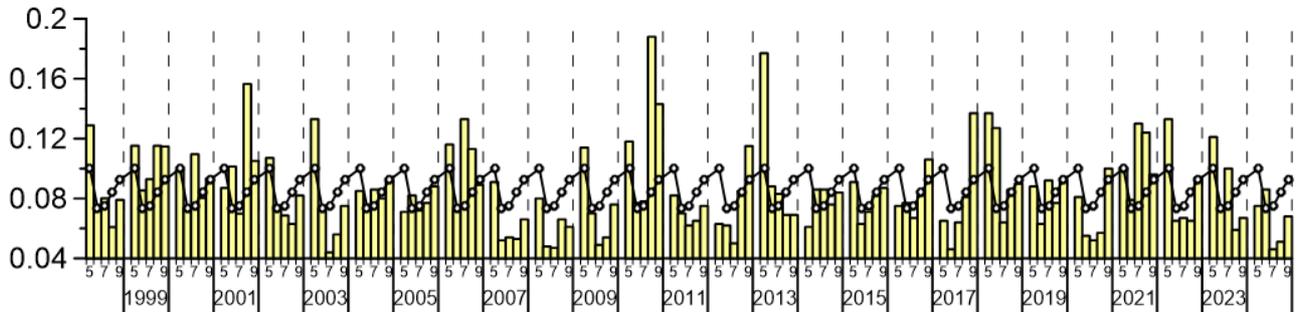
Изменения среднемесячных величин показателя поглощения желтым веществом a_g (m^{-1}).

Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.

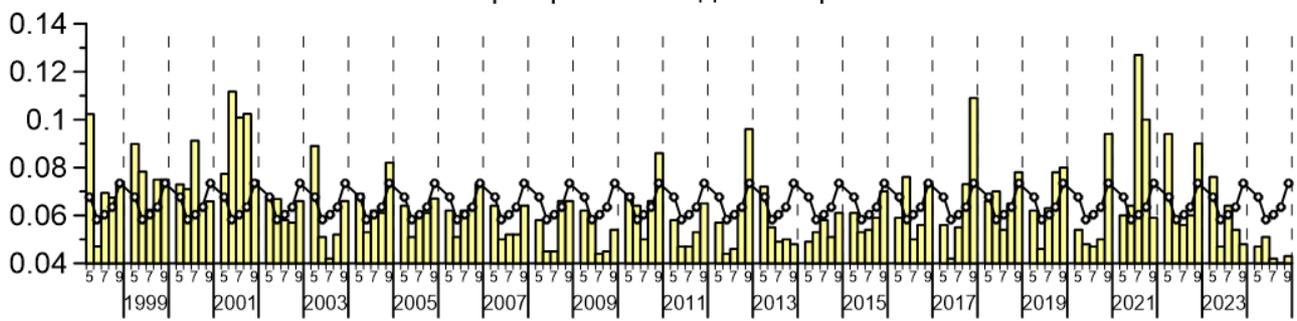
Changes in the monthly average values of the yellow substance absorption coefficient a_g (m^{-1}).

The black curve is the average change for the period 1998–2023

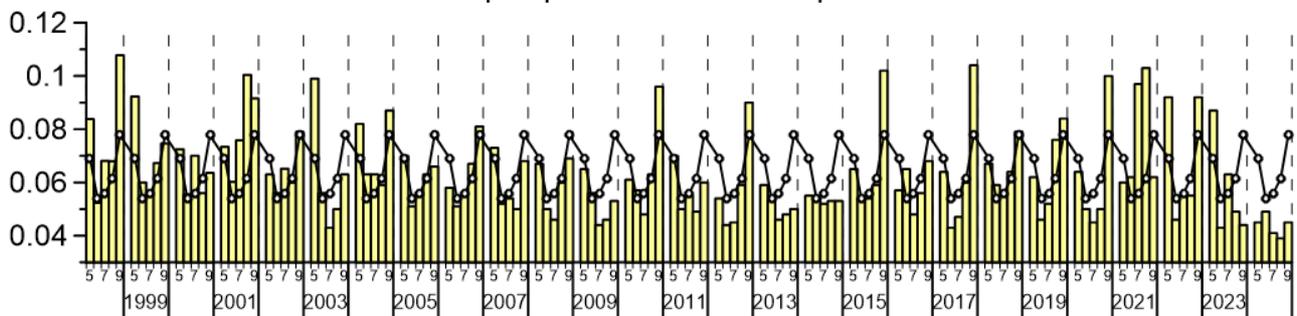
#5 South-western outer shelf – юго-западный внешний шельф



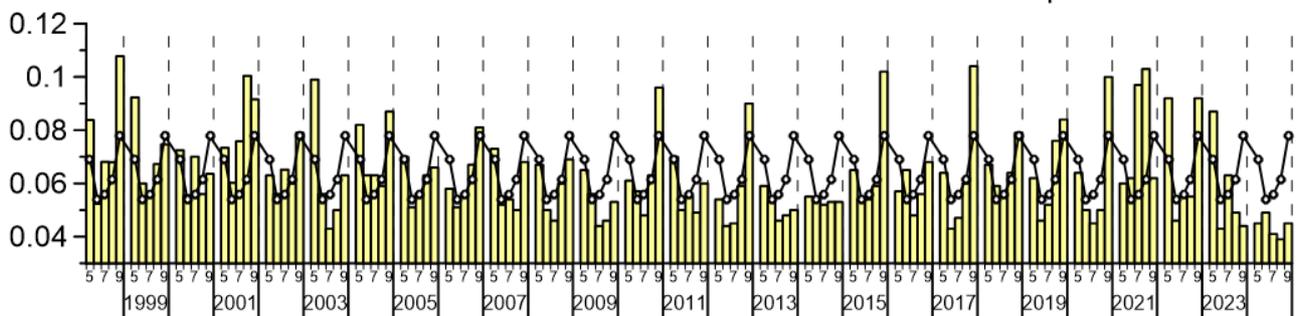
#6 Western open part – западная открытая часть



#7 Eastern open part – восточная открытая часть



#8 Eastern and Southern shelf – восточный и южный шельф



Концентрация взвешенного вещества. Suspended matter concentration

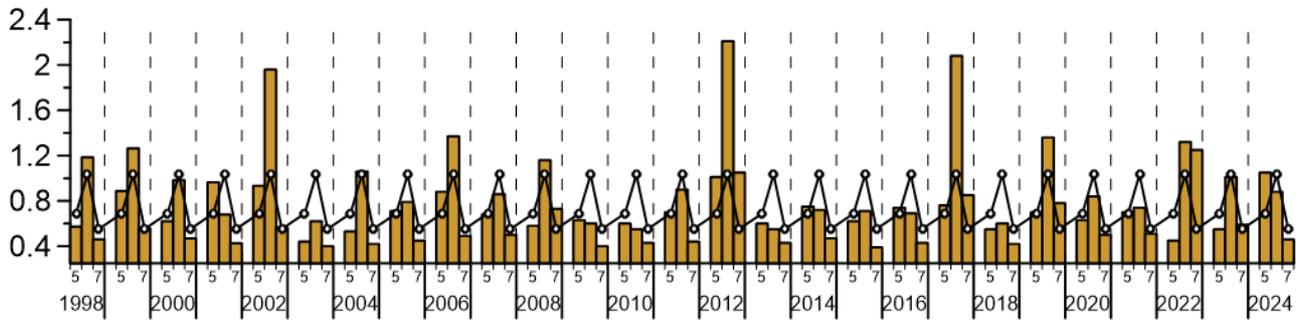
Изменения среднемесячных величин концентрации взвешенного вещества (*TSM*, мг/л).

Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.

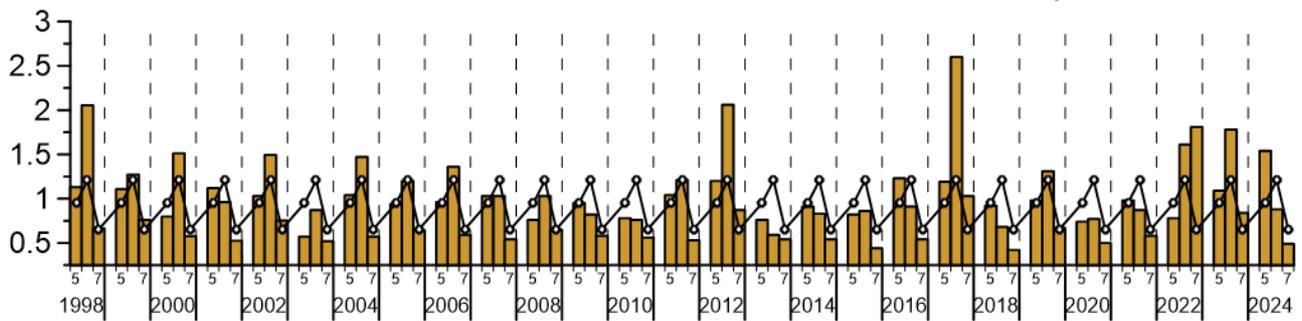
Changes in the monthly average values of the total suspended matter concentration (*TSM*, mg/l).

The black curve is the average change for the period 1998–2023

#7 Eastern open part – восточная открытая часть



#8 Eastern and Southern shelf – восточный и южный шельф

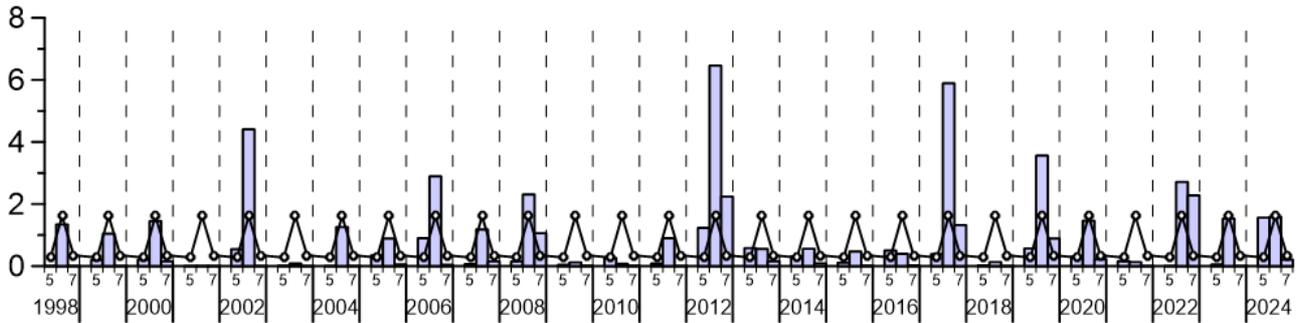


Концентрация кокколитофорид. *Coccolithophore concentration*

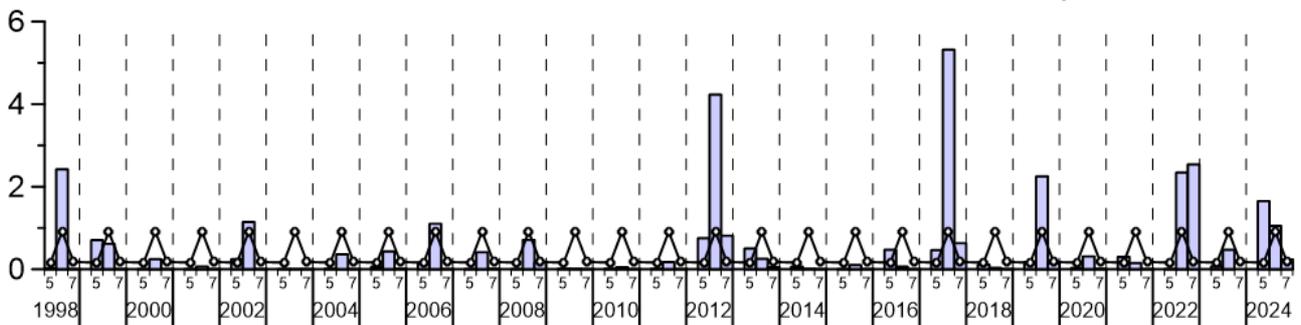
Изменения среднемесячных величин концентрации кокколитофорид (N_{coc} , 10^6 кл./л), рассчитанные в 7 и 8 регионах Черного моря. Черная кривая – средние изменения за период 1998–2023 гг.

Changes in monthly average values of the coccolithophore concentrations (N_{coc} , 10^6 cells/l) calculated in the Black Sea 7 and 8 regions. The black curve is the average change for the period 1998–2023

#7 Eastern open part – восточная открытая часть



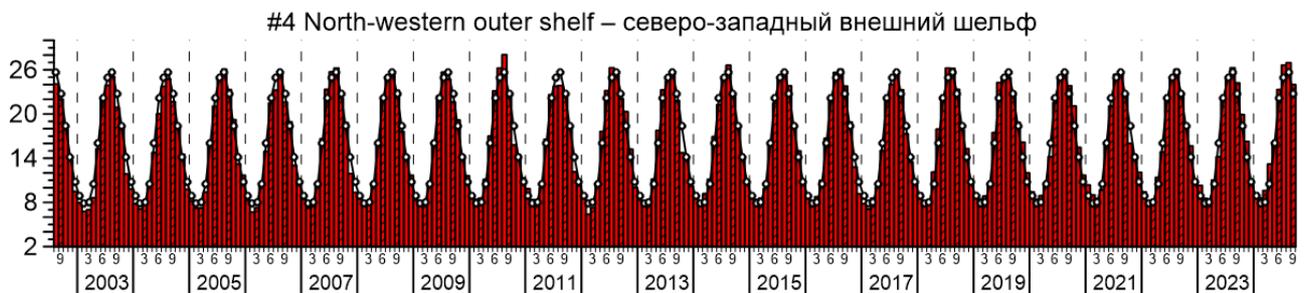
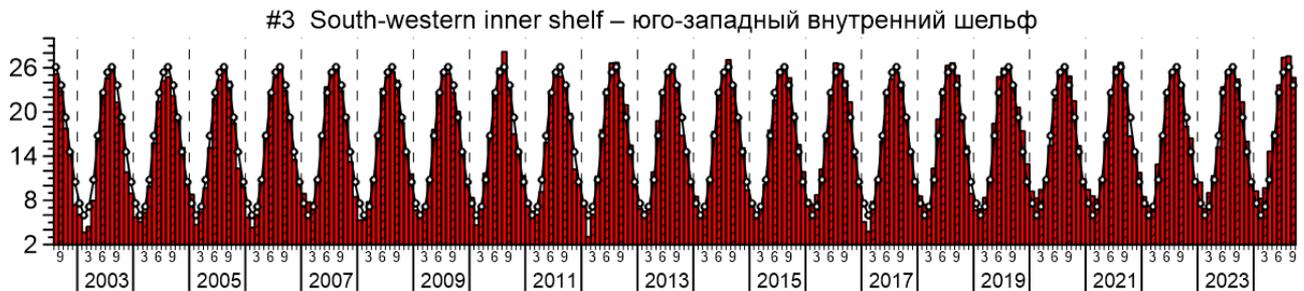
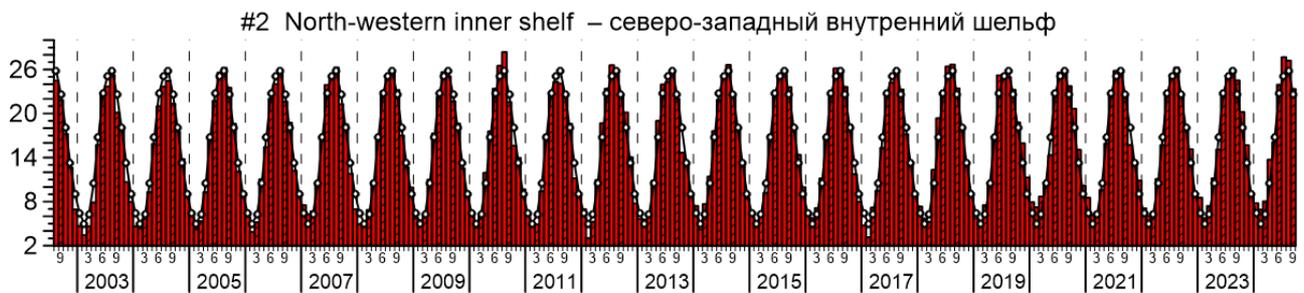
#8 Eastern and Southern shelf – восточный и южный шельф



Температура поверхности моря. Sea surface temperature

Изменения среднемесячных величин температуры поверхности моря (SST, °C).
Черная кривая – средние изменения за период 2003–2023 гг.

Changes in the monthly average values of the sea surface temperature (SST, °C).
The black curve is the average change for the period 2003–2023

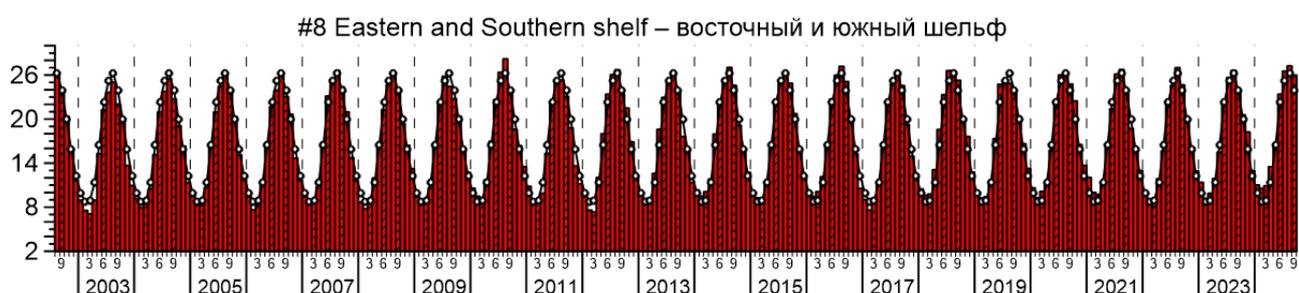
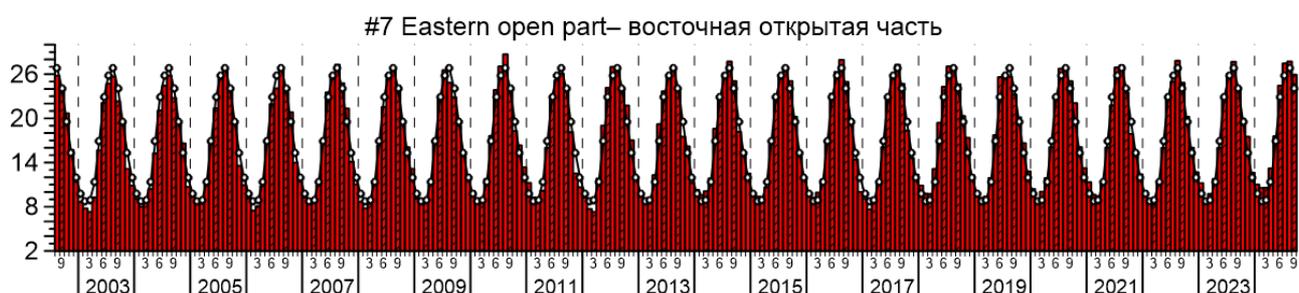
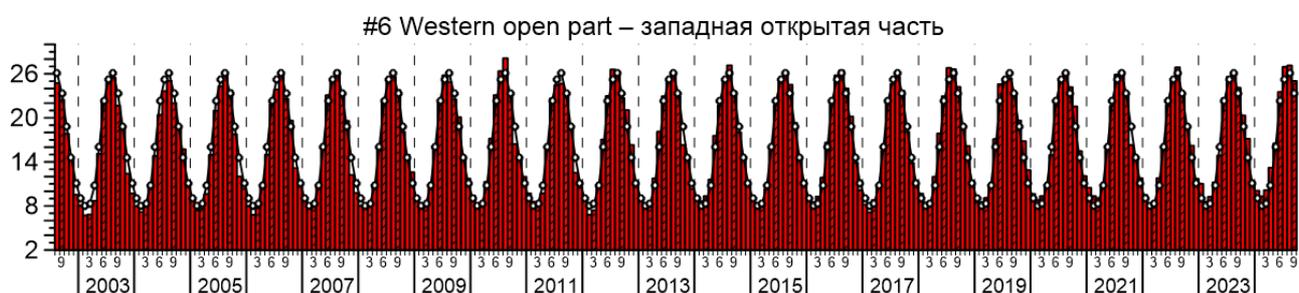
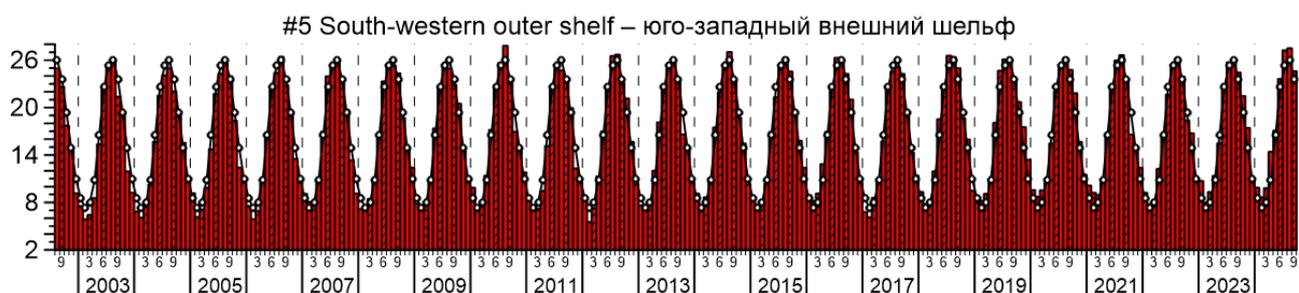


Изменения среднемесячных величин температуры поверхности моря (*SST*, °C).

Черная кривая – средние изменения за период 2003–2023 гг.

Changes in the monthly average values of the sea surface temperature (*SST*, °C).

The black curve is the average change for the period 2003–2023



Данные среднемесячных распределений биооптических характеристик и температуры поверхности моря, по которым были построены диаграммы, доступны по ссылке: [Black Tables](#).

Data on the monthly average distributions of bio-optical characteristics and sea surface temperature, on which the diagrams were constructed, are available at the following link: [Black Tables](#).

Список литературы. References

1. Копелевич О.В., Салинг И.В., Вазюля С.В., Глуховец Д.И., Шеберстов С.В., Буренков В.И., Каралли П.Г., Юшманова А.В. Биооптические характеристики морей, омывающих берега западной половины России, по данным спутниковых сканеров цвета 1998-2017 гг. // М.: ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2018. – 140 с.
2. Суетин В.С., Кучерявый А.А., Суслин В.В., Королев С.Н. Концентрация пигментов фитопланктона в северо-западной части Черного моря по данным измерений спутниковым цветовым сканером CZCS // Морской гидрофизический журнал. 2000. No 2. С. 74–82.
3. Суетин В.С., Суслин В.В., Кучерявый А.А. и др. Особенности интерпретации данных дистанционных оптических наблюдений Черного моря с помощью прибора SeaWiFS // Морской гидрофизический журнал. 2001. No. 2. С. 71-80.
4. Суетин В.С., Суслин В.В., Королев С.Н., Кучерявый А.А. Оценка изменчивости оптических свойств воды в Черном море летом 1998 года по данным спутникового прибора SeaWiFS // Морской гидрофизический журнал. 2002. No. 6. С. 44-54.
5. Буренков В.И., Копелевич О.В., Шеберстов С.В. и др. Оптический мониторинг биологического и экологического состояния Черного моря // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. Под ред. А.Г. Зацепина, М.Ф. Флинта. М.: Наука. 2002. С. 417-432.
6. Буренков В.И., Ершова С.В., Копелевич О.В., Шеберстов С.В., Шевченко В.П. Оценка пространственного распределения взвеси в водах Баренцева моря по данным спутникового сканера цвета океана SeaWiFS // Океанология. 2001. Т. 41. No. 5. С. 653-659.
7. Kopelevich O.V., Burenkov V.I., Sheberstov S.V., Vazyulya S.V., Kravchishina M.D., Pautova L., Silkin V.A., Artemiev V.A., Grigoriev V. Satellite monitoring of coccolithophore blooms in the Black Sea from ocean color data // Remote Sensing of Environment. 2014. V. 146. P. 113–123.
8. Vazyulya S., Deryagin D., Glukhovets D., Silkin V., Pautova L. Regional Algorithm for Estimating High Coccolithophore Concentration in the Northeastern Part of the Black Sea // Remote Sensing. 2023. Vol. 15. No. 9. 2319. DOI: 10.3390/rs15092319.