

# **Море Лаптевых**

# **Laptev Sea**

**Москва, Лаборатория оптики океана ИО РАН, 2024**

**Moscow, Ocean Optics Laboratory, SIO RAS, 2024**

## Море Лаптевых. Laptev Sea

<b>Краткое физико-географическое описание. Brief physical and geographical description .....</b>	<b>3</b>
<b>Субрегионы. Subregions .....</b>	<b>6</b>
<b>Карты среднемесячных распределений. Maps of monthly average distributions .....</b>	<b>7</b>
Концентрация хлорофилла. Chlorophyll concentration .....	7
Показатель рассеяния назад взвешенными частицами. Particle backscattering coefficient .....	11
Температура поверхности моря. Sea surface temperature .....	13
<b>Диаграммы по субрегионам. Diagrams by subregions .....</b>	<b>15</b>
Покрытие данными. Data coverage .....	15
Концентрация хлорофилла. Chlorophyll concentration .....	15
Показатель рассеяния назад взвешенными частицами. Particle backscattering coefficient .....	16
Температура поверхности моря. Sea surface temperature .....	16
<b>Список литературы. References .....</b>	<b>17</b>

## Краткое физико-географическое описание. Brief physical and geographical description

Море Лаптевых — окраинное море Северного Ледовитого океана. Оно считается самым труднодоступным из сибирских морей из-за тяжелой ледовой обстановки. Его западная граница проходит по восточным берегам островов архипелага Северная Земля. Северная граница – от мыса Арктического на острове Комсомолец архипелага Северная Земля до точки пересечения меридиана северной оконечности острова Котельный (мыс Анисий) с краем материковой отмели. Восточная граница – берега Новосибирских островов, южная – берега материка. Средняя глубина составляет 553 м, на большей части акватории глубина не превышает 50 м, наибольшая глубина – 3534 м; площадь моря – 662 тыс. кв. км (Pivovarov et al., 2005; Мокиевский и др., 2017).

По сравнению с Карским и Баренцевым морями климат моря Лаптевых более холодный. Среднегодовая температура воздуха в январе достигает  $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в августе составляет  $0\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Положительные температуры в среднем наблюдаются 2 месяца в северной части моря и 3–3,5 месяца в южной (Мокиевский и др., 2017). С октября по май море покрыто льдом. Наименьшая среднемноголетняя продолжительность периода открытой воды отмечается в северо-западном районе моря и не превышает полутора месяцев. В целом западная часть моря более ледовита. За внешней кромкой припая регулярно образуется полоса открытой воды и молодых льдов – Великая Сибирская полынья.

Подобно Карскому морю, море Лаптевых находится под сильным воздействием речного стока: в год в него поступает  $745\text{ км}^3$  пресной воды, из которых Лена несет более  $500\text{ км}^3$  (Gordeev et al., 1996). По объему стока Лена занимает место между Обью и Енисеем. Около 90 % речного стока приходится на июнь-сентябрь. Важная особенность моря Лаптевых – дельта Лены. Это крупнейшая дельта в Арктике (Большаинов и др., 2013). В западную часть моря могут проникать воды Карского моря, опресненные материковым стоком.

В мелководном районе моря речной сток и талые воды морского льда оказывают сильное влияние на физические и геохимические свойства моря, а также на экосистему региона в целом (Pivovarov и др., 2005). Поверхностный опресненный слой в этой части моря имеет мощность около 5–15 м и имеет сезонную изменчивость. Циркуляция вод сильно изменчива и, в первую очередь, определяется атмосферными процессами. В глубоководной части моря основную роль играют водные массы Центрального

Арктического бассейна. В целом в море можно выделить очень медленное циклоническое течение в летний период. Различные типы вод образуют фронтальные зоны.

В центральной части моря наблюдаются более сильные ветра (около 6 м/с в течение года и несколько выше в сентябре), чем в северо-восточной части и над материком (как правило < 5 м/с). Весенние ветры изменчивы в направлении, в летний период преобладают ветра северного направления со скоростью менее 3–4 м/с. На метеостанциях, расположенных на берегах островов и материка, наблюдается порядка 30–40 дней в году, когда скорость ветра превышает 15 м/с (Мокиевский и др., 2017). Влияние ветра может приводить к ресуспендированию донных осадков (Чаркин и др., 2015).

Летом море обычно практически полностью закрыто облаками. Относительная влажность достигает 95–98 % из-за чего образуется большое количество туманов (Pivovarov и др., 2005). Как и в Карском море, количество туманных дней в июле и августе может превышать 25 в месяц, что вместе с частой облачностью делает невозможным регулярное получение спутниковых данных для этого региона.

The Laptev Sea is a marginal sea of the Arctic Ocean. It is considered the most inaccessible of the Siberian seas due to severe ice conditions. Its western border runs along the eastern shores of the islands of the Severnaya Zemlya archipelago. The northern border is from Cape Arktichesky on Komsomolets Island of the Severnaya Zemlya archipelago to the intersection of the meridian of the northern end of Kotelný Island (Cape Anisy) with the edge of the continental shelf. The eastern border is the shores of the New Siberian Islands, the southern border is the shores of the mainland. The average depth is 553 m, in most of the water area the depth does not exceed 50 m, the greatest depth is 3534 m; the area of the sea is 662 thousand square kilometers (Pivovarov et al., 2005; Mokievsky et al., 2017).

Compared to the Kara and Barents Seas, the climate of the Laptev Sea is colder. The average annual air temperature in January reaches -32 °C, in August it is 0–5 °C. Positive temperatures are observed on average for 2 months in the northern part of the sea and 3–3.5 months in the southern part (Mokievsky et al., 2017). From October to May, the sea is covered with ice. The shortest average long-term duration of the open water period is observed in the northwestern region of the sea and does not exceed one and a half months. In general, the western part of the sea is icier. A strip of open water and young ice, the Great Siberian Polynya, regularly forms behind the outer edge of the fast ice. Like the Kara Sea, the Laptev Sea is strongly influenced by river runoff: 745 km<sup>3</sup> of fresh water enters it per year, of which the Lena carries more than 500 km<sup>3</sup> (Gordeev et al., 1996). In terms of runoff volume, the Lena occupies a place between the Ob and the Yenisei. About 90% of the river runoff occurs in June-September.

An important feature of the Laptev Sea is the Lena Delta. It is the largest delta in the Arctic (Bolshiyarov et al., 2013). Waters of the Kara Sea, freshened by continental runoff, can penetrate into the western part of the sea.

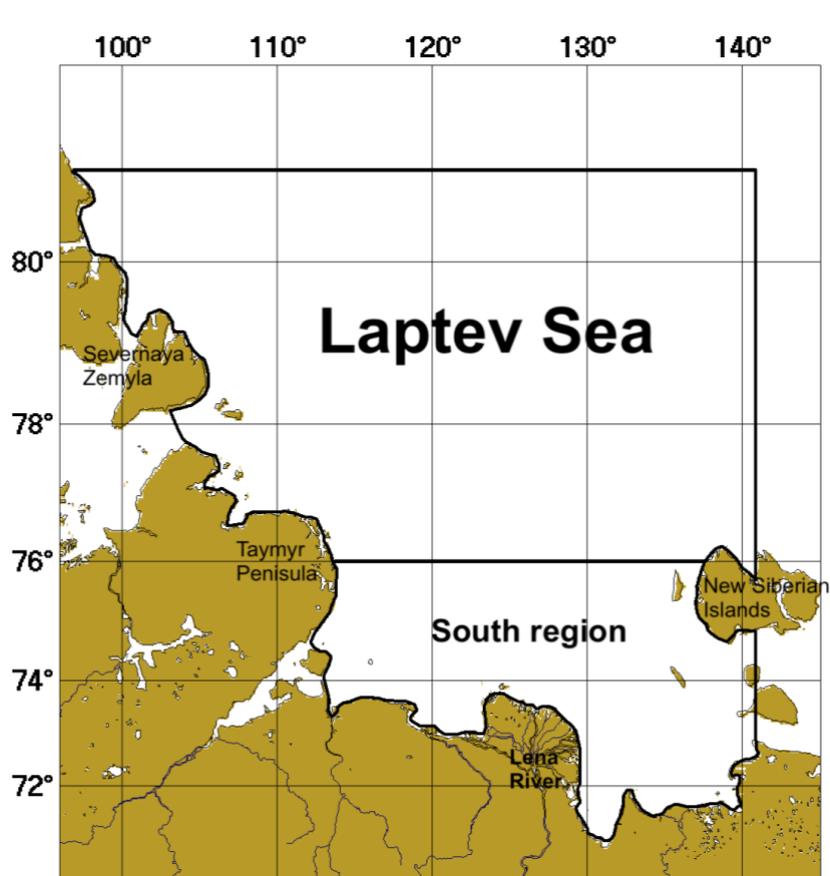
In the shallow part of the sea, river runoff and meltwater from sea ice have a strong influence on the physical and geochemical properties of the sea, as well as on the ecosystem of the region as a whole (Pivovarov et al., 2005). The surface freshened layer in this part of the sea has a thickness of about 5-15 m and has seasonal variability. Water circulation is highly variable and is primarily determined by atmospheric processes. In the deep part of the sea, the main role is played by water masses of the Central Arctic Basin. In general, a very slow cyclonic current can be distinguished in the sea in the summer. Different types of water form frontal zones.

Stronger winds are observed in the central part of the sea (about 6 m/s throughout the year and slightly higher in September) than in the northeastern part and over the mainland (usually < 5 m/s). Spring winds are variable in direction; in summer, northerly winds with a speed of less than 3–4 m/s prevail. At meteorological stations located on the shores of the islands and the mainland, there are about 30–40 days a year when the wind speed exceeds 15 m/s (Mokievsky et al., 2017). The influence of the wind can lead to the resuspension of bottom sediments (Charkin et al., 2015). In summer, the sea is usually almost completely covered by clouds. Relative humidity reaches 95–98%, which is why a large amount of fog is formed (Pivovarov et al., 2005). As in the Kara Sea, the number of foggy days in July and August can exceed 25 per month, which, together with frequent cloud cover, makes it impossible to regularly obtain satellite data for this region.

## Субрегионы. Subregions

Данные в Атласе представлены только для теплого сезона (июнь-сентябрь) и оценки средних величин выполнены только для Южного региона (до 76° с.ш.). Выбор периода и региона обусловлен приемлемым покрытием спутниковыми данными.

Data in the Atlas are presented only for the warm season (June-September) and estimates of mean values are made only for the Southern region (up to 76°N). The choice of period and region is based on acceptable satellite data coverage.



Море Лаптевых с выделенным южным субрегионом

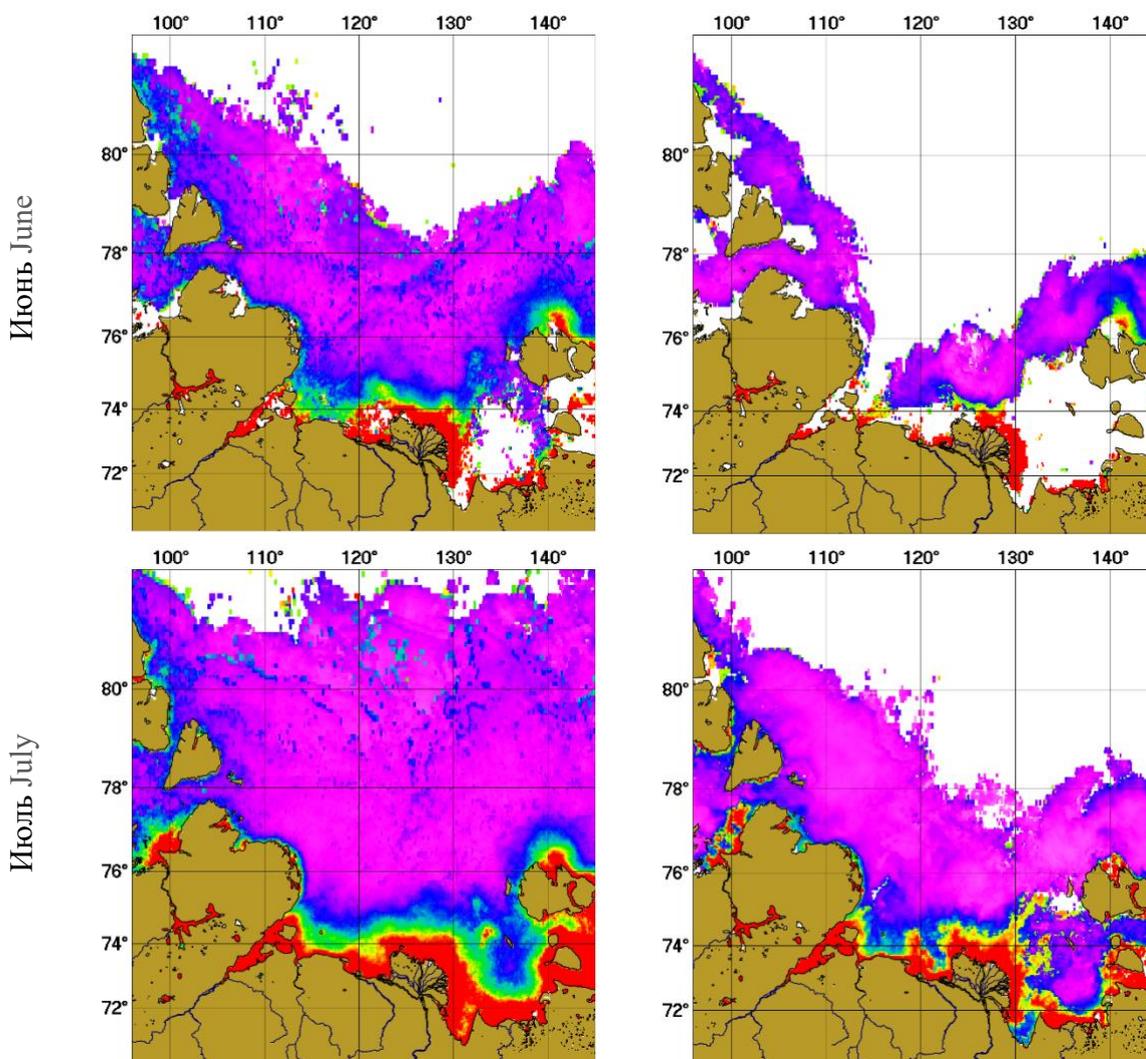
The Laptev Sea with the southern subregion highlighted

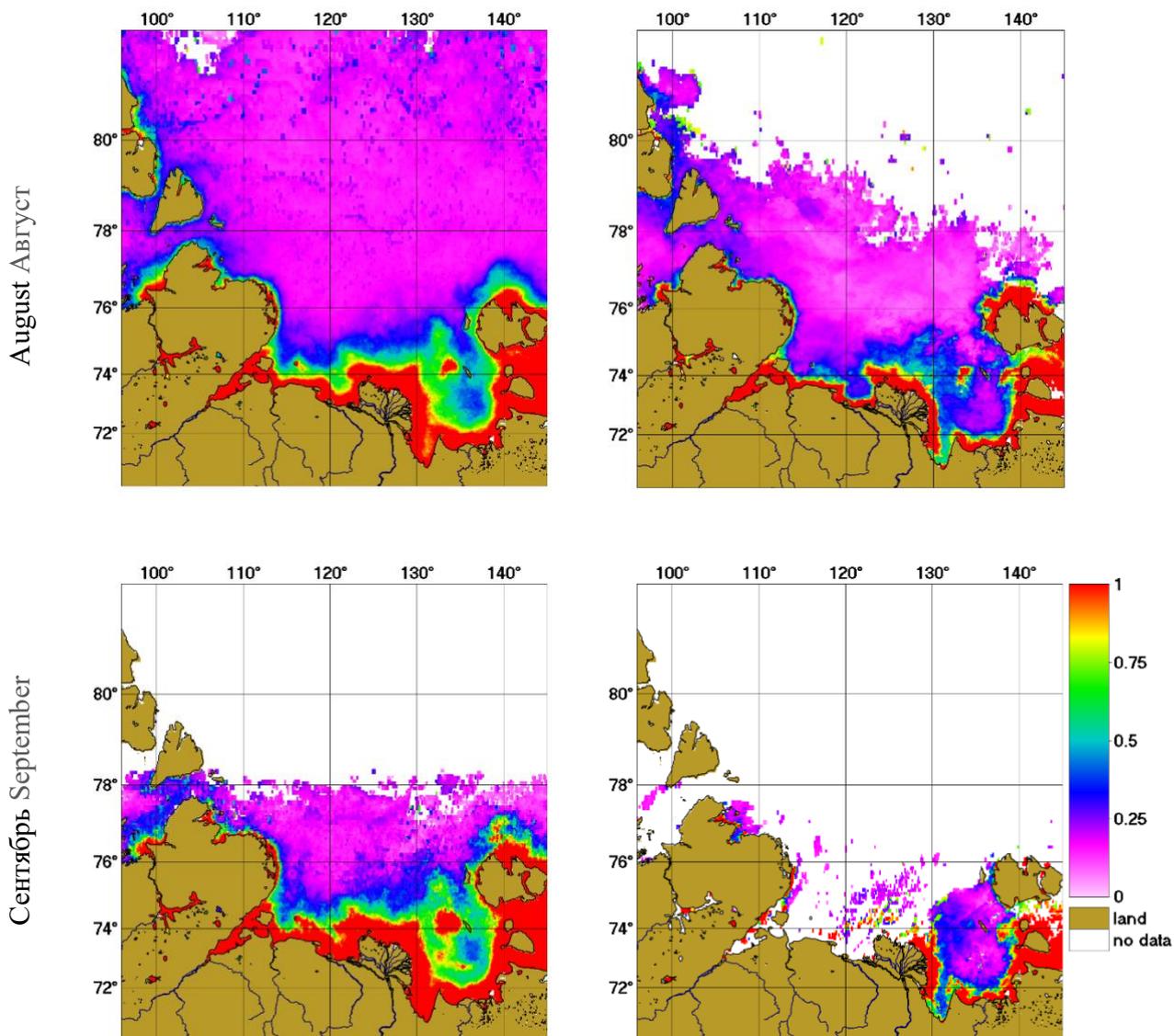
## Карты среднемесячных распределений. Maps of monthly average distributions

### Концентрация хлорофилла. Chlorophyll concentration

В Атласе представлены два набора распределений значений концентрации хлорофилла  $Chl$  ( $mg/m^3$ ), рассчитанные по двум региональным алгоритмам L\_BBP (через показатель рассеяния назад взвешенными частицами) и L\_CI (через индекс цвета) (Вазюля и др., 2024).

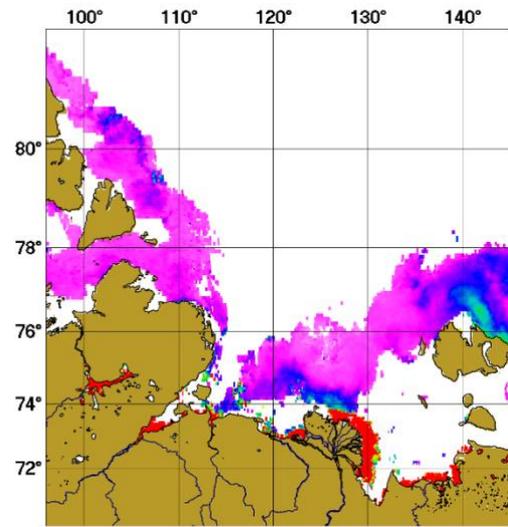
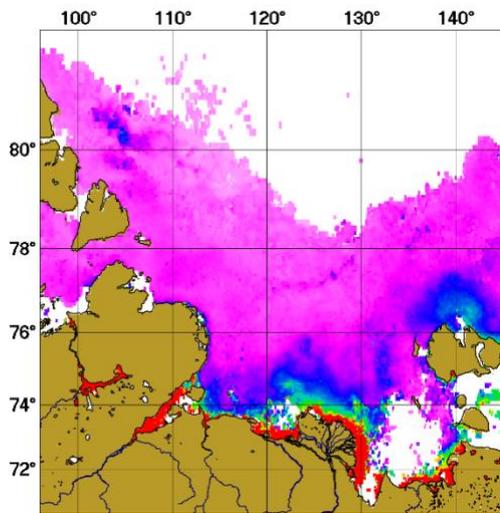
The Atlas presents two sets of distributions of chlorophyll concentration values  $Chl$  ( $mg/m^3$ ) calculated using two regional algorithms L\_BBP (via the particle backscattering coefficient) and L\_CI (via the color index) (Vazulya et al., 2024).



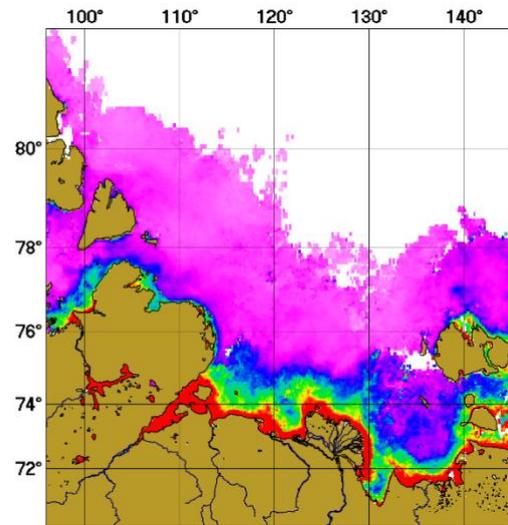
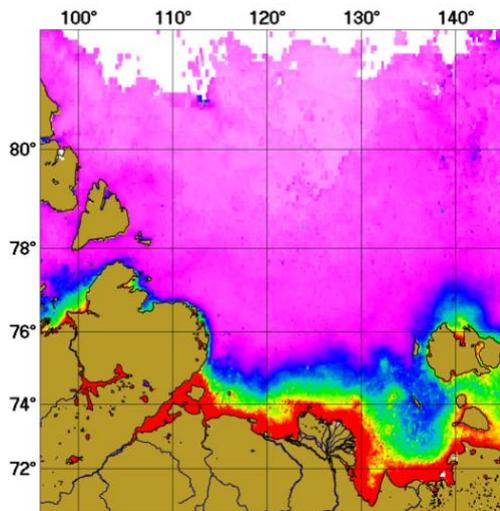


Распределения среднемесячных значений концентрации хлорофилла  $Chl$  ( $mg/m^3$ ) за 2003-2023 г. (слева) и 2024 г. (справа), рассчитанные по региональному алгоритму L\_BBP (Вазюля и др., 2024) ИО РАН через показатель рассеяния назад взвешенными частицами. Distributions of monthly average values of chlorophyll  $Chl$  ( $mg/m^3$ ) concentration for 2003-2023 (left) and 2024 (right) calculated using regional algorithm L\_BBP (Vazulya et al., 2024) of the SIO RAS with the particle backscattering coefficient.

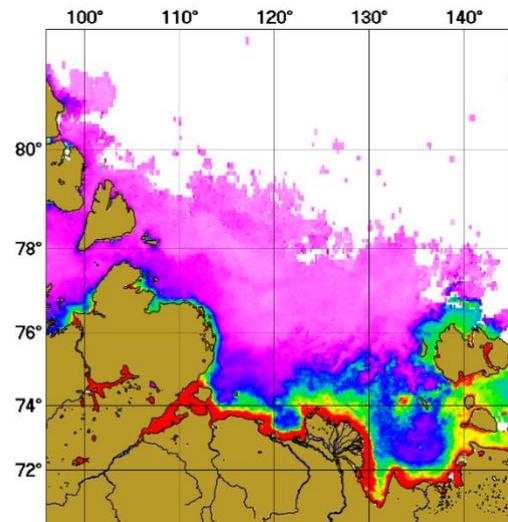
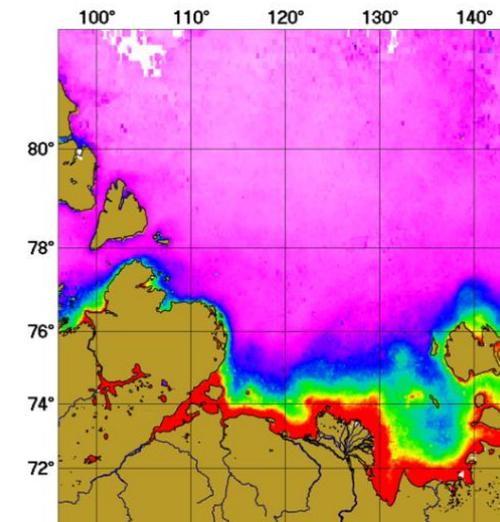
Июнь June

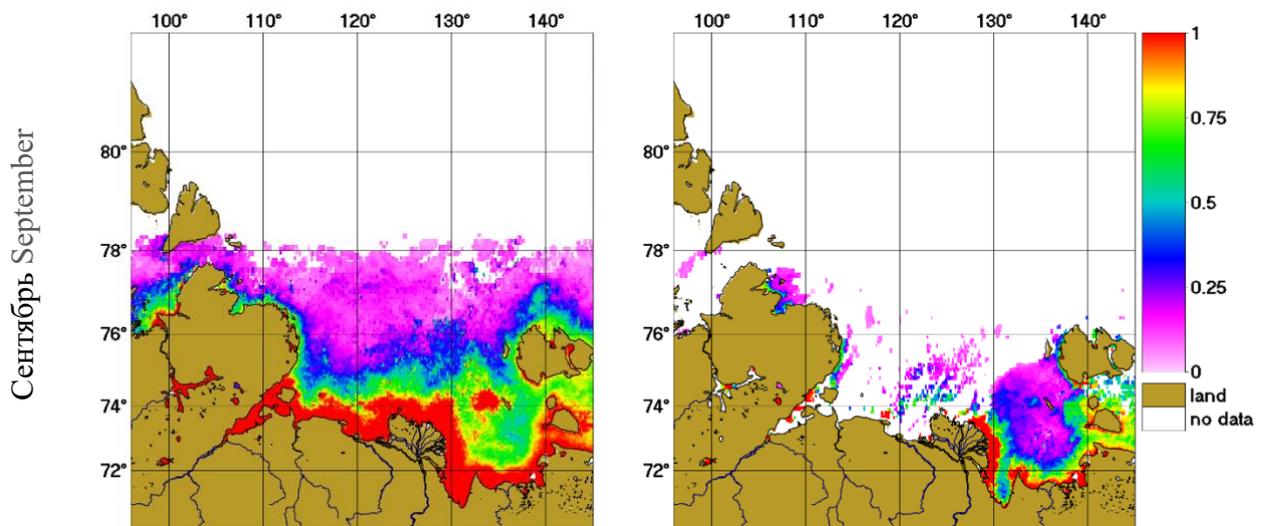


Июль July



August Август



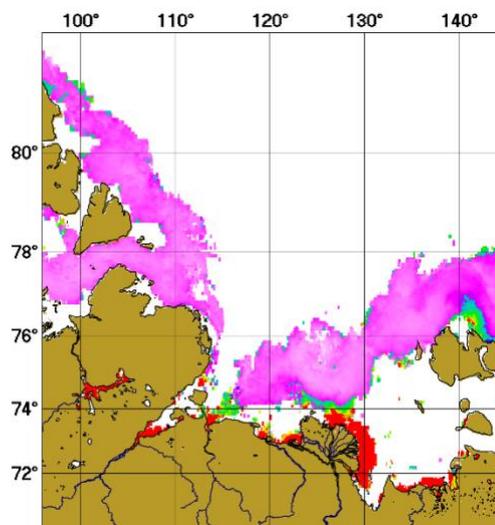
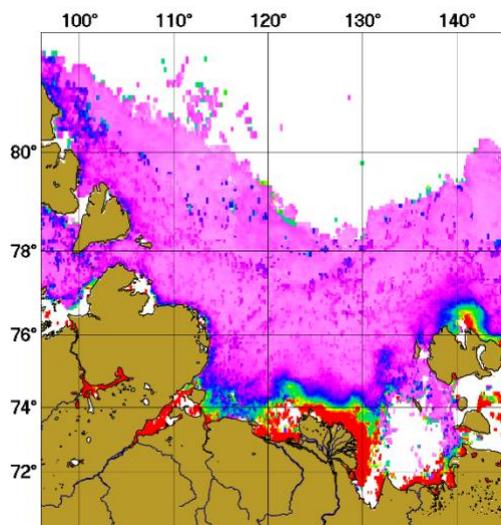


Распределения среднемесячных значений концентрации хлорофилла *Chl* ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) за 2003-2023 г. (слева) и 2024 г. (справа), рассчитанные по региональному алгоритму L\_CI (Вазюля и др., 2024) ИО РАН через индекс цвета.

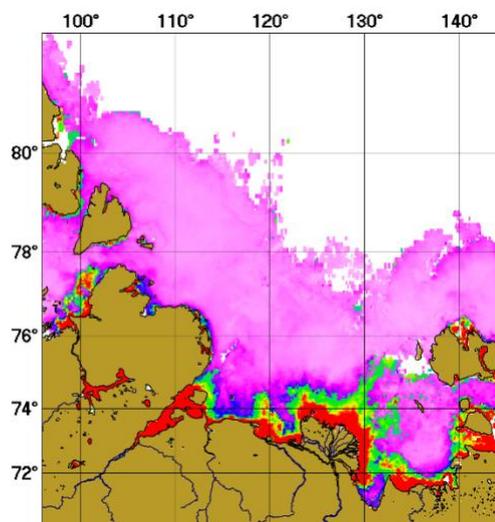
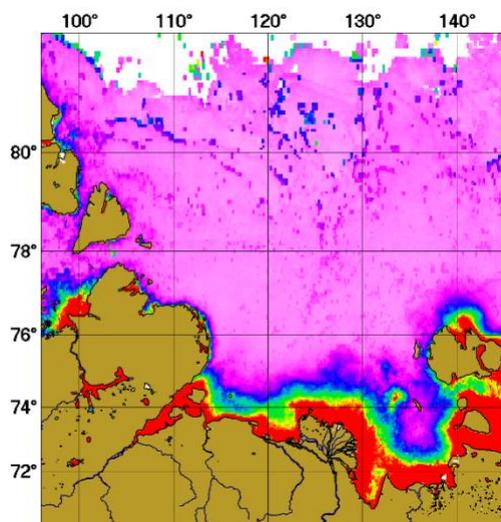
Distributions of monthly mean values of chlorophyll *Chl* ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) concentration for 2003-2023 (left) and 2024 (right) calculated using regional algorithm L\_CI (Vazulya et al., 2024) of the SIO RAS through the color index.

Показатель рассеяния назад взвешенными частицами. Particle backscattering coefficient

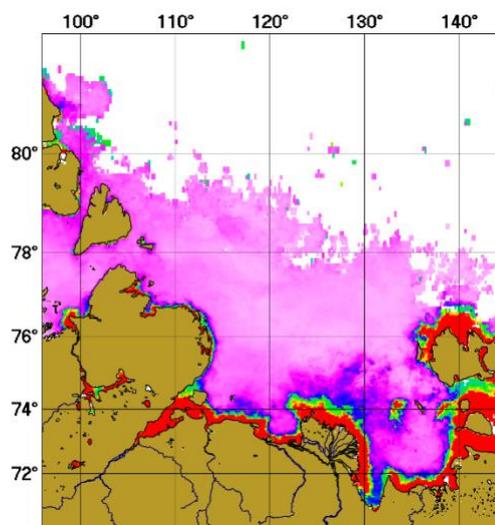
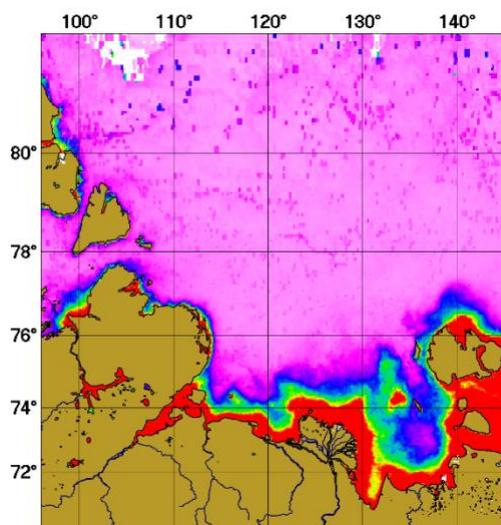
Июнь June

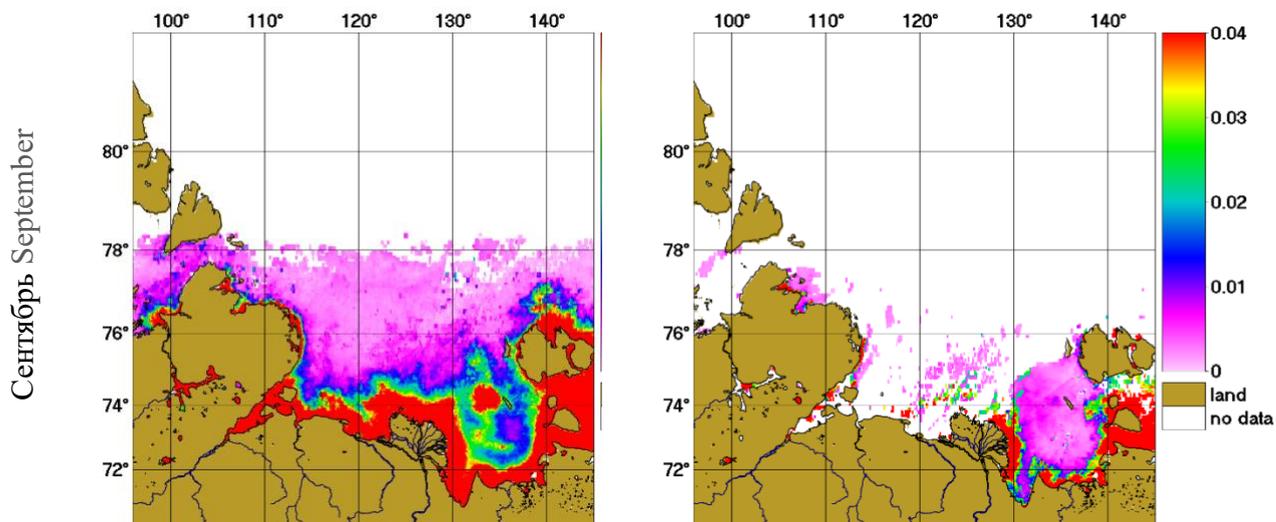


Июль July



August Август

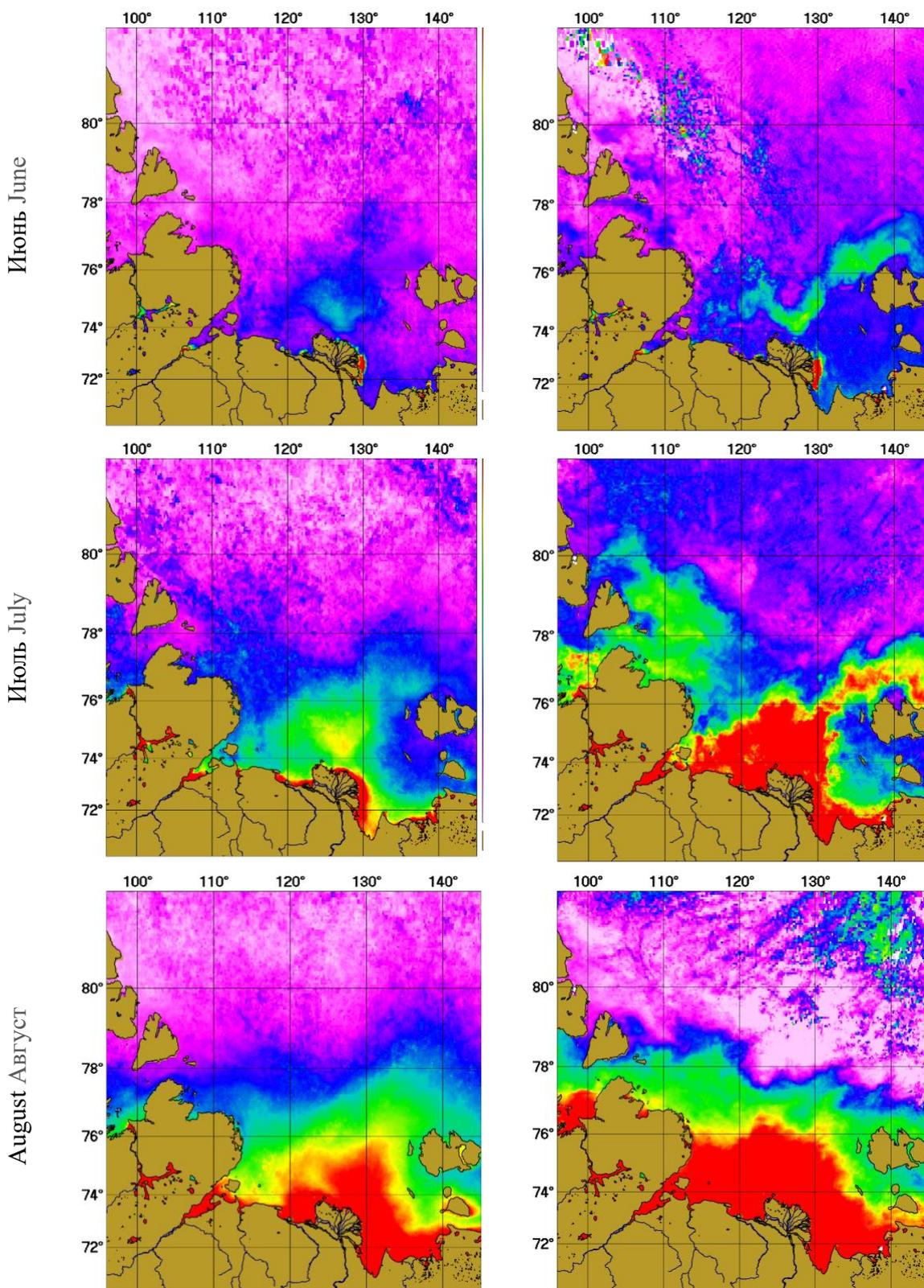


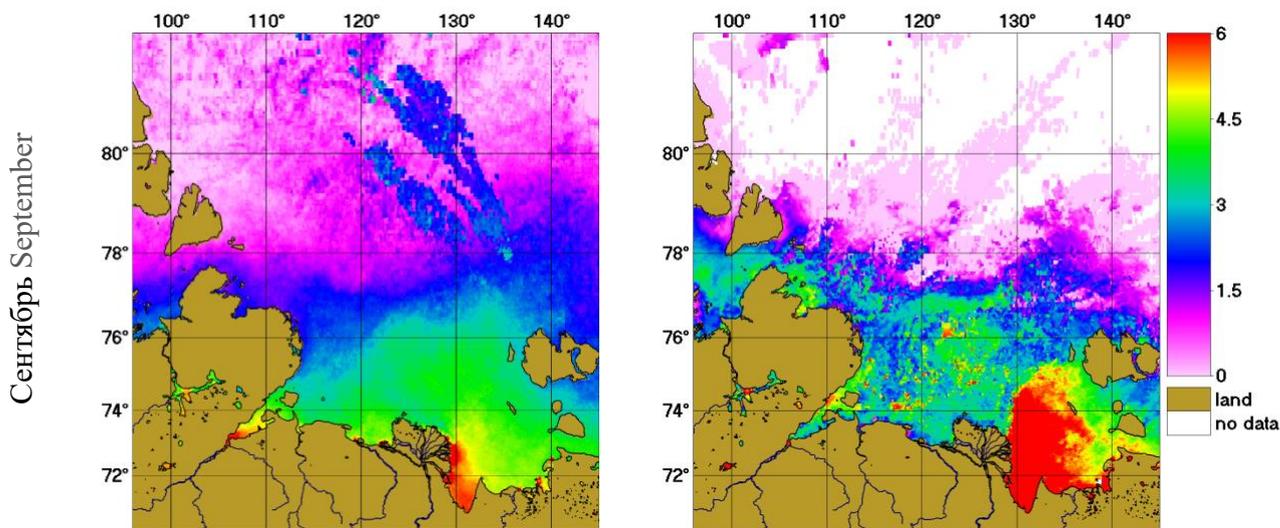


Распределения среднемесячных значений показателя рассеяния назад взвешенными частицами  $b_{bp}$  ( $m^{-1}$ ) за 2003-2023 гг. (слева) и 2024 г. (справа), рассчитанные по алгоритму (Lee et al., 2002).

Distributions of monthly mean values of the particle backscattering coefficient  $b_{bp}$  ( $m^{-1}$ ) for 2003-2023 (left) and 2024 (right) calculated using algorithm (Lee et al., 2002).

*Температура поверхности моря. Sea surface temperature*





Распределения среднемесячных значений температуры поверхности моря (*SST*, °C) стандартного продукта L3 NASA (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>) за 2003-2023 гг. (слева) и 2024 г. (справа).

Distributions of monthly average values of sea surface temperatures (*SST*, °C) standard L3 NASA product (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/l3/>) for 2003-2023 (left) and 2024 (right).

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

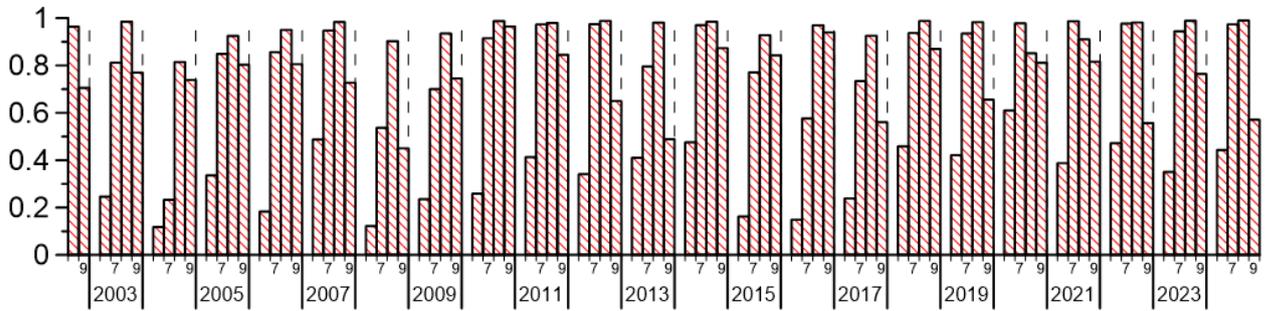
Maps of distributions of monthly average values of bio-optical characteristics and sea temperature are available at the link: [Laptev Maps](#).

## Диаграммы по субрегионам. Diagrams by subregions

### Покрывтие данными. Data coverage

Ежемесячное покрытие южного субрегиона моря Лаптевых данными MODIS-Aqua

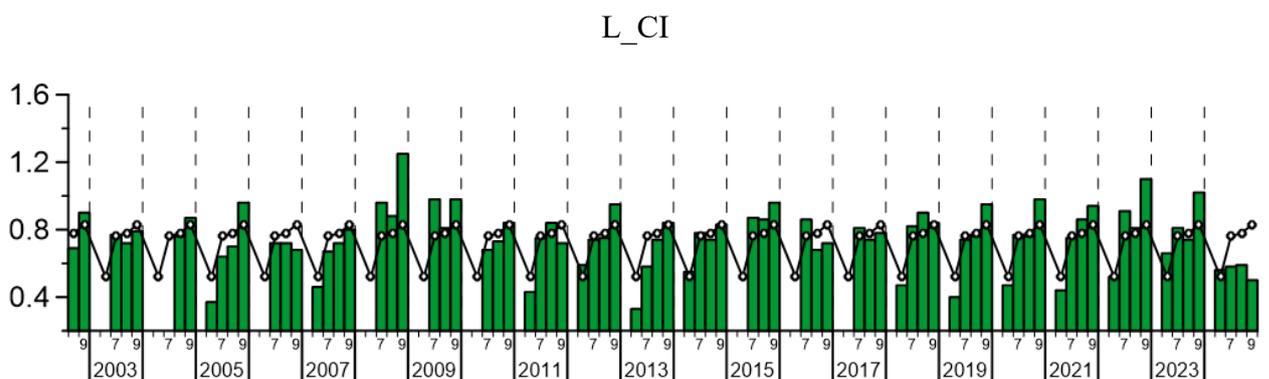
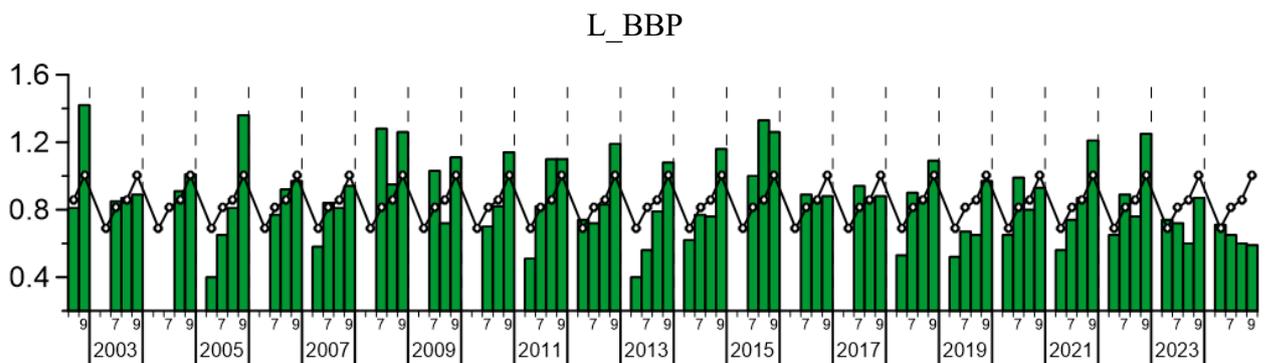
Monthly coverage of the South Laptev Sea region by MODIS-Aqua data



### Концентрация хлорофилла. Chlorophyll concentration

Изменения среднемесячных величин концентрации хлорофилла  $Chl$  ( $mg/m^3$ ), рассчитанные по региональным алгоритмам L\_BBП и L\_CI [1]. Черная кривая – средние изменения за период 2003–2023 гг.

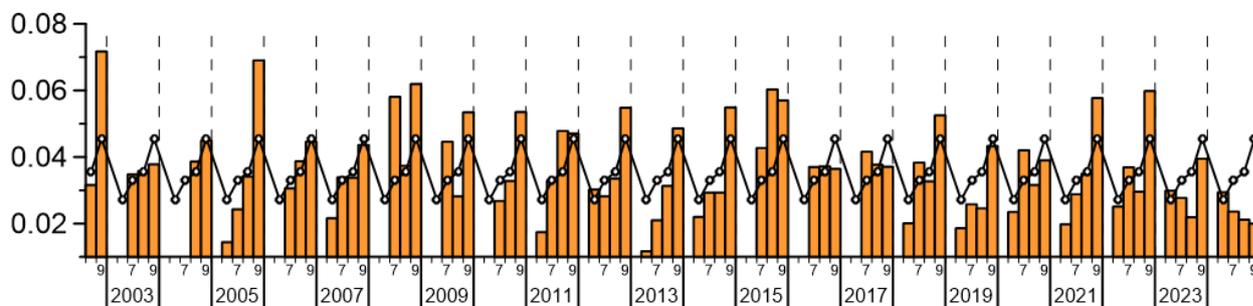
Changes in the monthly average values of chlorophyll concentration  $Chl$  ( $mg/m^3$ ), calculated using regional algorithms L\_BBП and L\_CI [1]. The black curve is the average change for the period 2003–2023



## 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 2003-2023 гг.

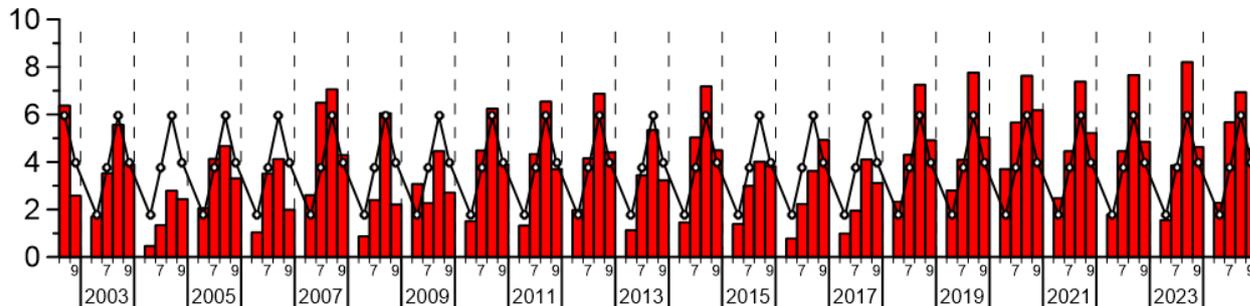
Changes in the monthly average values of the particle backscattering coefficient  $b_{bp}$  ( $M^{-1}$ ).  
The black curve is the average change for the period 2003-2023



## 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



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

## Список литературы. References

1. Большиянов Д.Ю., Макаров А.С., Шнайдер В., Штоф Г. Происхождение и развитие дельты реки Лены // СПб.: ААНИИ, 2013. – 268 с.
2. 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», 1-5 июля 2024 г., г. Санкт-Петербург. — Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2024.
3. Мокиевский В.О., Цетлин А.Б., Сергиенко Л.А. и др. Экологический Атлас. Море Лаптевых // М.: ООО "Арктический научный центр", 2017. – 303 с.
4. Чаркин А.Н., Дударев О.В., Шахова Н.Е., Семилетов И.П., Пипко И.И., Пугач С.П., Сергиенко В.И. Особенности формирования полей взвеси в морях Восточной Арктики // Доклады Академии наук. 2015. Т. 462, № 5, С. 595-600.
5. Gordeev V.V., Martin J.M., Sidorov I.S., Sidorova M.V. A reassessment of the Eurasian river input of water, sediment, major elements, and nutrients to the Arctic Ocean // American Journal of Science. – 1996. – Vol. 296. – № 6. – P. 664–691.
6. Lee, Z., Carder, K. and Arnone R., "Deriving inherent optical properties from water color: A multiband quasianalytical algorithm for optically deep waters," Appl. Opt., 41, 5755- 5772 (2002).
7. Pivovarov S., Hoesemann J.A., Kassens H., Piepenburg D., Schmid M.K. Laptev and East Siberian Seas // Harvard University Press, 2005. – P. 1110–1137.