



Санкт-Петербургский
государственный
университет



Многолетняя изменчивость фенологических характеристик весеннего «цветения» морского фитопланктона в Баренцевом море в 1998-2022 гг.

Малышева Александра Сергеевна^{1,2}

Лобанова Полина Вячеславовна¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет

² Научный фонд «Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена», Санкт-Петербург

«Цветением» фитопланктона называется ежегодно повторяющаяся ситуация повышенной общей биомассы фитопланктона

Актуальность

- Формирование в данном районе основной части годовой первичной продукции во время весеннего «цветения» фитопланктона.
- Влияние сроков начала и характера весеннего «цветения» фитопланктона на развития пелагических экосистем полярной и субполярной зон Мирового океана и успешность отдельных видов, составляющих их биотопы, в течение тёплого сезона года.
- Исследование феномена сдвигов дат ежегодного «цветения», которые определяют изменения во многих морских экосистемах.



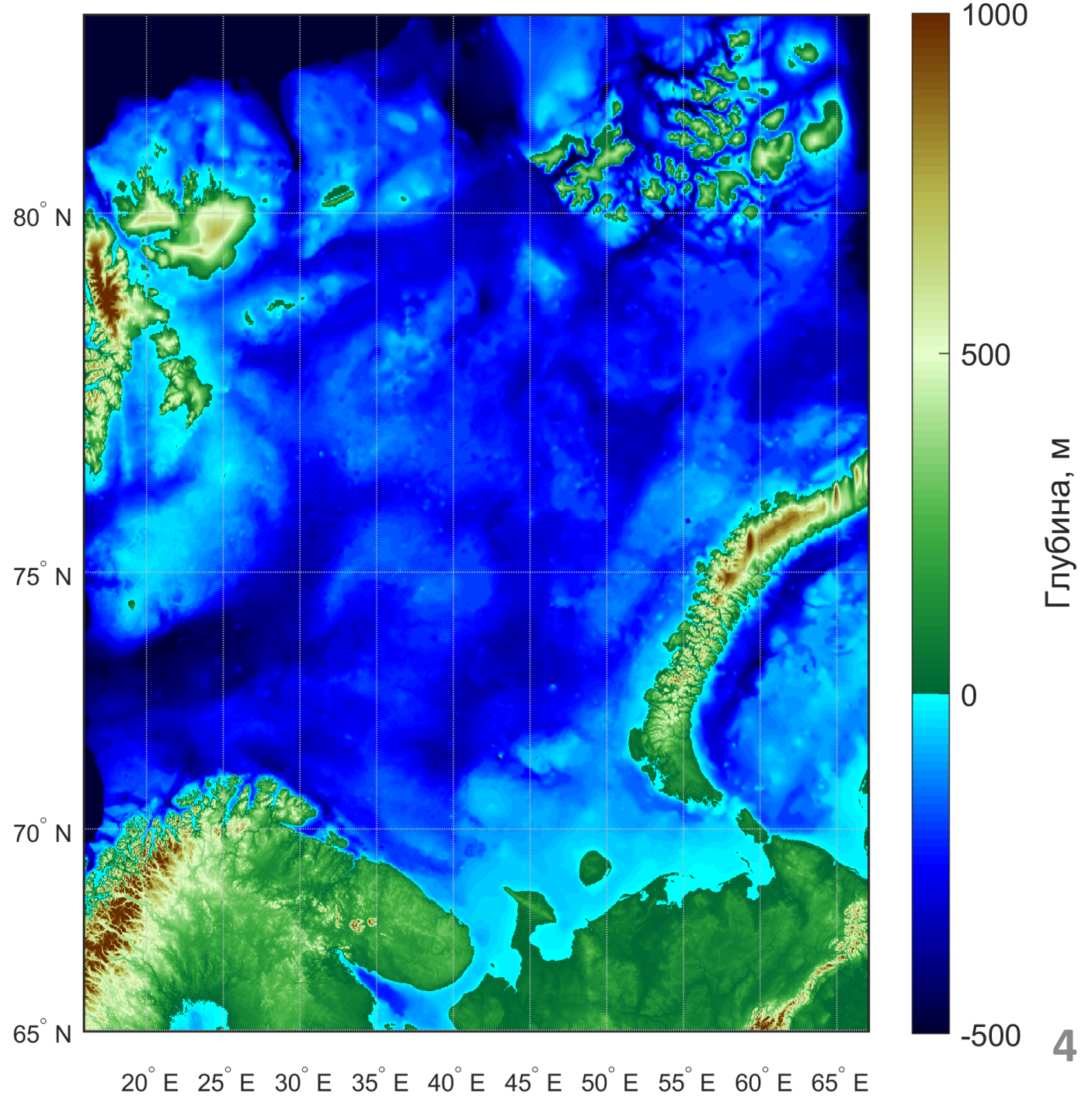
Цель – оценка фенологических параметров весеннего «цветения» морского фитопланктона по концентрации хлорофилла-а (Хл-а) и их многолетней изменчивости в водах Баренцева моря.

Задачи:

1. Создать базу спутниковых данных: массивы значений Хл-а с 1998-2022 гг.;
2. Разработать метод определения сроков начала весеннего «цветения» фитопланктона для Баренцева моря;
3. Выделить сроки начала и продолжительности весеннего «цветения» фитопланктона в Баренцевом море;
4. Оценить многолетнюю изменчивость сроков и продолжительности весеннего «цветения» фитопланктона в Баренцевом море.

Район исследования

Баренцево море



Данные

Спутниковые данные:

Hermes GlobColour

(<https://hermes.acri.fr/index.php>)

Концентрация
хлорофилла-а [мг м⁻³]



Период исследования:

1998 – 2022

Временное разрешение:

8 дней

Пространственное разрешение:

4x4 км

Методы

Определение сроков и продолжительности «цветения» фитопланктона:

- Последовательный алгоритм усреднения Sequential T-test Analysis of Regime Shifts (**STARS**) (Rodionov, 2004; Rodionov, 2006), который находит точки сдвигов во временном ряду.
- Алгоритм основан на последовательном анализе t-критерия Стьюдента, который фиксирует изменения режима в реальном времени.

Rodionov S.N. A sequential algorithm for testing climate regime shifts: ALGORITHM FOR TESTING REGIME SHIFTS // *Geophys. Res. Lett.* 2004. Т. 31. № 9.

Rodionov S.N. Use of prewhitening in climate regime shift detection // *Geophys. Res. Lett.* 2006. Т. 33. № 12. С. L12707.

Алгоритм STARS

X: концентрация хлорофилла-а
 RSI: Regime Shift Index
 Weighted: взвешенное среднее с использованием весовой функции Huber

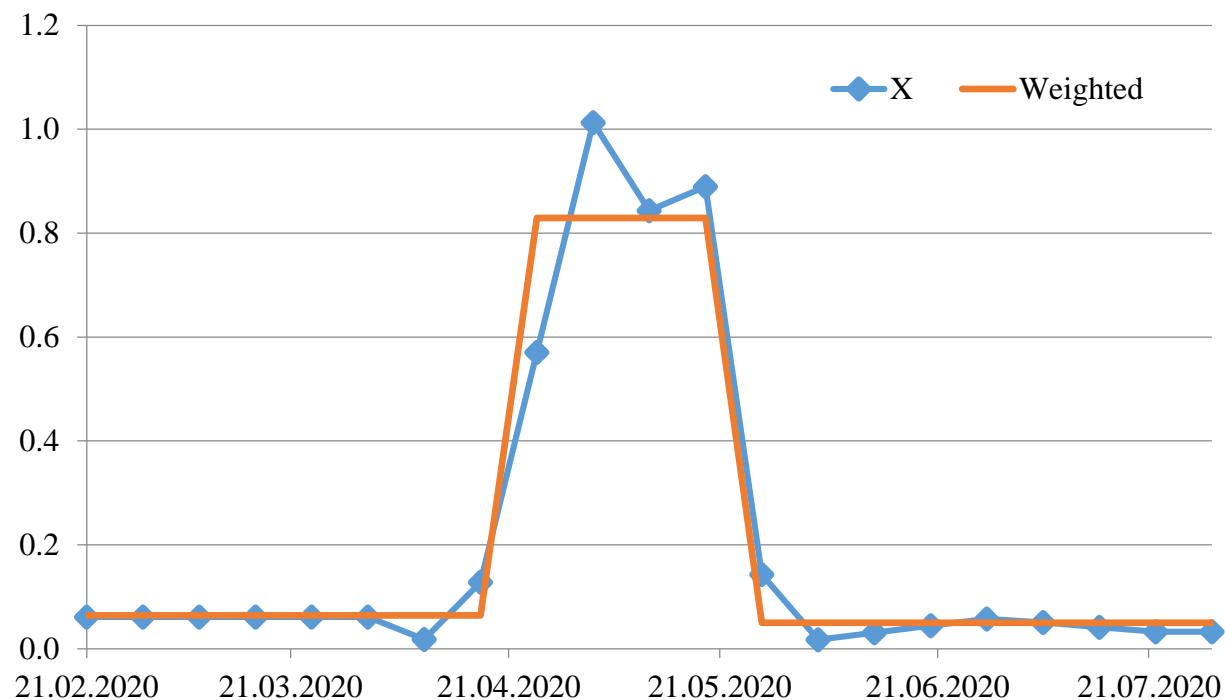
year	X	RSI	Mean	Weighted
21.02.2020	0,611584	0	0,641859	↓ 0,6419
29.02.2020	0,611584	0	0,641859	↓ 0,6419
08.03.2020	0,611584	0	0,641859	↓ 0,6419
16.03.2020	0,611584	0	0,641859	↓ 0,6419
24.03.2020	0,611584	0	0,641859	↓ 0,6419
01.04.2020	0,611584	0	0,641859	↓ 0,6419
09.04.2020	0,181303	0	0,641859	↓ 0,6419
17.04.2020	1,284067	0	0,641859	↓ 0,6419
25.04.2020	5,707611	1,418029	8,29158	↑ 8,2916
03.05.2020	10,13116	0	8,29158	↑ 8,2916
11.05.2020	8,431949	0	8,29158	↑ 8,2916
19.05.2020	8,895603	0	8,29158	↑ 8,2916
27.05.2020	1,431718	-1,59781	0,50106	↓ 0,5011
04.06.2020	0,175144	0	0,50106	↓ 0,5011
12.06.2020	0,311253	0	0,50106	↓ 0,5011
20.06.2020	0,443689	0	0,50106	↓ 0,5011
28.06.2020	0,576125	0	0,50106	↓ 0,5011
06.07.2020	0,508401	0	0,50106	↓ 0,5011
14.07.2020	0,411293	0	0,50106	↓ 0,5011
22.07.2020	0,325956	0	0,50106	↓ 0,5011
30.07.2020	0,325956	0	0,50106	↓ 0,5011

Sequential T-test Analysis of Regime Shifts

Sergei Rodionov, 2004

Алгоритм находит точки сдвигов (точки изменения) по среднему значению во временном ряду

Shifts in the mean for X, 21.02.2020-30.07.2020
 Target p = 0,05, cutoff length = 3, tuning constant = 2



Методы

Фенологические параметры весеннего «цветения» морского фитопланктона:

Начало «цветения»

- день года, в который было обнаружено «цветение»

Продолжительность «цветения»

- Промежуток времени между положительной и отрицательной точками смены режима (смены средних значений во временном ряду)
- в днях

Интенсивность «цветения»

- среднее значение концентрации хлорофилла-а за весь период «цветения»
- (мг м⁻³)

Величина «цветения»

- суммарная концентрация хлорофилла-а во время «цветения»
- (мг м⁻³)

Результаты

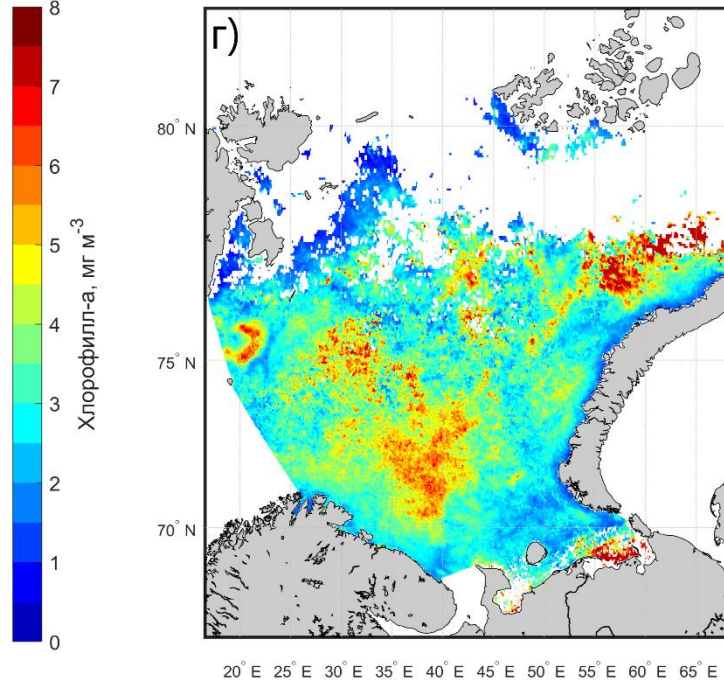
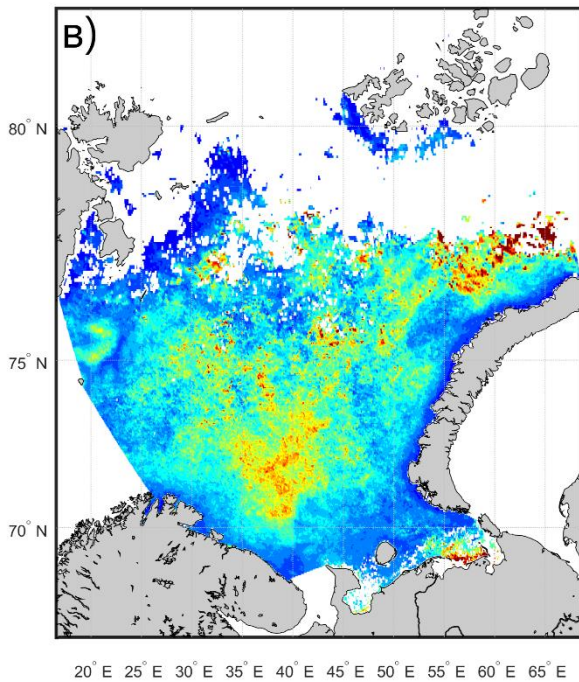
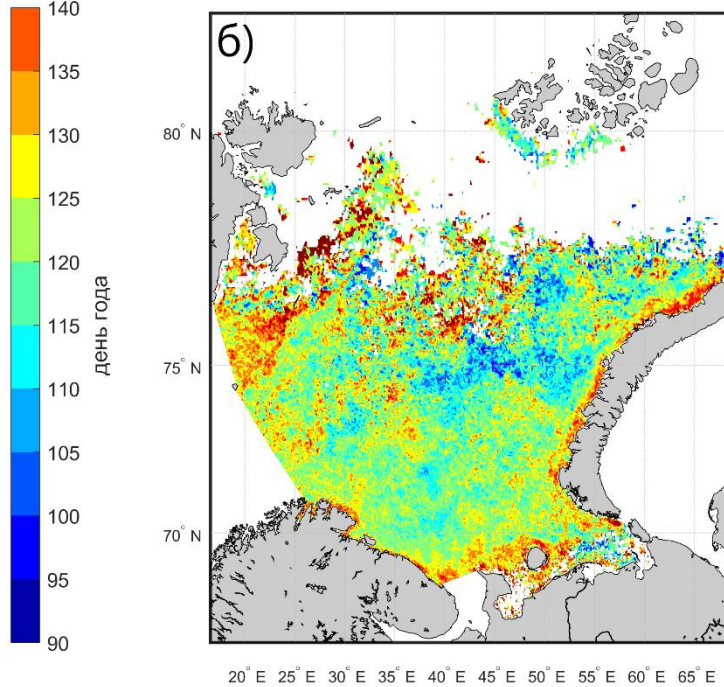
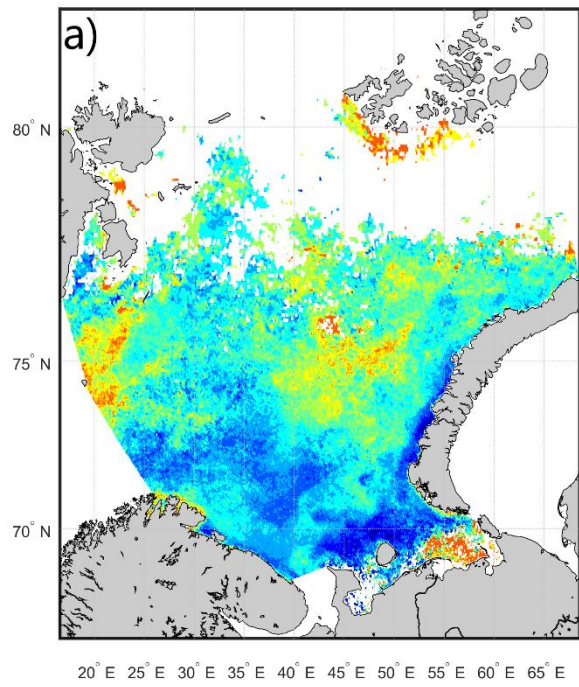
Фенологические характеристики Баренцева моря, осредненные за период 1998-2022 гг.:

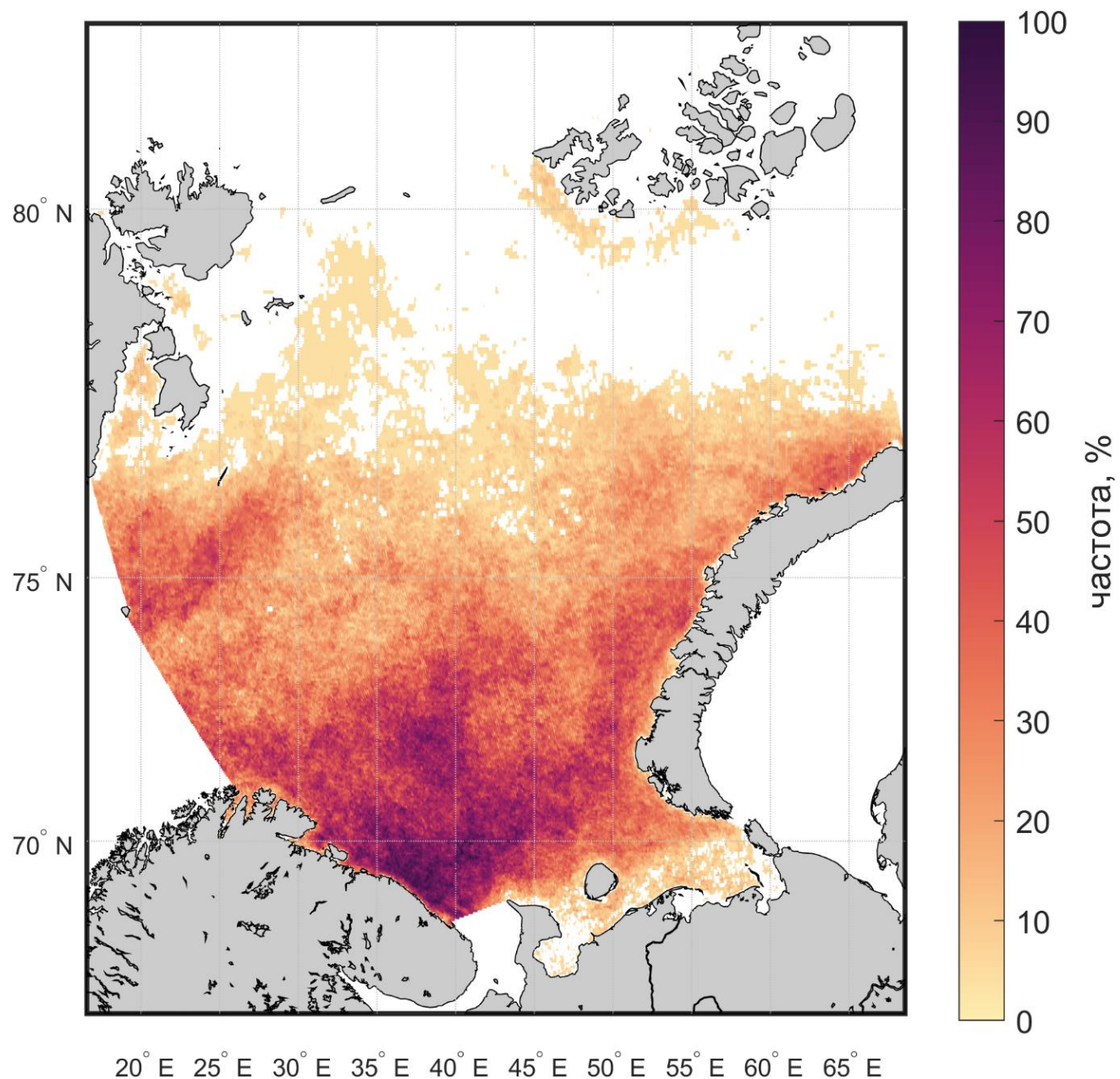
а) начало весеннего «цветения»;

б) продолжительность весеннего «цветения»;

в) интенсивность весеннего «цветения»;

г) величина весеннего «цветения».





Частота повторяемости весеннего «цветения» в Баренцевом море

Для конкретных ячеек частота цветения (% лет от 25 исследуемых лет, когда происходило «цветение») была ежегодной – 100% (южная часть Баренцева моря севернее побережья Кольского п-ова), **в среднем была 11%.**

В северной части моря низкая частота повторяемости «цветения» обусловлена частыми пропусками в данных.

Площадь Баренцева моря была покрыта цветением максимально на 20% в 2006 и 2016 гг., в среднем – 11%.

Многолетняя изменчивость фенологических параметров весеннего «цветения» в Баренцевом море



Выводы

- В Баренцевом море в среднем весеннее «цветение» начиналось 24 апреля, вариации составили 81-169 дней (22 марта – 16 июня).
- Средняя продолжительность весеннего «цветения» составила 61 день, минимально длилось 32 дня, максимально – 104 дня, что характерно для прибрежных районов материка и островов.
- Интенсивность «цветения» изменялась в диапазоне 0-30 мг м⁻³, в среднем за 25 лет по морю была 2 мг м⁻³.
- Величина «цветения» могла достигать 98 мг м⁻³ в Печорском море и к северу от Новой Земли, в среднем была 13 мг м⁻³. Наиболее интенсивными «цветения» были в центральной и северо-западной частях Баренцева моря.
- За период 1998-2022 гг. наблюдается тенденция к уменьшению продолжительности весеннего «цветения» морского фитопланктона. При этом, начало «цветения» сместилось на ранние даты. Интенсивность за 25 лет уменьшилась незначительно, тогда как величина «цветения» имела тенденцию к увеличению концентраций хлорофилла-а.