Двадцать четвертая международная конференция
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"

Сравнение методов определения сроков весеннего «цветения» фитопланктона по концентрации хлорофилла-а на примере Берингова моря

Малышева Александра Сергеевна[1,2]

Кивва Кирилл Константинович[1]

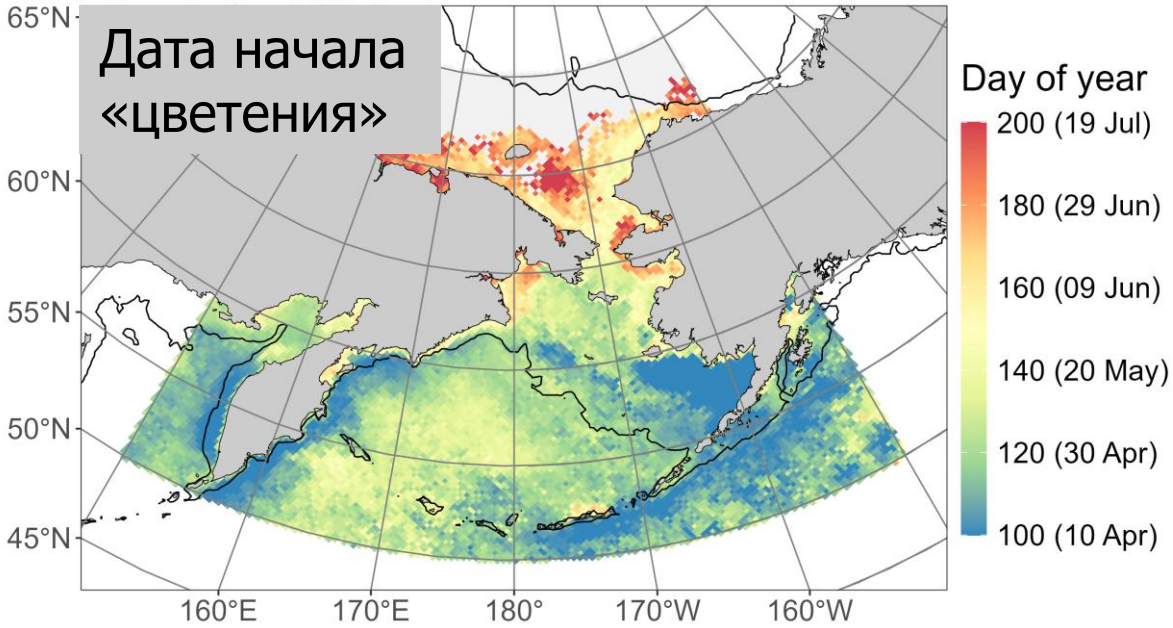
[1]Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии

[2]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Актуальность

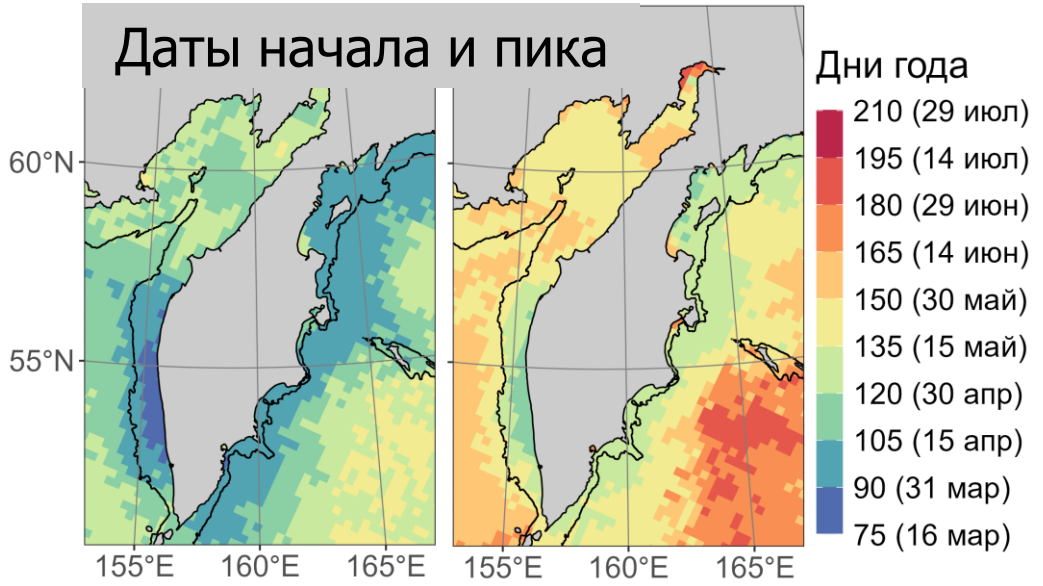
- Весеннее «цветение» – 80% первичной продукции (Sambrotto et al., 2008; Mordy et al., 2012; Nielsen et al., 2023)
- От сроков «цветения» зависит развитие зоопланктона и молоди рыб (Cushing, 1990)

Цель работы – оценка методов определения сроков весеннего «цветения» фитопланктона в Беринговом море и прилегающих водах по спутниковым данным за 1998–2024 гг.



(Kivva et al., 2026)

(Малышева и др., 2026)



Данные и методы

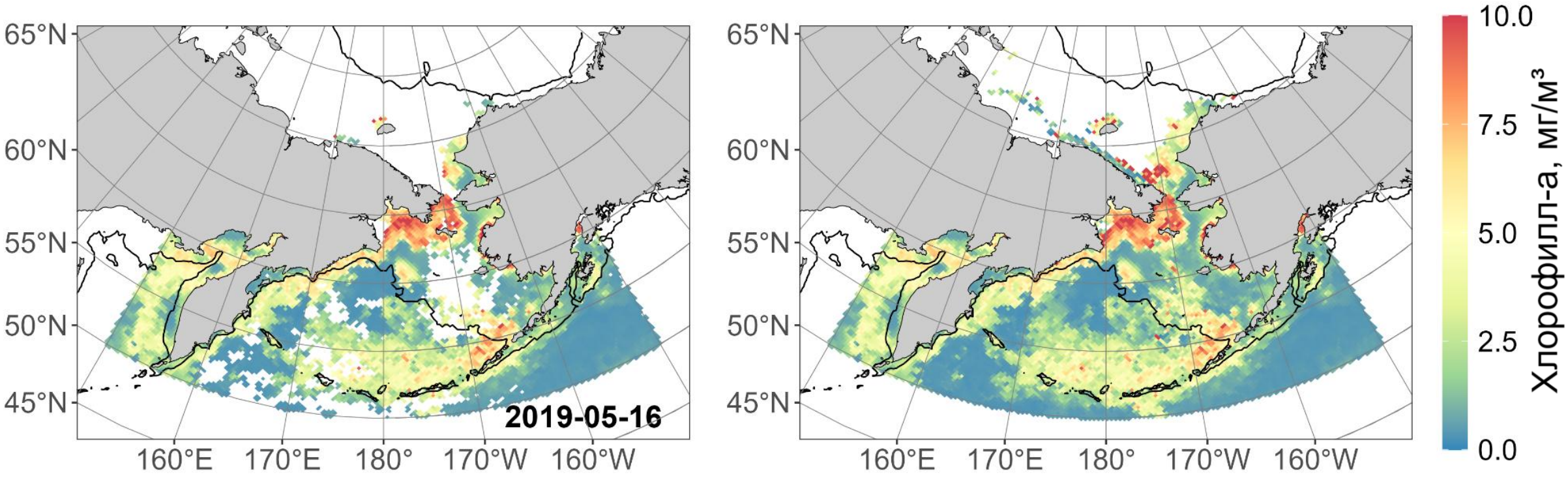
Период исследования: 1998 – 2024

Параметр	Источник	Пространственное разрешение	Временное разрешение
Концентрация хлорофилла-а [мг/м^3]	Ocean Colour Climate Change Initiative (OC-CCI) версия 6	4 x 4 км	1 день

Пространственная интерполяция данных

DINEOF

(Data Interpolating Empirical Orthogonal Functions), R = 50 km

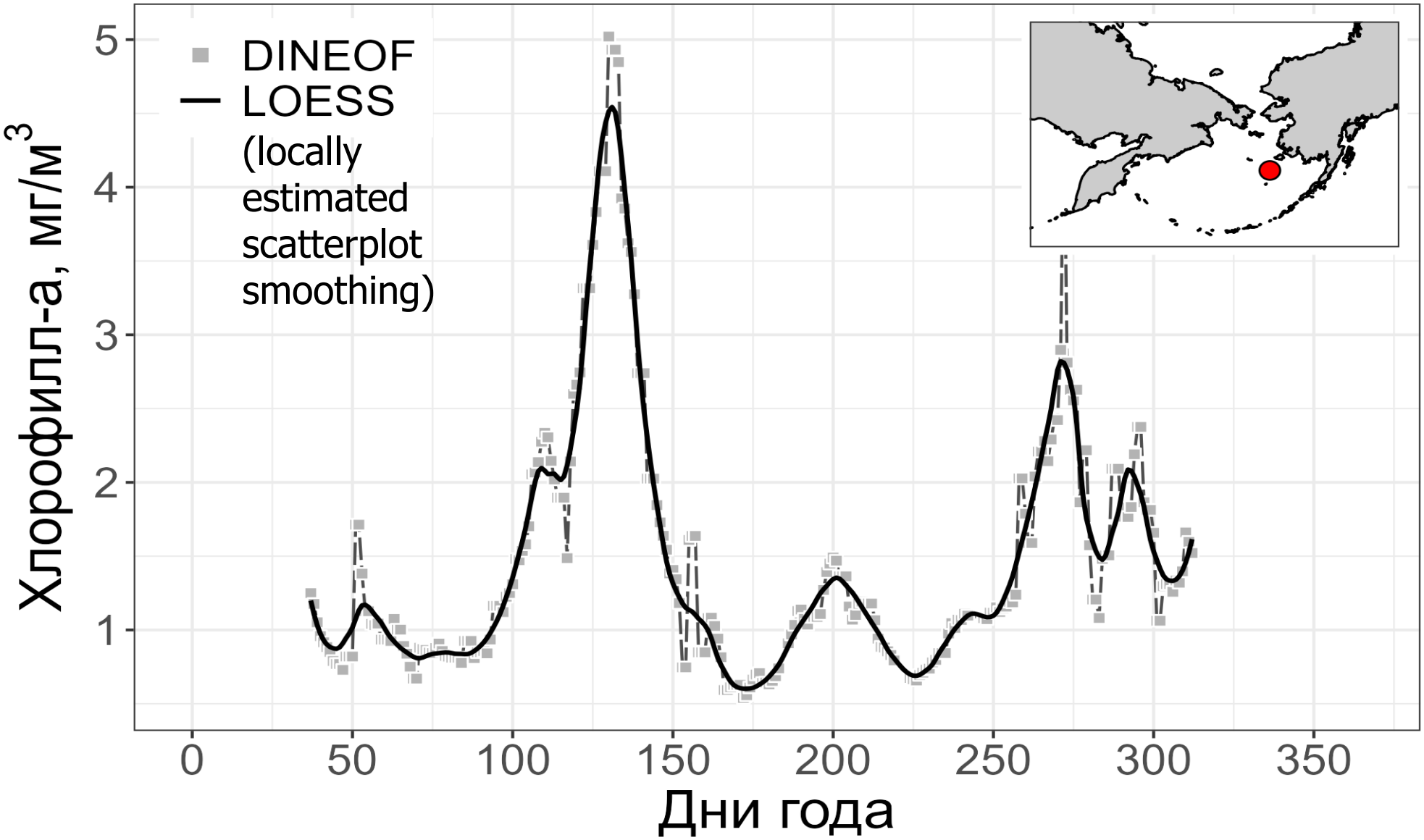


Исходные данные OC-CCI

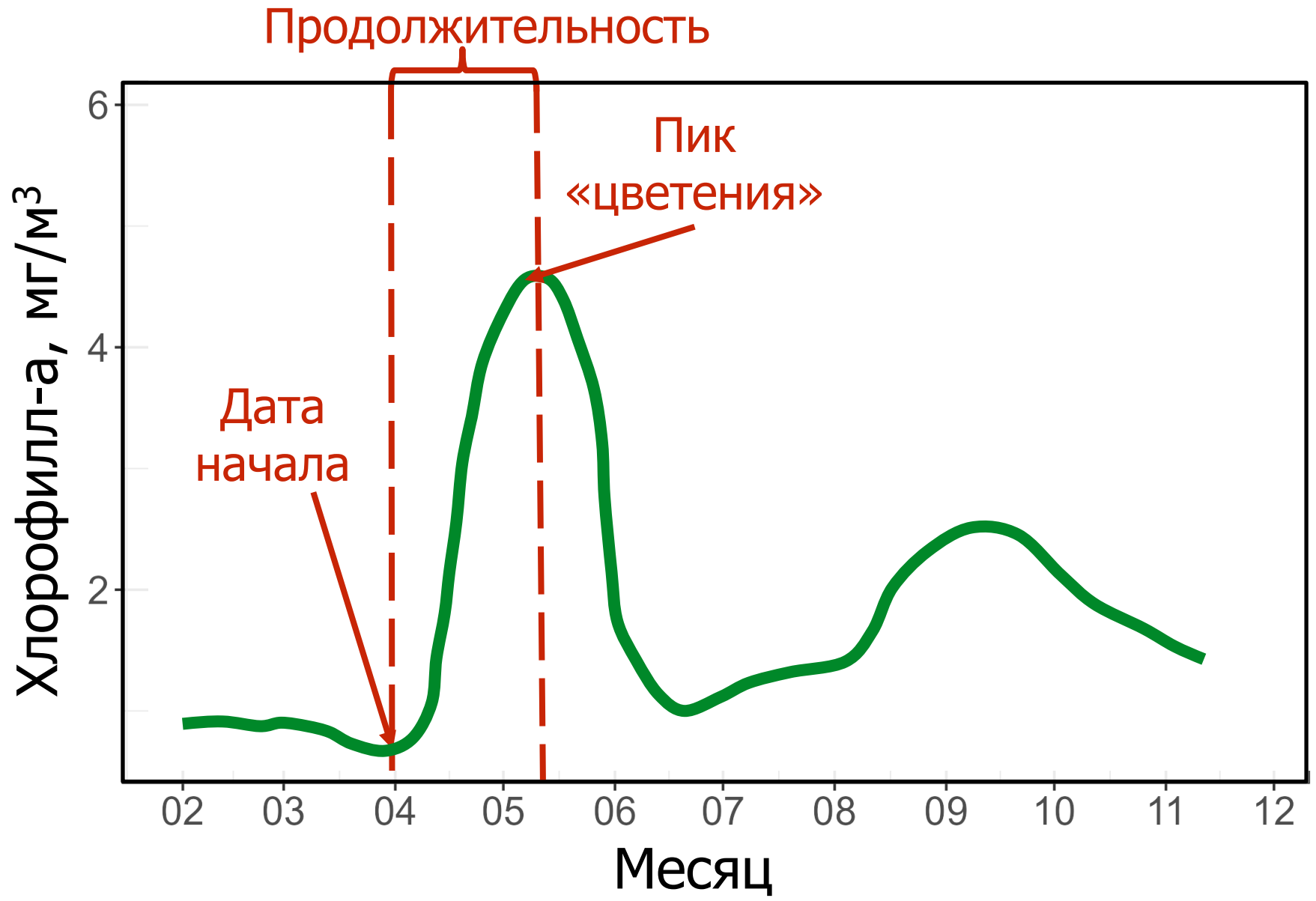
DINEOF

R^2 = 0,92; RMSE = 0,67 мг/м^3

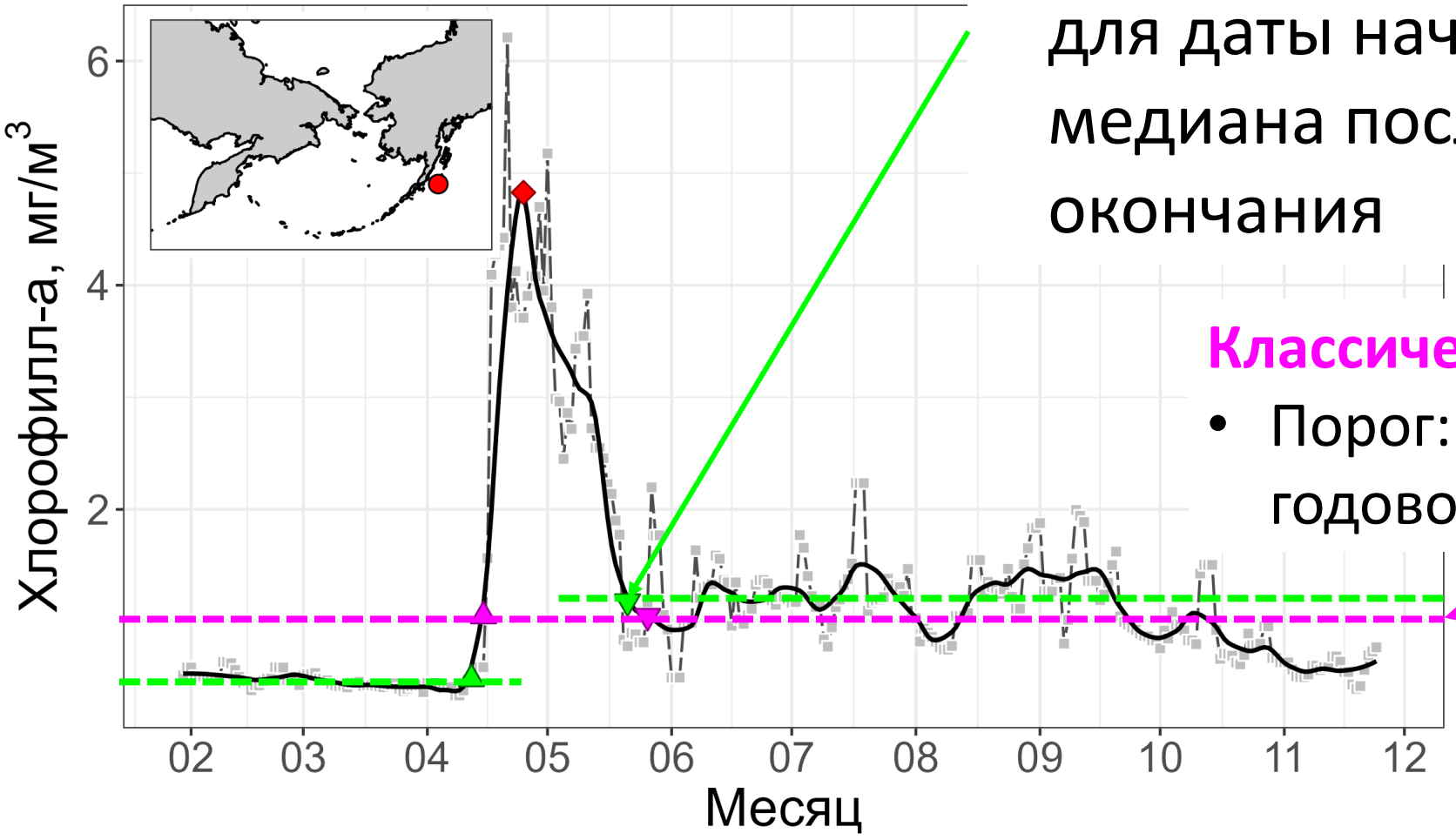
Сглаживание временного ряда в точке



Фенологические параметры «цветения»



Методы определения сроков «цветения»



Измененный пороговый метод

- Медиана хлорофилла-а до пика – для даты начала;
  медиана после пика – для даты окончания

Классический пороговый метод

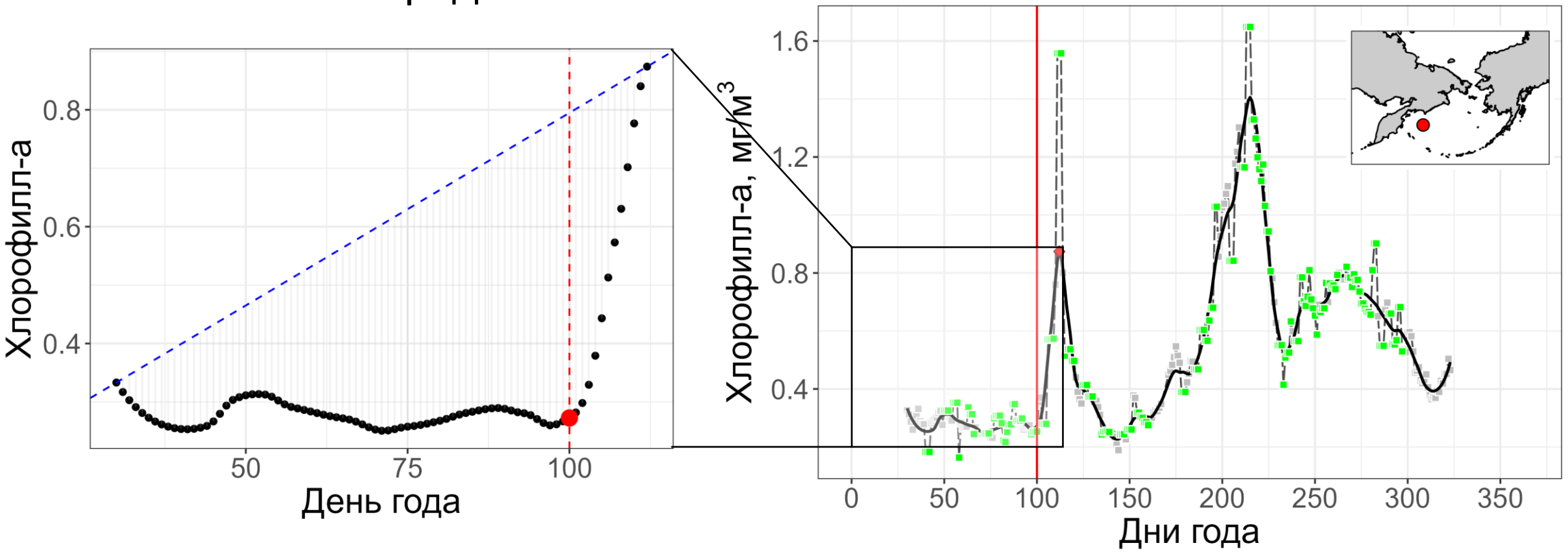
- Порог: превышение 5% от годовой медианы хлорофилла-а

(Kivva et al., 2026)

Методы определения сроков «цветения»

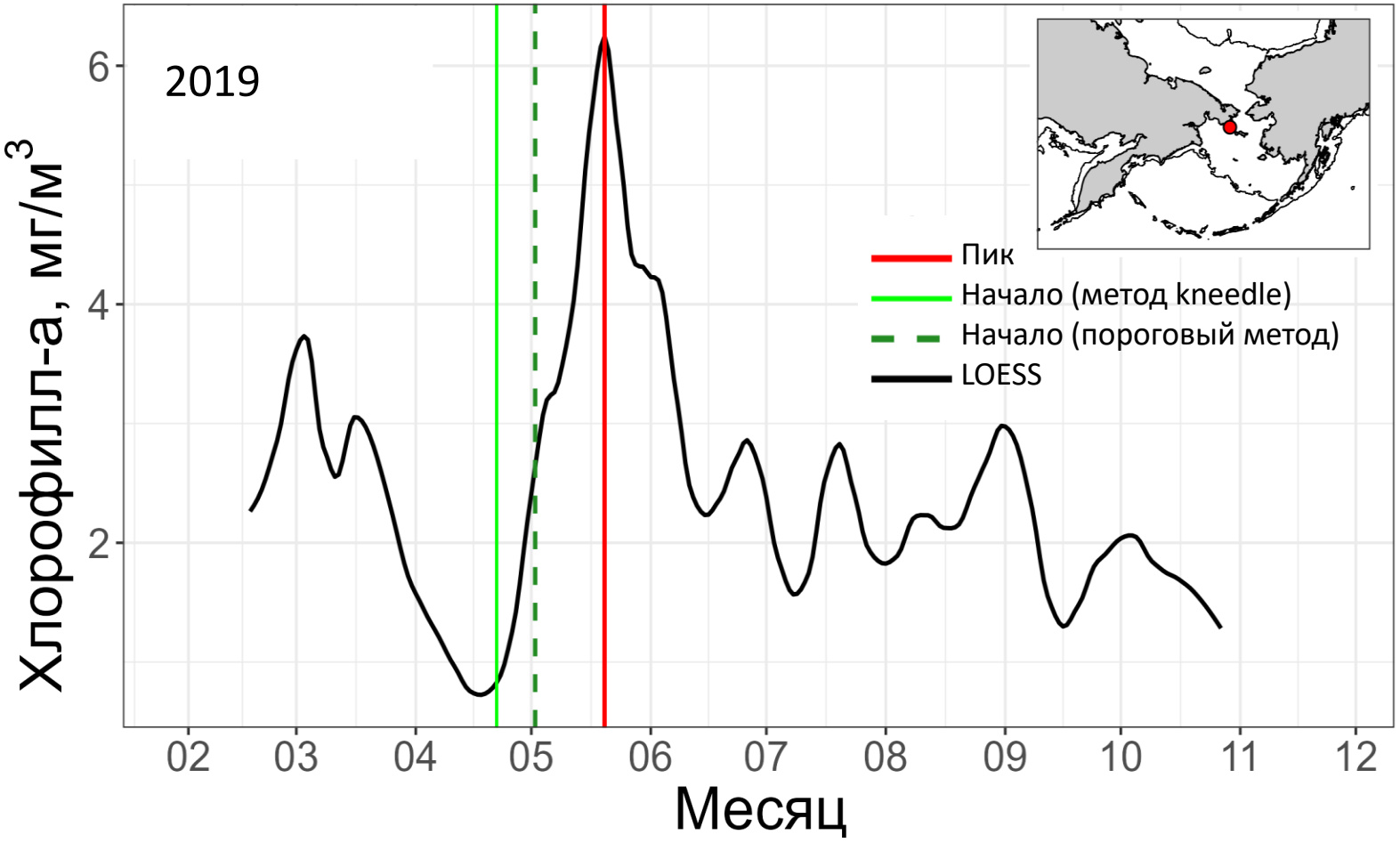
Метод расстояния до базовой линии (kneedle)

- Линия между первой точкой ряда и пиком
- Выбор даты с максимальным перпендикулярным расстоянием от линии до точки сглаженного ряда



Сравнение методов определения

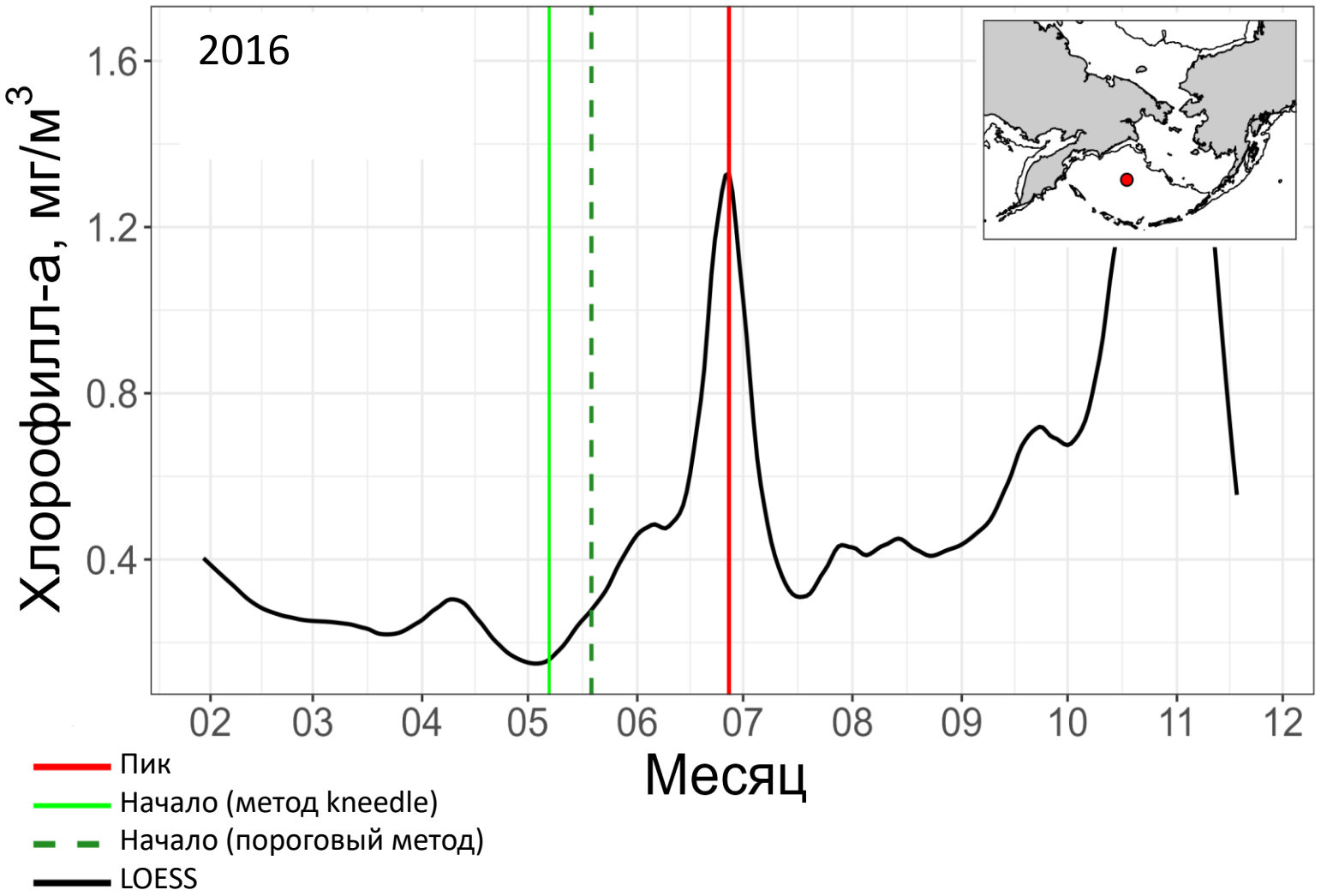
Пример 1



На основе экспертного анализа случайно выбранных 300 временных рядов Хл-а (год и ячейка сетки) **в 81% случаев** дата начала ВЦ, определенная по методу kneedle, наиболее соответствует моменту минимума концентрации Хл-а, наблюдающемуся перед весенним пиком «цветения».

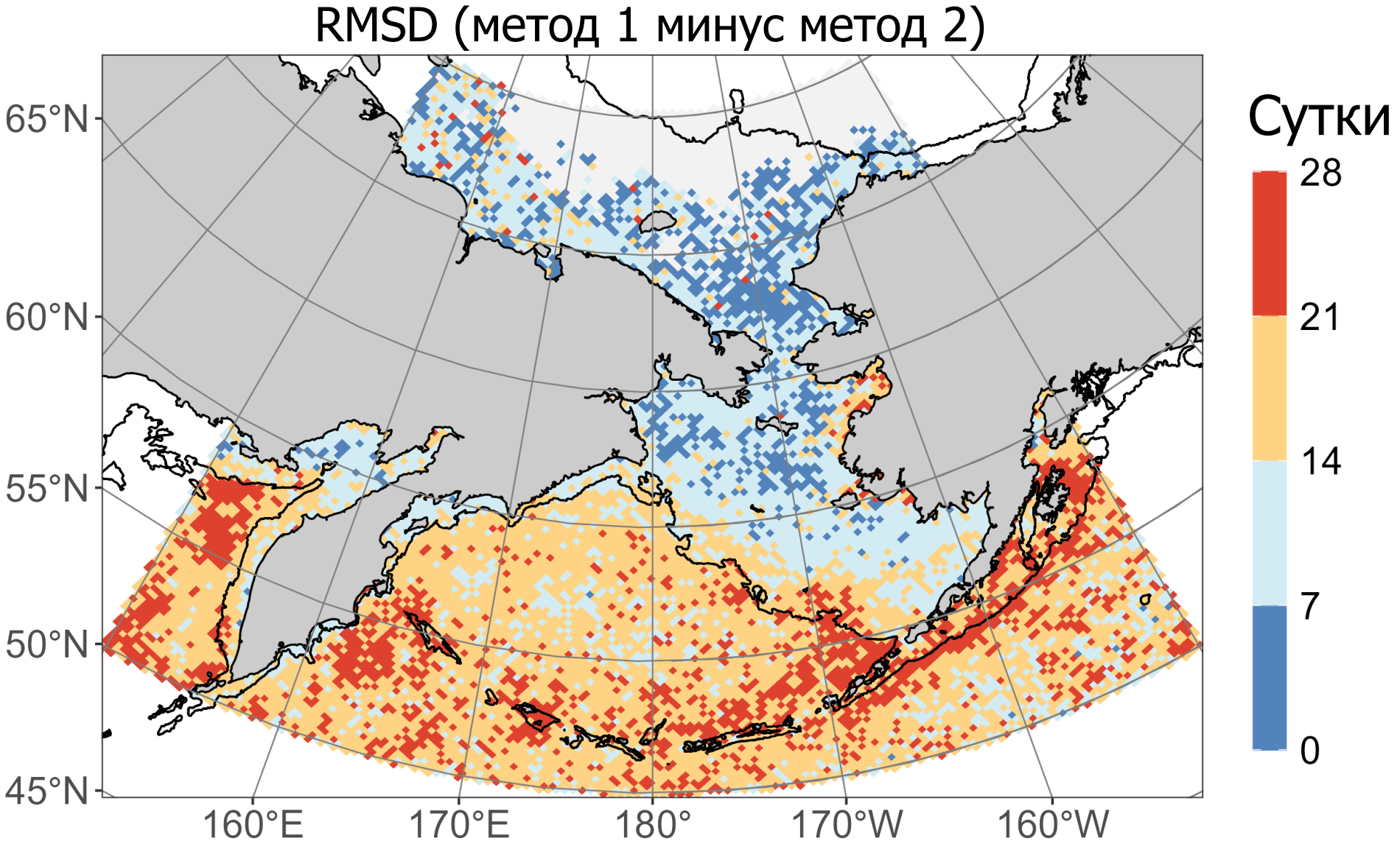
Сравнение методов определения

Пример 2

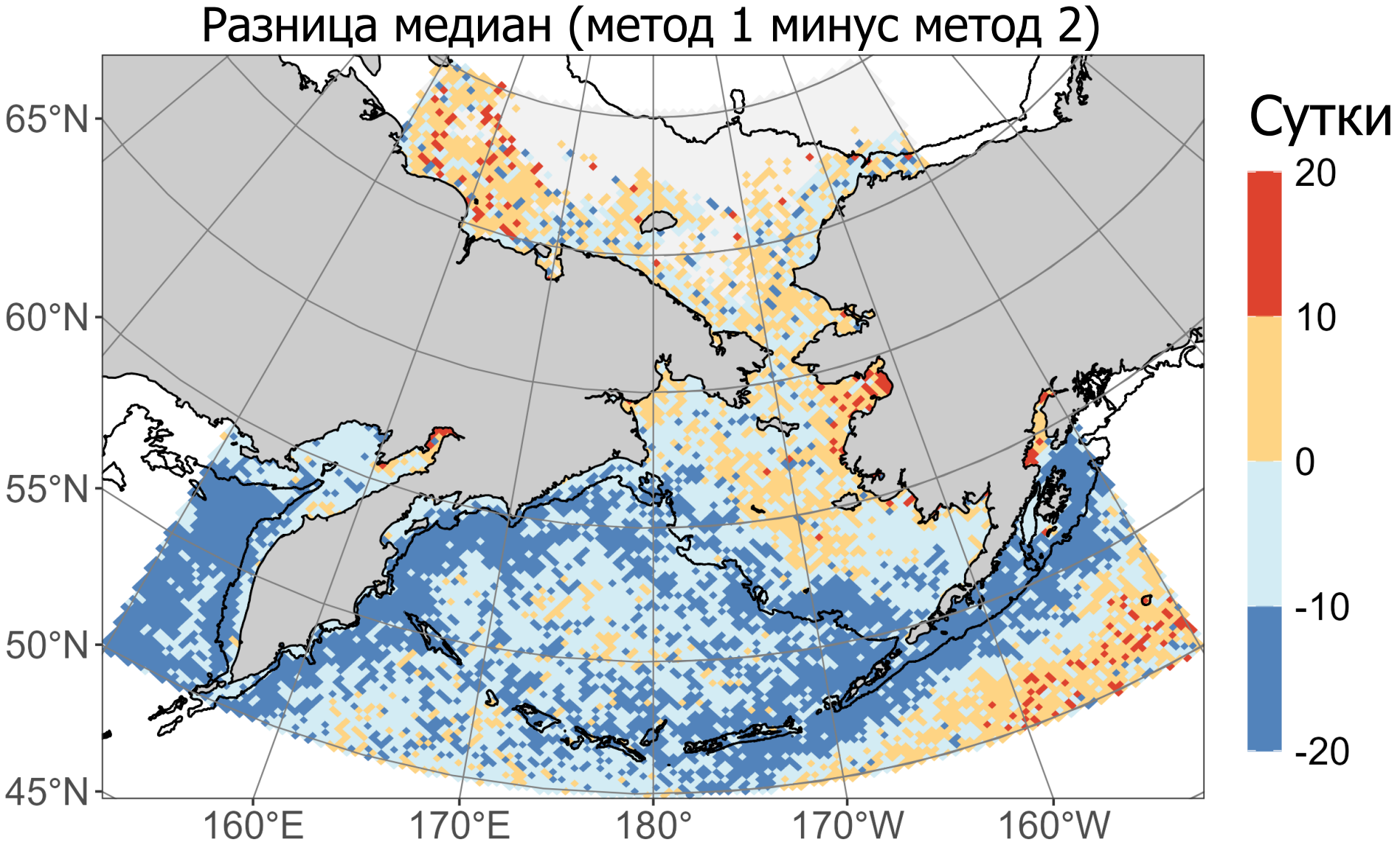


На основе экспертного анализа случайно выбранных 300 временных рядов Хл-а (год и ячейка сетки) **в 81% случаев** дата начала ВЦ, определенная по методу kneedle, наиболее соответствует моменту минимума концентрации Хл-а, наблюдающемуся перед весенним пиком «цветения».

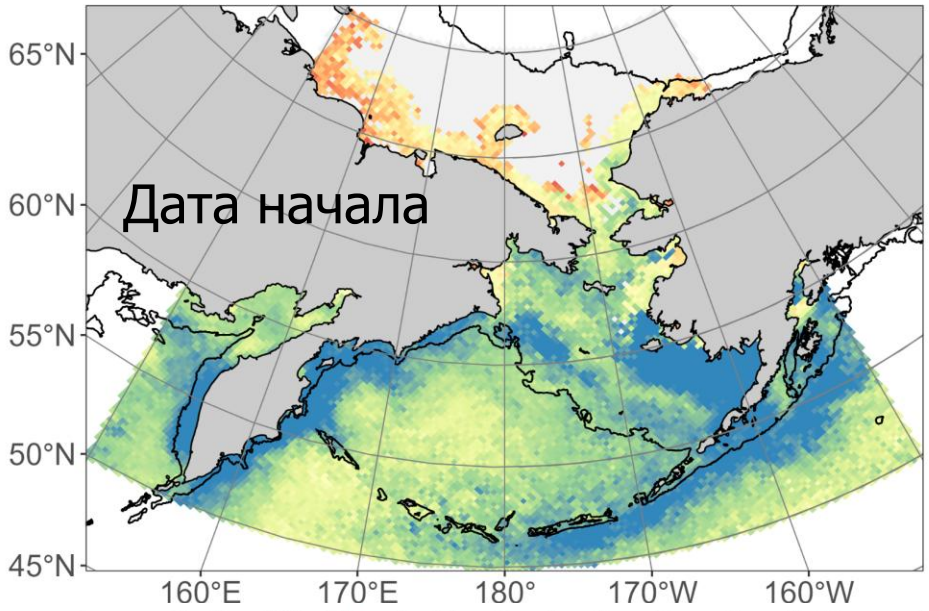
Сравнение методов определения



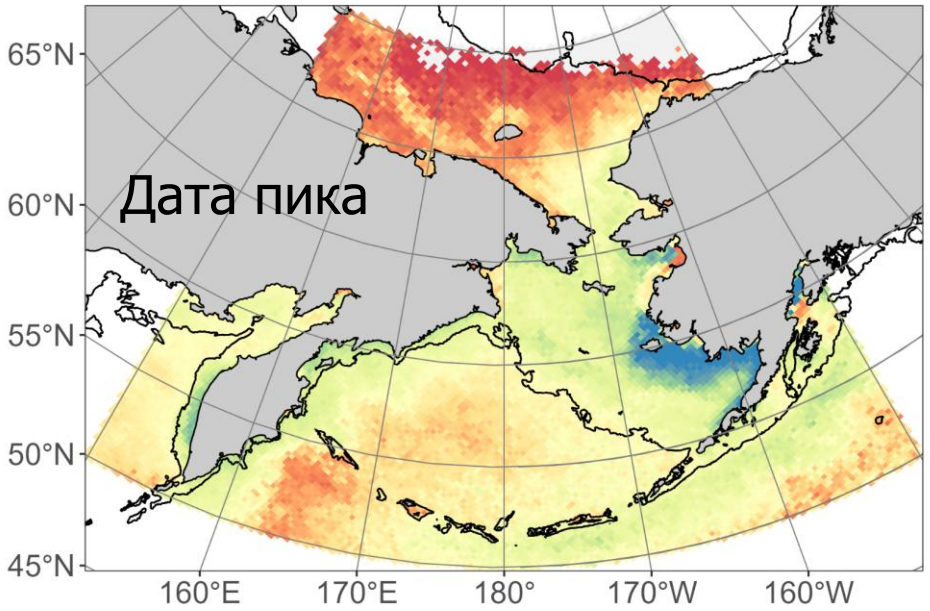
Сравнение методов определения

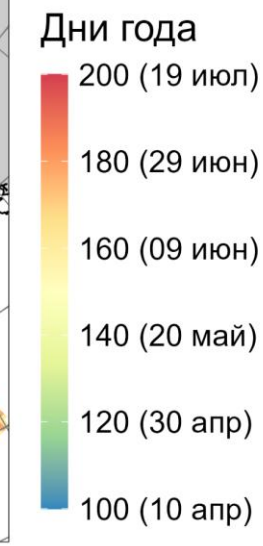


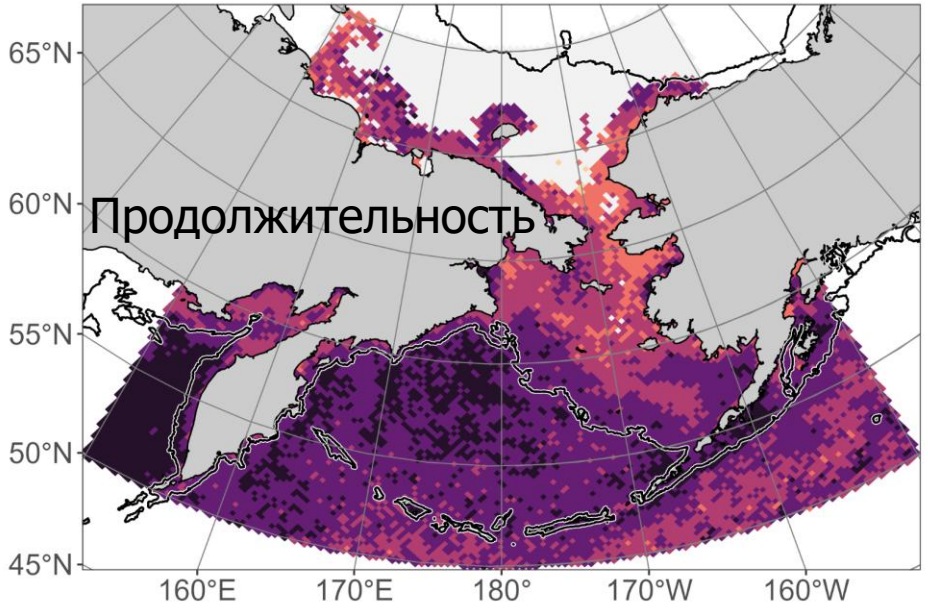
Медианы параметров «цветения» по методу 2

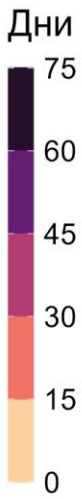


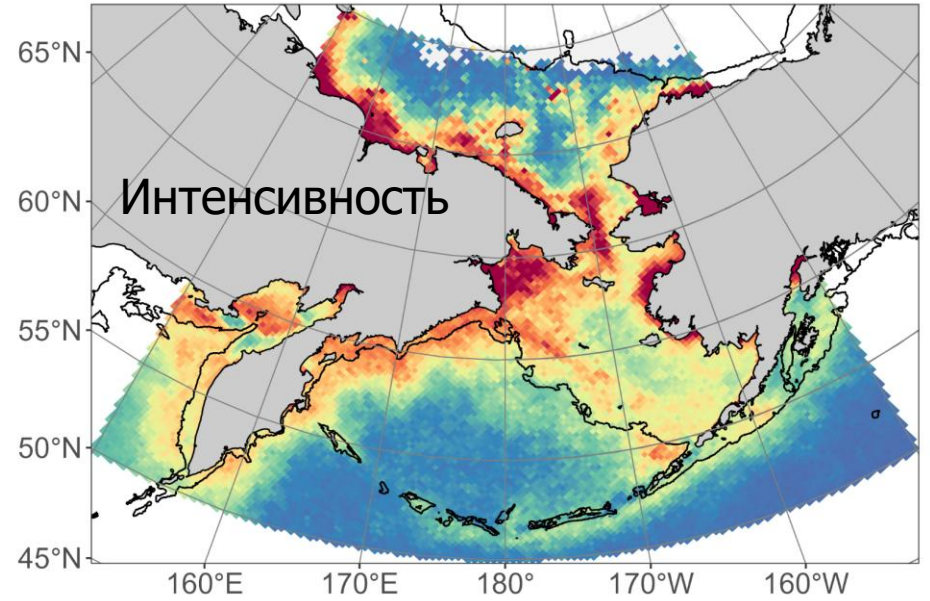


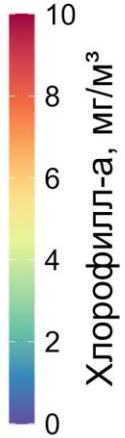












Выводы

- Даты начала ВЦ по двум методам имеют высокую корреляцию ($r > 0,5$ при $p < 0,05$) на всей площади исследуемого района, особенно на шельфе моря ($r > 0,8$ при $p < 0,05$).
- На шельфе Берингова моря RMSD между датами, определенными по двум методам, составило 7–14 суток: первый метод выбирал более поздние даты. В глубоководной части моря разница была существенно выше (RMSD: 21–28 суток): по первому методу даты начал ВЦ были определены сильно раньше соответствующих дат, полученных по второму методу.
- Такая существенная разница (в среднем примерно до месяца) в определении сроков ВЦ может давать некорректные результаты при анализе взаимосвязи параметров ВЦ с абиотическими факторами среды – несовпадение во времени причины и следствия.
- Раннее ВЦ начинается вдоль Камчатского п-ова и в Бристольском заливе. В течение апреля ВЦ развивается в центральной и шельфовой частях моря, на шельфе Восточно-Сибирского моря – в мае.

Контакты

Александра Малышева

malysheva@vniro.ru

ВНИРО, старший специалист Отдела динамики климата и водных экосистем

МГУ им. М.В. Ломоносова, аспирант кафедры океанологии географического факультета

ResearchGate

Aleksandra Malysheva

Scan to view my profile