



# Климатология мезомасштабных и субмезомасштабных вихревых структур в области тихоокеанских вод Камчатки и северных Курильских островов за период с марта по август 2015-2024 гг.

**Зимин А.В., Коник А.А., Атаджанова О.А.**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия*

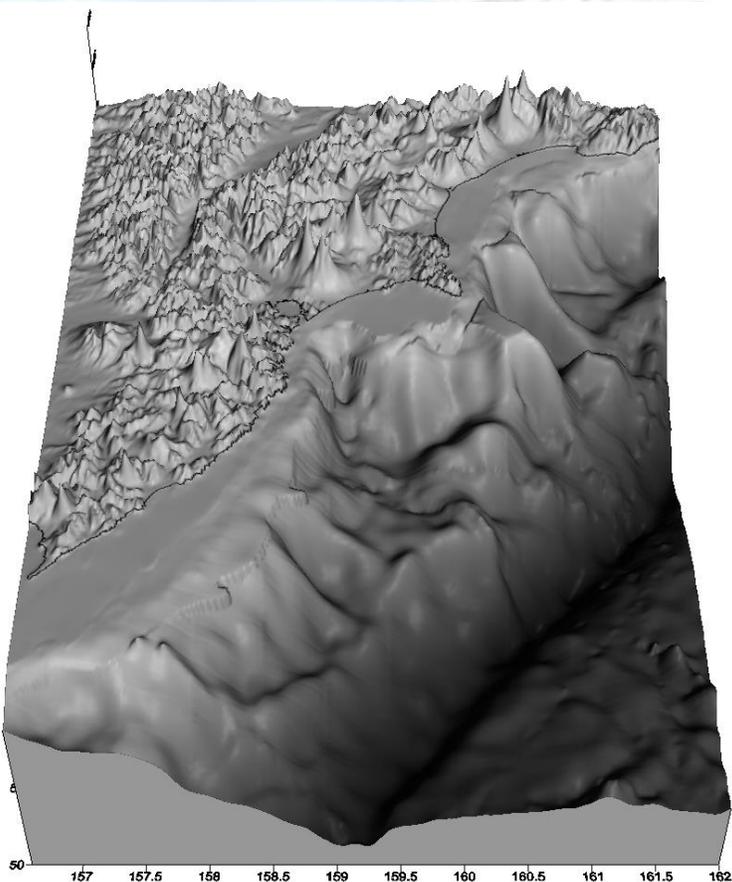


Рис. 1 – Карта глубин исследуемого региона

*Урожайность поколений минтая зависит от условий выживания на ранних стадиях развития. Например, в каньонах Авачинского залива горизонты основного икротетания минтая изменяются по мере развития икры в результате воздействия динамических процессов. Она то поднимается, то опускается в нижележащие слои воды. Предполагается, что в результате этих процессов, икра может попадать в неблагоприятные для ее развития условия, вследствие чего может отмечаться повышенная ее смертность.*

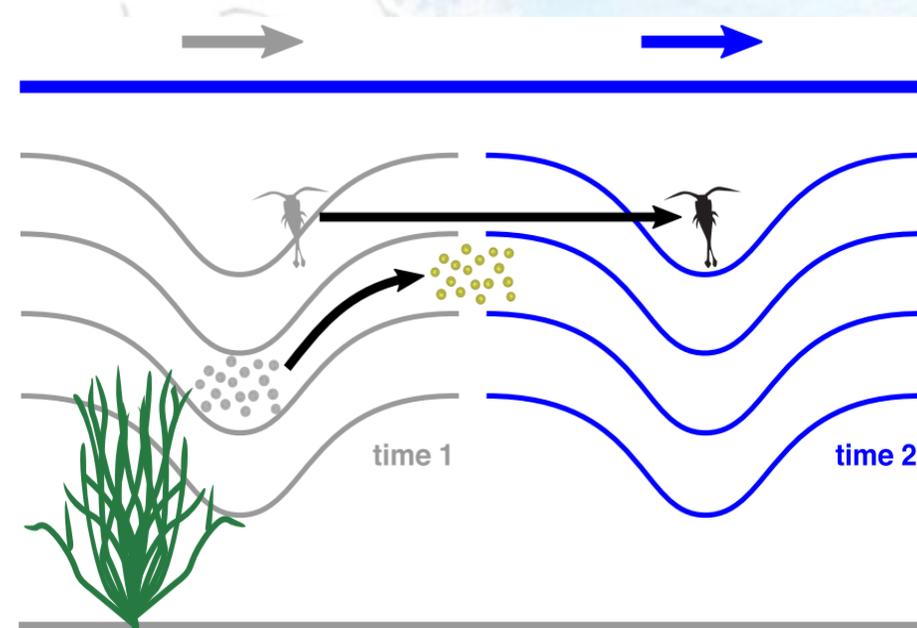


Рис. 2 – Схема воздействия динамических процессов на планктон и личинок рыб



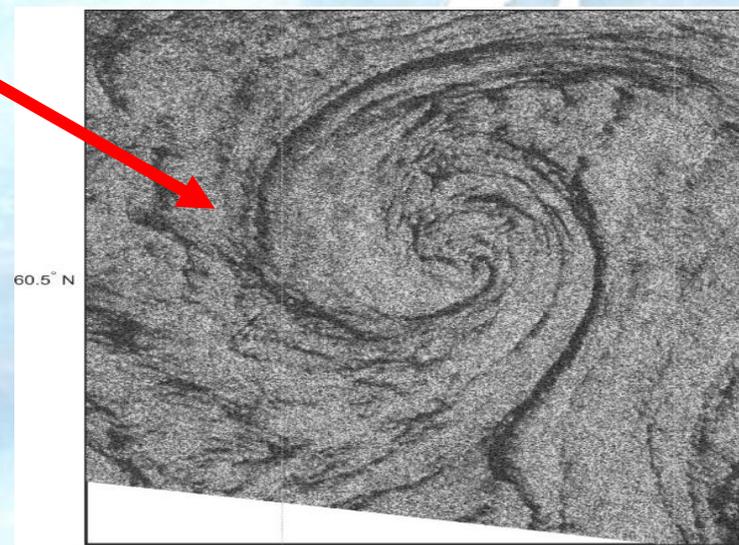
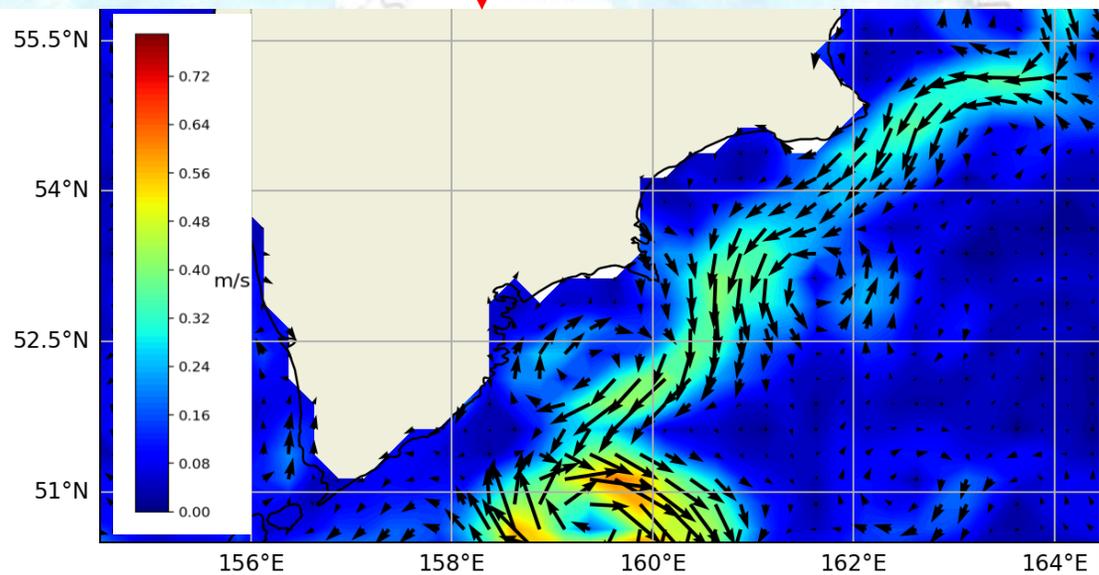
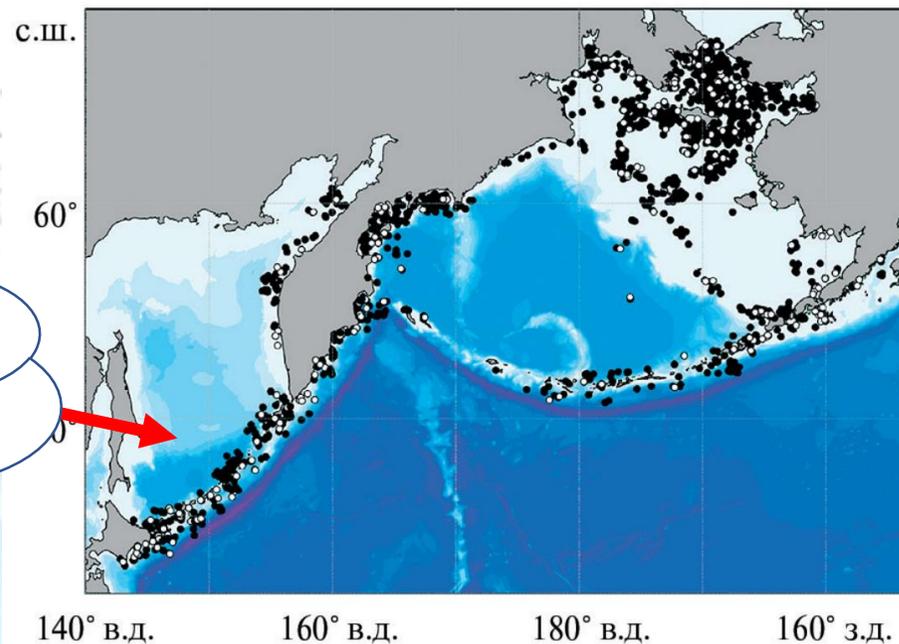
Общий вид восточнокамчатского минтая

# Предмет исследования



Мезомасштабные вихри  
десятки-сотни километров

Субмезомасштабные вихри  
Сотни метров-километры



# ИЗУЧЕННОСТЬ ВОПРОСА И ЦЕЛЬ РАБОТЫ

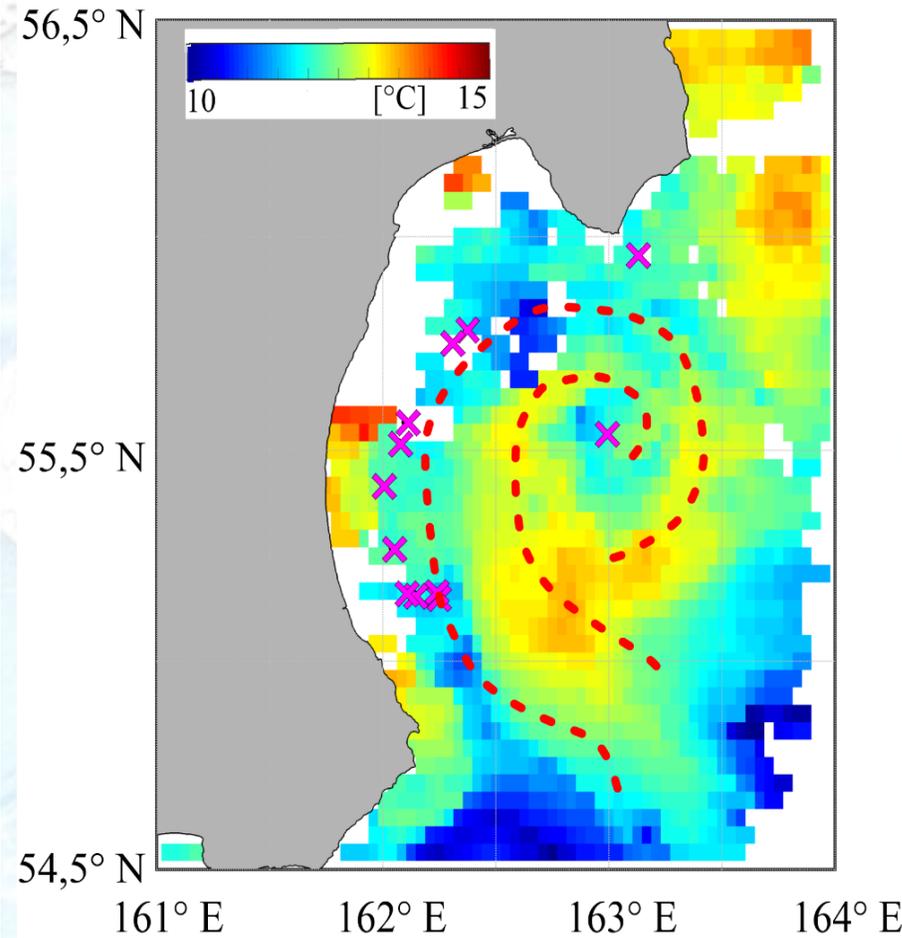
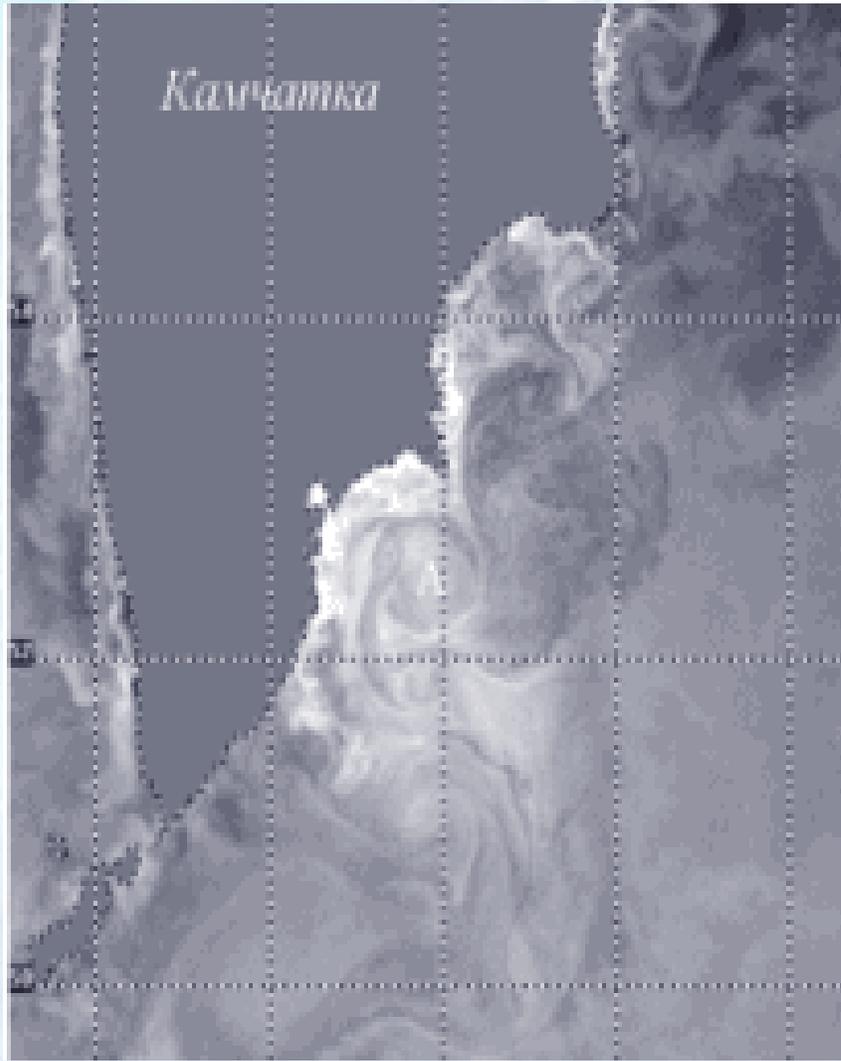


Рис.2 — Фрагмент изображения поля температуры MODIS Aqua за 5 августа 2020 г. Крестиками показаны положения малых вихрей, зарегистрированных на РЛИ, и пунктиром схематично показано положение мезомасштабного вихря в тот же день. [Зимин и др., 2023]

**Цель работы** – оценка пространственно-временной изменчивости характеристик поверхностных проявлений вихревых структур и влияния приливной динамики на её особенности вблизи полуострова Камчатка и северных Курильских островов со стороны Тихого океана с марта по август 2015-2024 гг. с использованием многолетних архивов спутниковых и модельных данных.

Рис.1 — Вихри Курило-Камчатского течения в мае 2002 года по спутниковым данным в ИК-диапазоне [Ростов и др., 2005]

# ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

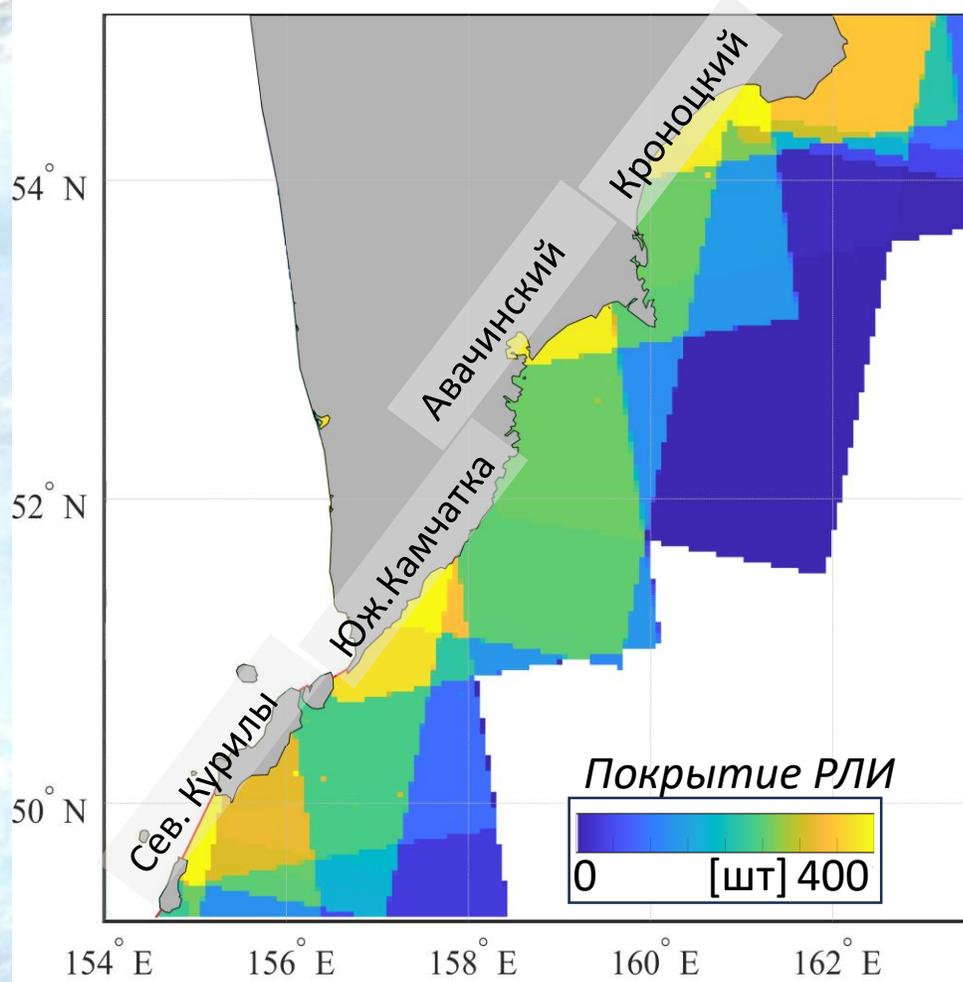


## Мезомасштабные вихри:

- Для периода март-август 2015-2021 гг. использовались данные Атласа Mesoscale Eddy Trajectory Atlas Product Meta3.2 DT, а для 2022-2024 гг. на данных Eddy Trajectory NRT3.2exp. Атласы базируются на полях AVISO с пространственным разрешением  $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ .
- Дополнительно привлекались поля температуры и концентрации хлорофилла-а уровня обработки L2 за тот же период, получаемые с MODIS/Aqua, MODIS/Terra, VIIRS/Suomi NPP разрешения  $\sim 1$  км.

## Субмезомасштабные вихри:

- Для периода март-август 2015-2024 гг. анализировались радиолокационные изображения Sentinel-1 A/B в режимах съемки IW и EW с полосой обзора/пространственным разрешением  $250$  км /  $20$  м и  $400$  км /  $40$  м соответственно



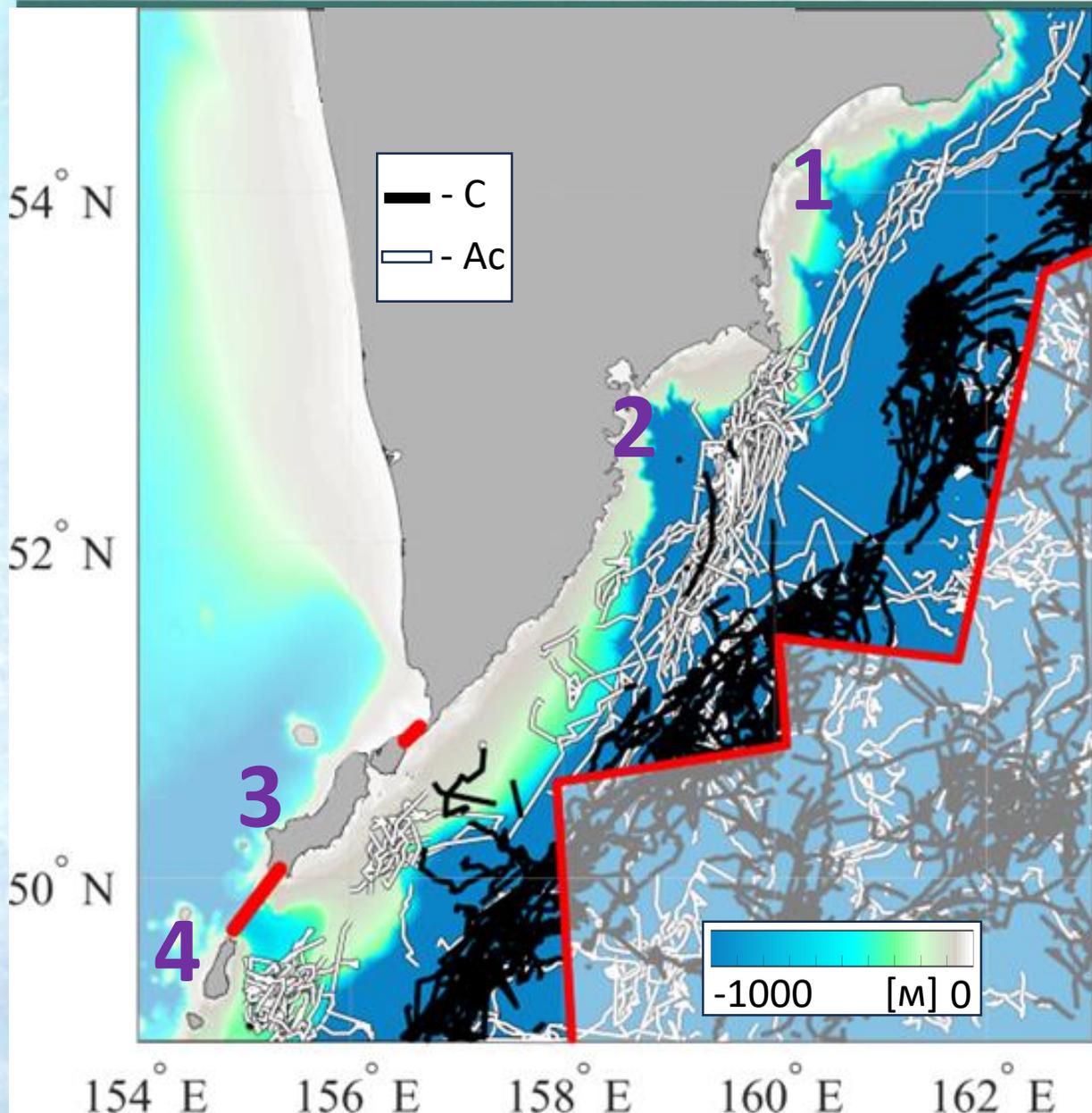
**Анализируемые характеристики вихрей: координаты центра, тип вращения, диаметр, для мезо – траектории движения**

Год	РЛИ, шт
2015	107
2016	108
2017	227
2018	220
2019	237
2020	255
2021	251
2022	155
2023	161
2024	187

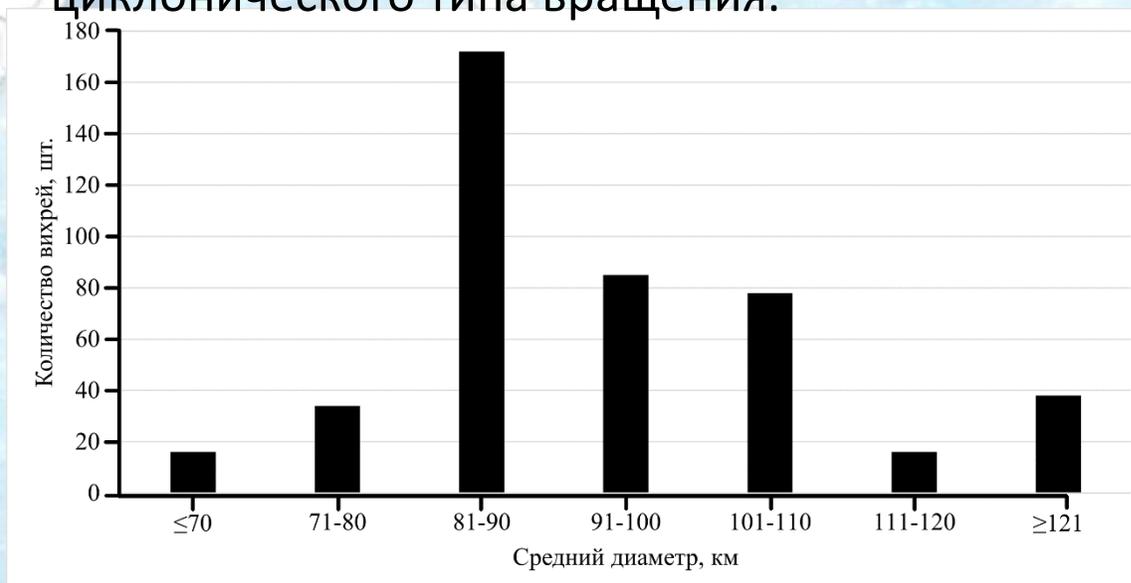


## МЕЗОМАСШТАБНЫЕ ВИХРИ

- Было зарегистрировано 439 вихрей со среднегодовыми диаметрами от 80 до 128 км
- Основные районы регистрации — Кроноцкий и Авачинский заливы (1 и 2 на рис.), а также район о. Парамушир и о. Онекотан (3,4 на рис.).
- Большая часть антициклонических вихрей отмечалась вблизи шельфа, в то время как в открытой части океана преобладают вихри циклонического типа вращения.



Многолетние треки мезомасштабных вихревых структур с марта по август 2015-2024 гг.

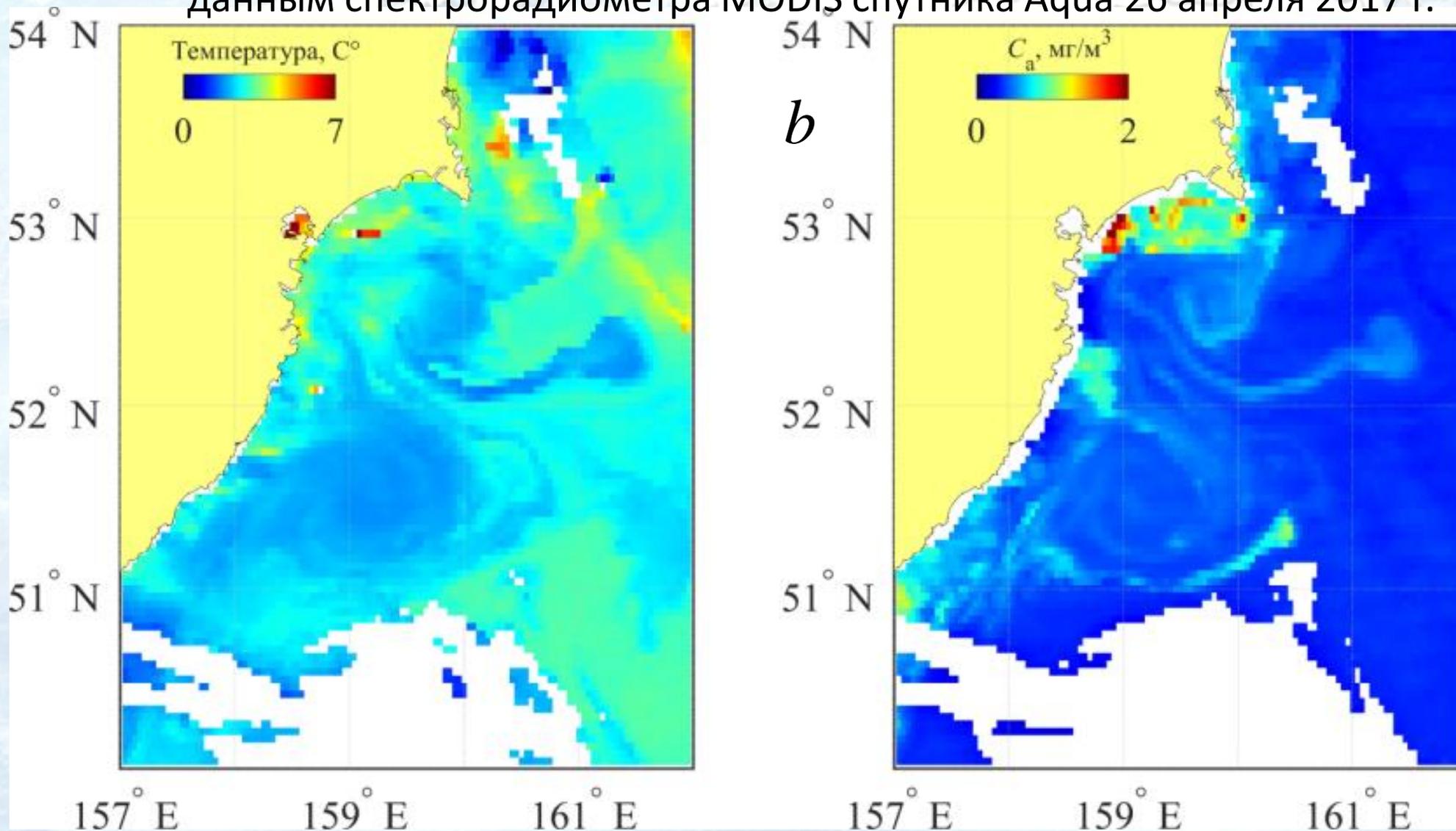


Распределение диаметров мезомасштабных вихрей в зависимости от их количества

# МЕЗОМАСШТАБНЫЕ ВИХРИ



Проявления антициклонических структур в поле ТПО (а) и хлорофилла-а (b) по данным спектрорадиометра MODIS спутника Aqua 26 апреля 2017 г.

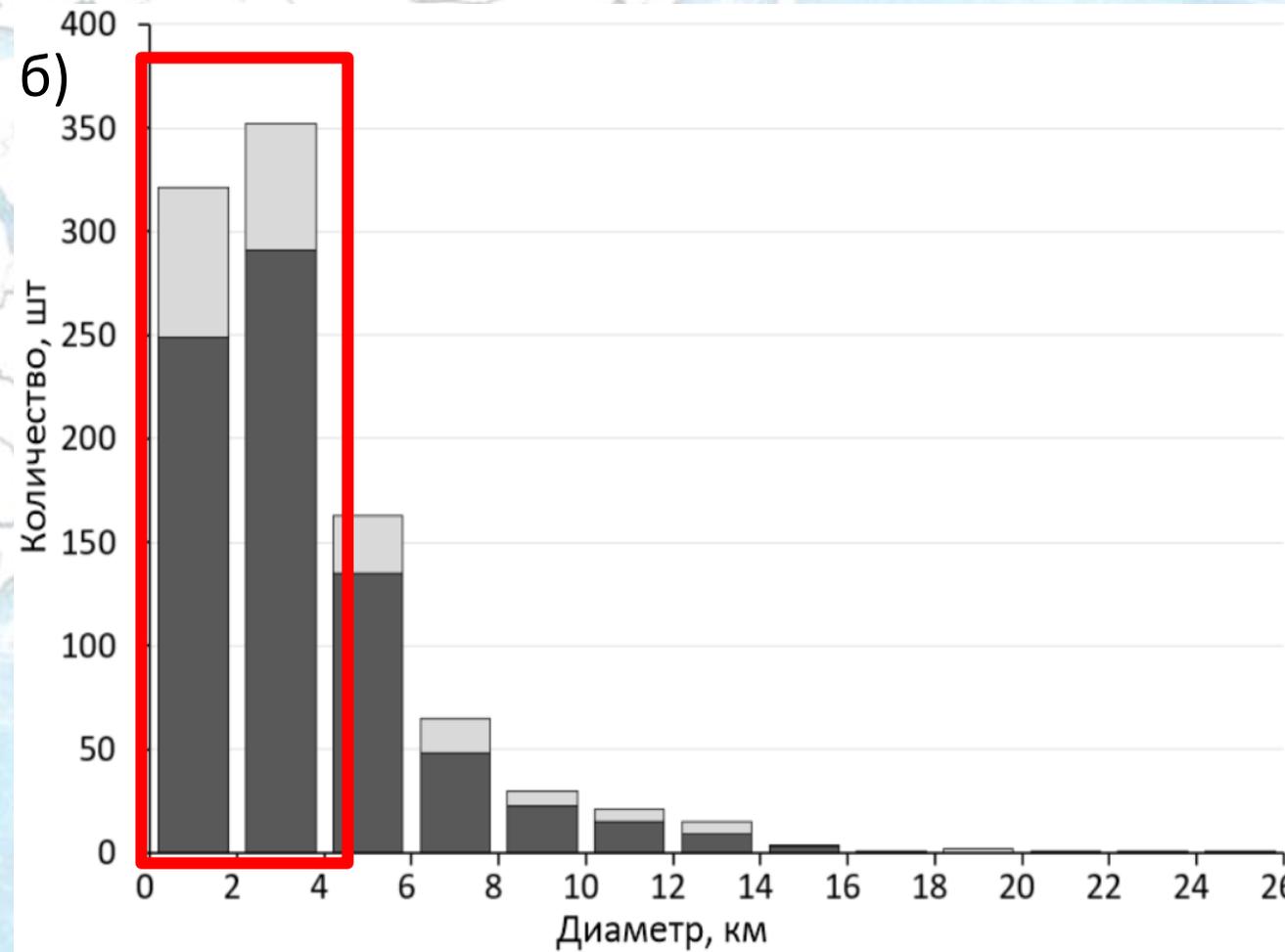
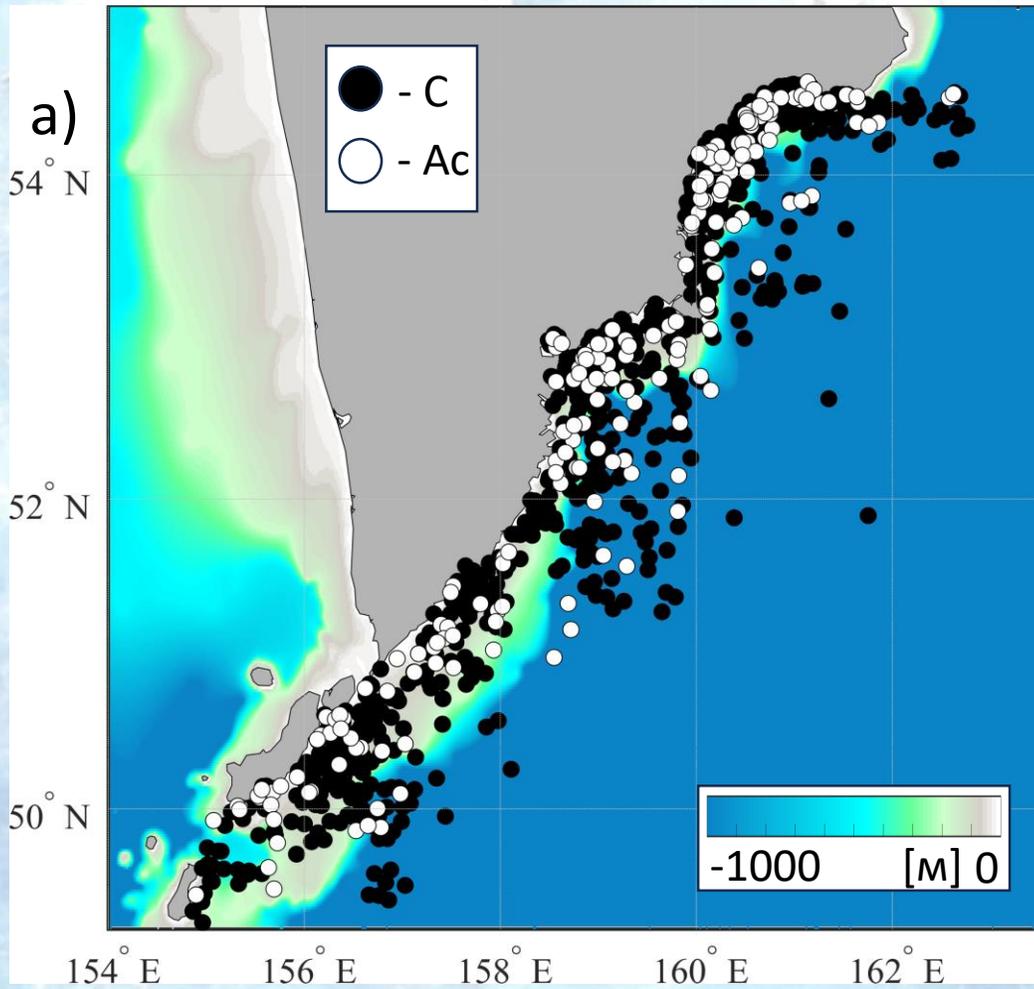


У большинства антициклонов наблюдалось холодное ядро с малой величиной концентрации хлорофилла-а

# СУБМЕЗОМАСШТАБНЫЕ ВИХРИ



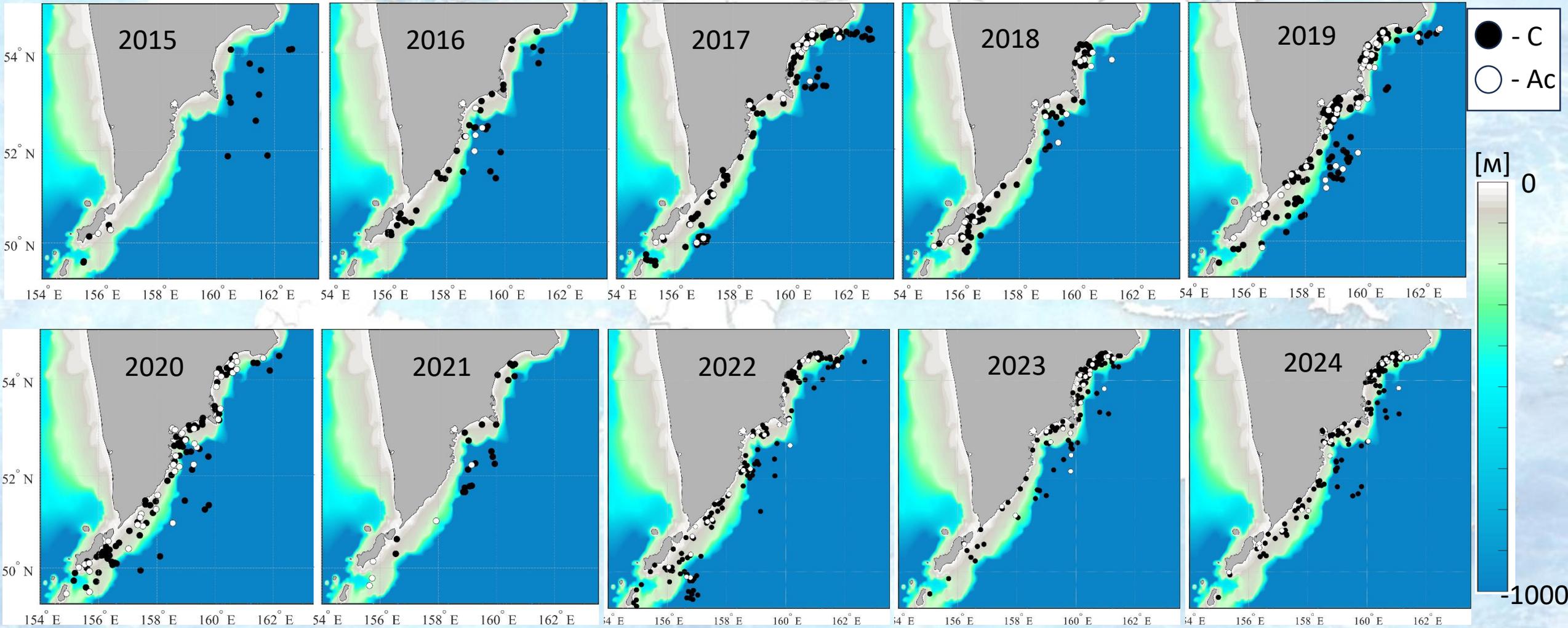
Пространственное распределение центров субмезомасштабных вихревых структур  
(а) с марта по август 2015-2024 гг., а также гистограмма диаметров (б)



# СУБМЕЗОМАСШТАБНЫЕ ВИХРИ



Изменчивость пространственного распределения  
субмезомасштабных вихрей по годам



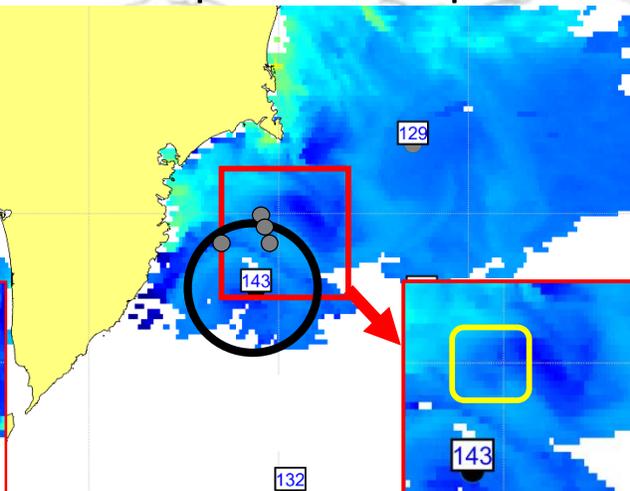
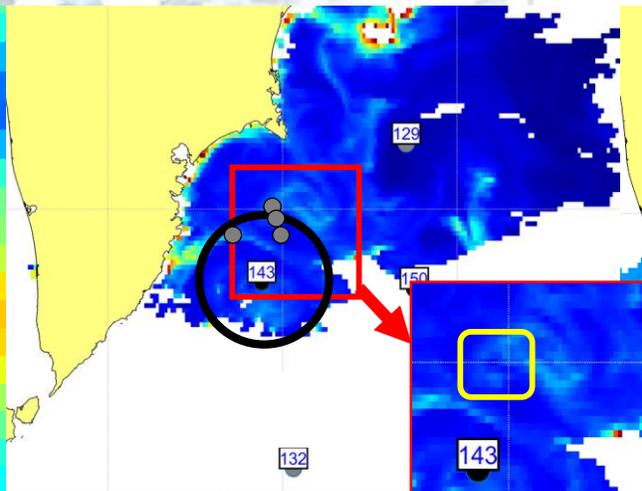
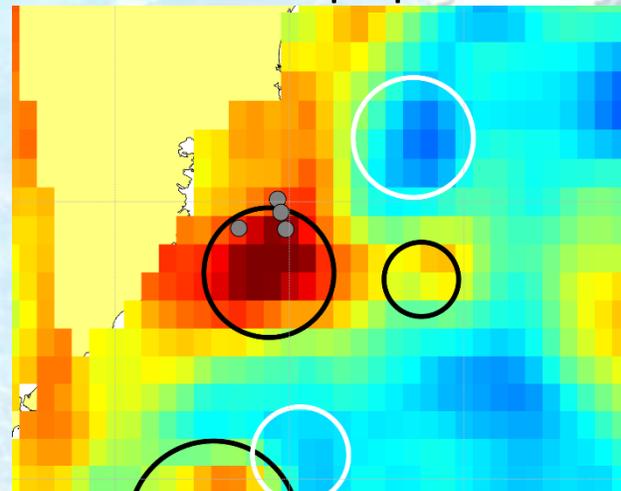
# СУБМЕЗОМАСШТАБНЫЕ ВИХРИ НА ПЕРИФЕРИИ МЕЗОМАСШТАБНЫХ ВИХРЕЙ



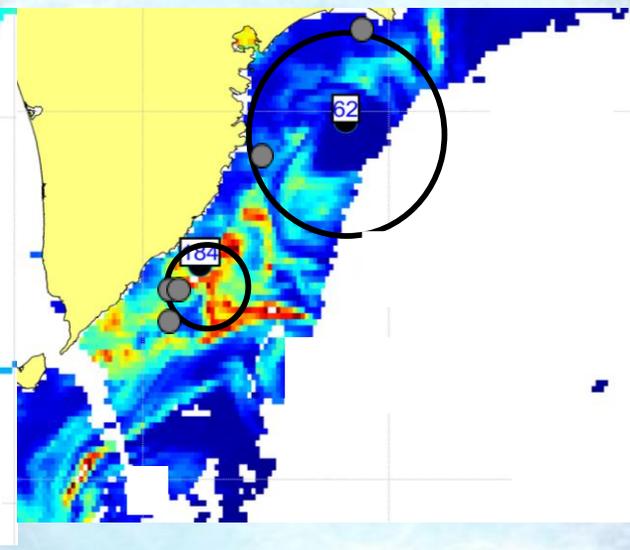
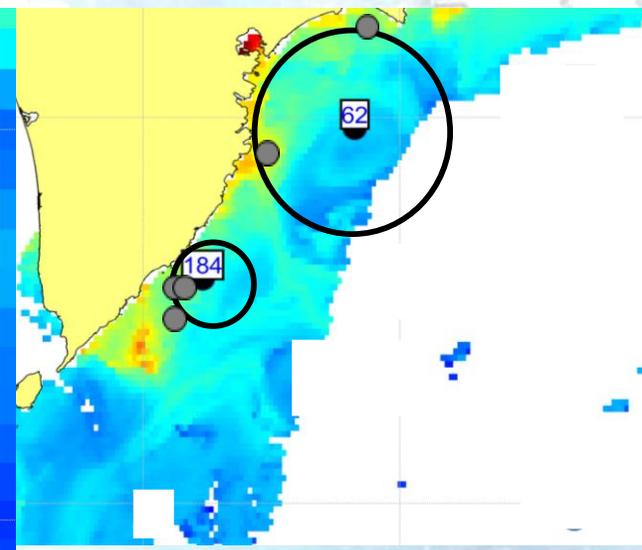
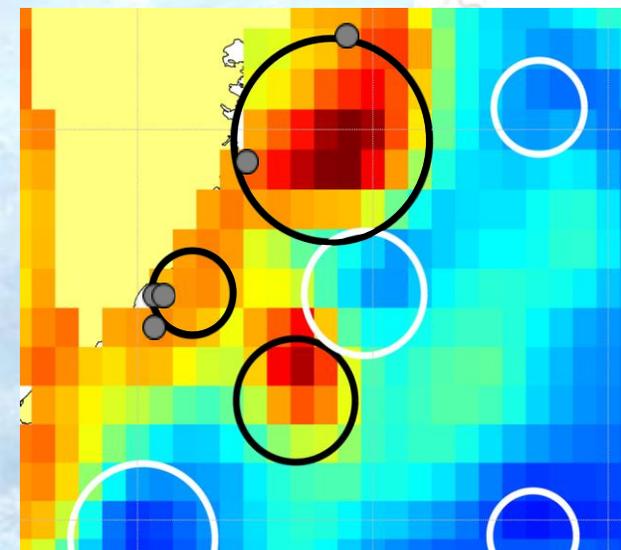
Абсолютная динамическая топография

Концентрация хлорофилла-а

Температура поверхности моря



14.05.2017



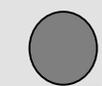
28.07.2021



Положение мезо-вихря **антициклона** по данным Атласа с учетом диаметра



Положение мезо-вихря **циклона** по данным Атласа с учетом диаметра



Положение центров субмезо-вихрей по данным радиолокационных изображений

# СУБМЕЗОМАСШТАБНЫЕ ВИХРИ НА ПЕРИФЕРИИ МЕЗОМАСШТАБНЫХ ВИХРЕЙ



Поле геострофических скоростей за 26.06.2018 г. с положением центров проявлений СМВ

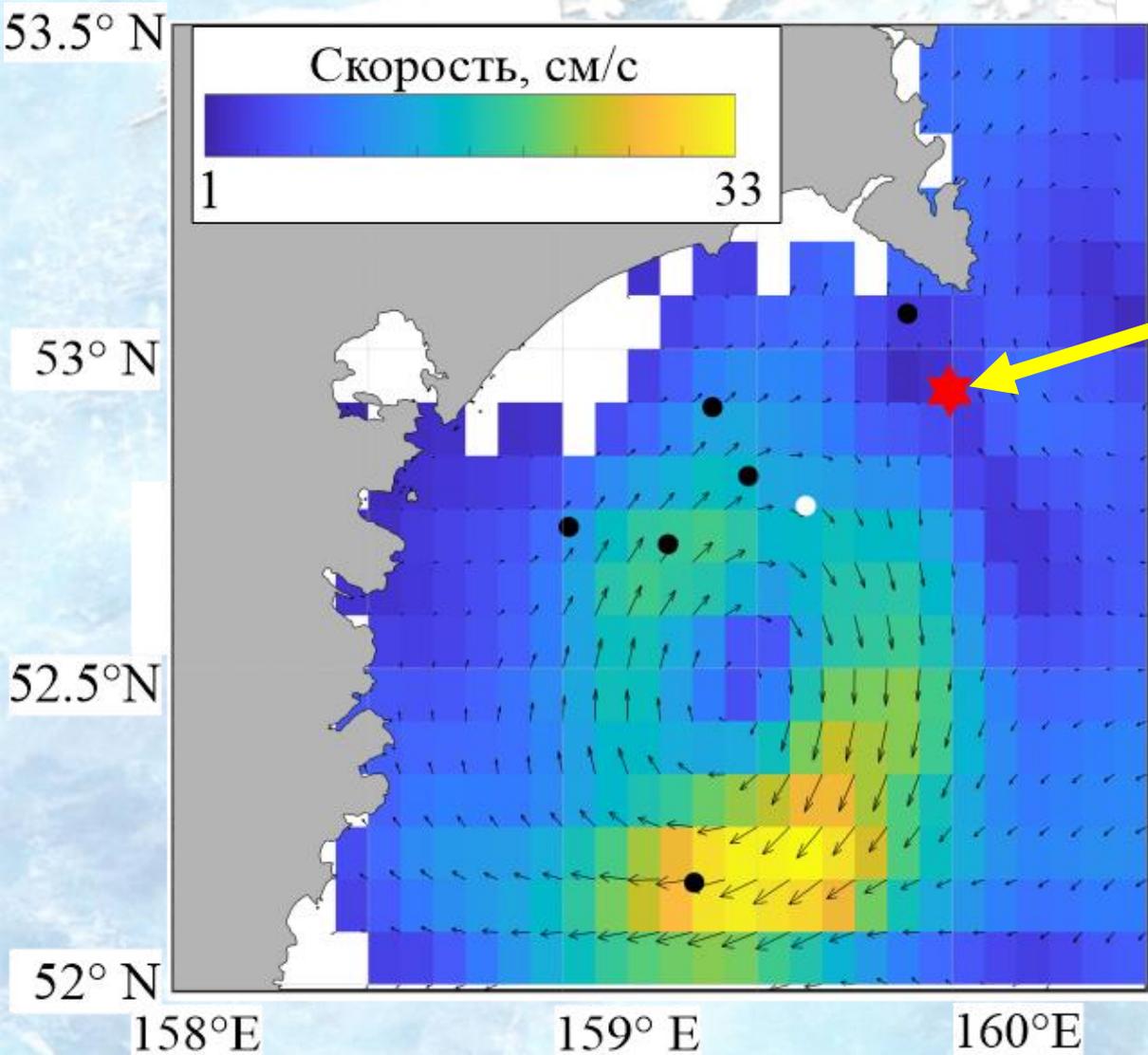
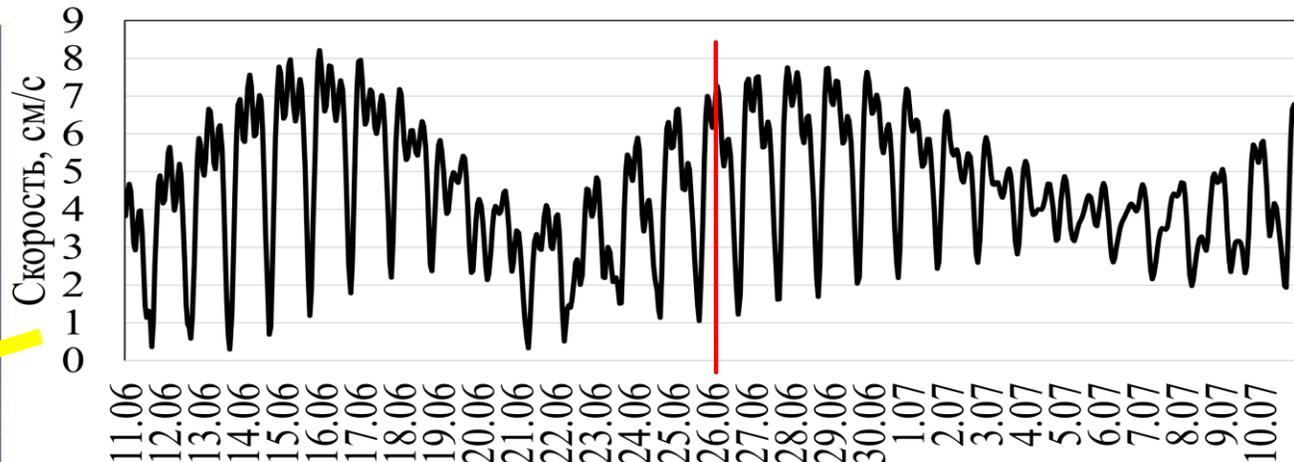


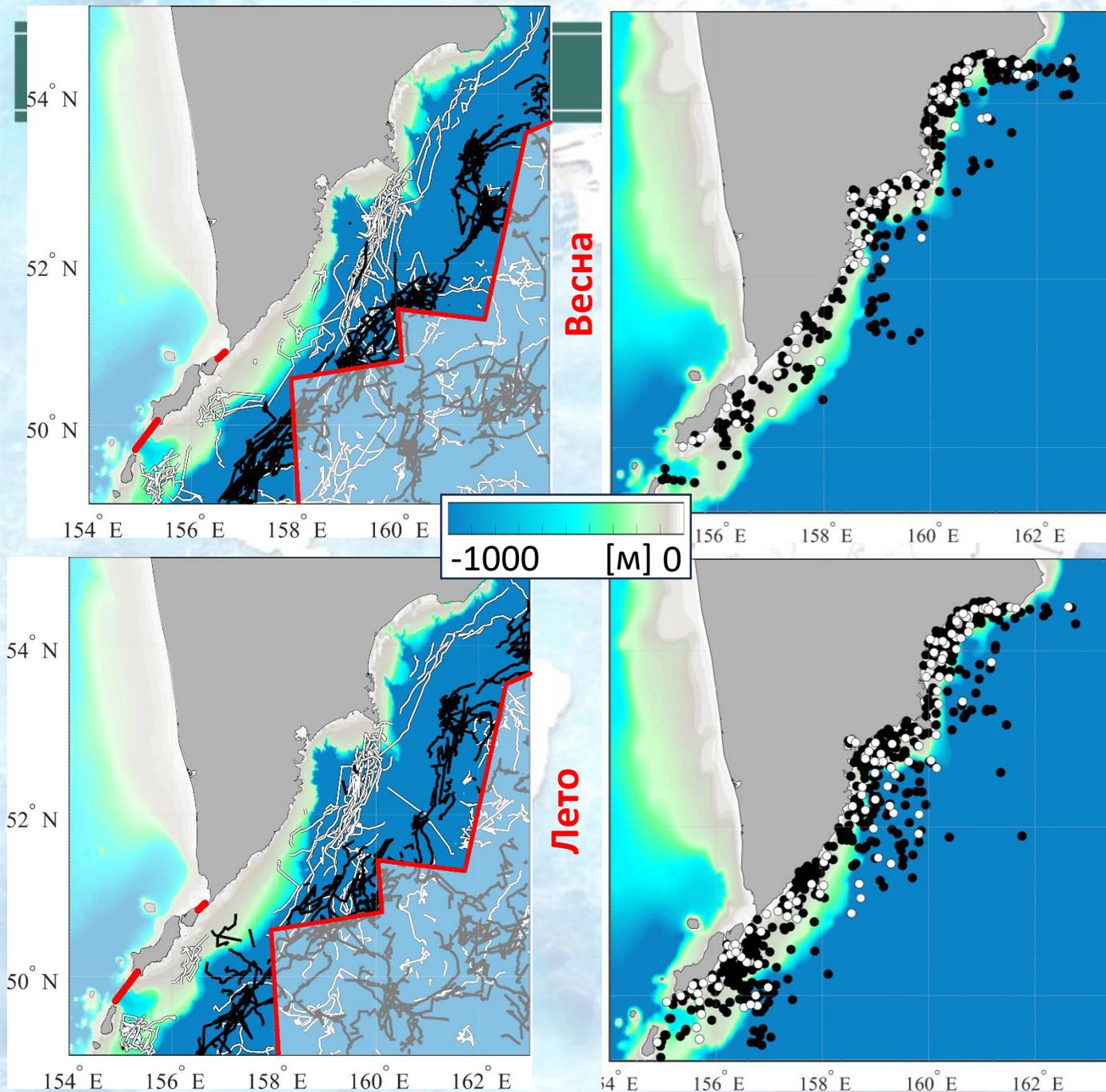
График скорости приливных течений за 11.06-10.07.2018 г.



Оценки встречаемости СМВ (от 2 шт. и более) на периферии МВ в сизигийную фазу прилива

Район	Общее число СМВ, шт	Общее число СМВ на периферии МВ, шт	Вихри в сизигию, шт
Кроноцкий	189	80	40
Авачинский	131	117	77
Ю-В Камчатка	102	73	31
Сев. Курилы	137	94	65

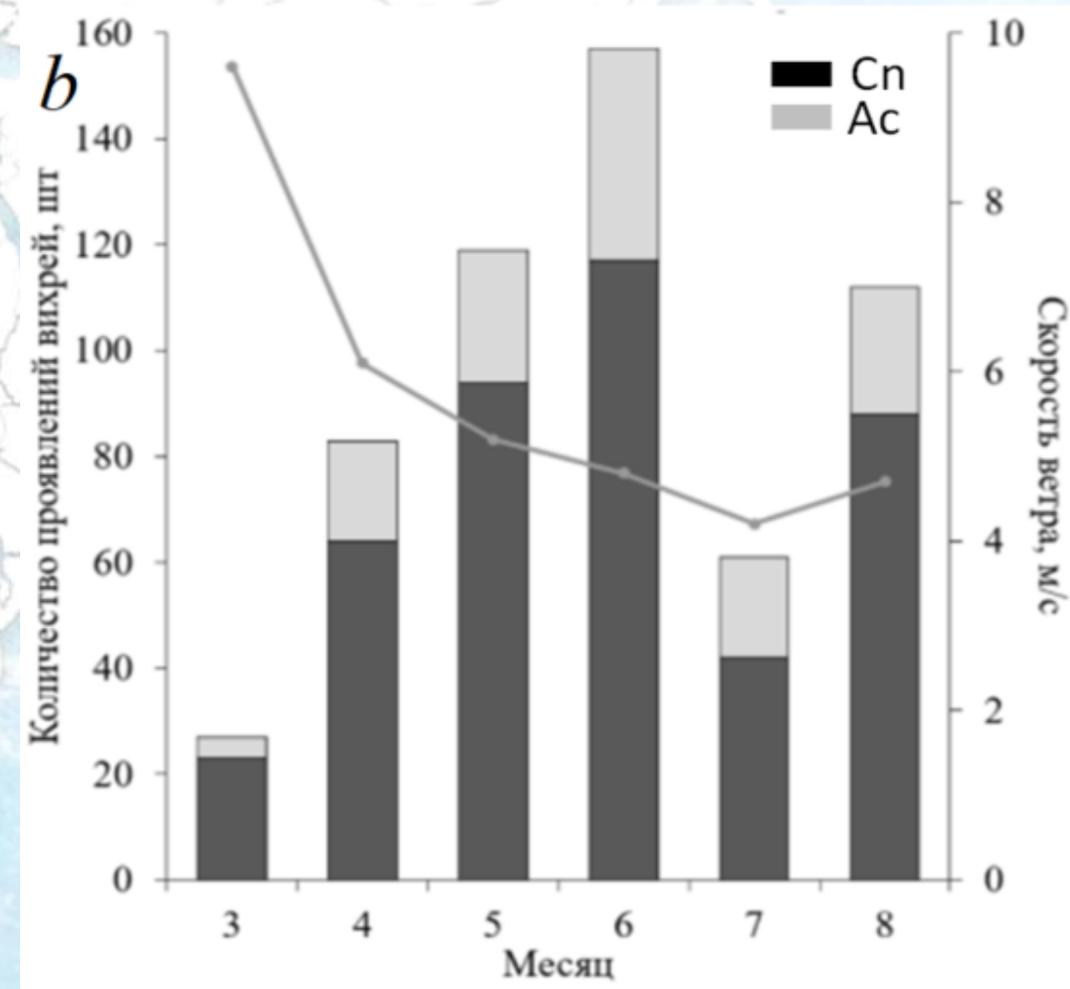
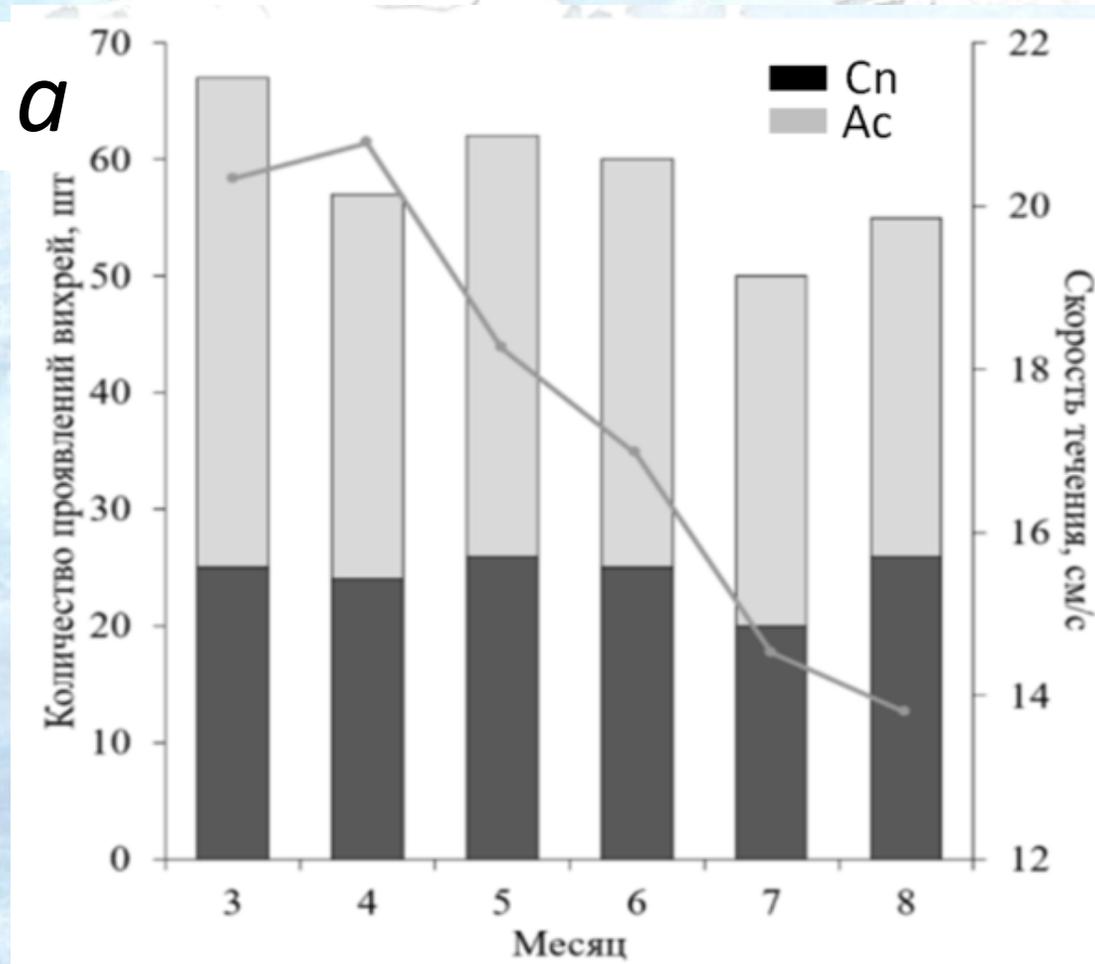
# КЛИМАТОЛОГИЯ



Год	Мезо-		Субмезо-	
	Кол-во	D, км	Кол-во	D, км
Весна				
2015	29	90	8	3.6
2016	28	86	24	2.7
2017	26	88	72	2.9
2018	29	96	17	2.8
2019	22	94	51	2.5
2020	20	88	44	2.6
2021	23	89	13	3.1
2022	22	95	48	2.6
2023	10	102	40	2.7
2024	13	109	24	2.9
Лето				
2015	18	80	10	2
2016	30	98	19	2.6
2017	28	90	42	4.7
2018	20	96	53	2.8
2019	31	84	108	4.3
2020	29	86	84	3.9
2021	18	95	14	2.7
2022	18	113	101	4.2
2023	10	110	82	3.9
2024	15	114	123	3.8



Гистограммы распределения количества мезомасштабных вихрей (а) и субмезомасштабных (б) вихрей по месяцам





- 1) **характеристики вихрей** на разных масштабах подвержены значительной межгодовой изменчивости. Отмечается тенденция **сокращения количества мезомасштабных вихрей** и увеличения их диаметров, при этом количество **субмезомасштабных вихрей возрастает**;
- 2) **внутригодовая изменчивость** характеристик разномасштабных вихрей зависит от особенностей сезонных колебаний Восточно-Камчатского течения и ветрового режима;
- 3) **приливной фактор** вероятнее всего является **доминирующей причиной появления групп малых вихрей на периферии** более крупных мезомасштабных вихрей в условиях, когда топографические эффекты не столь существенны;
- 4) **субмезомасштабные вихри** могут влиять на **локальное перераспределение кормовой базы**, что критически важно для ранних стадий развития рыб.

**Спасибо за внимание!**

Зимин Алексей Вадимович  
СПбФ ИО РАН  
zimin2@mail.ru

**Грант РФФ 23-17-00174**