

Характеристики вихрей в амеразийском секторе Арктики по данным спутниковых радиолокационных наблюдений

Артамонова А.В. (1), Козлов И.Е. (2)

(1) Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), Санкт-Петербург, Россия

(2) Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия

Актуальность работы

В амеразийском секторе Северного Ледовитого океана (СЛО) существует несколько систем интенсивных течений (круговорот Бофорта, заток тихоокеанских вод через Берингов пролив, Аляскинское прибрежное течение и т.д.), многие из которых являются районами регулярной генерации вихрей, оказывающих влияние на перенос водных масс и различных примесей на большие расстояния от мест их образования.

Тем не менее на данный момент исследование критических характеристик этих вихрей представлено сравнительно небольшим количеством ограниченных по времени и пространству прямых наблюдений (D'Asaro, 1988; Timmermans et al., 2008; Zhao et al., 2014, 2016; Fine et al. 2018).

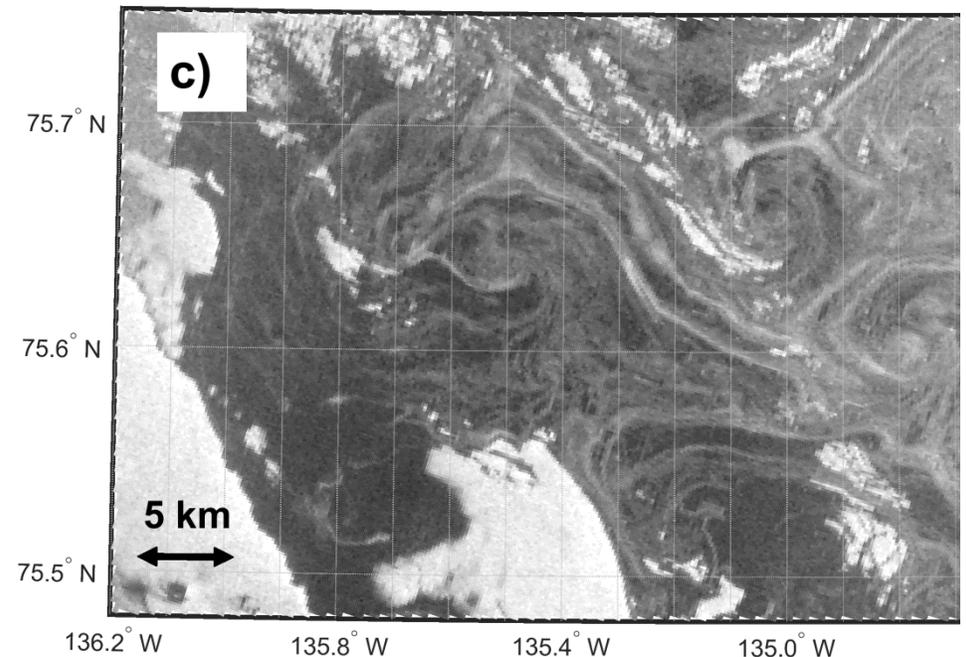
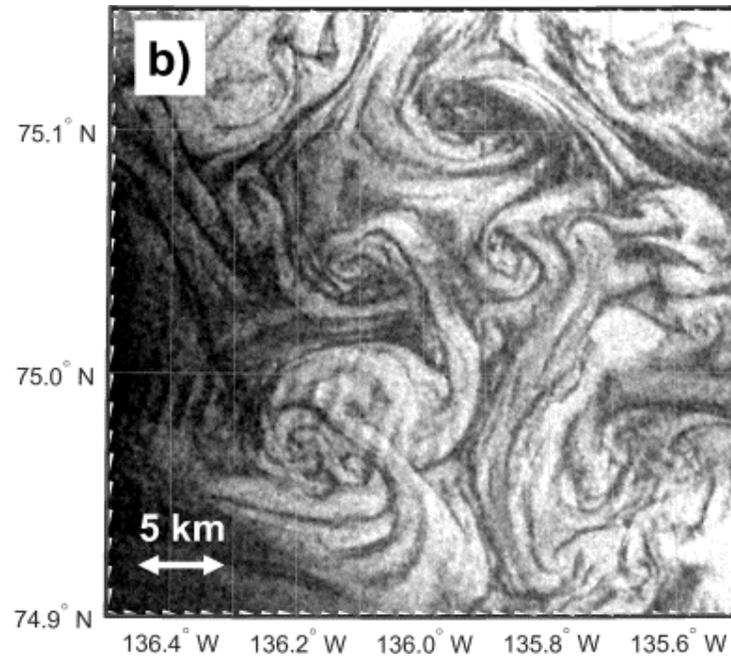
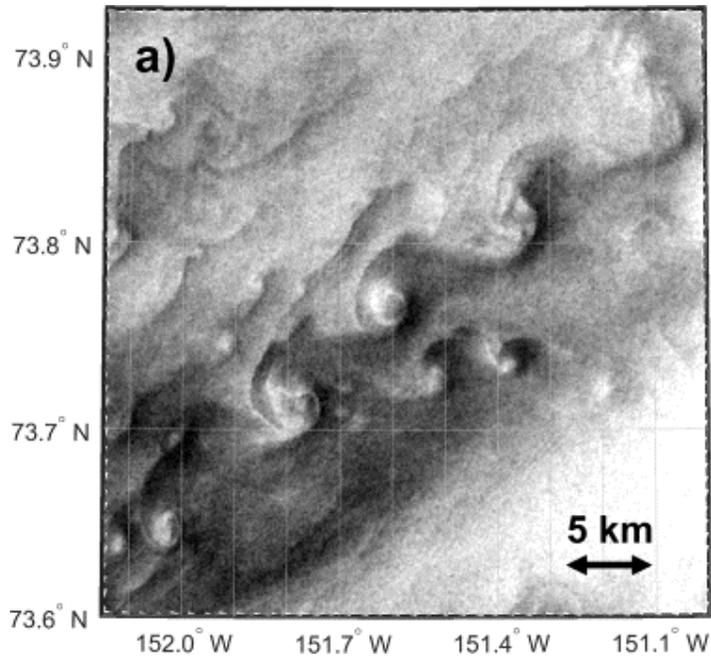
Целью данной работы является восполнение пробела в области исследования вихревой динамики в амеразийском секторе Арктики на основе использования спутниковых радиолокационных измерений высокого пространственного разрешения.

Примеры проявлений вихревых структур на изображениях РСА:

a) взаимодействие волн и течений

b) поверхностные плёнки

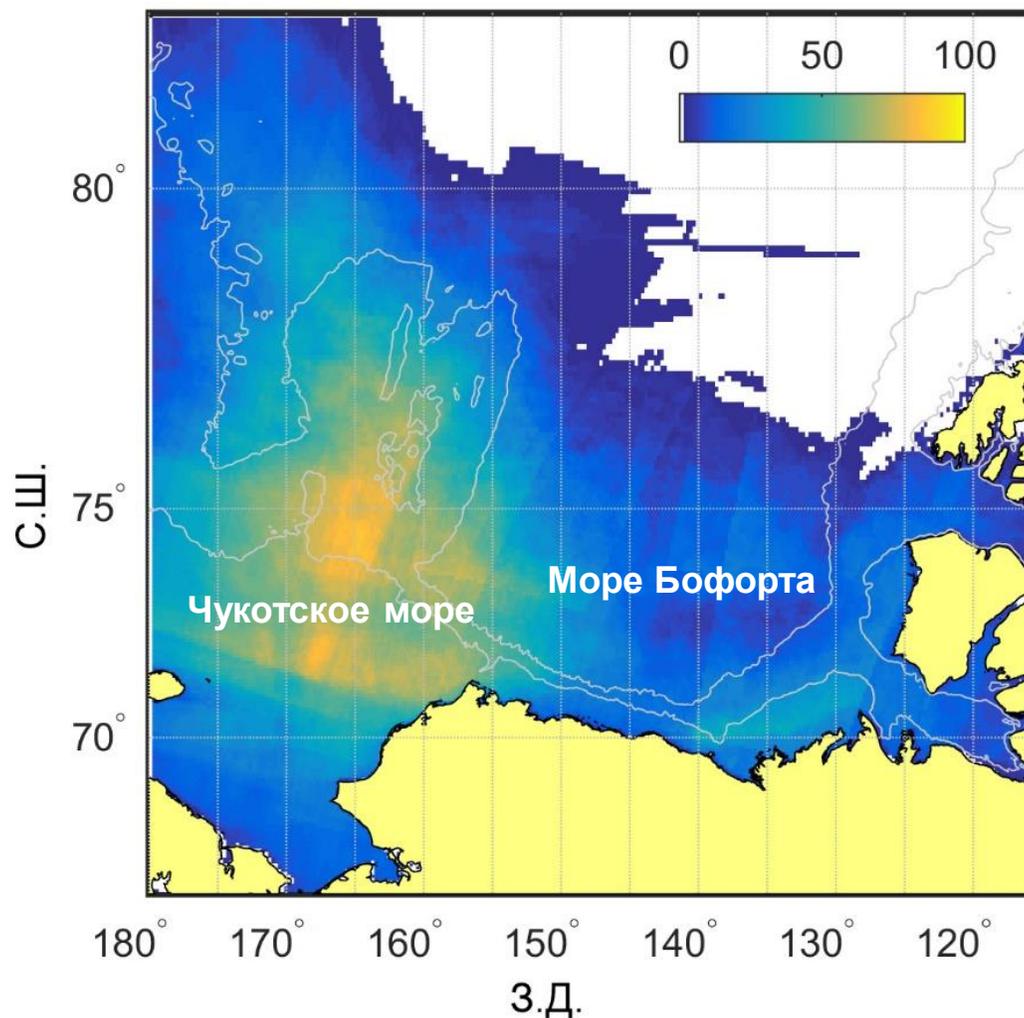
c) ледовые трассеры в прикромочной зоне льда (ПЗЛ)



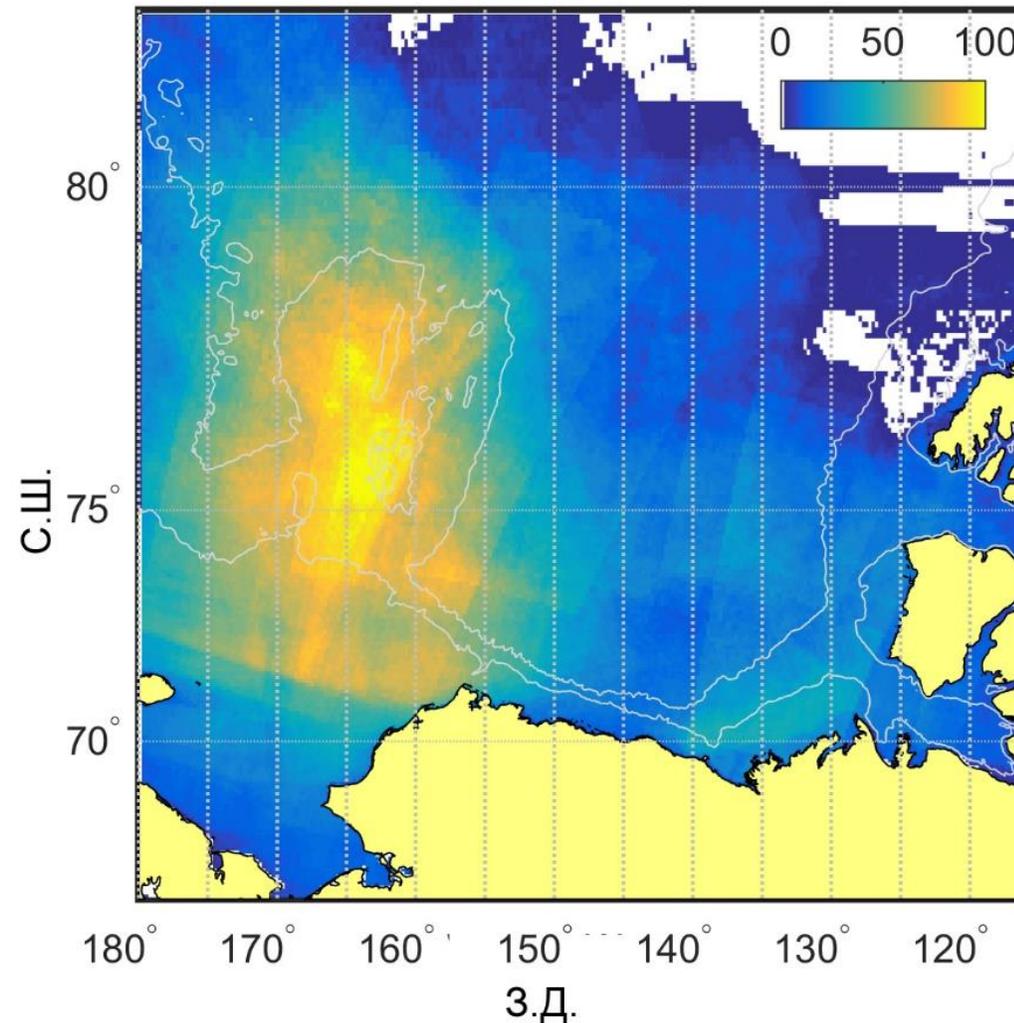
Информация о количестве РСА изображений, использованных в анализе

Год	Сенсор	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Всего
2007	ASAR	11	23	57	38	18	147
2011	ASAR	83	59	32	34	17	225
2016	S-1 А, В	30	58	52	27	17	184
2016	Palsar-2	-	-	8	17	11	36
Всего							592

Покрытие района исследования данными РСА в течение трех летних сезонов 2007, 2011 и 2016 года

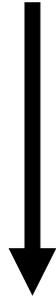


Для участков открытой воды

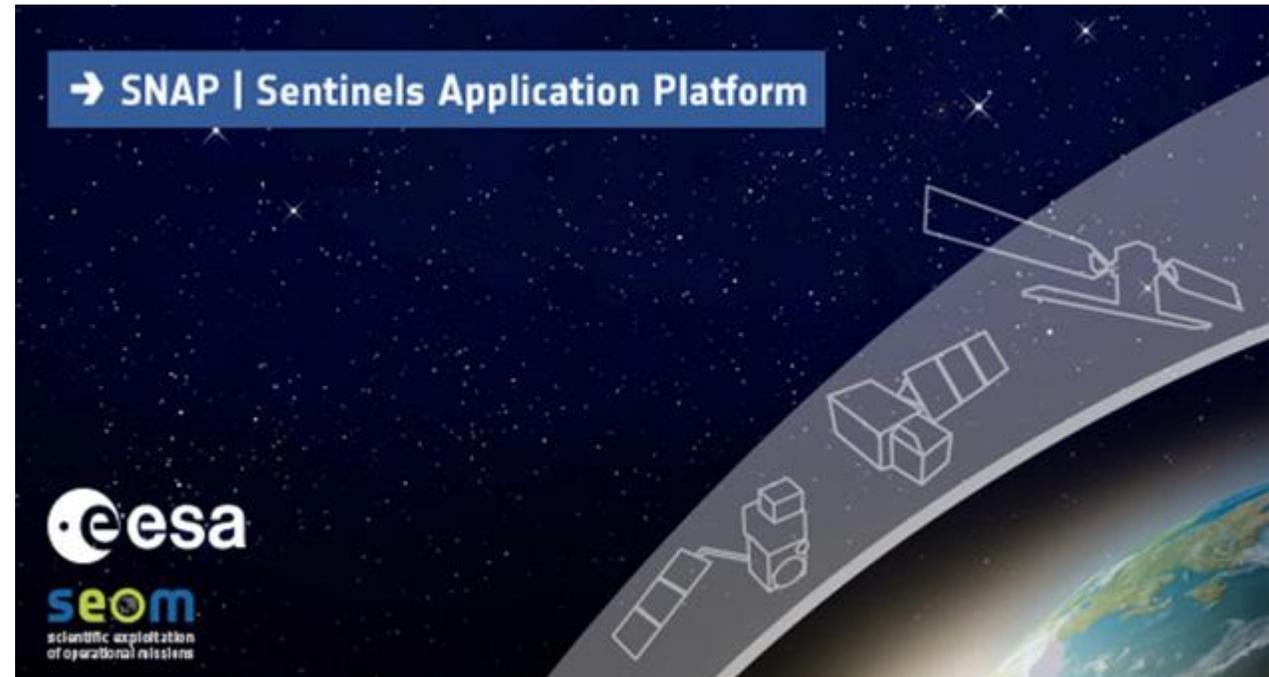


Для прикромочной зоны льда

ASAR



Sentinel-1
PALSAR-2

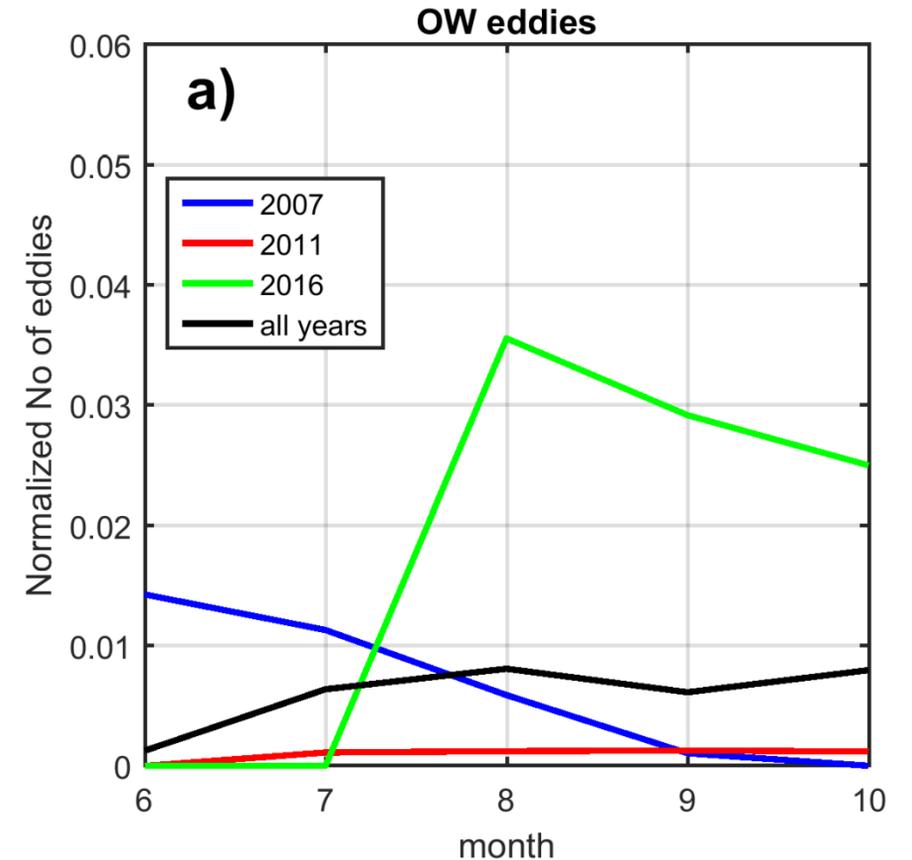


Количество идентифицированных вихрей открытой воды в июне-октябре 2007, 2011 и 2016 гг

Summary of Open-Water Eddy Detection in Spaceborne SAR Data in the Western Arctic Ocean in June–October 2007, 2011, and 2016

Year	2007		2011		2016		All years	
Month	C ¹	AC ²	C	AC	C	AC	C	AC
June	13	5	0	0	0	0	13	5
July	222	170	23	7	0	0	245	177
August	489	231	33	7	476	160	998	398
Sept	85	31	71	21	824	321	980	373
October	0	1	15	5	520	348	535	354
Total	809	438	142	40	1820	829	2771	1307
	1247		182		2649		4078	

C¹ denotes cyclonic eddies, while AC² anticyclonic ones.

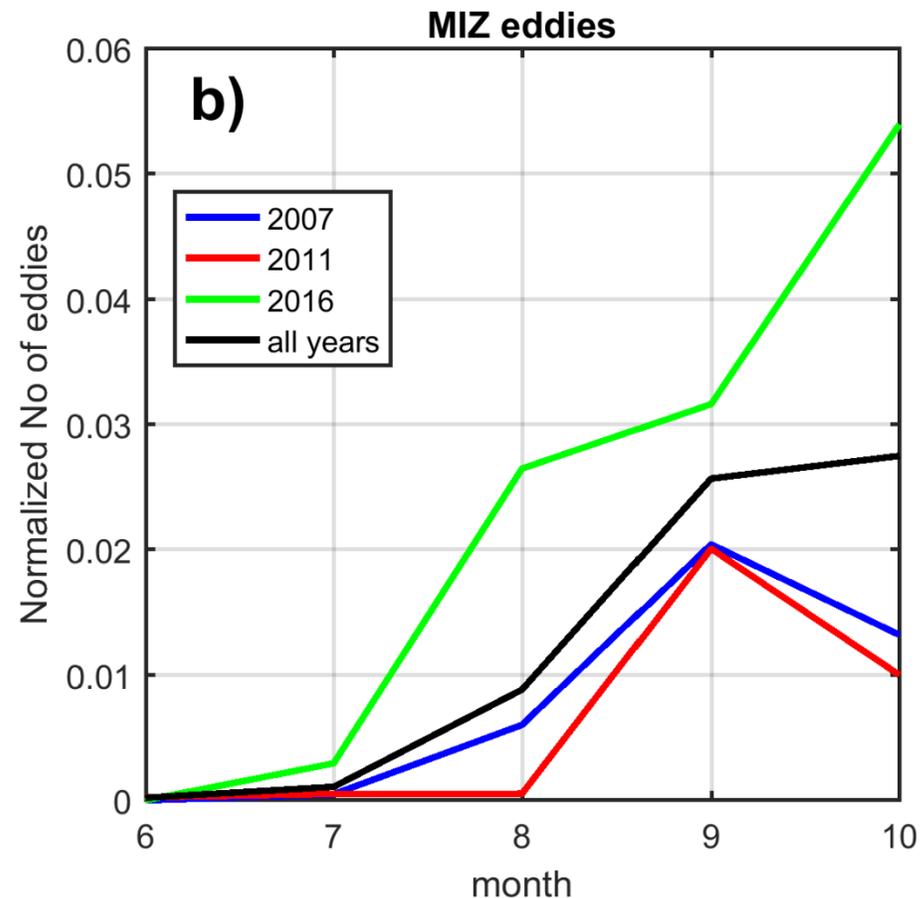


**Межгодовая изменчивость нормированного
числа вихрей открытой воды**

Количество идентифицированных вихрей ПЗЛ в июне-октябре 2007, 2011 и 2016 гг

Summary of MIZ Eddy Detection in Spaceborne SAR Data in the Western Arctic Ocean in June–October 2007, 2011, and 2016

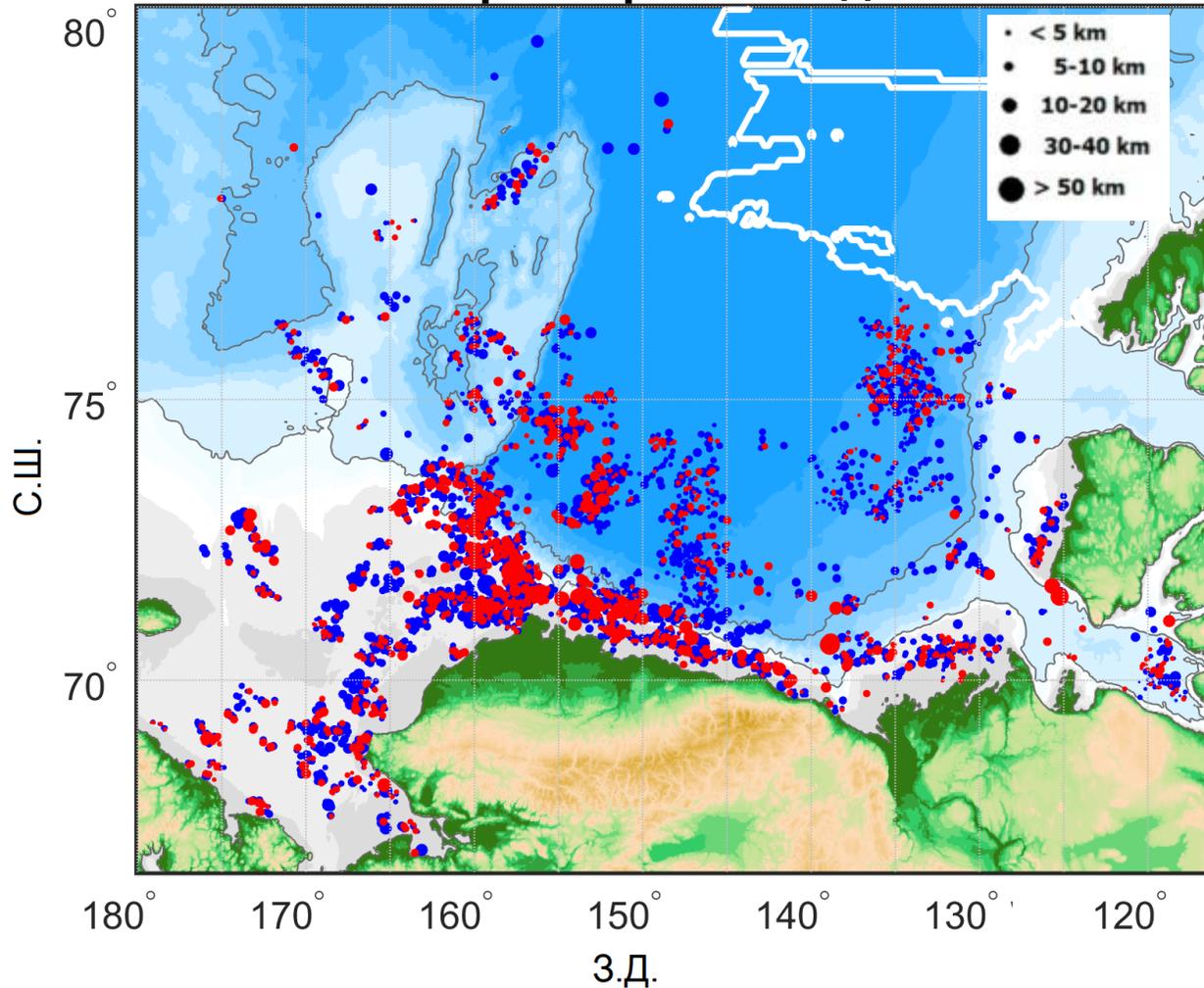
Year	2007		2011		2016		All years	
Month	C	AC	C	AC	C	AC	C	AC
June	0	0	2	2	0	0	2	2
July	9	4	10	9	36	21	55	34
August	159	173	11	11	497	254	667	438
Sept	121	67	295	170	603	344	1019	581
October	127	37	53	23	381	252	561	312
Total	416	281	371	215	1517	871	2304	1367
	697		586		2388		3671	



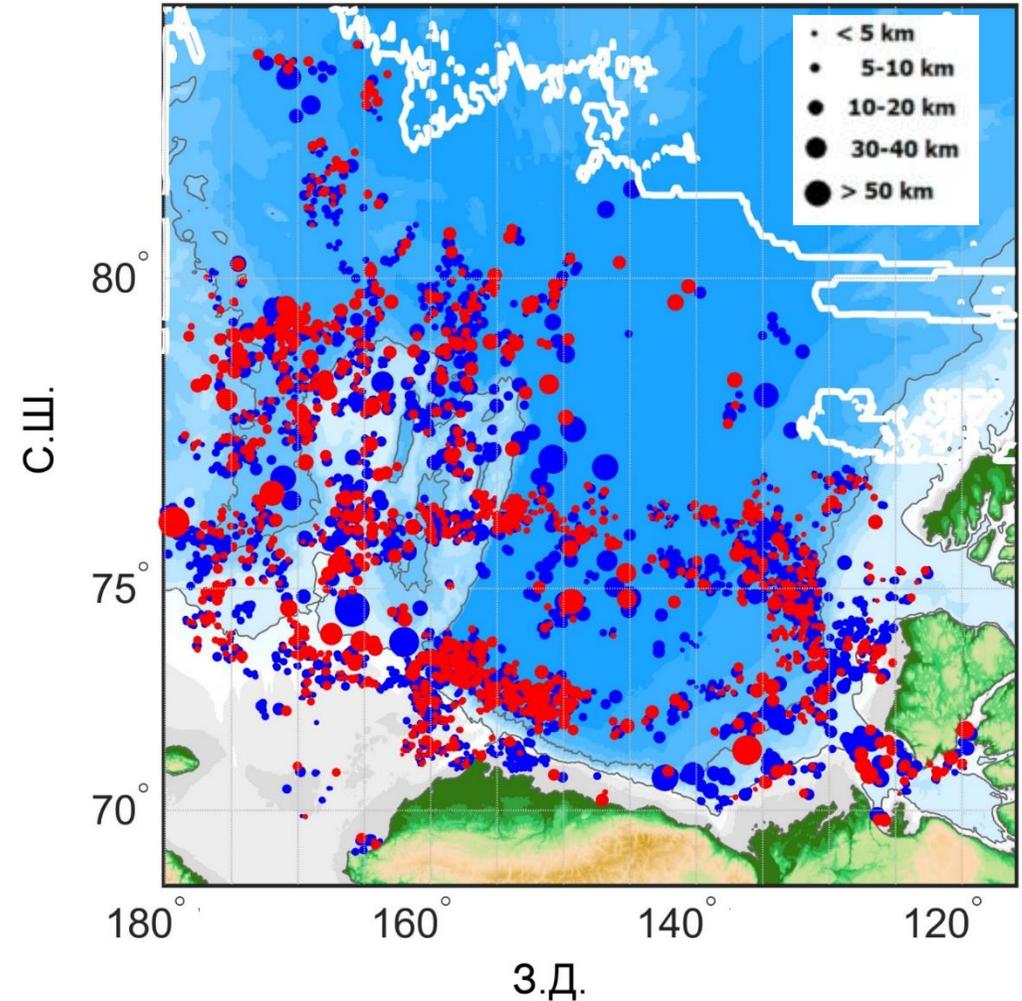
**Межгодовая изменчивость нормированного
числа вихрей прикромочной зоны льда**

Местоположение идентифицированных вихревых структур

Вихри открытой воды

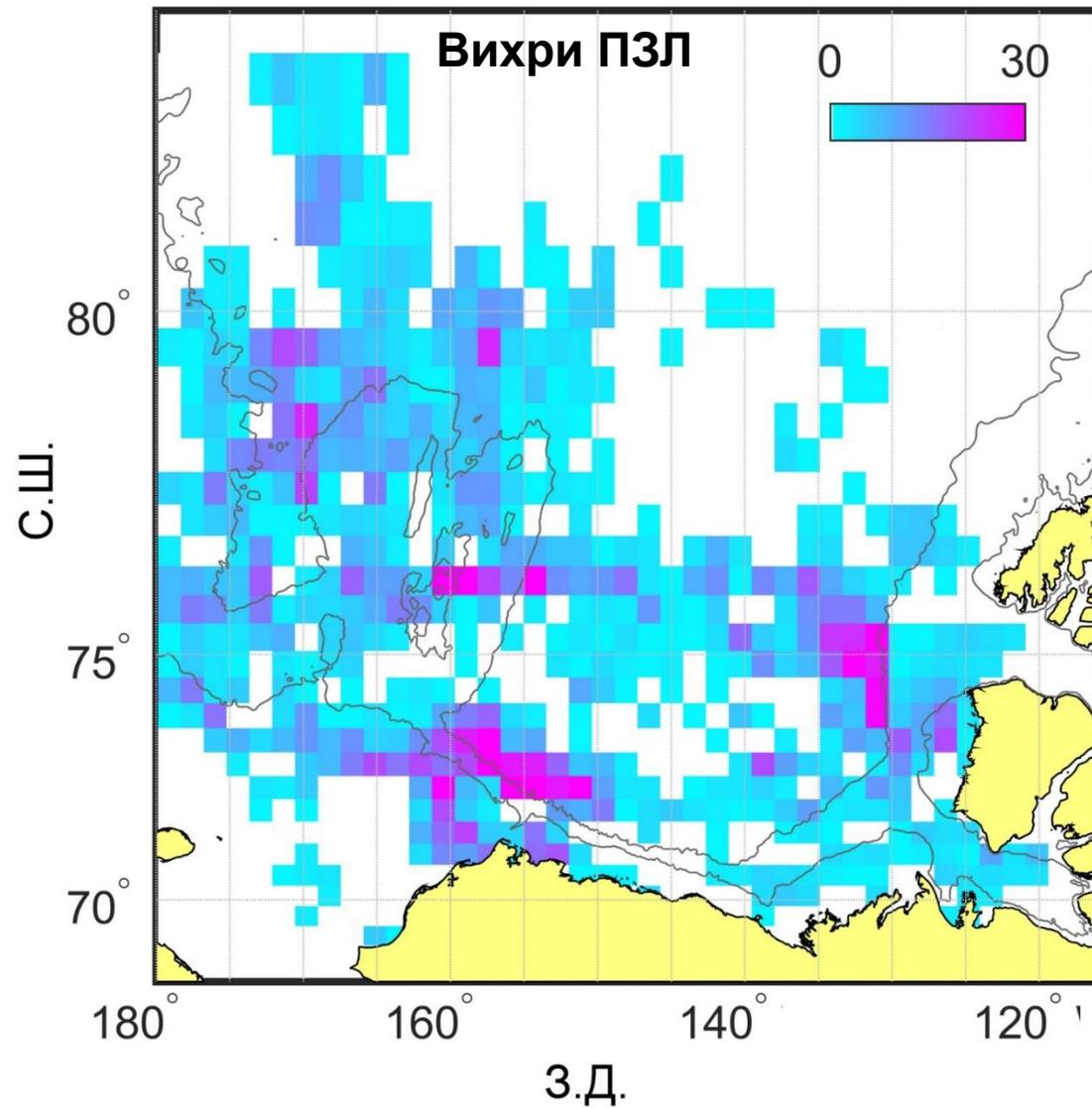
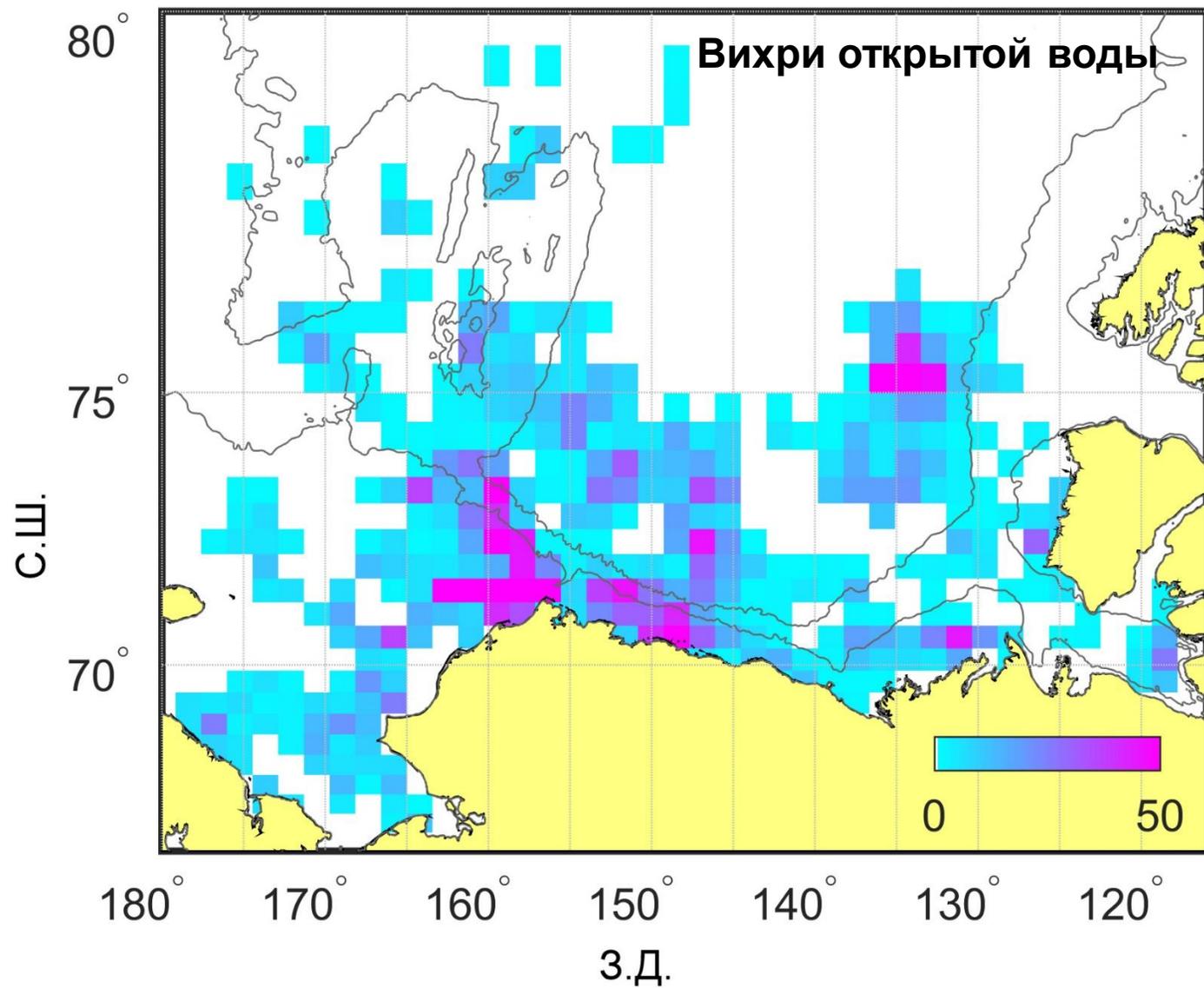


Вихри ПЗЛ

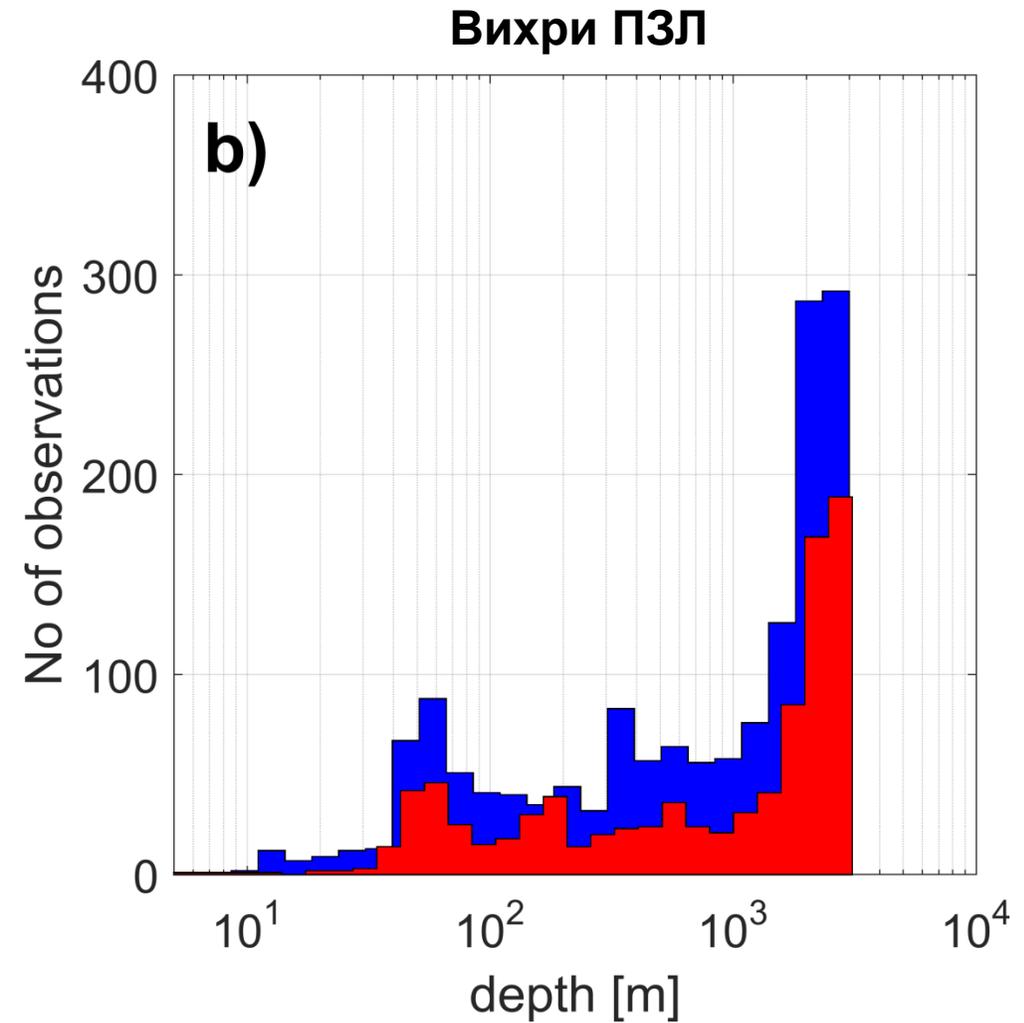
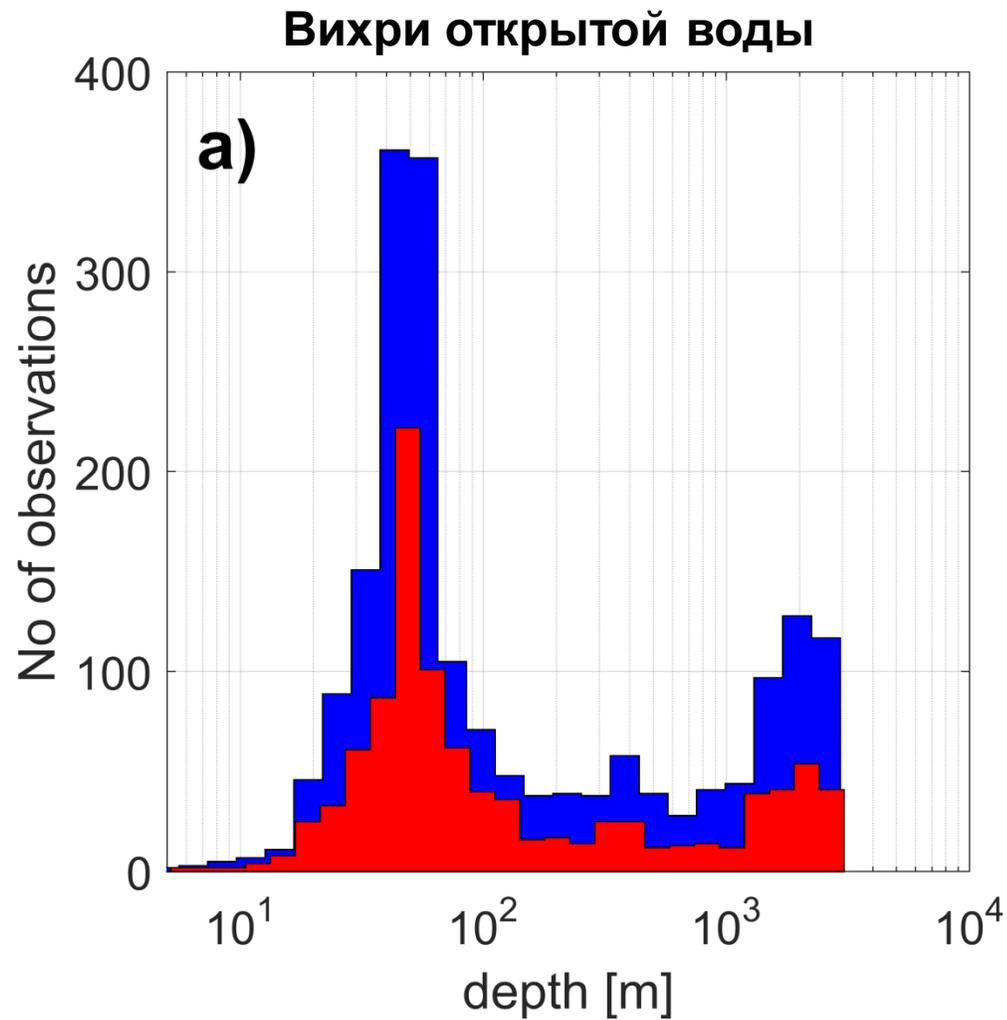


Синие (**красные**) маркеры обозначают циклонические (антициклонические) вихри. Размеры маркеров пропорциональны диаметрам вихрей. Белая линия показывает границу области, к северу от которой отсутствуют свободные ото льда данные.

Общее количество вихрей на сетке с величиной квадрата 50 x 50 км



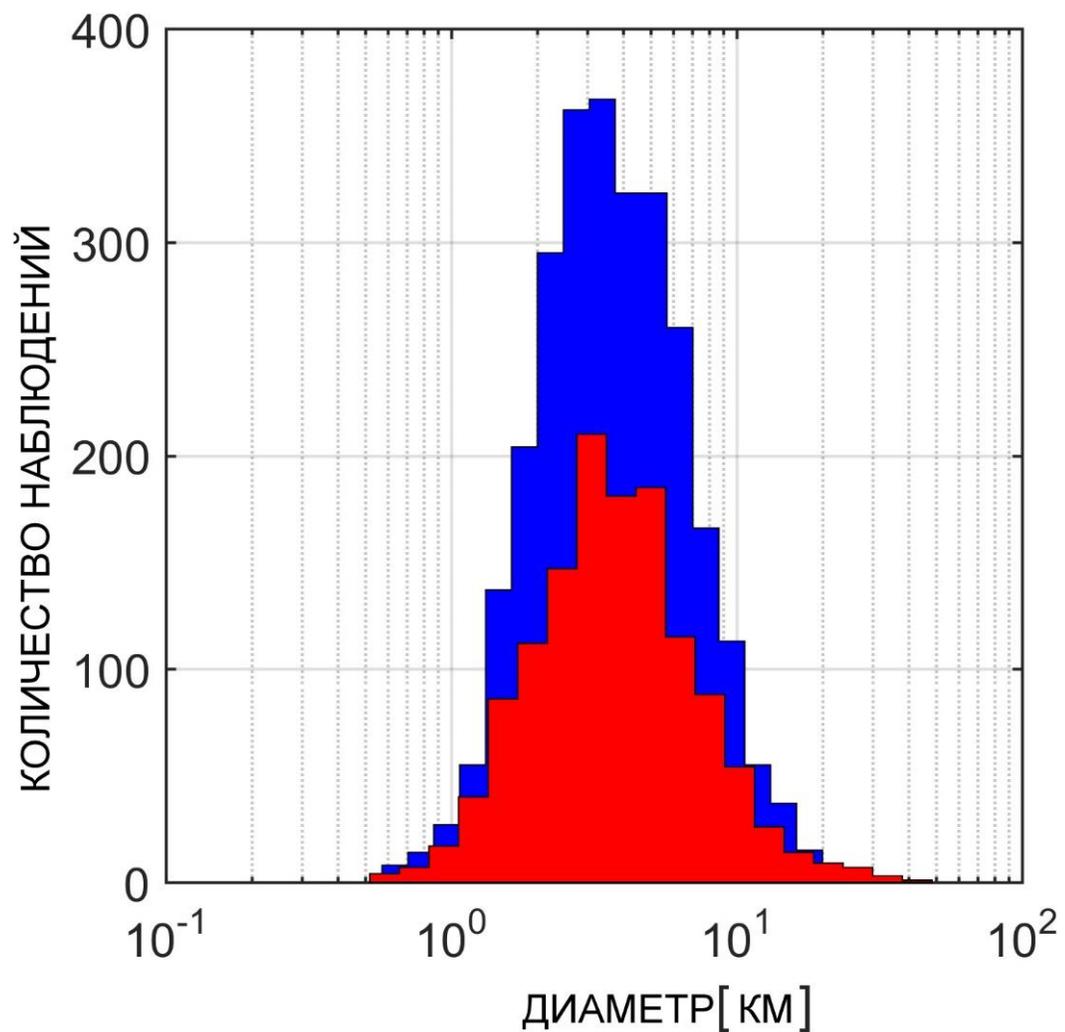
Гистограммы распределения глубин, над которыми наблюдались вихри



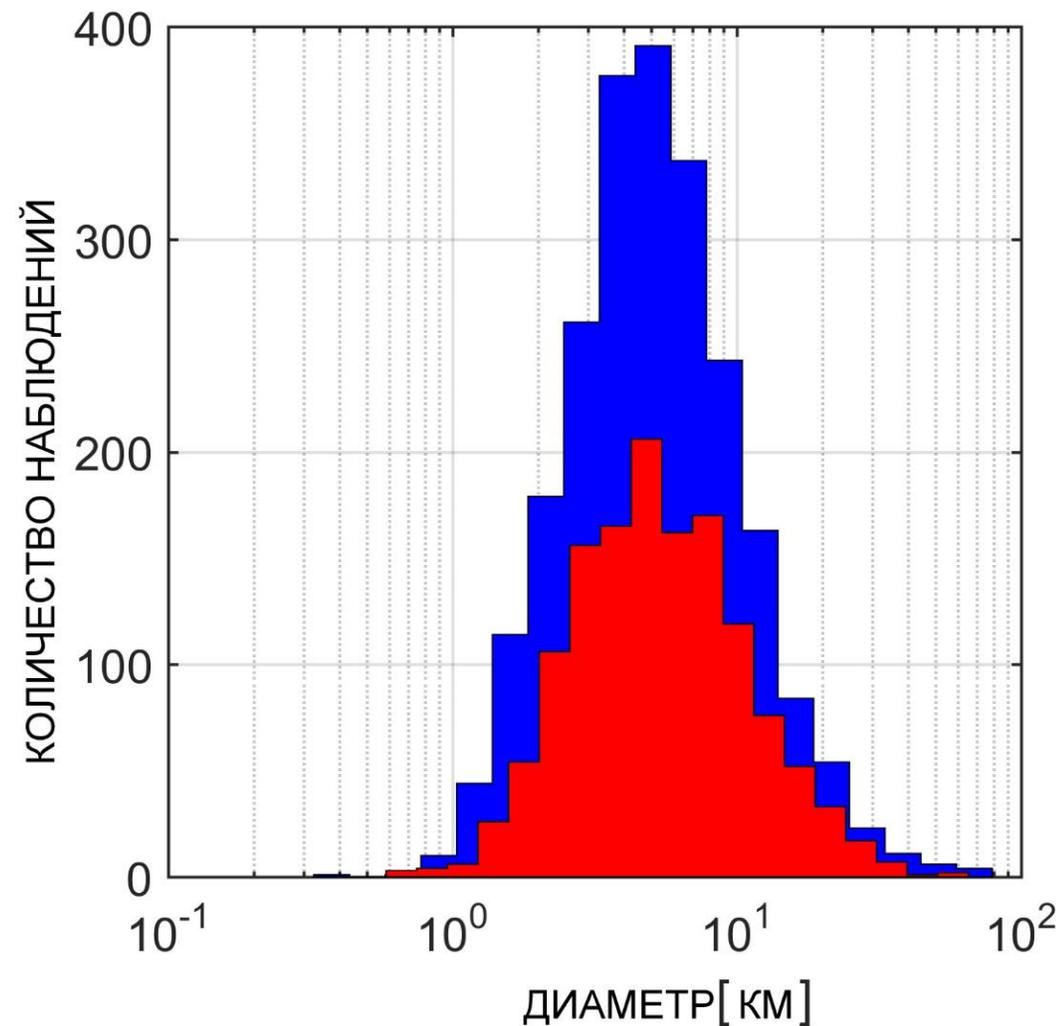
Синий (**красный**) цвет обозначает циклонические (антициклонические) вихри.

Гистограммы распределения диаметров

Вихри открытой воды

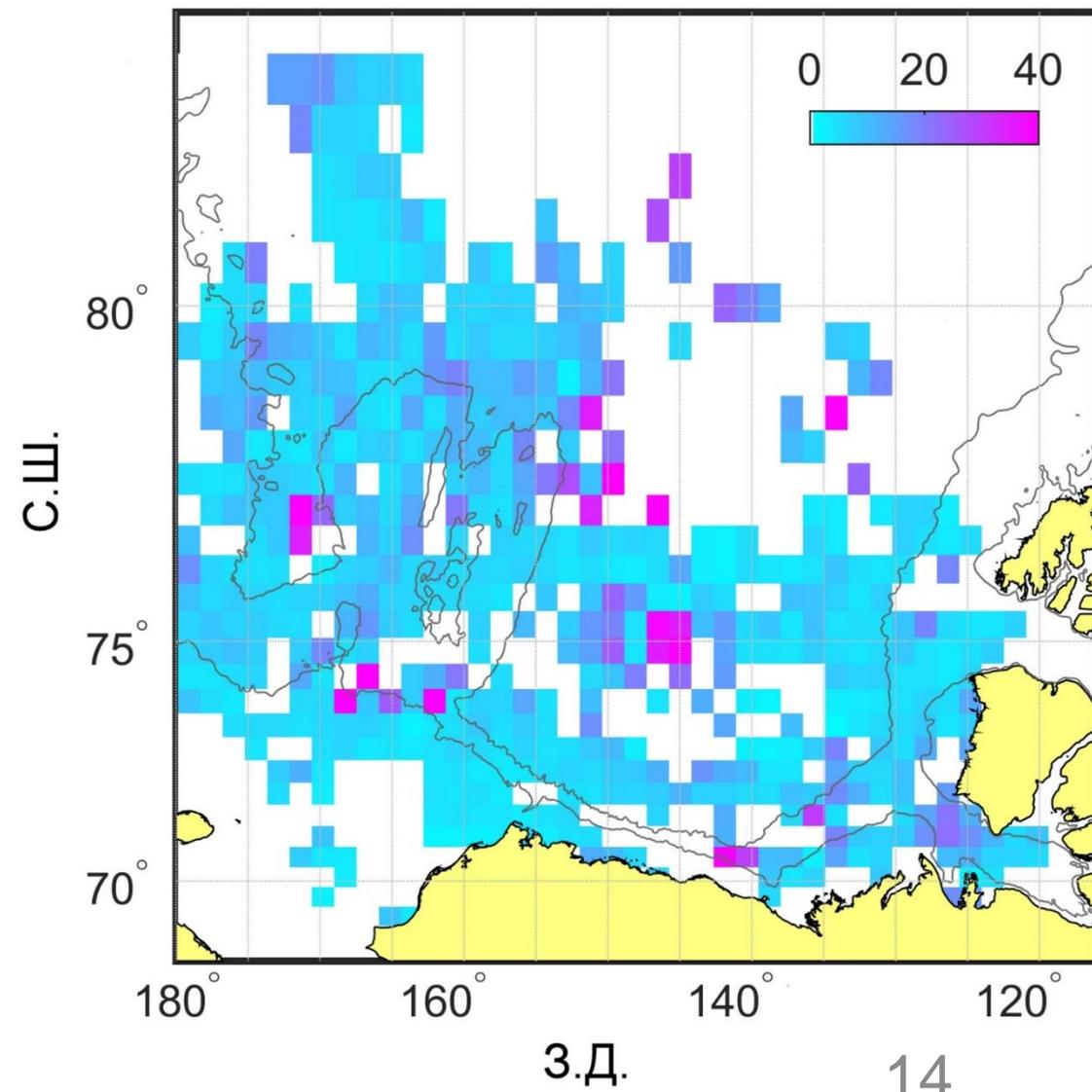
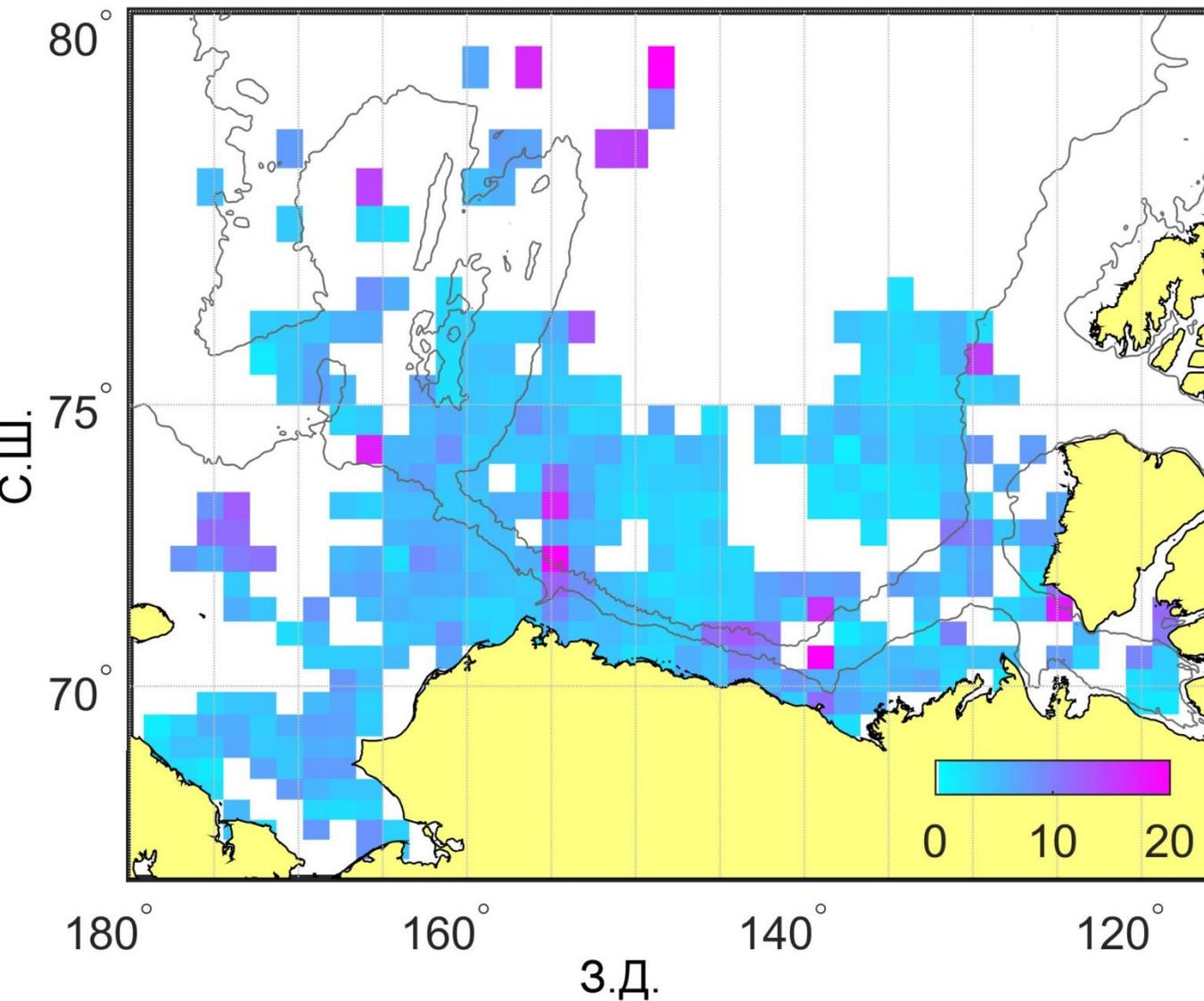


Вихри ПЗЛ

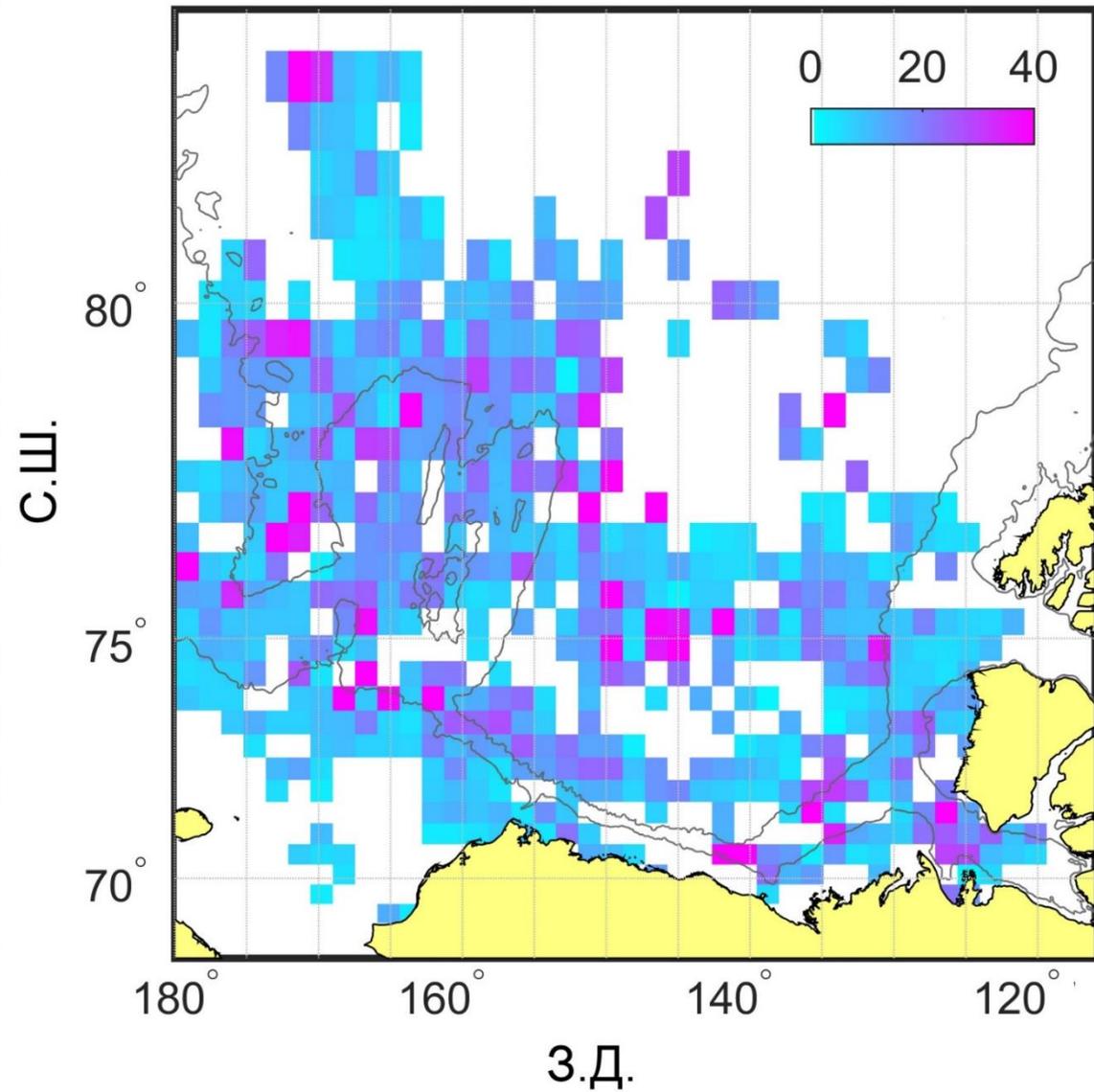
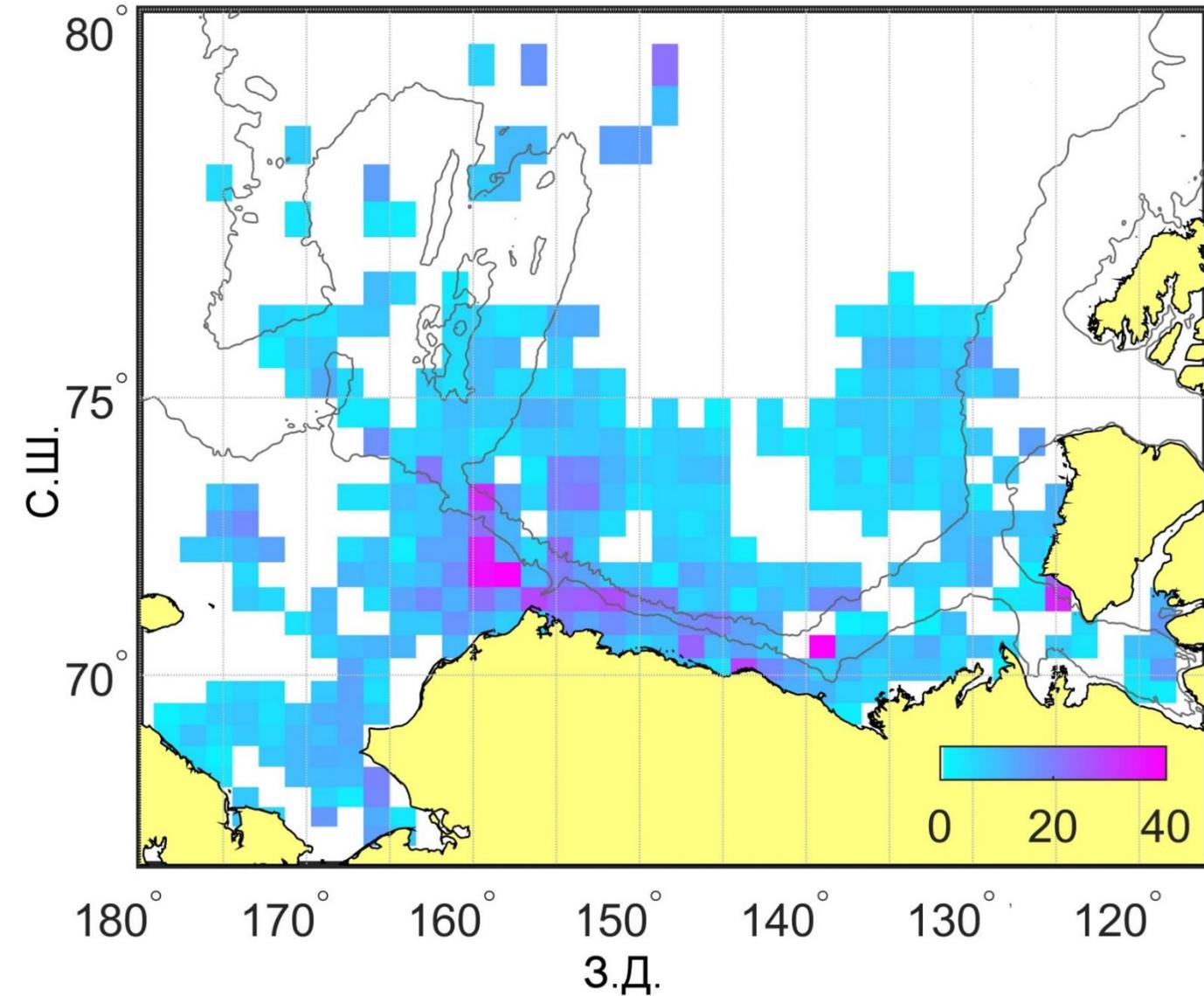


Синий (красный) цвет обозначает циклонические (антициклонические) вихри.

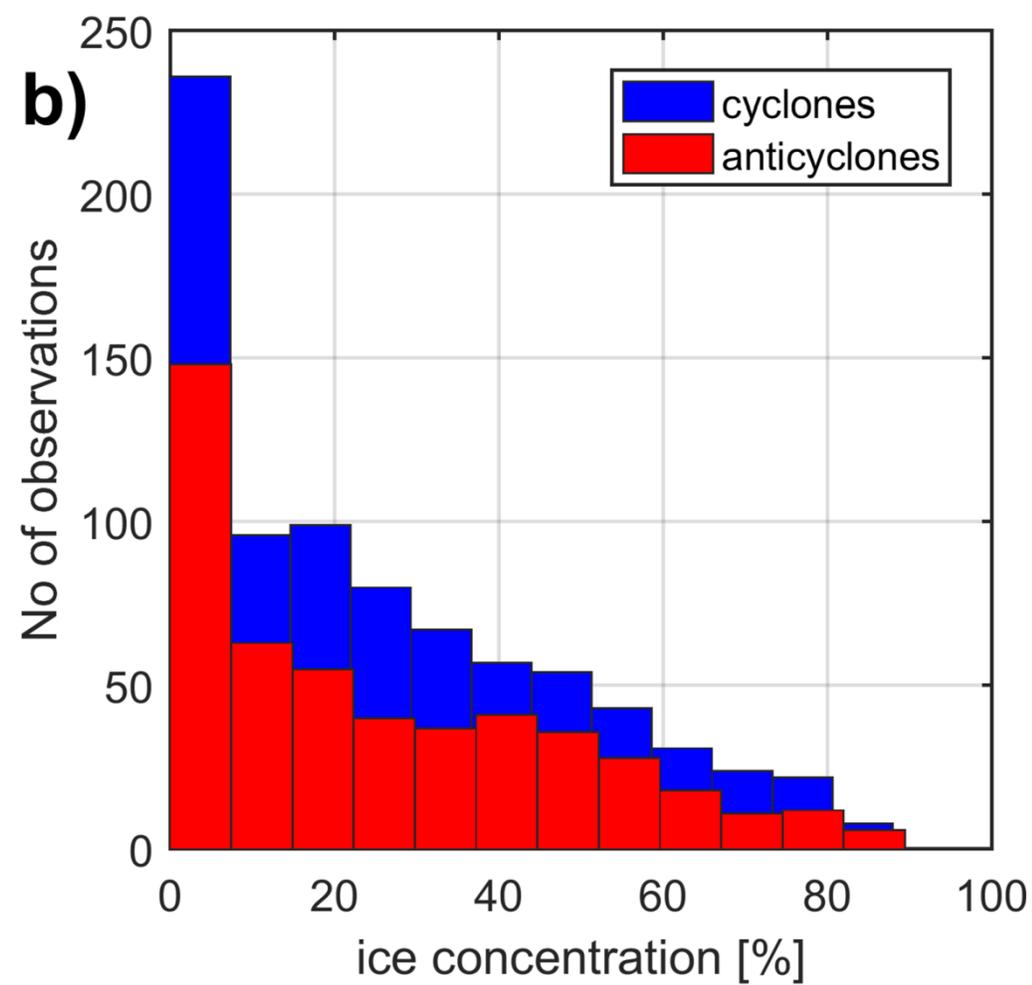
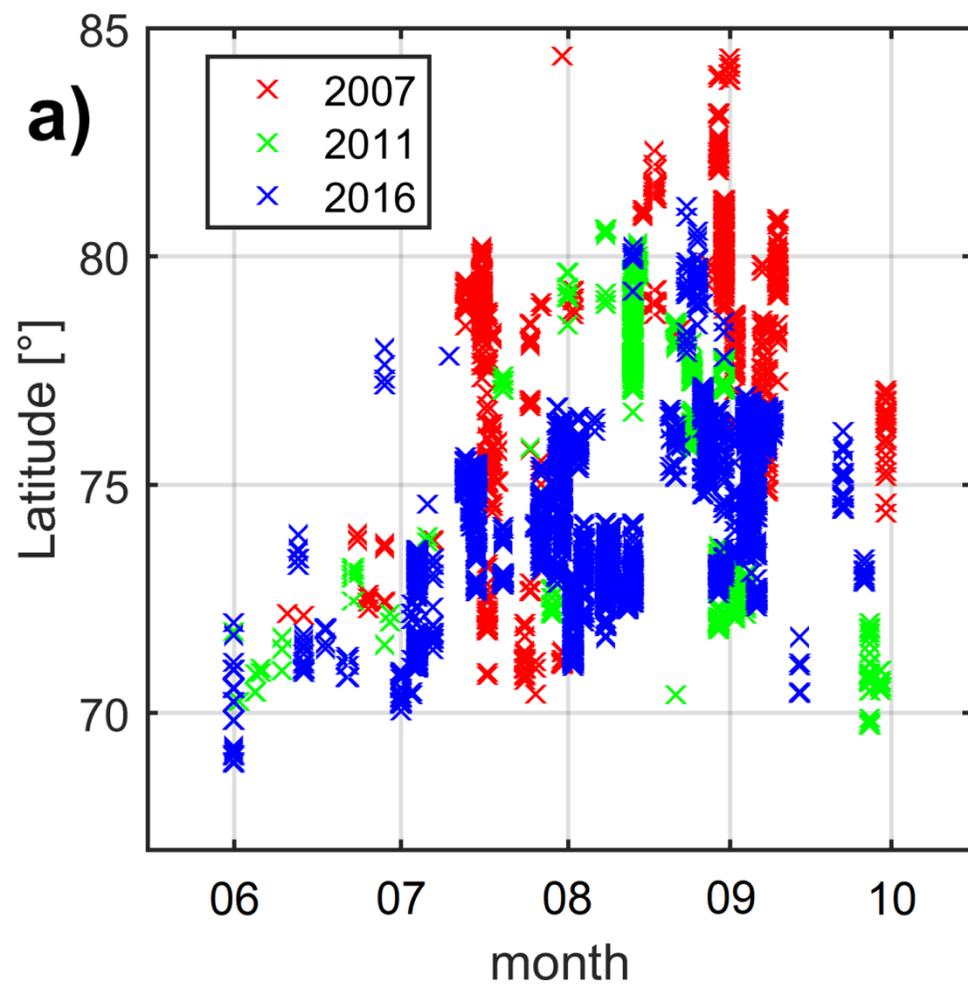
Пространственное распределение среднего диаметра для вихрей, идентифицированных в открытой воде и в ПЗЛ на квадрат сетки 50 x 50 км



Пространственное распределение максимального диаметра для вихрей, идентифицированных в открытой воде и в ПЗЛ на квадрат сетки 50 x 50 км



Сезонные изменения в широтном положении вихрей ПЗЛ с июля по ноябрь (а) и число вихрей в зависимости от концентрации льда



Красным, зеленым и синим на отмечены местоположения вихрей, идентифицированных в 2007, 2011 и 2016 годах соответственно

Заключение

Впервые на основе анализа большого массива данных РСА получены детальные характеристики океанских вихрей для амеразийского сектора СЛО.

Анализ 592 РЛИ позволил выделить более 4000 проявлений вихрей в открытой воде и более 3500 проявлений вихрей ПЗЛ. Показано, что около 64% от общего числа вихрей являются циклоническими.

Чаще всего проявления вихрей наблюдались на шельфе и вблизи континентального склона, однако в большом количестве они также присутствуют и в глубоководных районах Канадского бассейна.

Диаметры зарегистрированных вихрей варьируются от 0,5 до 100 км, но около 80% всех вихрей имели диаметры менее 10 км. Поскольку радиус деформации Россби для района исследований в летнее время составляет 3-15 км, значительная часть наблюдаемых вихрей может относиться к субмезомасштабу.

Впервые для вихрей ПЗЛ приведена зависимость между концентрацией льда в ПЗЛ и количеством зарегистрированных вихревых структур. Максимальное число вихрей было зарегистрировано на границе ПЗЛ и в областях с концентрацией льда до 20%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ
№18-35-20078 мол_а_вед

Результаты данной работы опубликованы:

Kozlov I.E., Artamonova A.V., Manucharyan G.E., Kubryakov A.A.
Eddies in the Western Arctic Ocean from spaceborne SAR observations over open ocean and marginal ice zones. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 2019. Vol. 124(9). P. 6601- 6616.

Спасибо за внимание!