

# Осциллирующий пограничный слой на шельфе и его роль в диссипации кинетической энергии общей и мезомасштабной циркуляции вод Черного моря.

*Зацепин А.Г.<sup>1</sup>, Баранов В.И.<sup>2</sup>, Корж А.О.<sup>2</sup>, Кременецкий В.В.<sup>1</sup>,  
Куклева О.Н.<sup>3</sup>, Пиотух В.Б.<sup>1</sup>, Соловьев Д.М.<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия*

*<sup>2</sup> Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова  
РАН, Калининград,, Россия*

*<sup>3</sup> Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
Геленджик,, Россия*

*<sup>4</sup> Морской гидрофизический институт НАН, Севастополь, Украина*

# Стационарные измерения профиля скорости течения с помощью акустического доплеровского профилографа (ADCP) на внутреннем шельфе

## ADCP RDI600KHz (с функцией изм. волн):

точка установки 44 34.190', 37 58.436';

примерно 1 км от берега;

глубина установки  $H = 22$  м

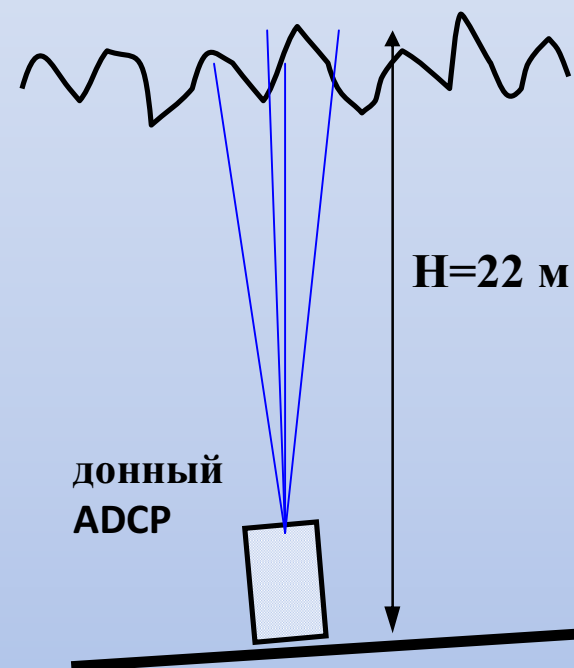
инт. наблюдений: 18.05.10 - по н. в., > 1 года

## Измерялись и рассчитывались:

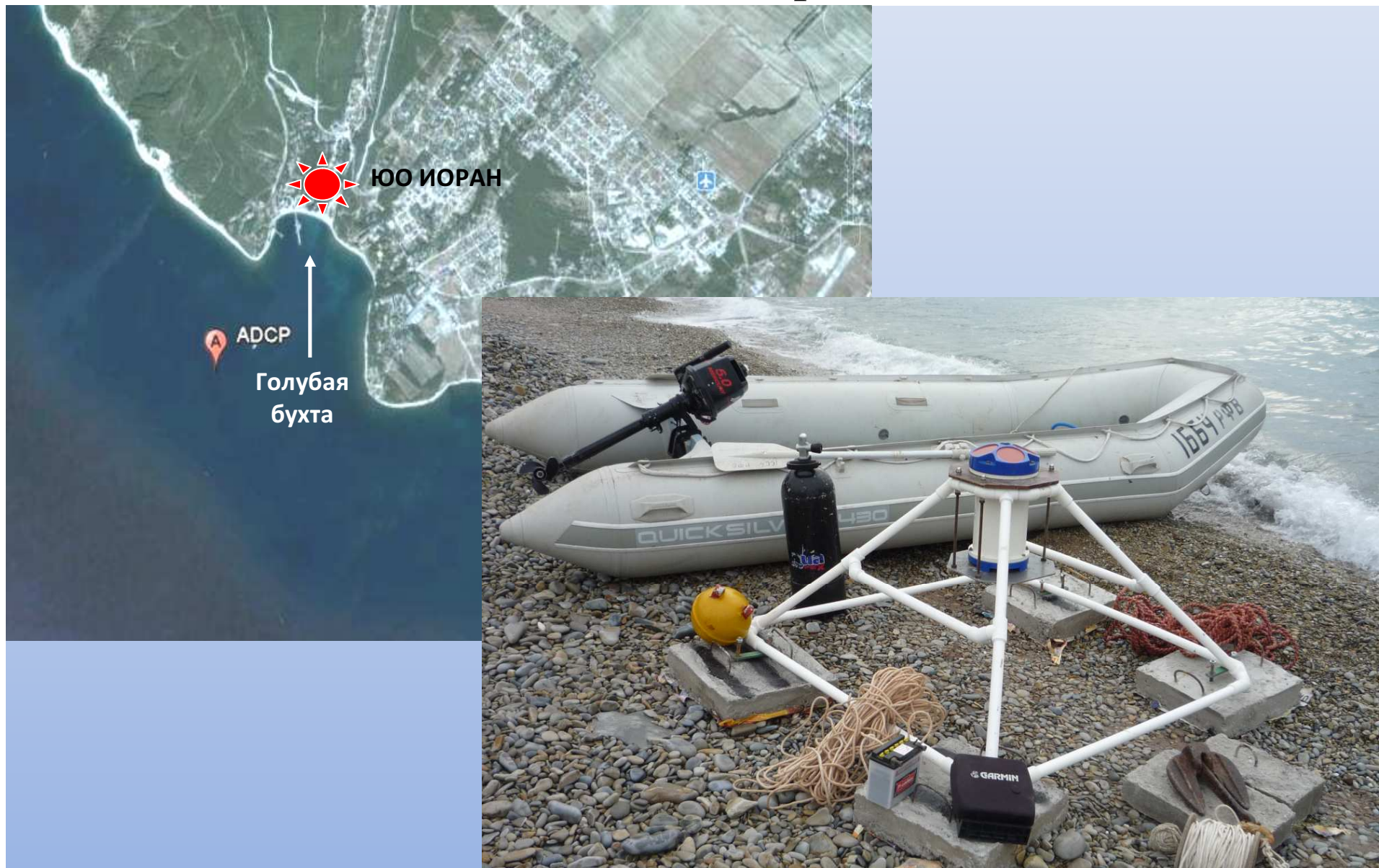
интегральные скорости по столбу воды над ADCP

температура – в точке установки (т.е. вблизи дна)

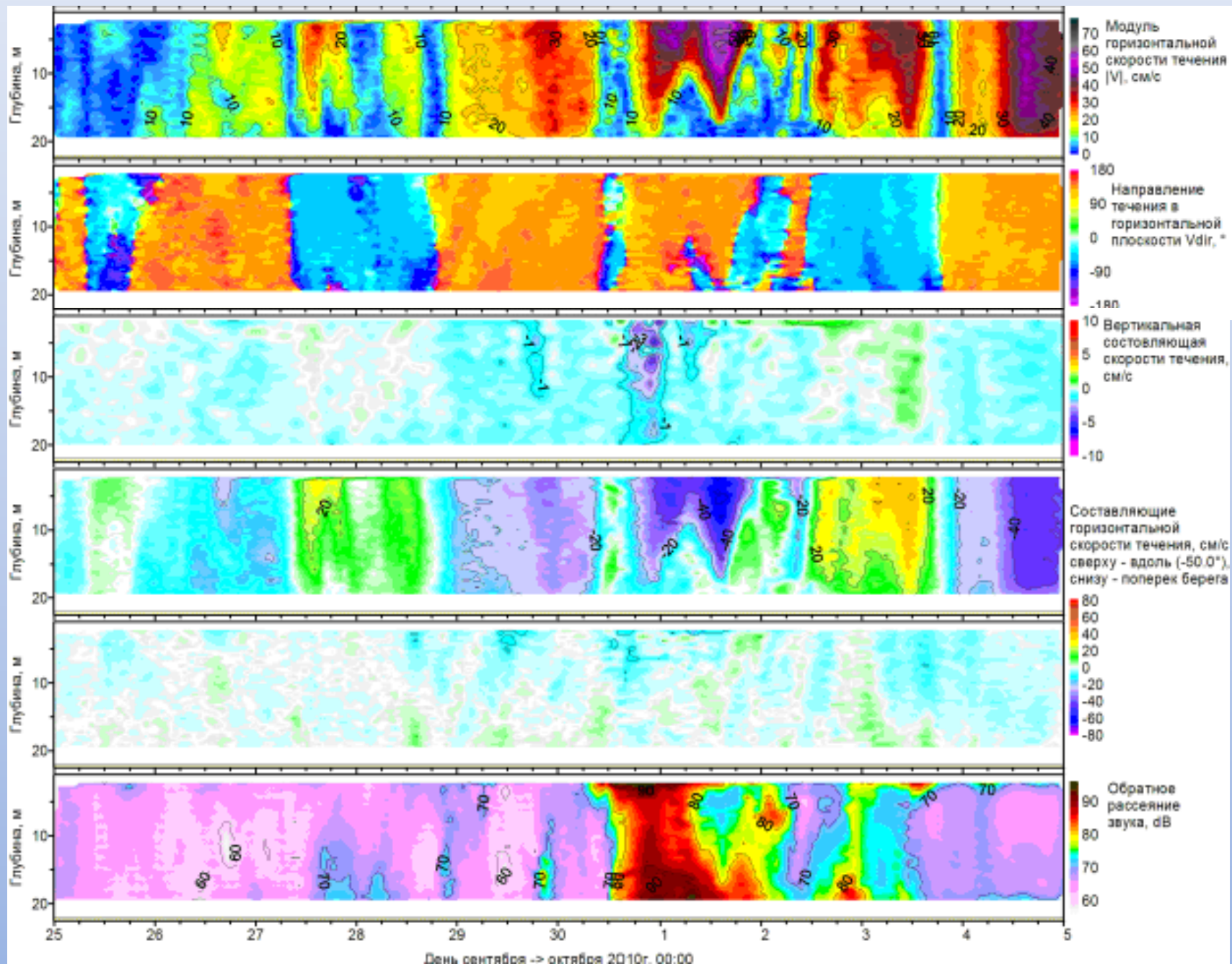
периодичность отсчетов в файле – 0.5 часа.



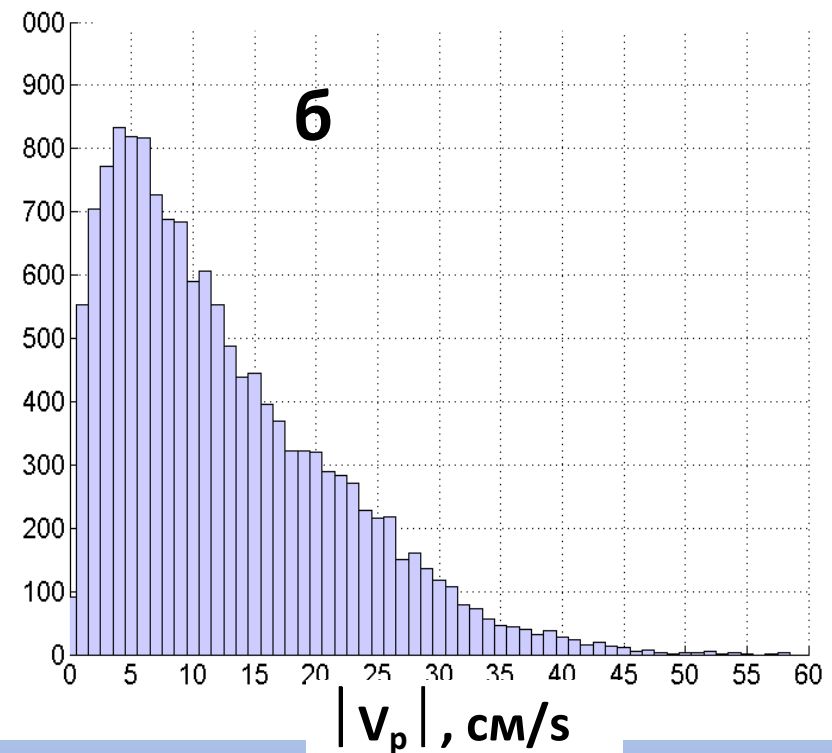
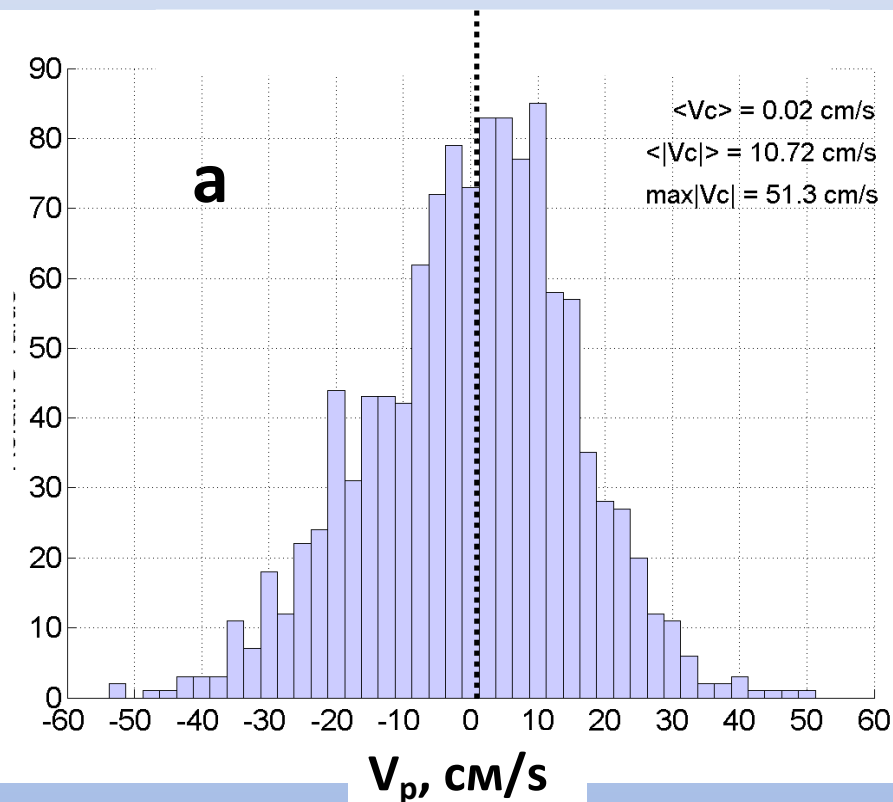
# Место расположения донной станции с ADCP на карте геленджикского района Черного моря и сама станция в немагнитной пирамиде



# Пример обработки записи ADCP за декаду с 25.09 по 05.10.10

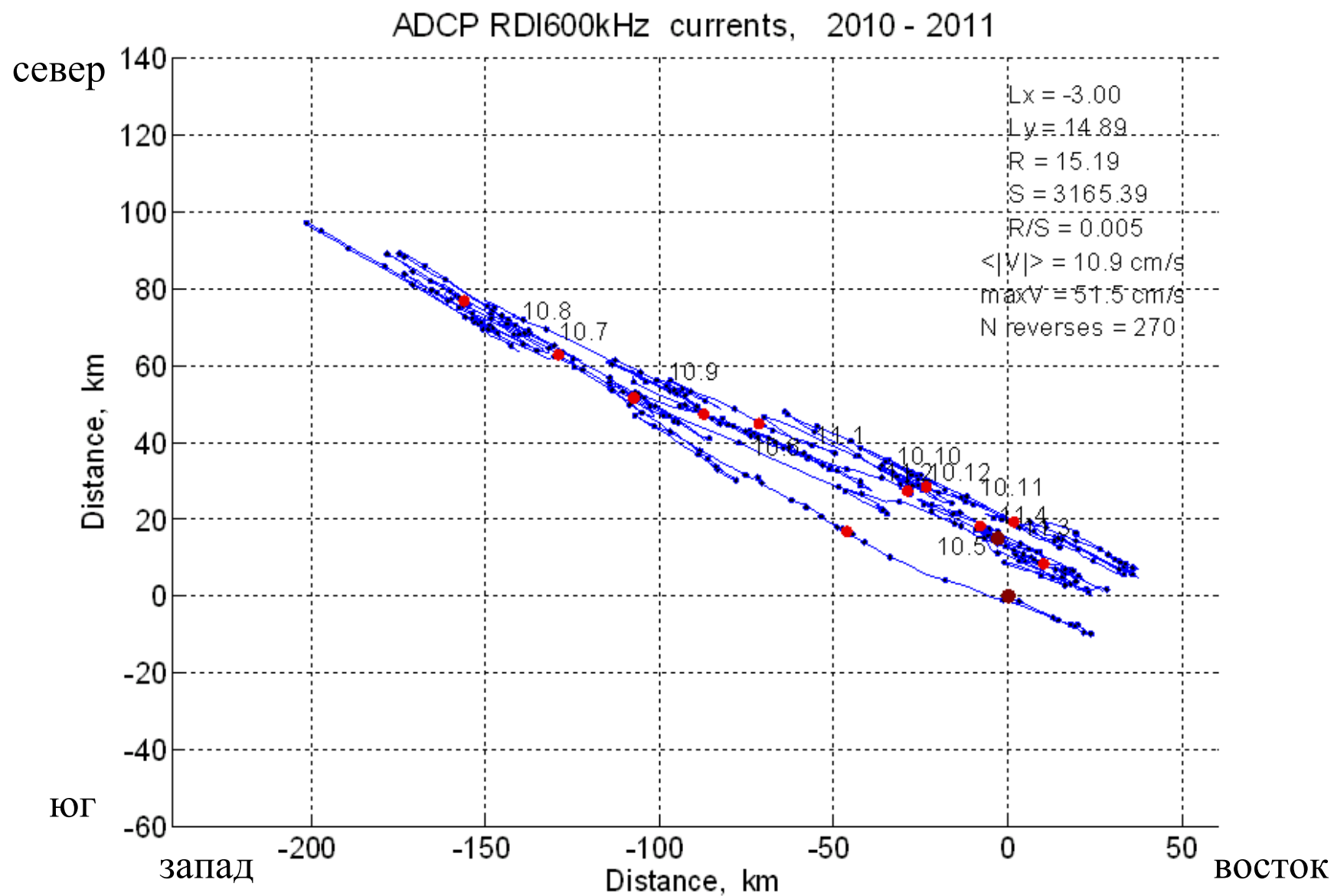


# Гистограммы амплитуды (а) и модуля (б) вдольбереговой скорости по данным донного ADCP (05/10-04/11)



$\langle V_p \rangle / \langle |V_p| \rangle \approx 2 \cdot 10^{-3}$ ! Направленность течения близка к нулю в годовом цикле.

# Прогрессивные векторные диаграммы за период 05.2010 –04.2011



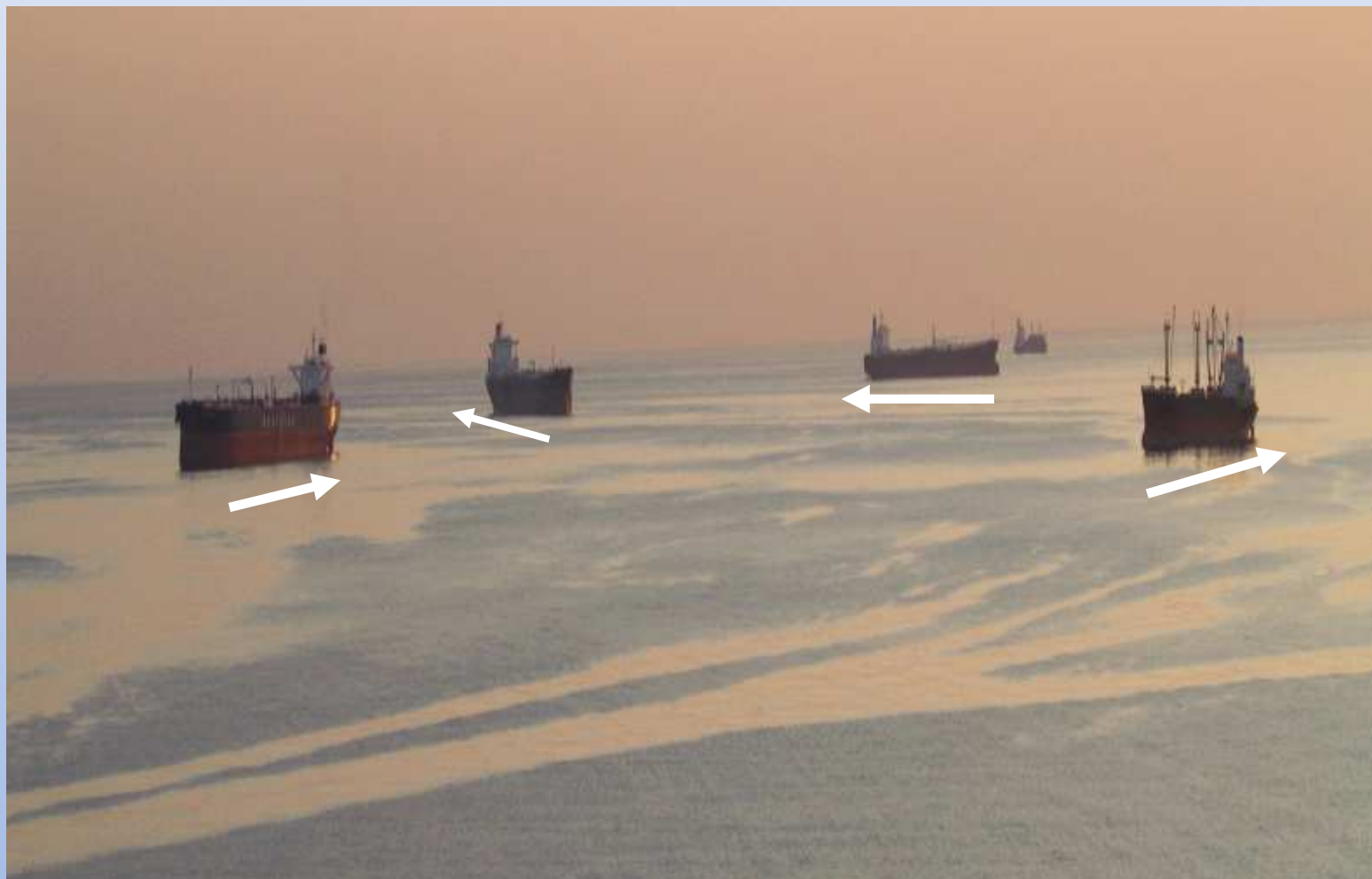
# Суб-мезомасштабные вихри на шельфе Черного моря

-1



Фотографический снимок суб-мезомасштабного циклонического вихря в шельфовой зоне Черного моря, проявляющегося на поверхности воды в виде спиральной сликовой структуры (фотография А.В. Григорьева).

# Субмезомасштабные вихри на шельфе Черного моря -2



**Фронтальная зона субмезомасштабного циклонического вихря: центр вихря находится слева вне рисунка, разворот кораблей на якоре показывает направление вращения воды в вихре**



# Буксируемый за судном акустический доплеровский профилограф скорости течения (ADCSP)

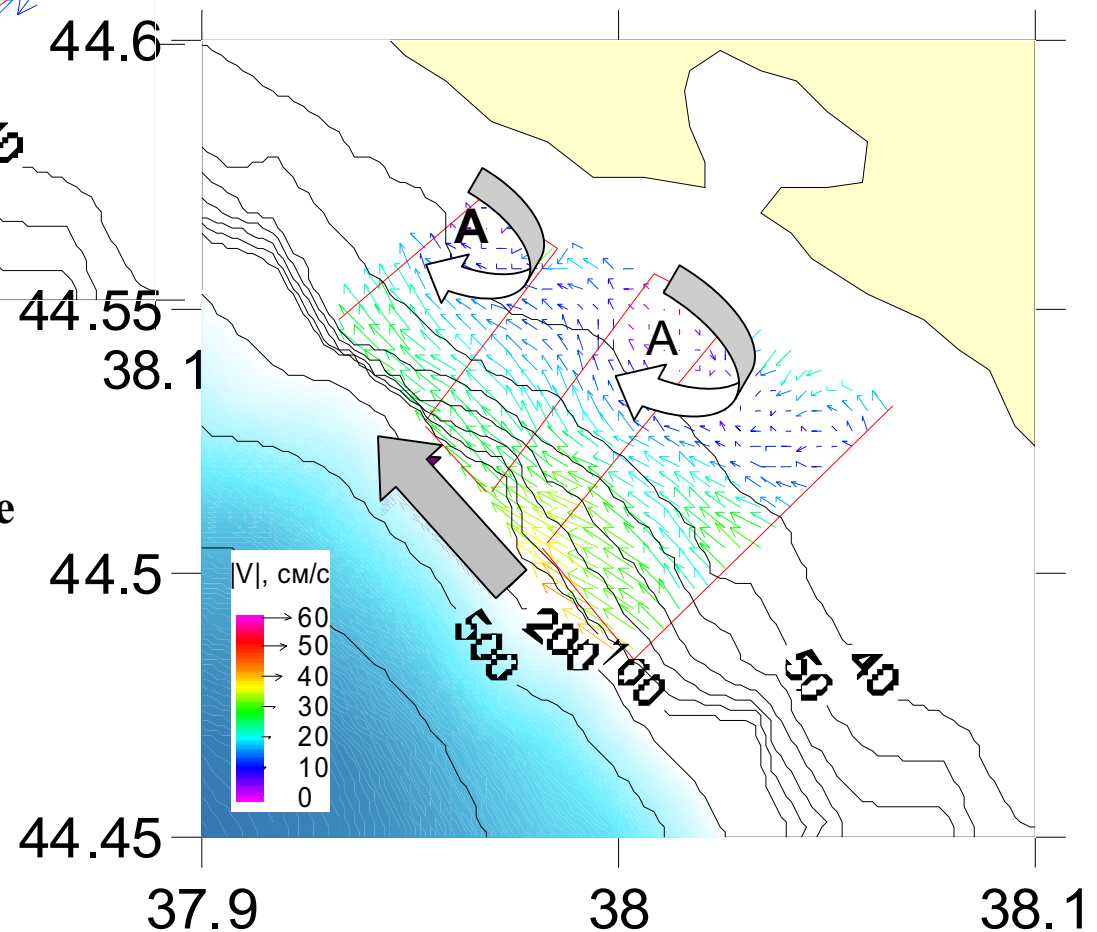
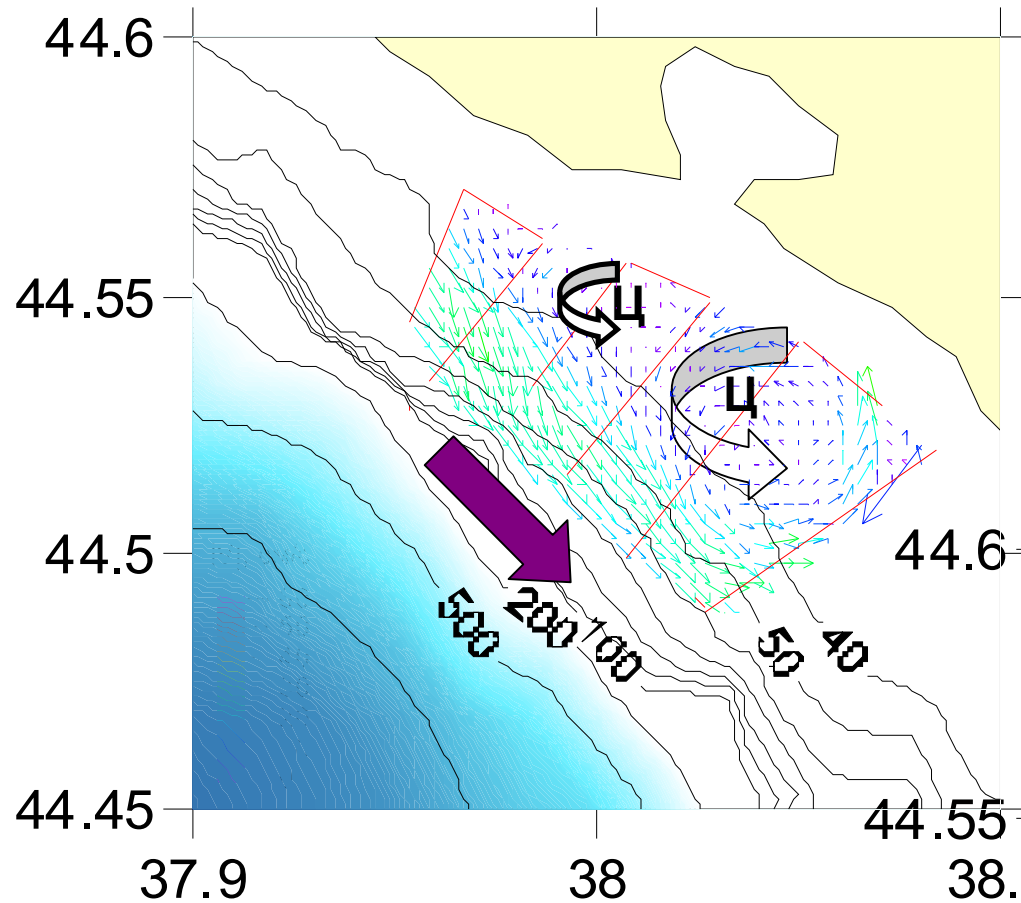


ADCSP RDI 300 кГц в гондоле в режиме буксировки



ADCSP RDI 300 кГц на палубе в гондоле для буксировки

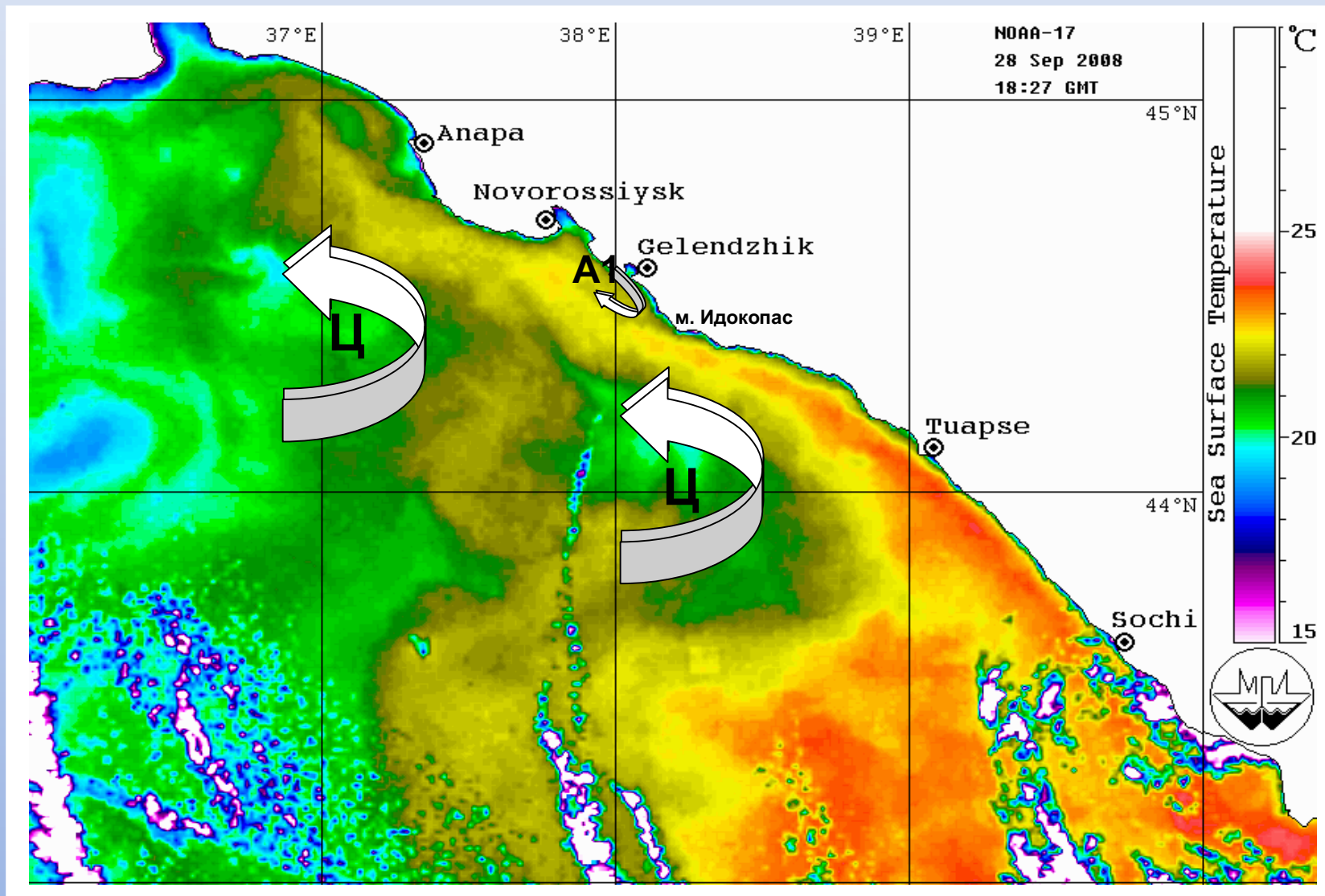
## Генерация вихрей на шельфе за счет сдвиговой неустойчивости вдольберегового течения



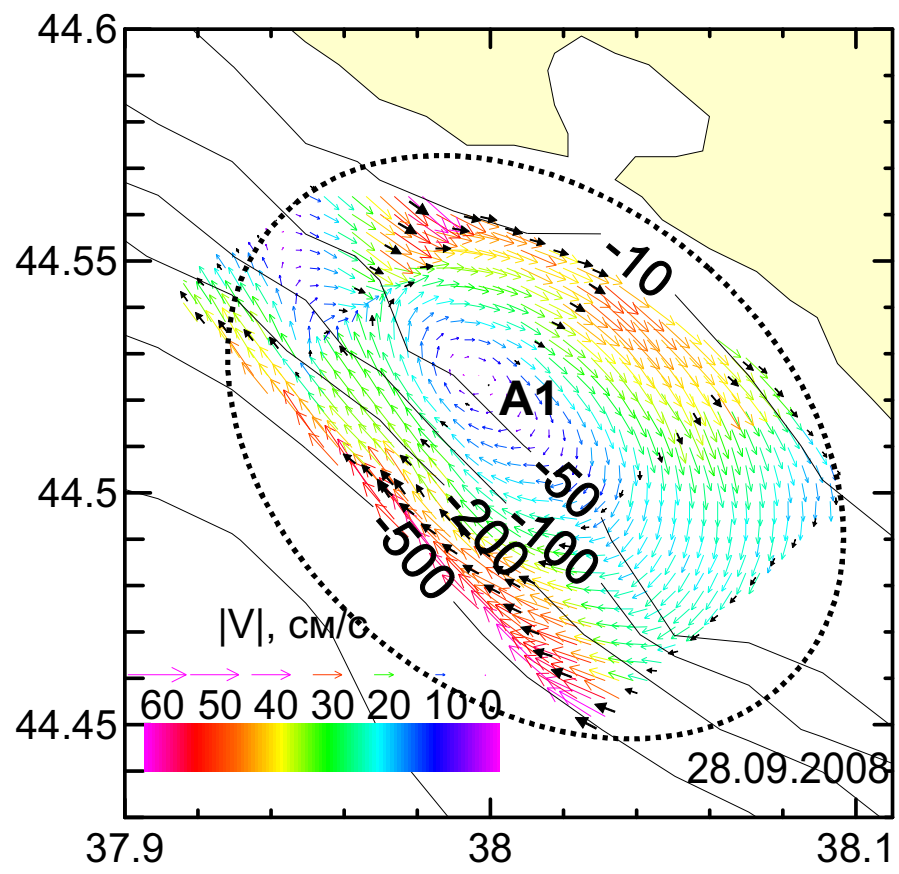
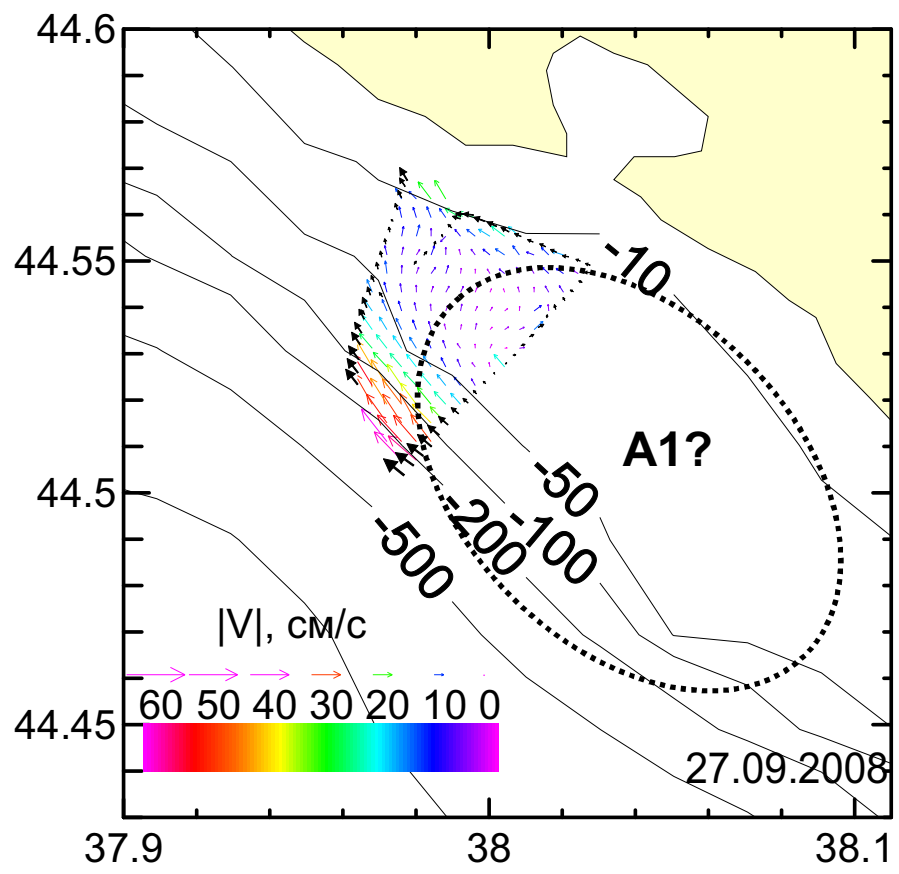
Поле горизонтальной составляющей скорости течений на шельфе в районе г. Геленджика по данным съемки, выполненной буксируемым ADCP:

- а) 18 октября 2007 г., 12:27-16:40;
- б) 20 октября 2007 г., 13:44-17:10;
- в) 22 октября 2007 г., 12:08-16:28;
- г) 25 октября 2007 г., 09:43-15:47.

# Формирование субмезомасштабных антициклонов за мысами при развитии и прижатом к берегу ОЧТ

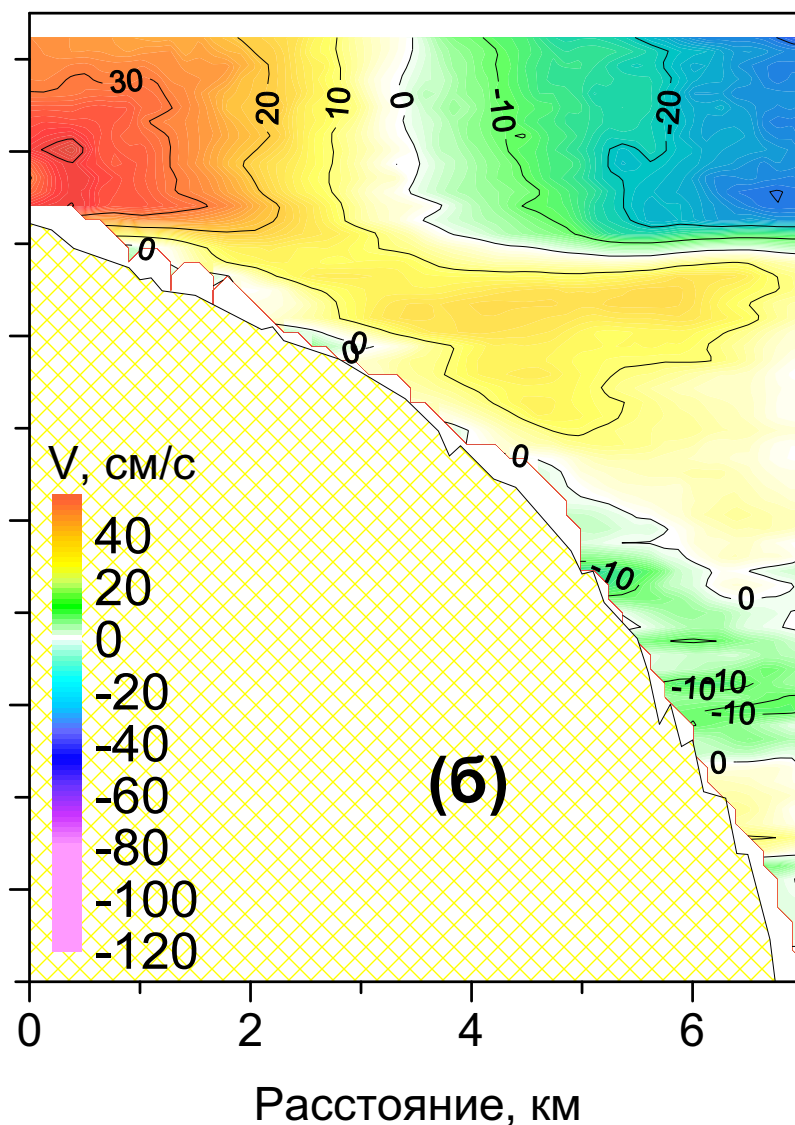
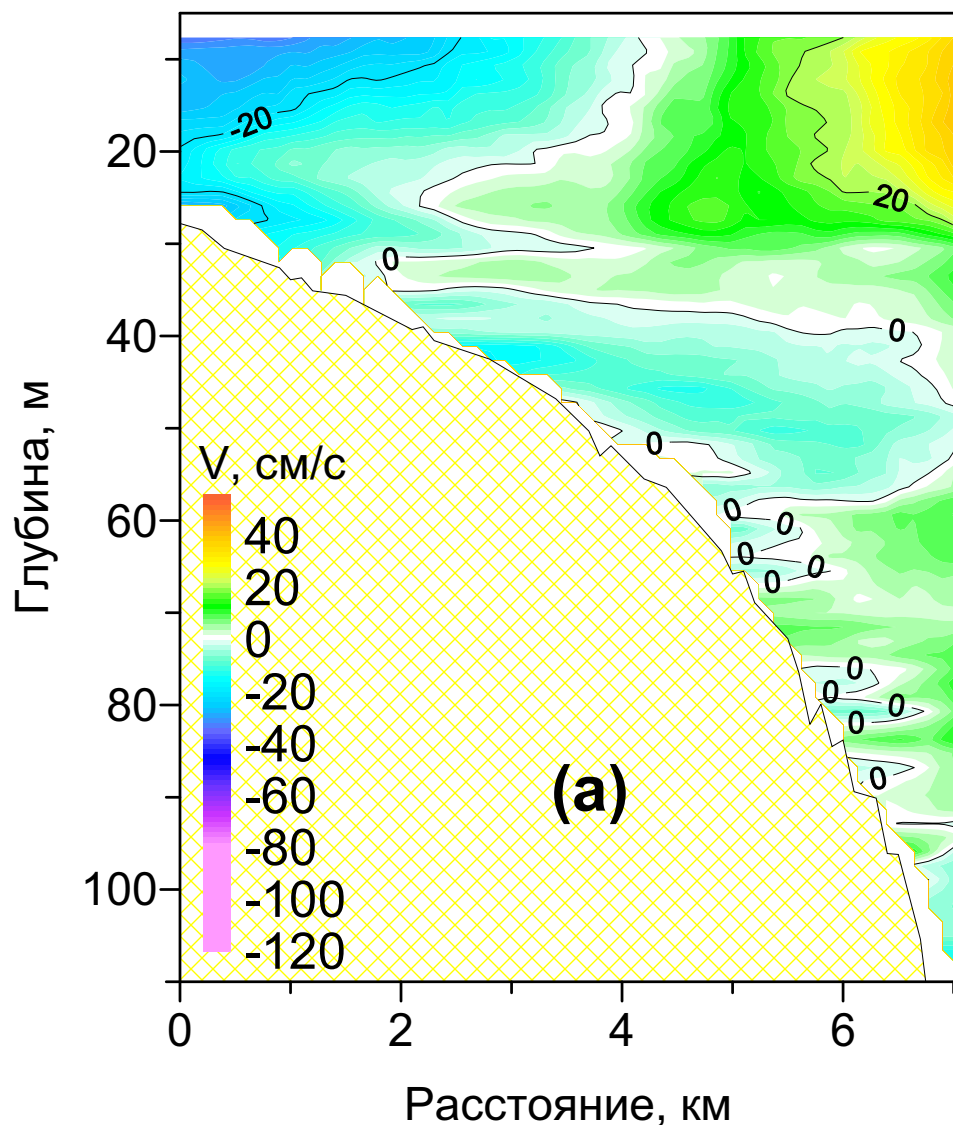


# Поле скорости в прибрежно-шельфовой зоне в районе г.Геленджика по данным ADCP-съемок от 27.09 (а) и 28.09 (б)

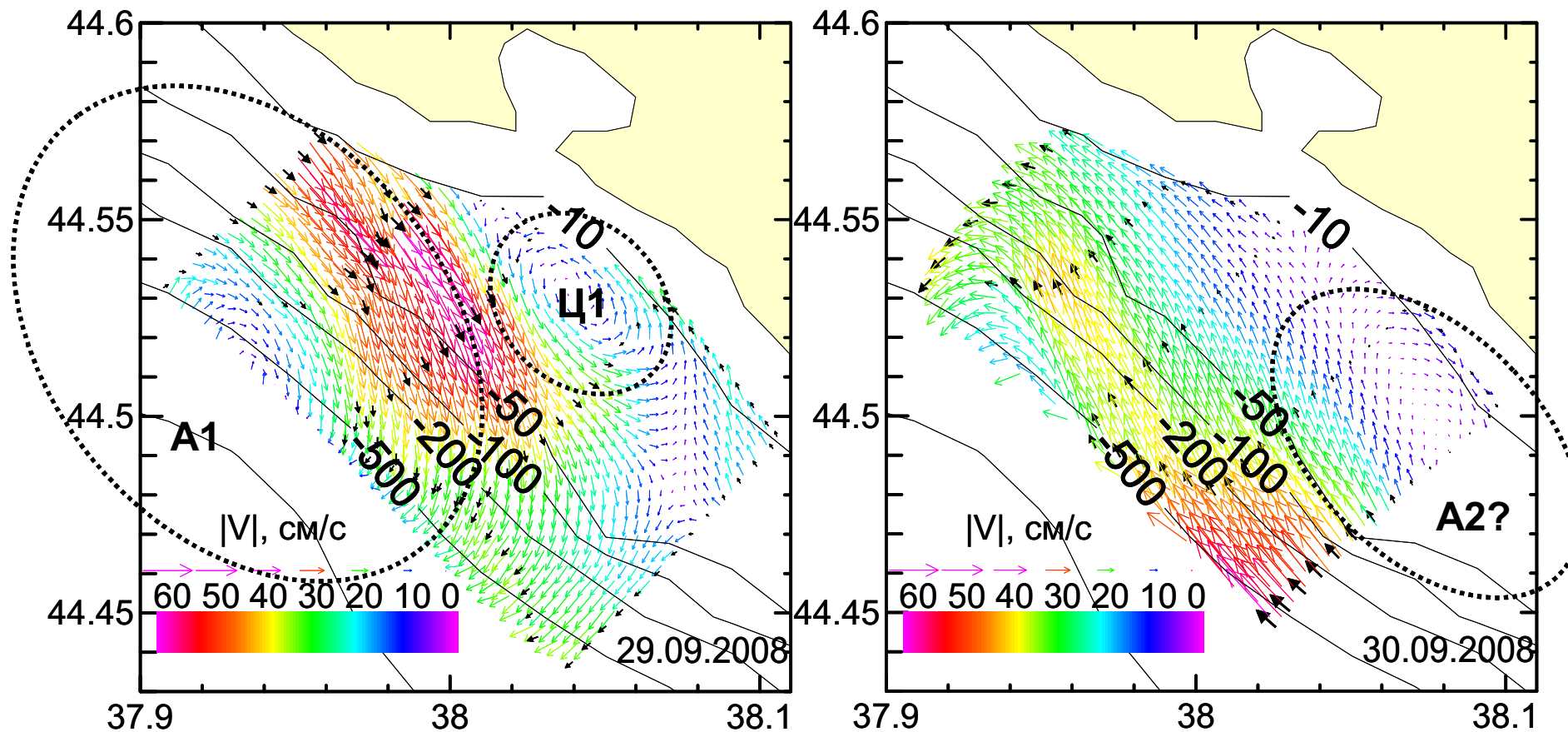


Пунктиром обозначено приблизительное положение суб-мезомасштабного антициклонического вихря A1

**Северная (а) и восточная (б) составляющие скорости течения на разрезе от 28.09.2008 г. через центр суб-мезомасштабного антициклонического вихря «А1»**

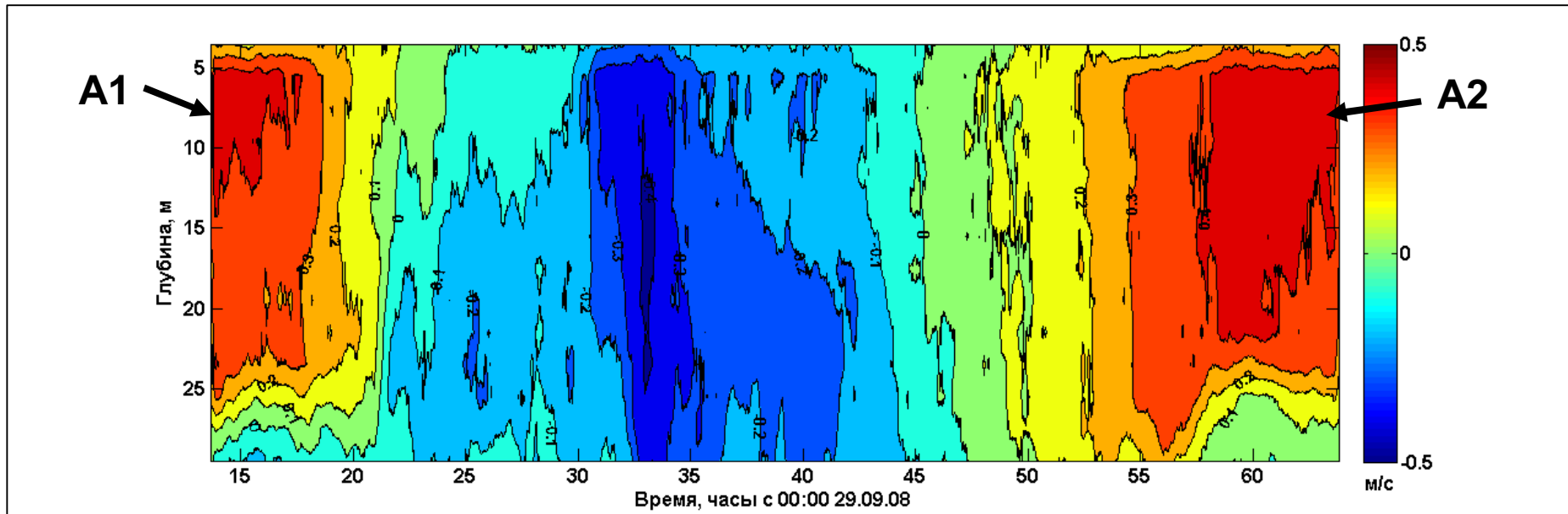


# Поле скорости в прибрежно-шельфовой зоне в районе г.Геленджика по данным ADCP-съемок от 29.09 (в) и 30.09 (г)



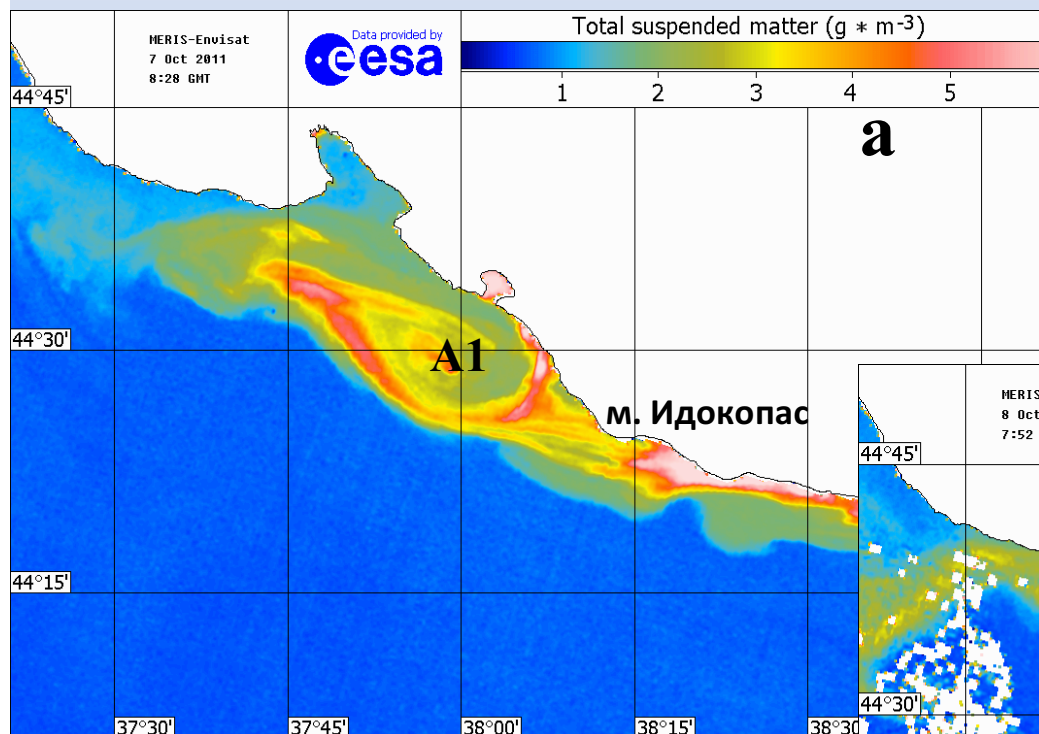
Пунктиром обозначено приблизительное положение суб-мезомасштабных антициклонического вихрей А1 и А2, а также циклонического вихря Ц1.

## Квазипериодическое образование суб-мезомасштабных антициклонических вихрей за м. Идокопас?



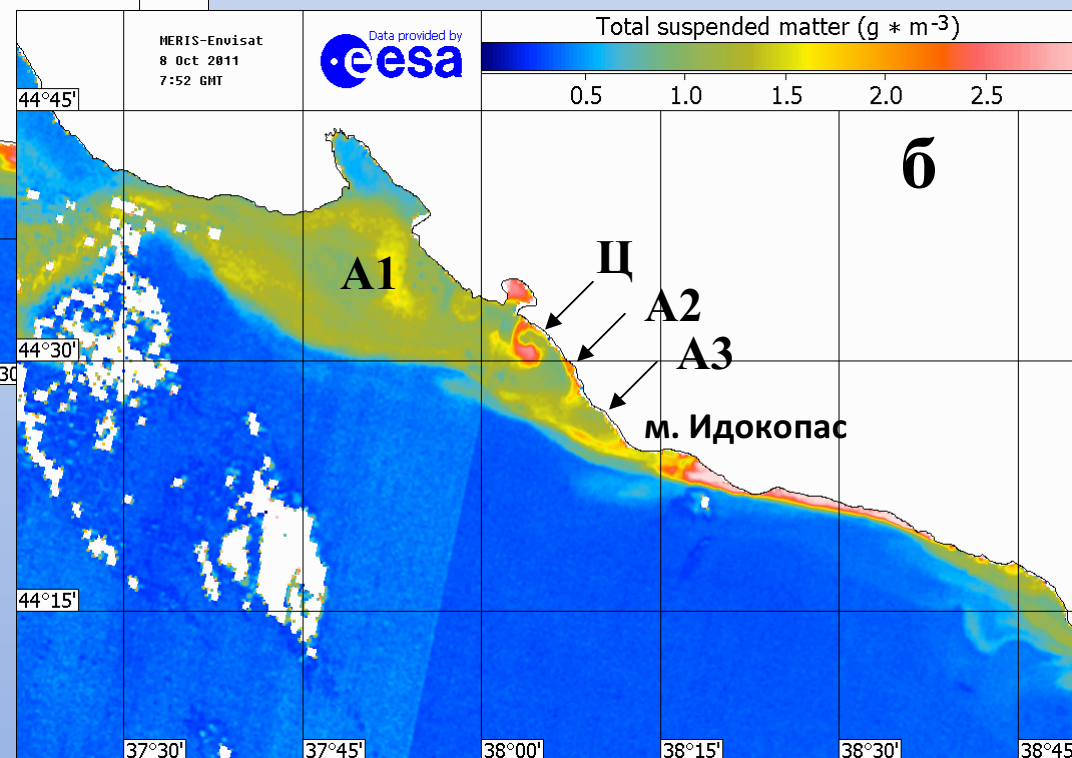
Восточная составляющая скорости течения измеренная донным ADP на шельфе, на глубине 32 м в районе Голубой бухты с 14 час. 29 сентября до 16 час. 01 октября

# Субмезомасштабный антициклон за Идокопасом: его динамика и порождение других субмезомасштабных структур (MERIS-Envisat, 07-08.10.11)



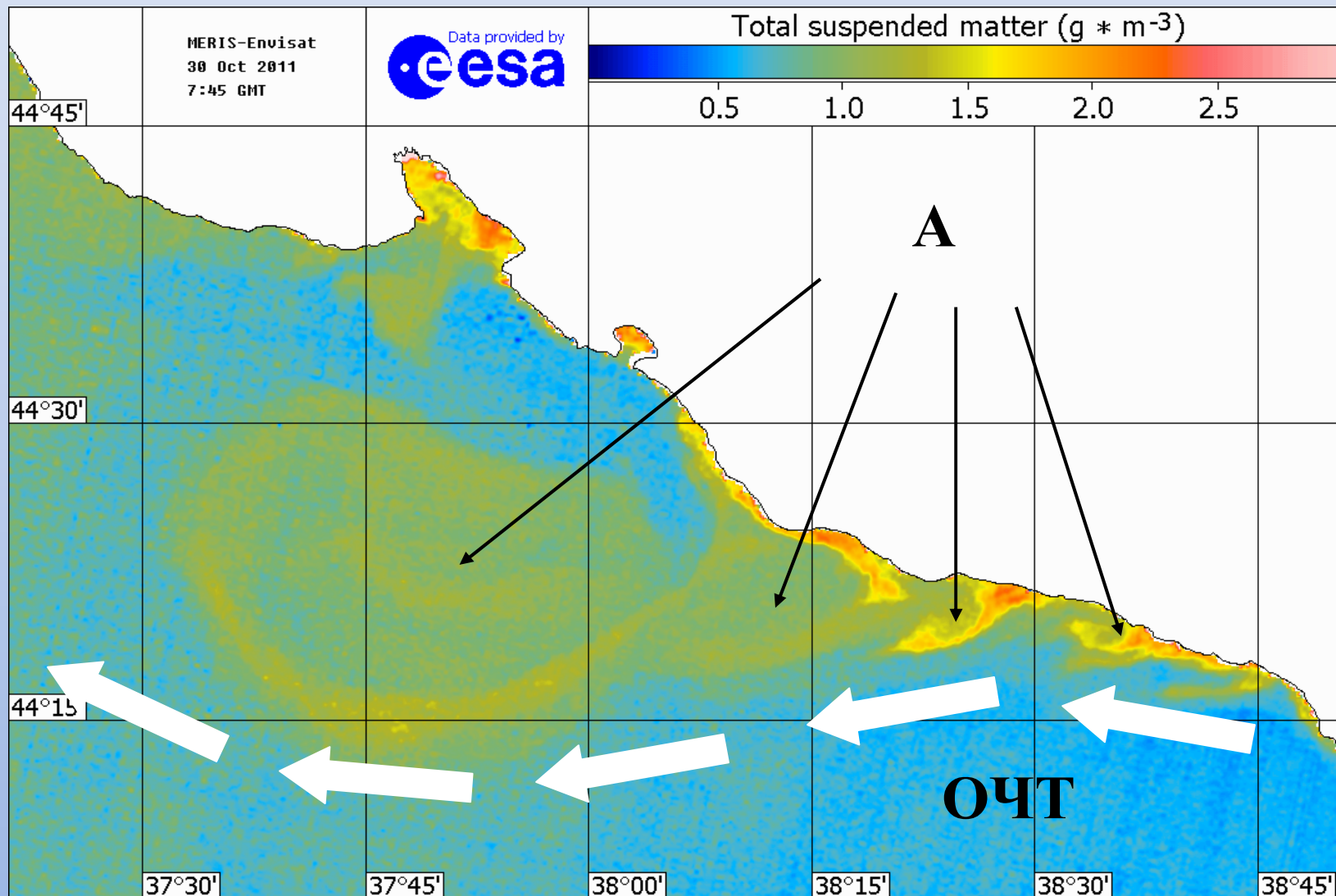
а) субмезомасштабный антициклон А1 за Идокопасом (MERIS-Envisat, взвесь, 07:52 07.10.11)

б) субмезомасштабные антициклоны А1 и А2 за Идокопасом и циклон Ц (MERIS-Envisat, взвесь, 08:28 08.10.11)

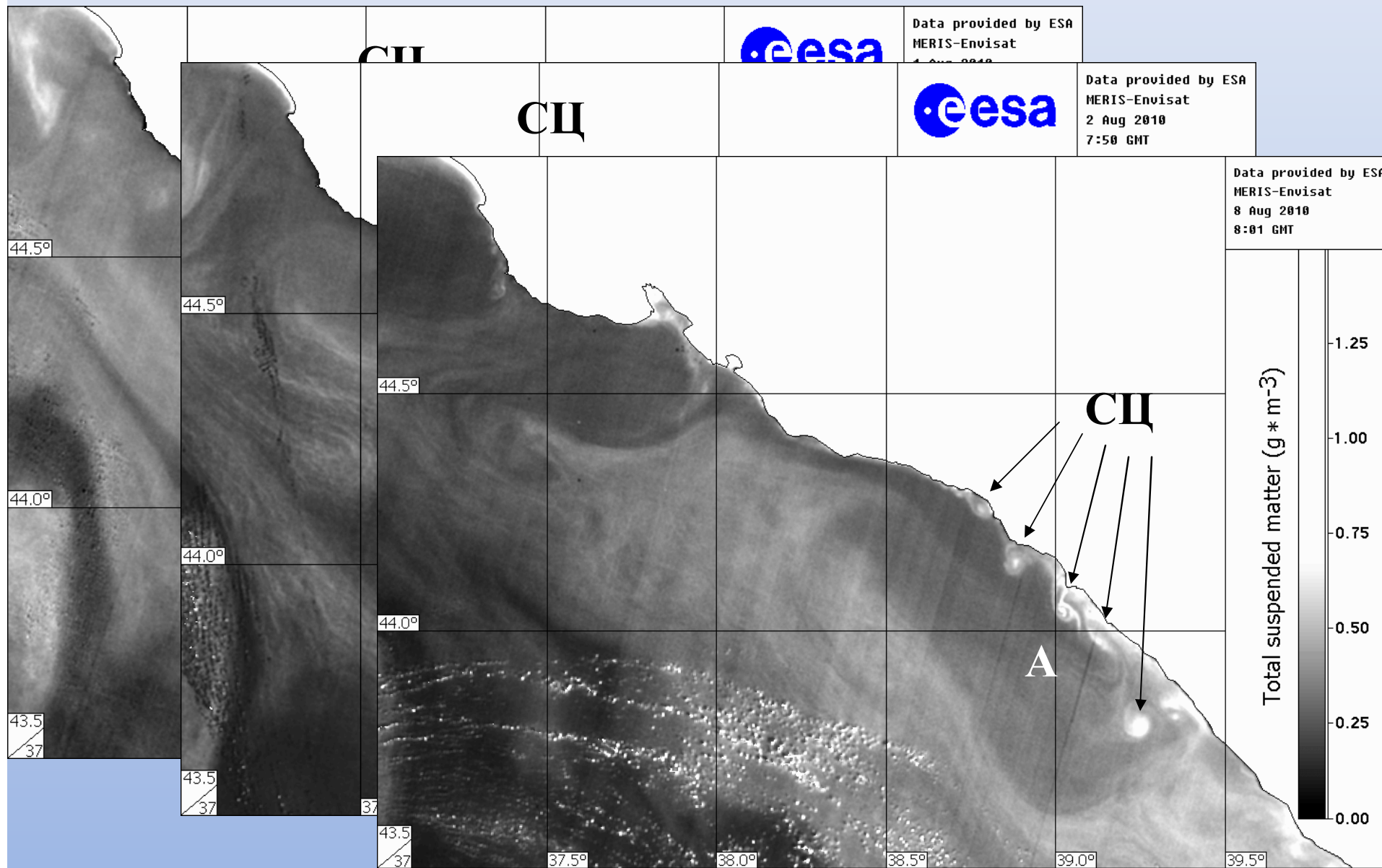




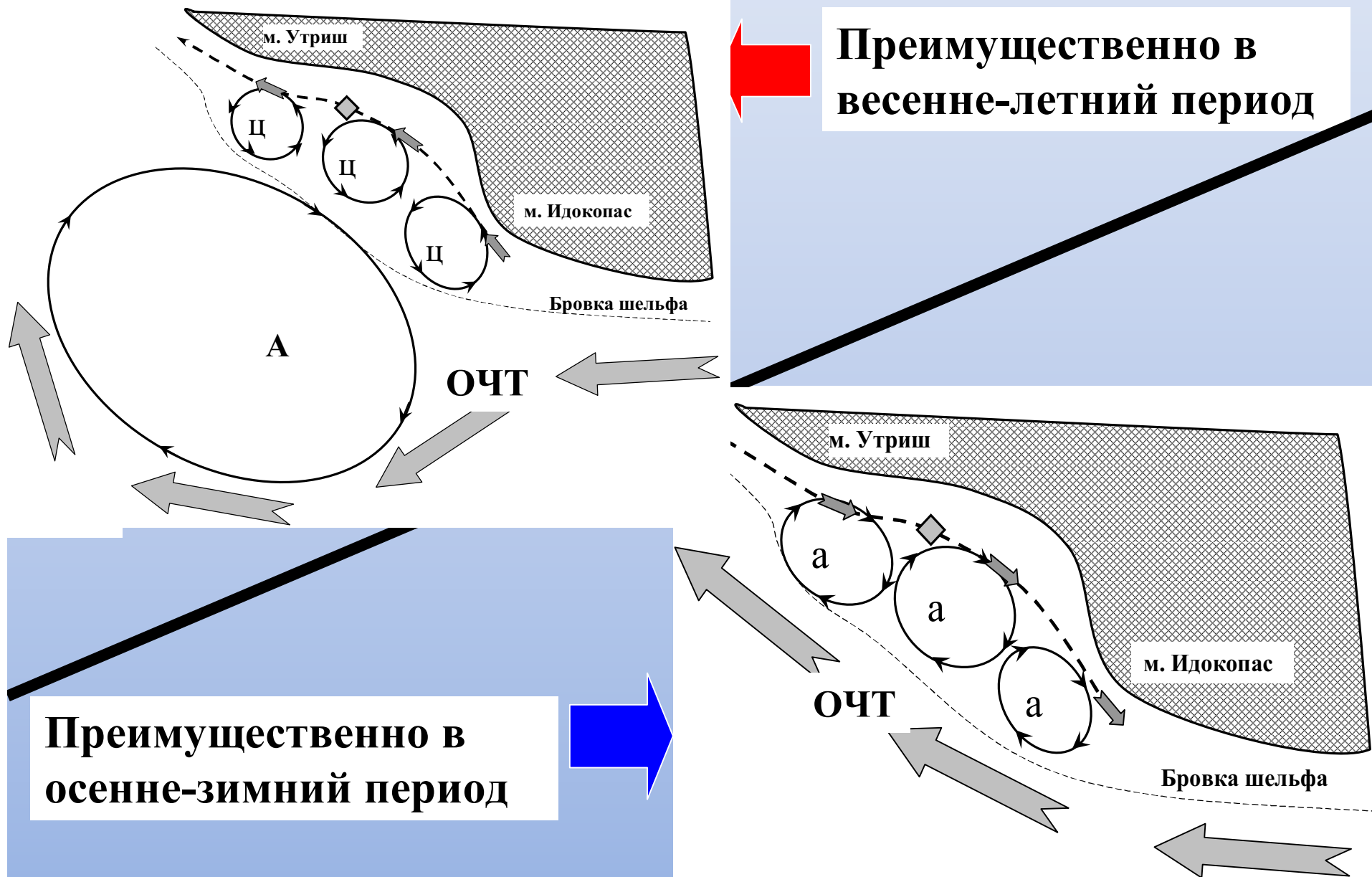
# Формирование на шельфе цепочки антициклонов при развитии ОЧТ (MERIS-Envisat, взвесь, 07:45 30.10.11)



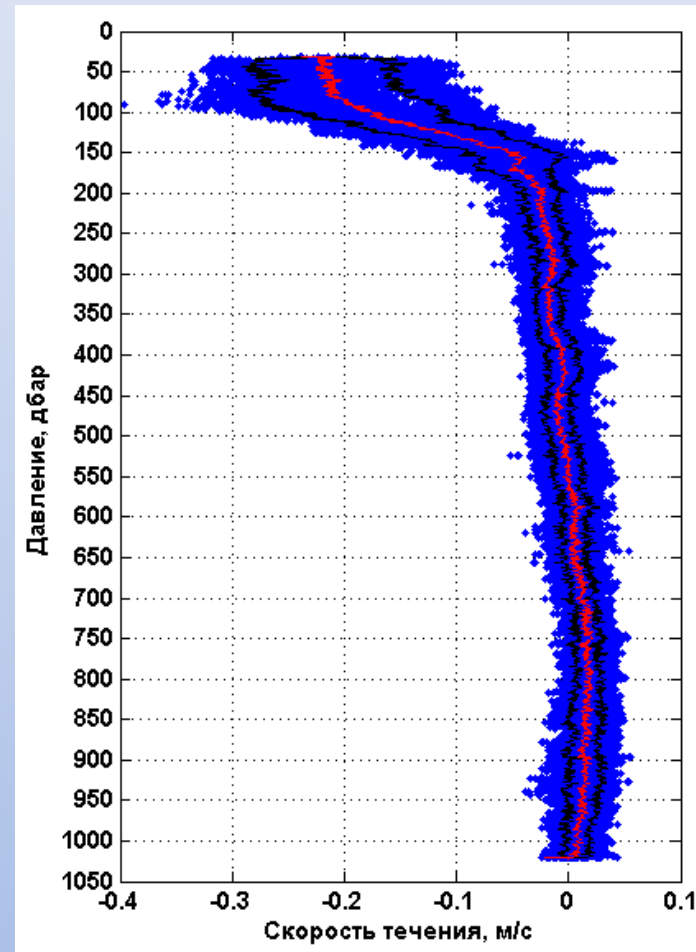
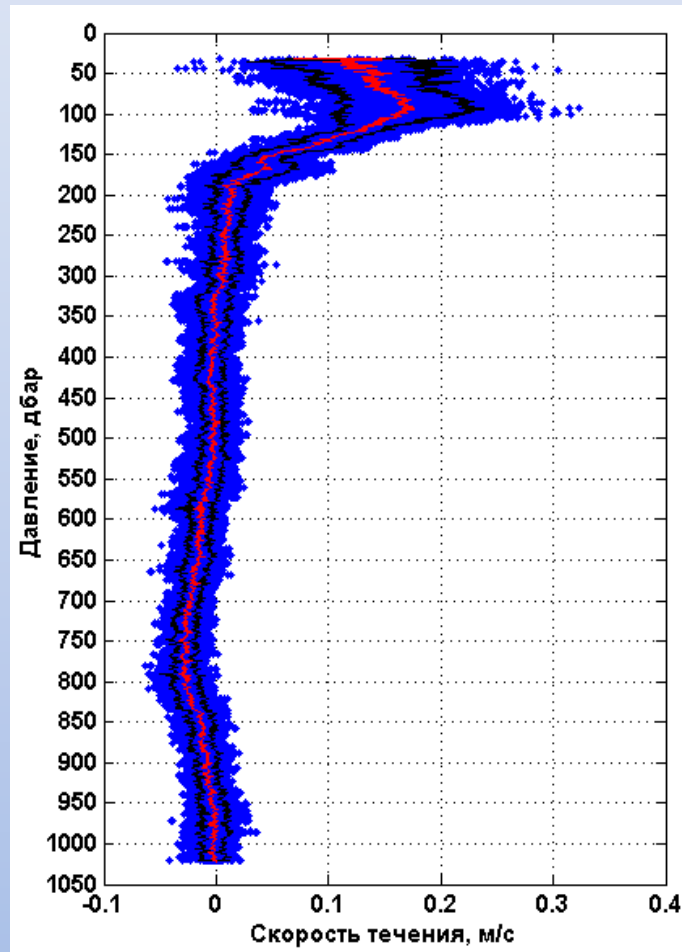
# Субмезомасштабные циклоны на периферии мезомасштабных антициклонов (01-08.08.10)



# Схема формирования осциллирующего вихревого пограничного слоя на узком черноморском шельфе

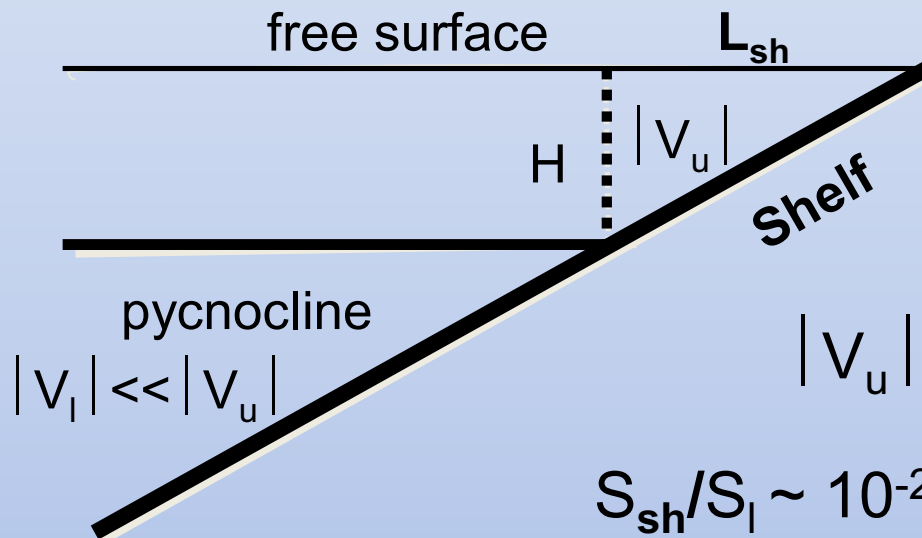


## Пример профиля скорости течения над континентальным склоном в геленджикском районе Черного моря



Вертикальные профили зональной (слева) и меридиональной (справа) компонент скорости течений по данным измерений профилографа «Аквалог» 17-19 июня 2011 г. Синие точки – первичные измерения, красные линии – профили средних значений, черные линии – среднеквадратические отклонения. Глубина места:  $H = 1050$  м.

# Роль внутреннего шельфа в диссипации энергии ОЧТ и мезомасштабных вихрей



$$D \sim (|V|)^3 / \lambda -$$

Kolmagorov's dissipation rate

$$|V_u| / |V_l| \sim 0.1 \longrightarrow D_{sh} / D_l \sim 10^3$$

$$S_{sh} / S_l \sim 10^{-2} \longrightarrow (S_{sh} D_{sh}) / (S_l D_l) \sim 10!$$

**Результат:** диссипация кинетической энергии на узком внутреннем шельфе может быть на порядок больше, чем на глубоководной части Черного моря

## **Заключение**

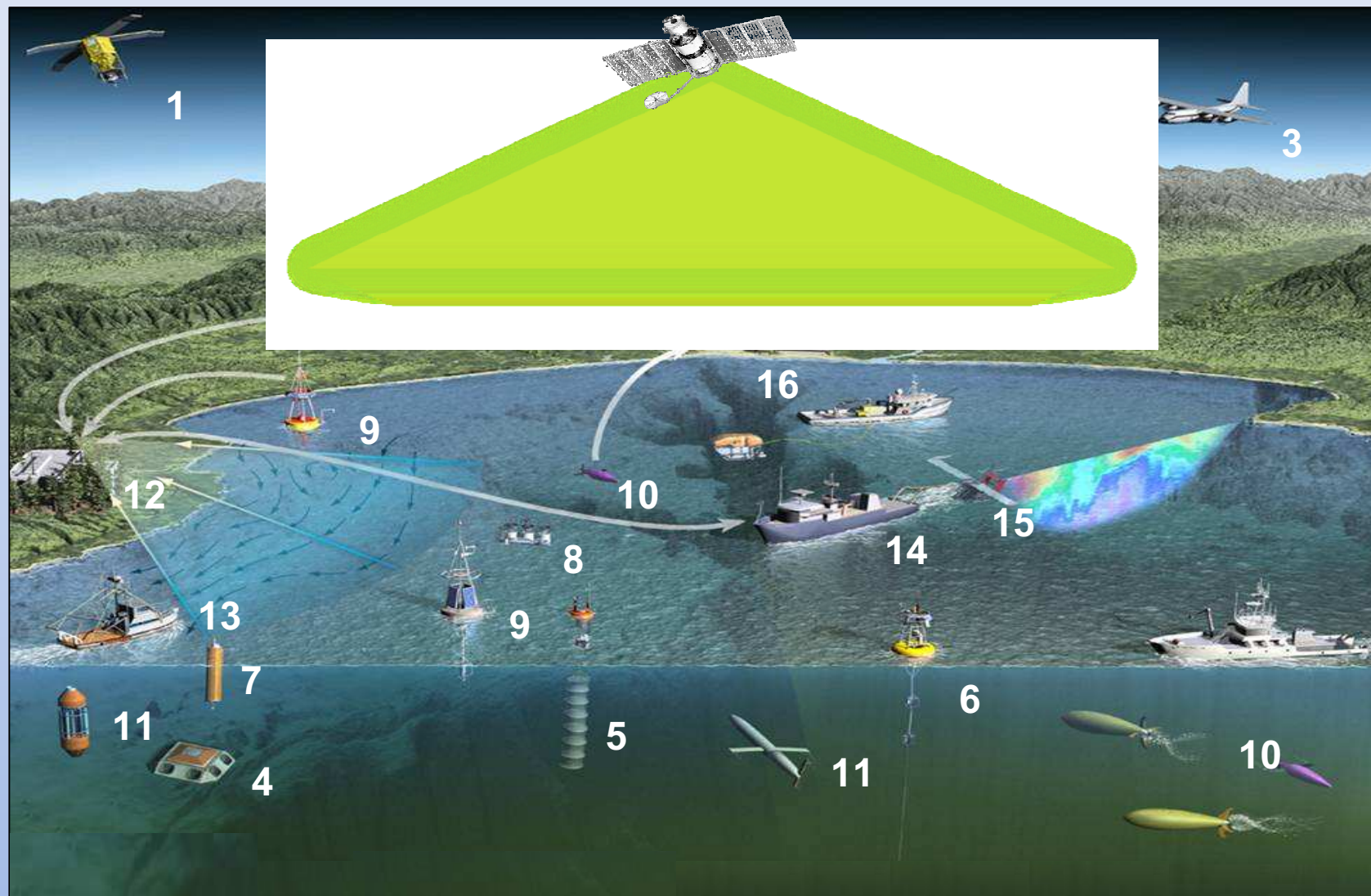
**В прибрежно-шельфовой зоне существует осциллирующий динамический пограничный слой. Его формирование происходит под влиянием субмезомасштабных шельфовых вихрей, благодаря которым кинетическая энергия из глубоководной области поступает в область малых глубин (10-70 м), где быстро диссипирует благодаря трению о дно.**

**В более глубоководной зоне из-за наличия сильной плотностной стратификации - сезонного термоклина (в теплый период года) и основного пикно-халоклина (круглогодично) скорость течения в придонном слое невелика и диссипация кинетической энергии уменьшается на 2-3 порядка.**

**По предварительным оценкам интегральная диссипация кинетической энергии течений в прибрежно-шельфовой зоне значительно превышает интегральную диссипацию в глубоководной части Черного моря.**



# ***СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!***



**Схема современного подспутникового полигона в шельфовой зоне моря**