

ПОДСПУТНИКОВЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

А.Н.Серебряный

*Акустический институт им. акад. Н.Н. Андреева,
Институт космических исследований РАН*

SUBSATELLITE ACOUSTIC MEASUREMENTS IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE BLACK SEA

Andrey Serebryany

*Andreyev Acoustics Institute,
Space Research Institute RAS*

Study area in the northeast part of the Black Sea

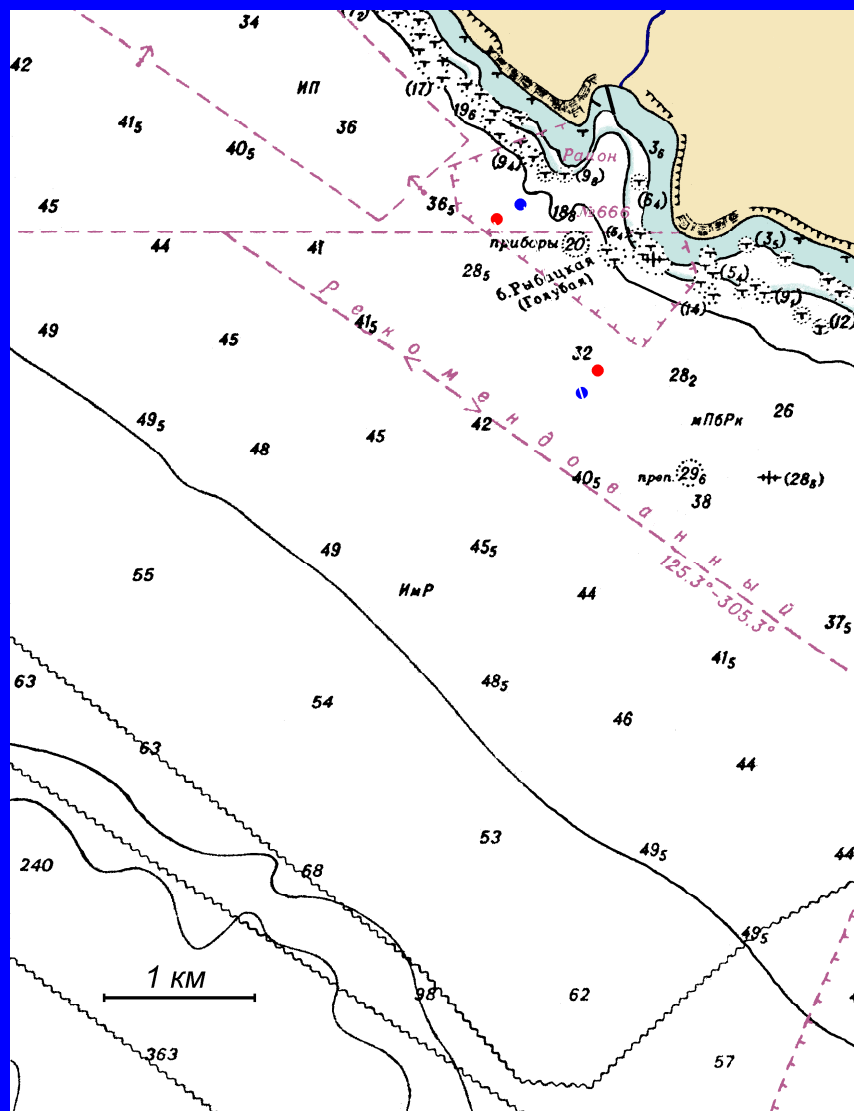


We during several years performs complex acoustical and oceanological studies on a fixed experimental path in the Black Sea, near the Golubaya Bay, Gelendgik.

Голубая бухта, Геленджик



Положение экспериментальной трассы АКИНа
протяженностью 1.3 км у Голубой бухты.

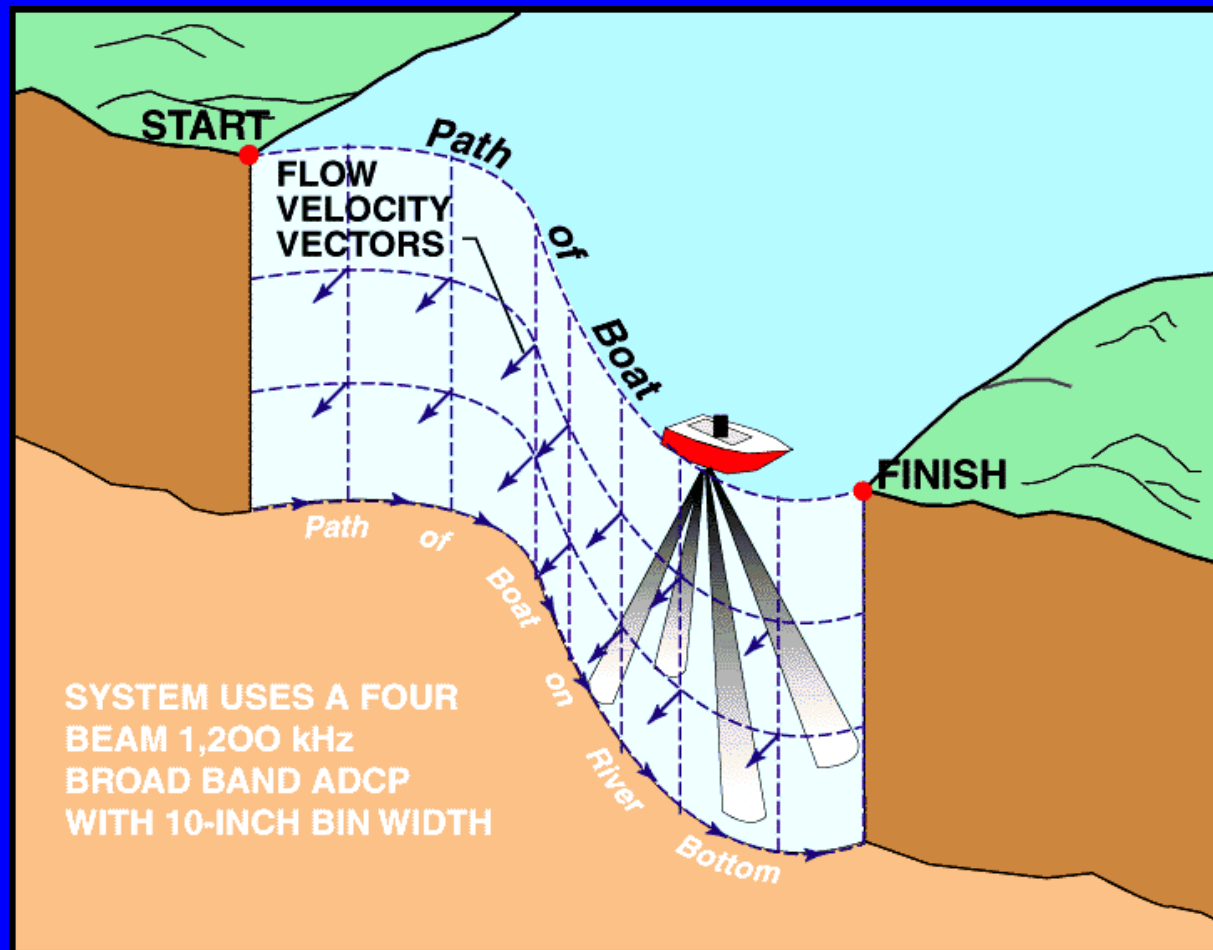


ADCP Whorkhorse «Rio Grande - 600 kHz»



During 4 summer seasons, beginning from 2003 TRD Instruments-Europe supported our expeditional work on shelves of Russian seas with free loan of ADCP "Workhouse Rio Grande 600 kHz".

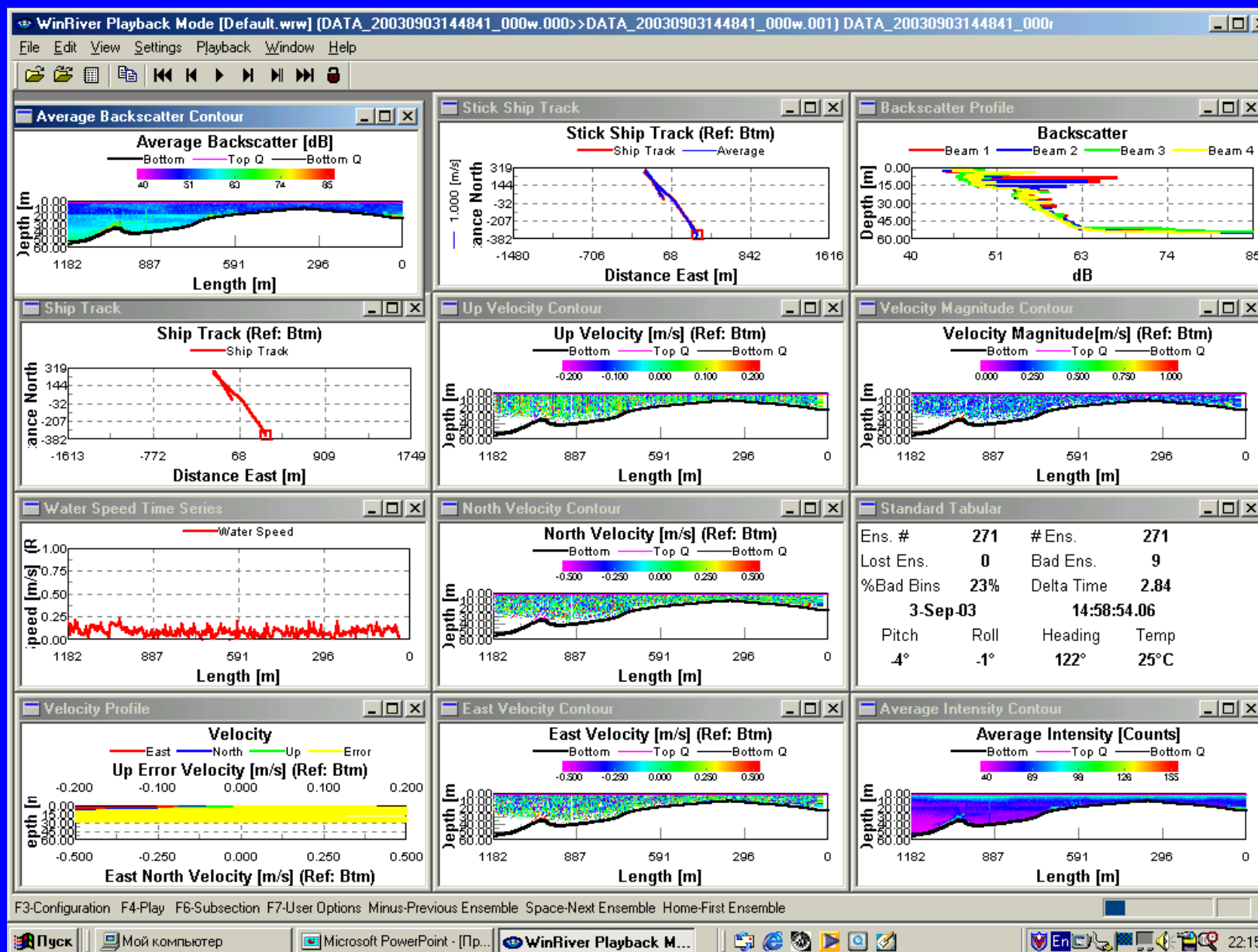
What ADCPs measure (after Paul Devine, TRDIstruments)



What ADCPs measure

- **Velocity Profile**
- **Flow Homogeneity (Error)**
- **Range to Bottom**
- **Vessel Speed Over Ground**
- **Echo Intensity (Signal Strength)**

Possibilities of ADCP





Investigations of internal waves on shelves with using ADCP «Rio Grande 600 kHz» gave us possibility to see the processes in more detail



Using of “Rio Grande 600 kHz” from a boat



Яхта, оснащенная ADCP “Rio Grande 600 kHz”, позволяет вести долговременные наблюдения на акватории вблизи Голубой бухты, северо-восточное побережье Черного моря.

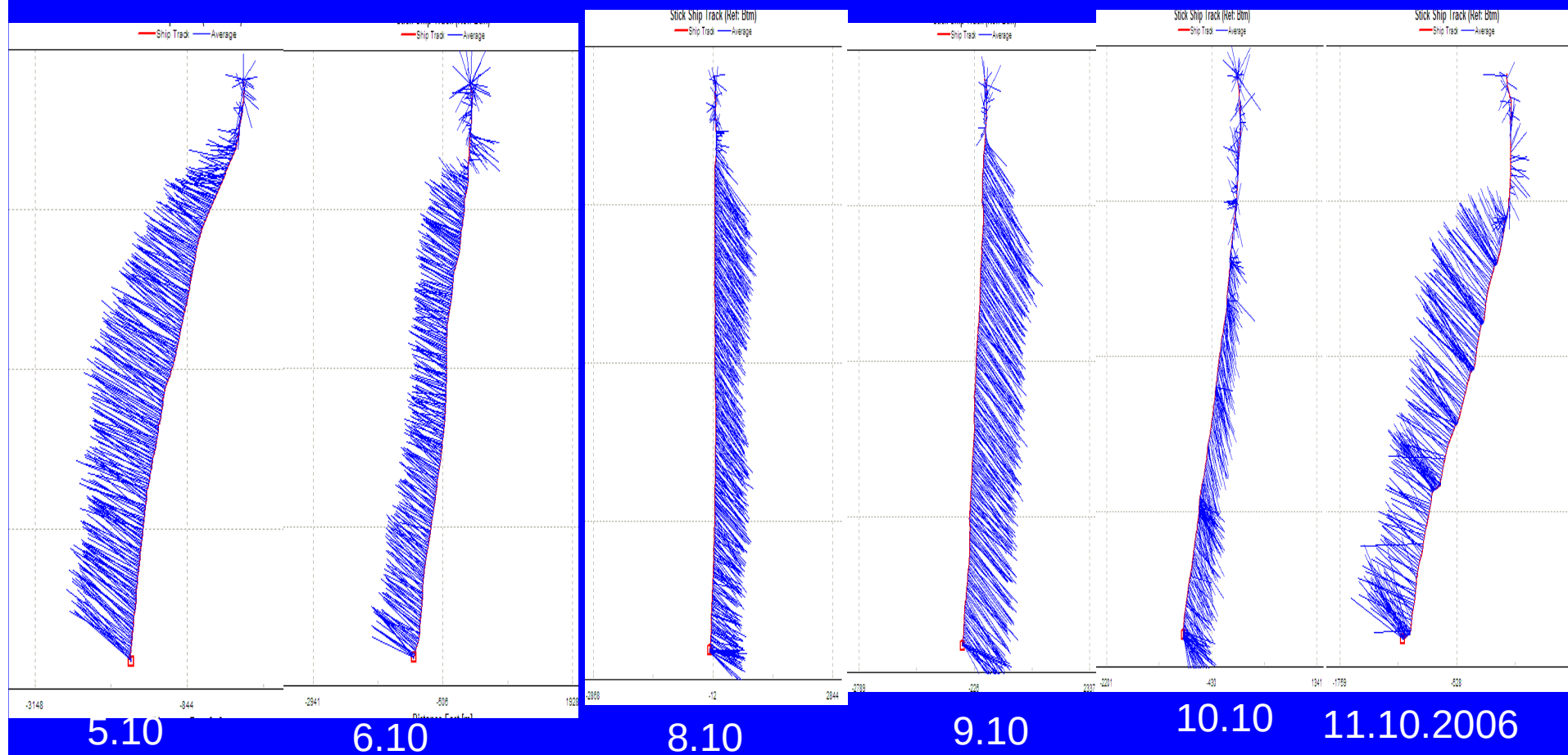


Прибрежные антициклонические вихри (ПАВ)

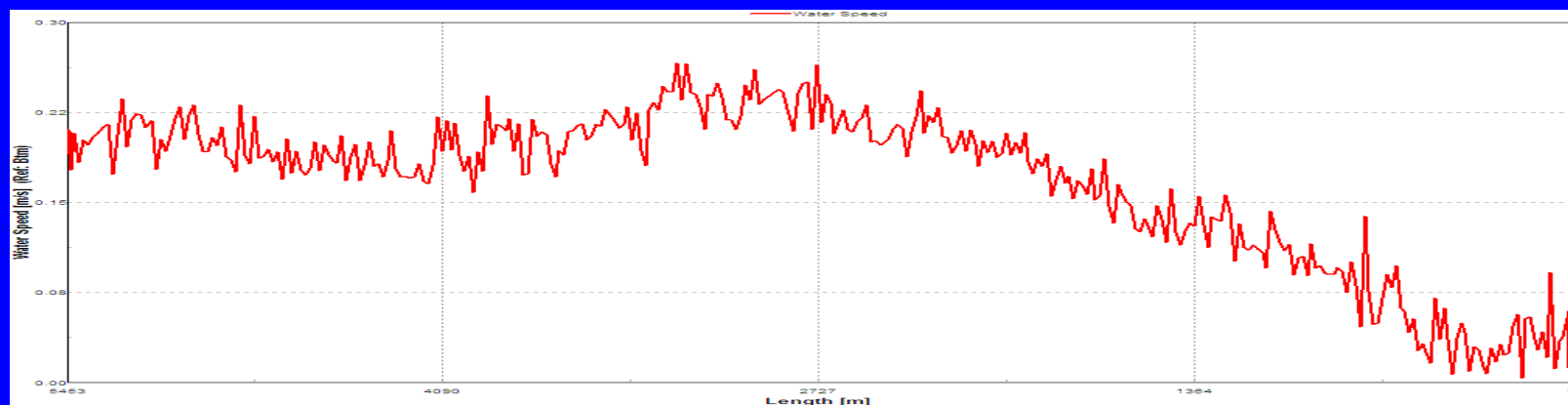


- Фрагмент радиолкационного изображения поверхности Черного моря в районе Геленджика, полученного с помощью радиолокатора ERS-2 SAR 5 октября 2006 (О.Ю. Лаврова ИКИ РАН).
- На снимке виден антициклонический вихрь размером около 25 км на расстоянии 30 км от траверса Геленджика.
- Вихрь движется на С-З с потоком ОЧТ (Основное черноморское течение) со скоростью 12 см/с

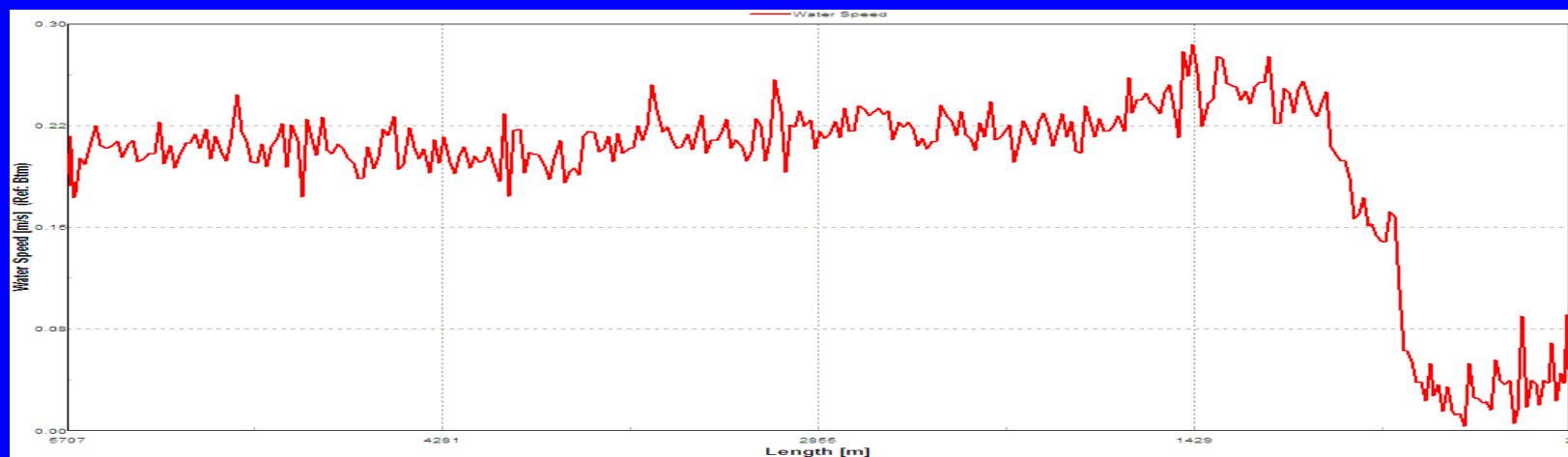
Изменчивость течений на 6-км разрезе на юг от Голубой бухты, вызванная прохождением прибрежного антициклонического вихря. Наблюдения на ежедневных разрезах с 5 по 11 октября 2006 г. Смена северо-западного течения 6-8 октября на юго-восточное есть следствие подхода антициклонического вихря. Смена течения на обратное 11 октября свидетельствует об окончании прохода вихря.



**Характерное изменение величины течения в зависимости от расстояния от берега в двух фазах бимодального режима течений на шельфе Черного моря : а – при с-з течении
величина течения в среднем возрастает с удалением от берега;
б – при ю-в течении - спадает, имея максимум на периферии антициклонического вихря.
Берег справа.**

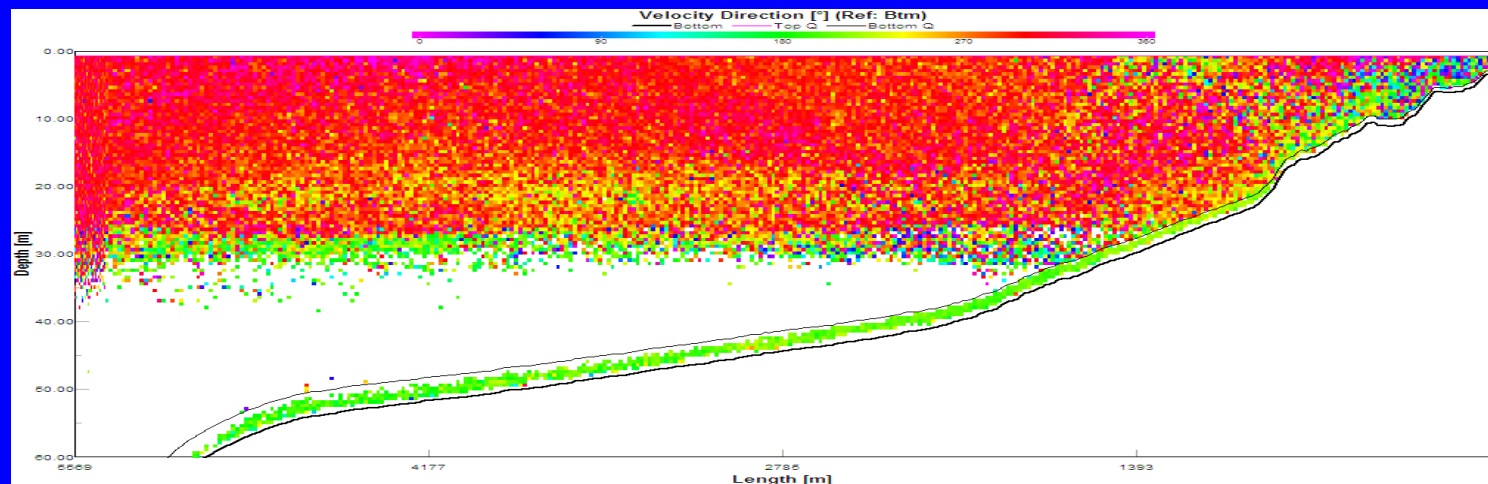


а

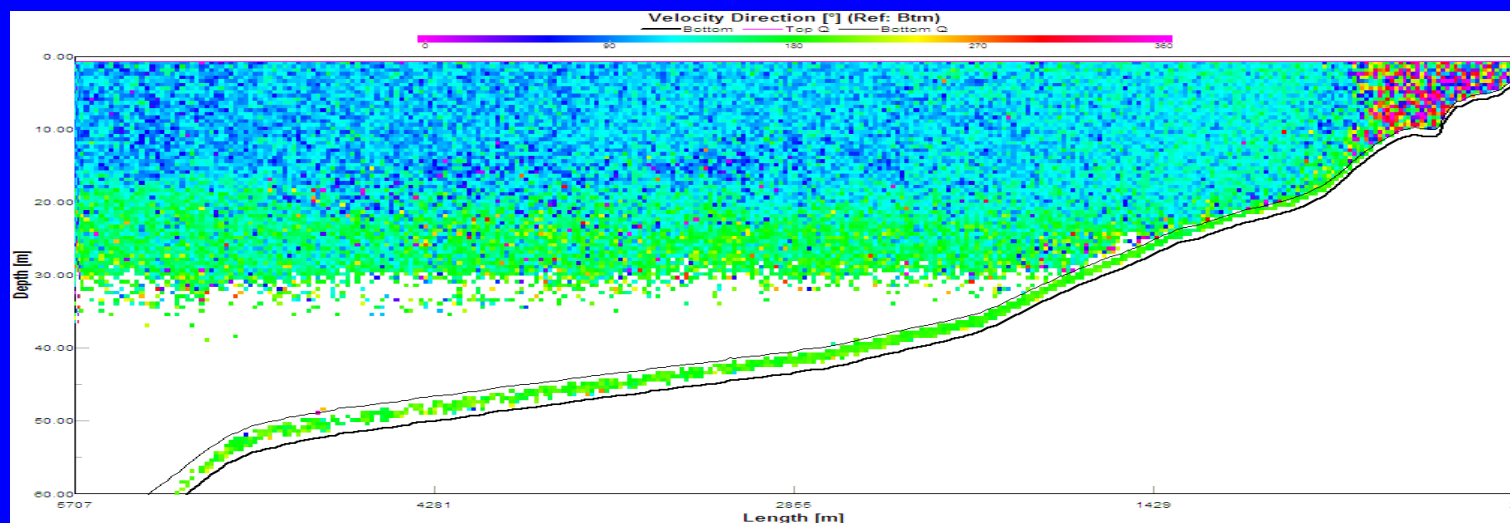


б

Изменение направления течения по глубине на разрезах в верхнем 30-метровом слое моря весьма незначительно при с-з потоке (а). В вихре ниже верхнего 20-метрового слоя, в котором присутствует однородное ю-в течение, имеет место подворот потока на юг (б).

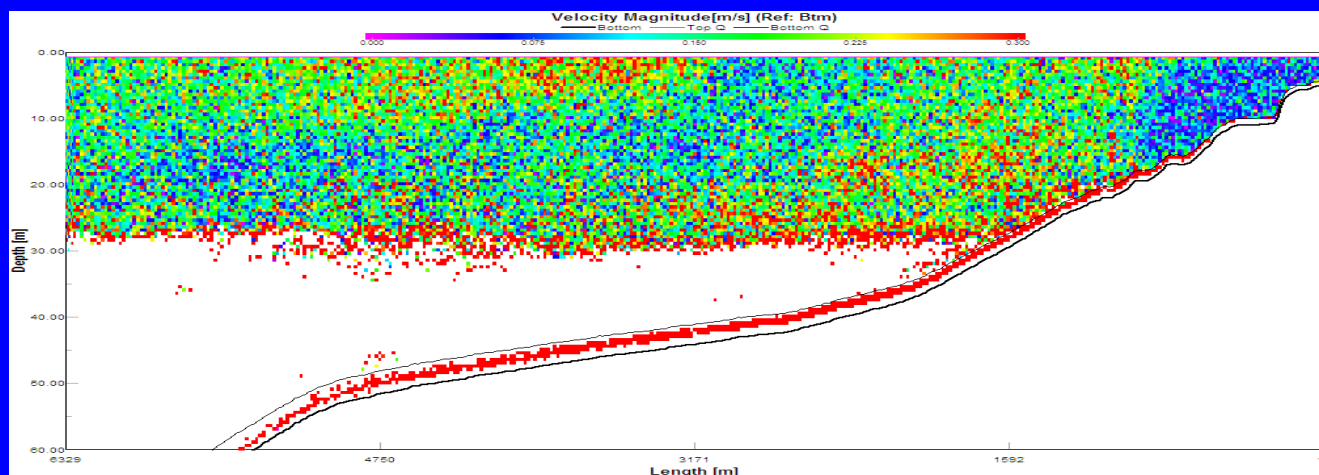


а
5.10.2006

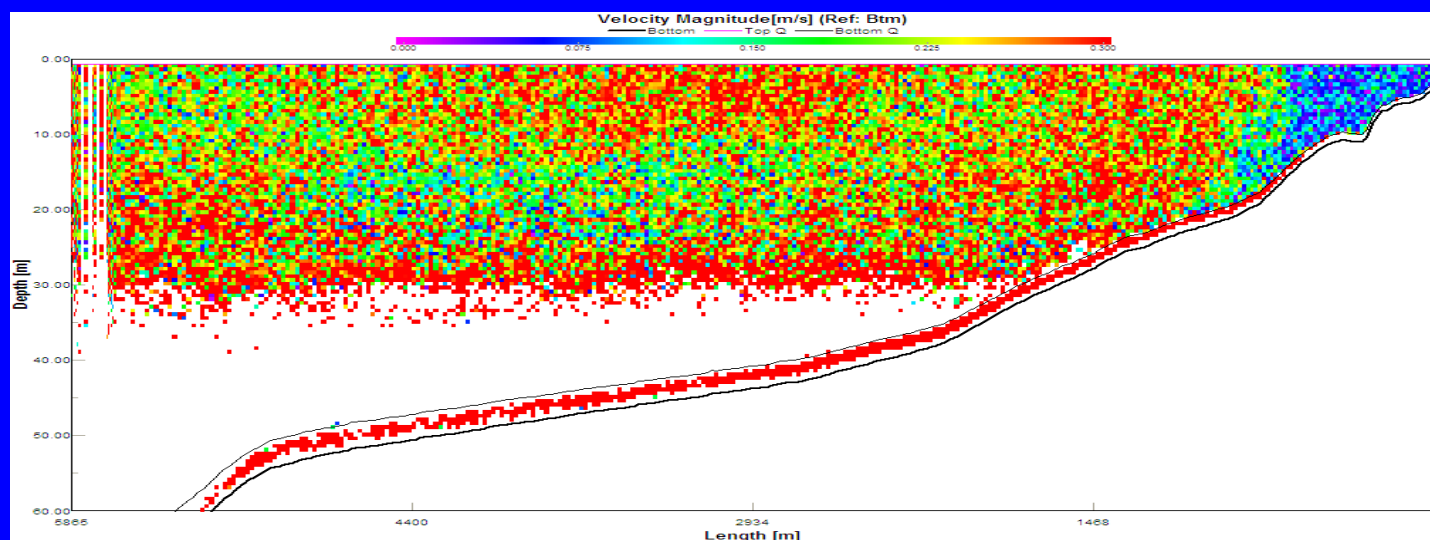


б
9.10.2006

Изменение интенсивности течения при проходе вихря: характерно появление струй интенсивного течения, выходящих из глубины к поверхности. Образованные ими сдвиговые течения на морской поверхности, по-видимому образуют слики, что дает возможность наблюдать спиралевидный рисунок вихрей на спутниковых снимках. При подходе вихря струи приближаются к берегу, а течение в них усиливается, что видно из сопоставления записей на разрезах 8 и 9 октября.

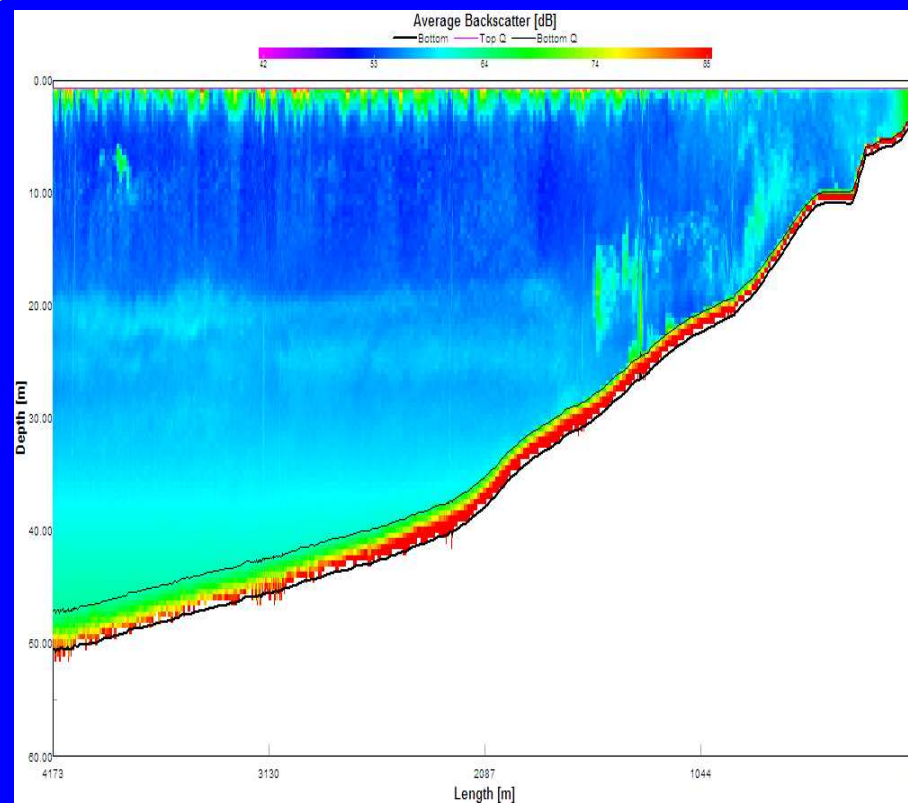
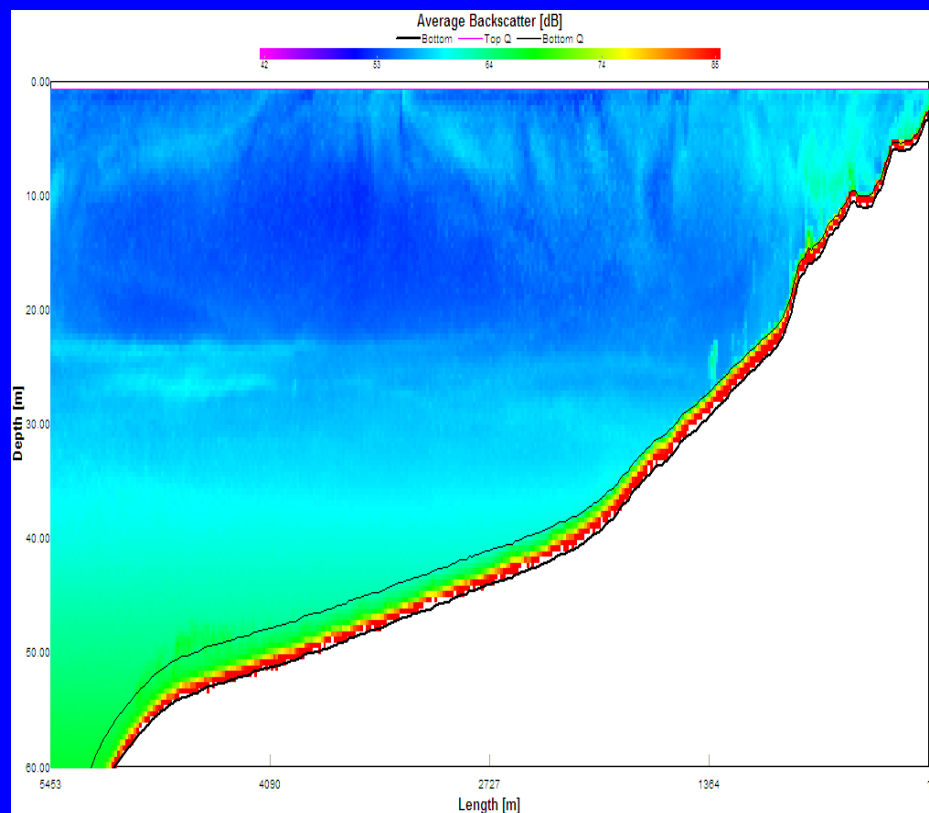


8.10.2006



9.10.2006

Появление антициклонического вихря создает условия подхода в прибрежную зону холодных придонных вод, что ведет здесь к движению термоклина вверх. На картинах обратного рассеяния акустического сигнала термоклин виден в виде протяженной границы между водами голубого и зеленого цветов в районе глубин 20 м. Термоклин по всему шельфу приподнят из-за прохода вихря на 3 м (разрез справа) по сравнению с моментом до появления вихря (разрез слева).



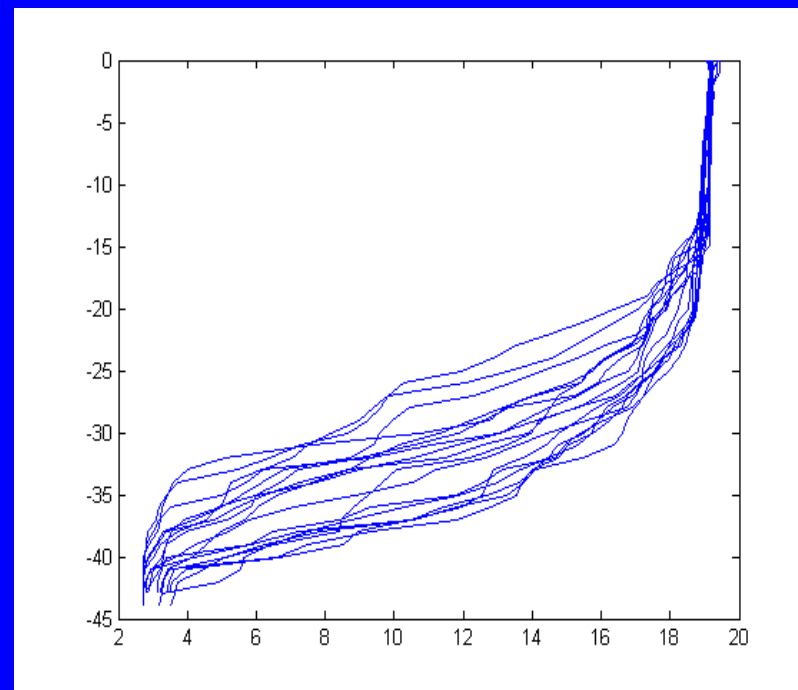
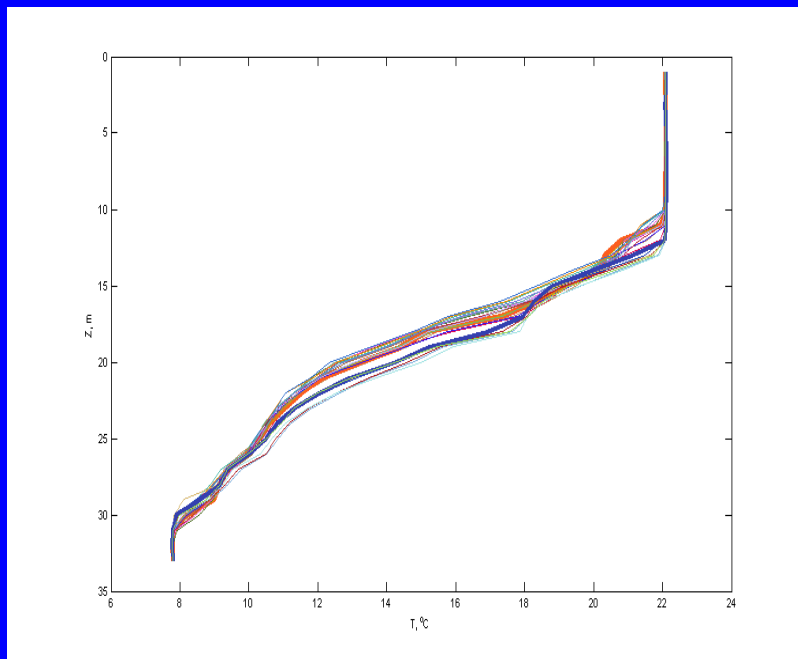
Картины объемного обратного рассеяния акустического сигнала

5 .10.2006 – до подхода вихря

10.10.2006 – при проходе вихря

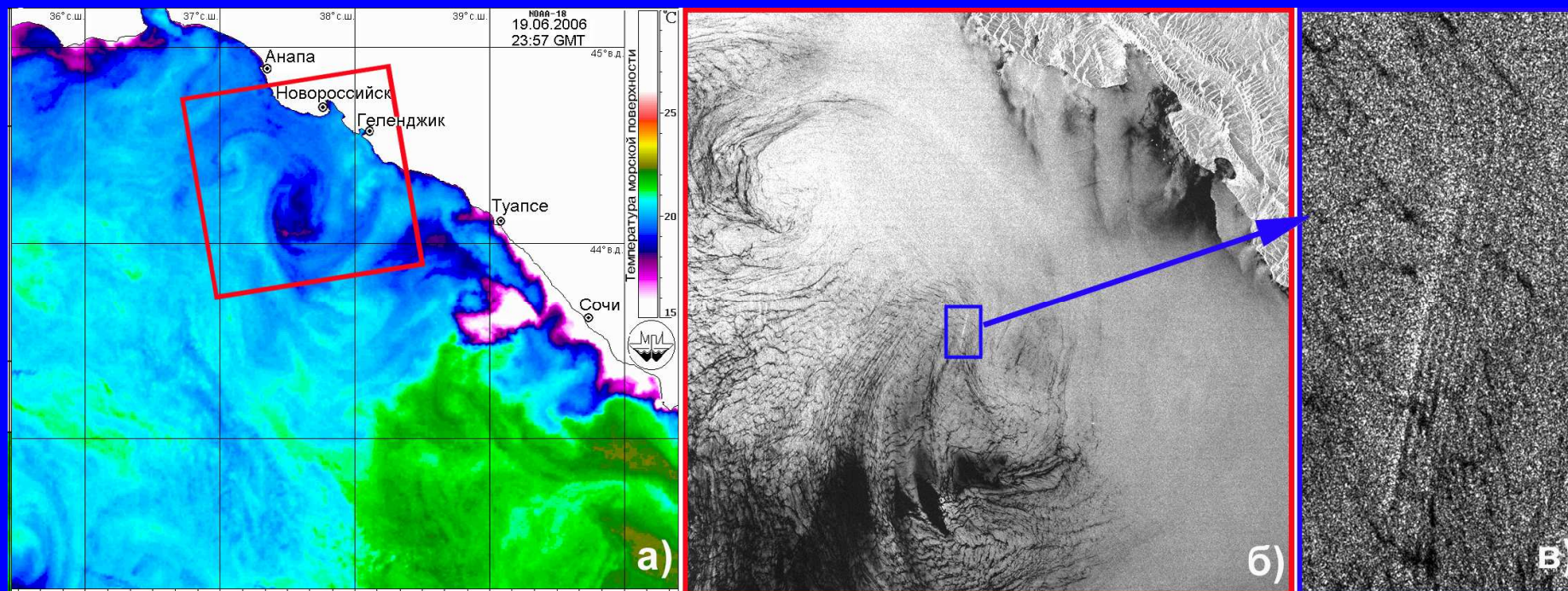
OBSERVATION OF RECORD-AMPLITUDE INTERNAL WAVES IN NON-TIDAL SEA

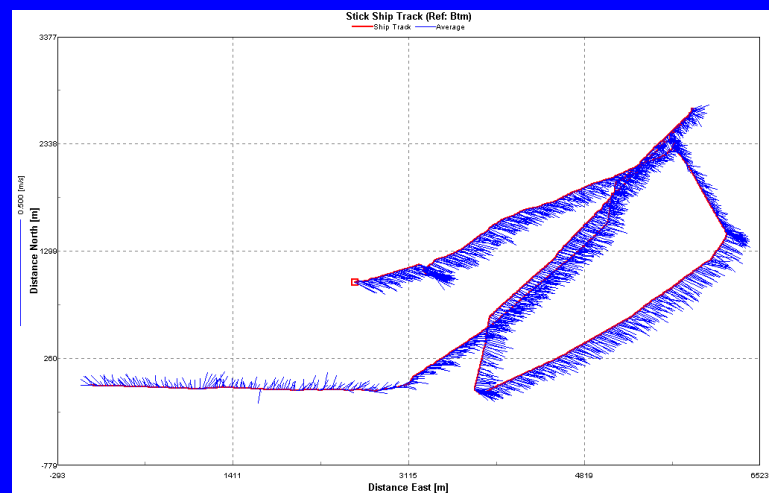
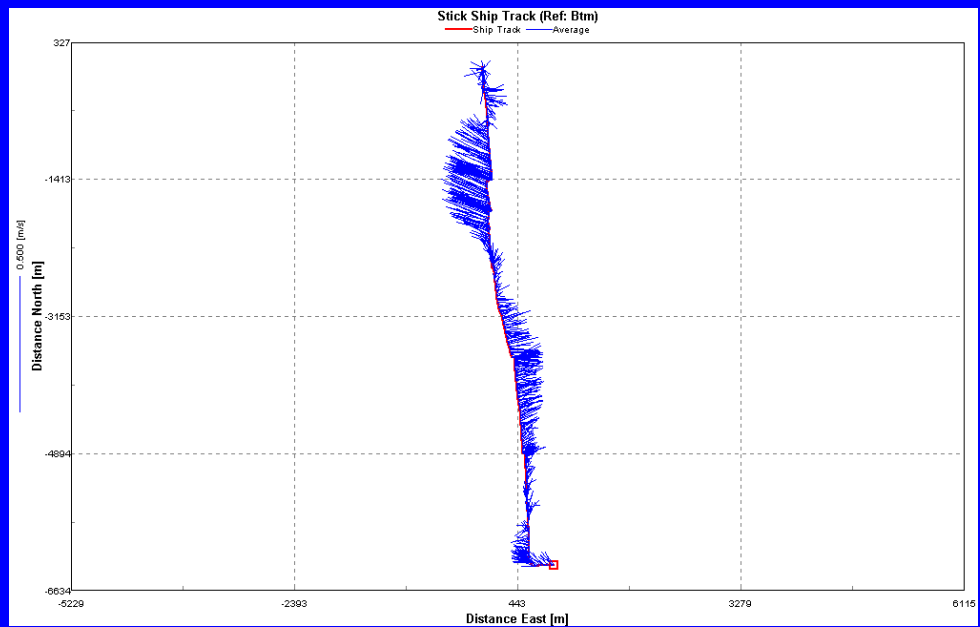
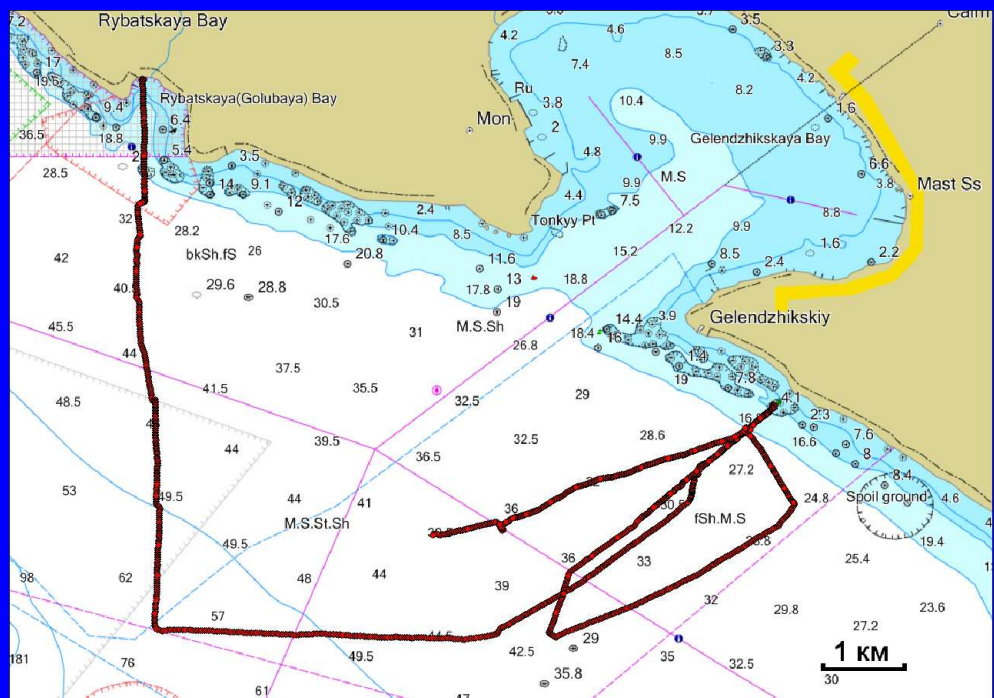
Изменчивость вертикального профиля температуры из-за
внутренних волн в бесприливном Черном (слева) и
приливном Японском (справа) морях



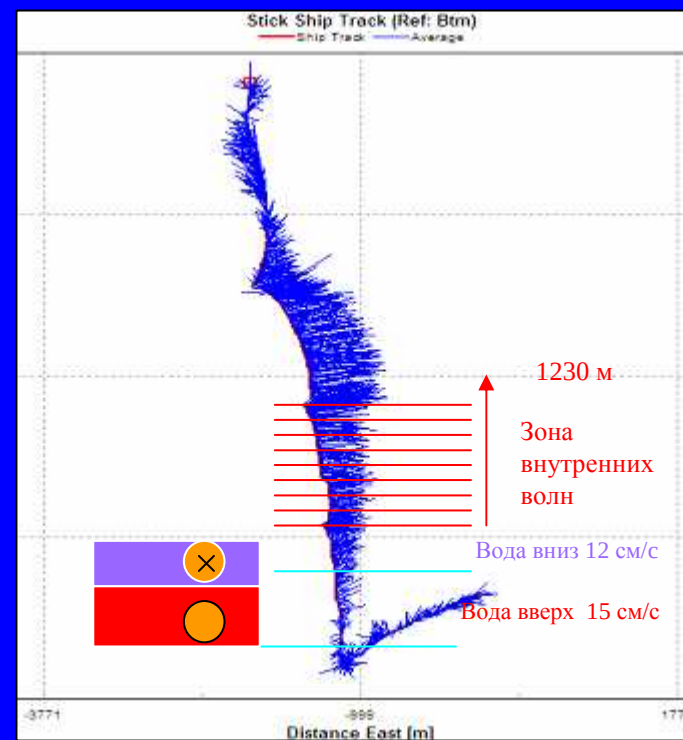
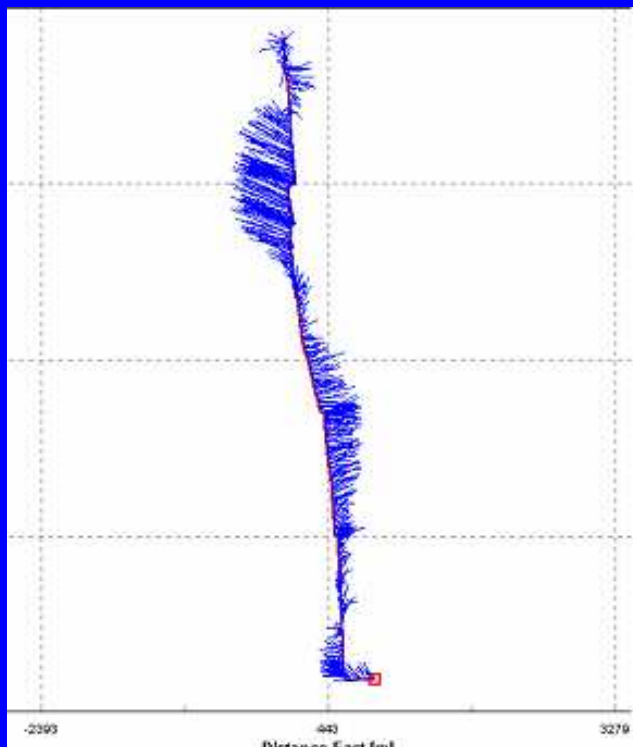
Обнаружение пакета внутренних волн у вихревых структур

(Из статьи О.Ю.Лаврова, М.И. Митягина, К.Д. Сабинин. Проявление внутренних волн на морской поверхности в северо-восточной части Черного моря//ИЗК, 2009, №6, С.49-55)

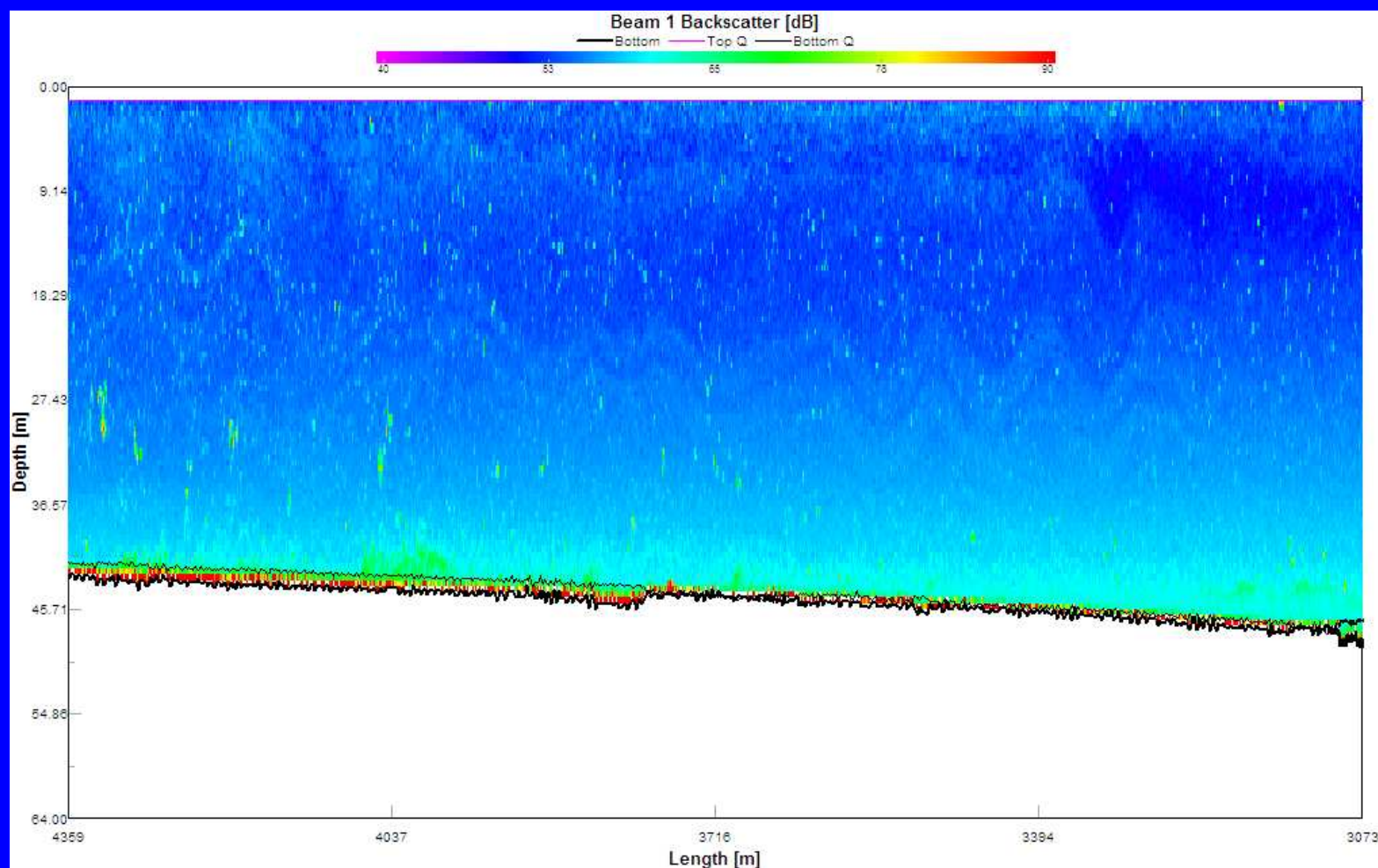




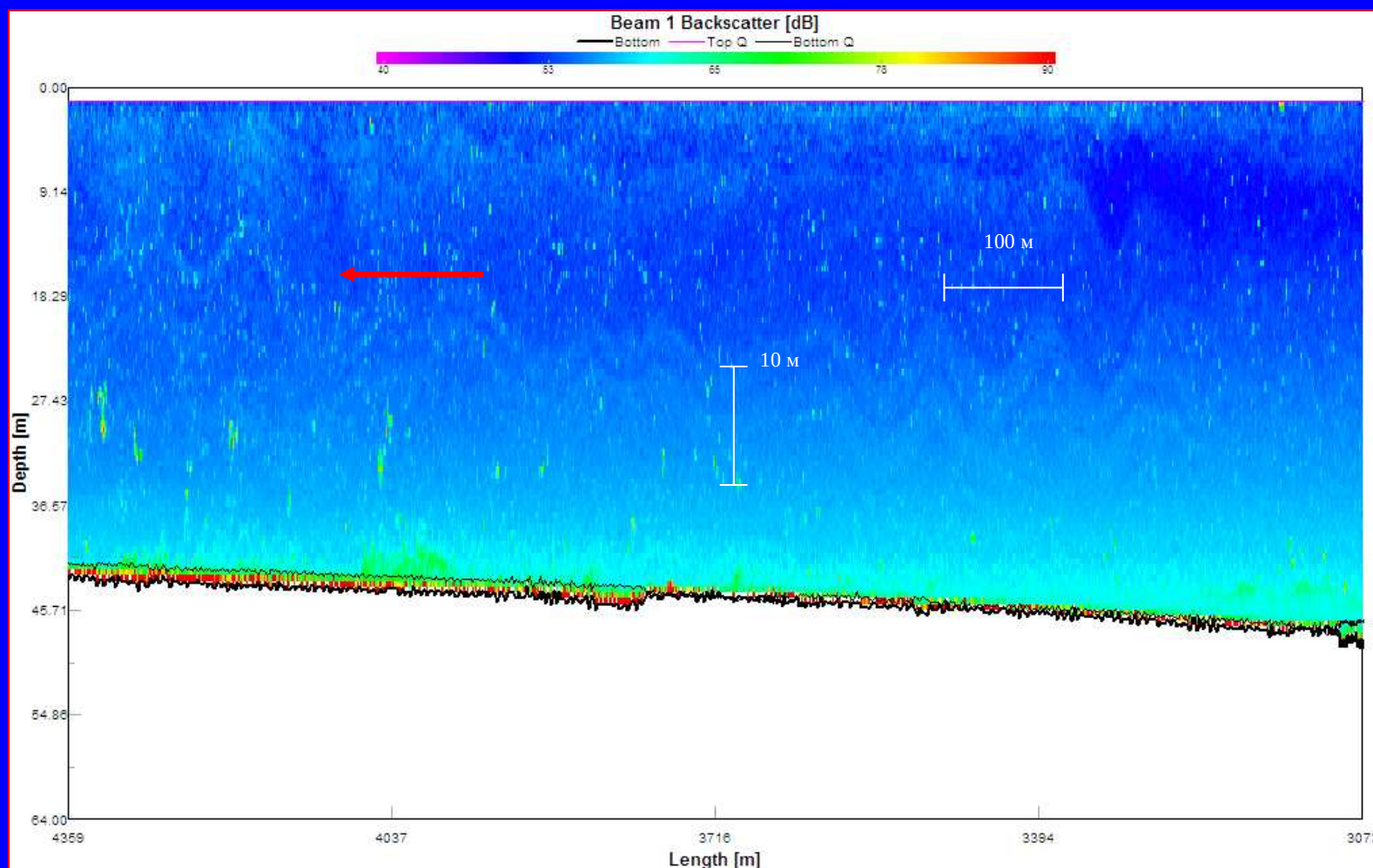
Изменение течений на разрезе 4 октября. Повторный
разрез (показан слева) сделан на 5 ч позже.



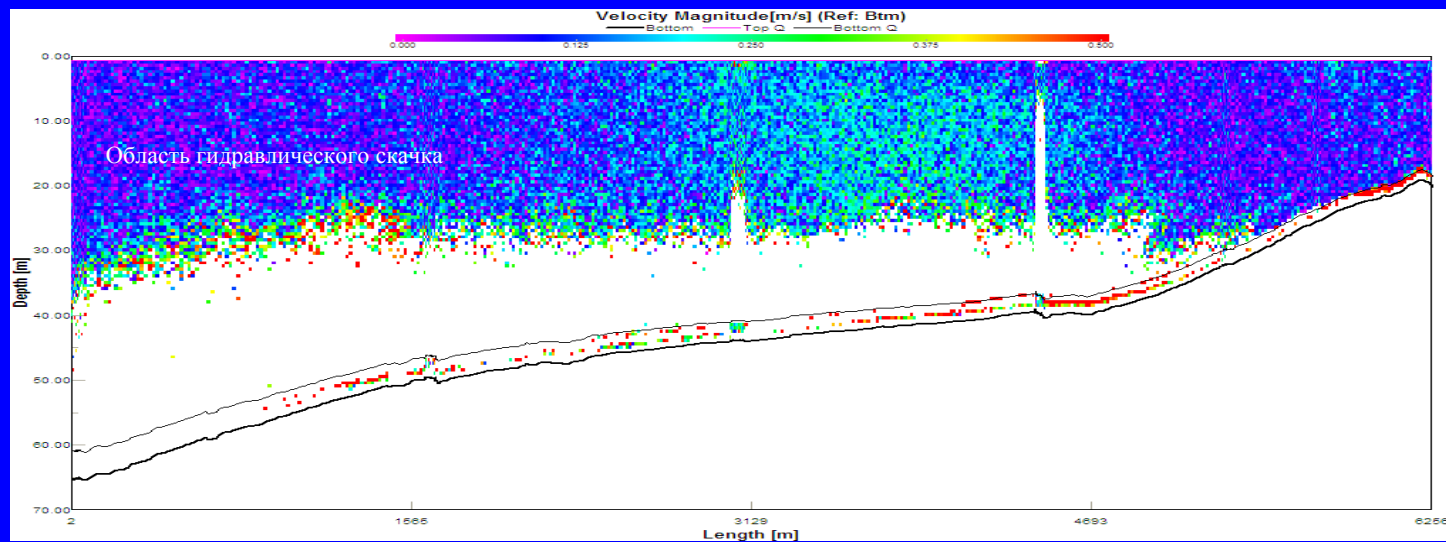
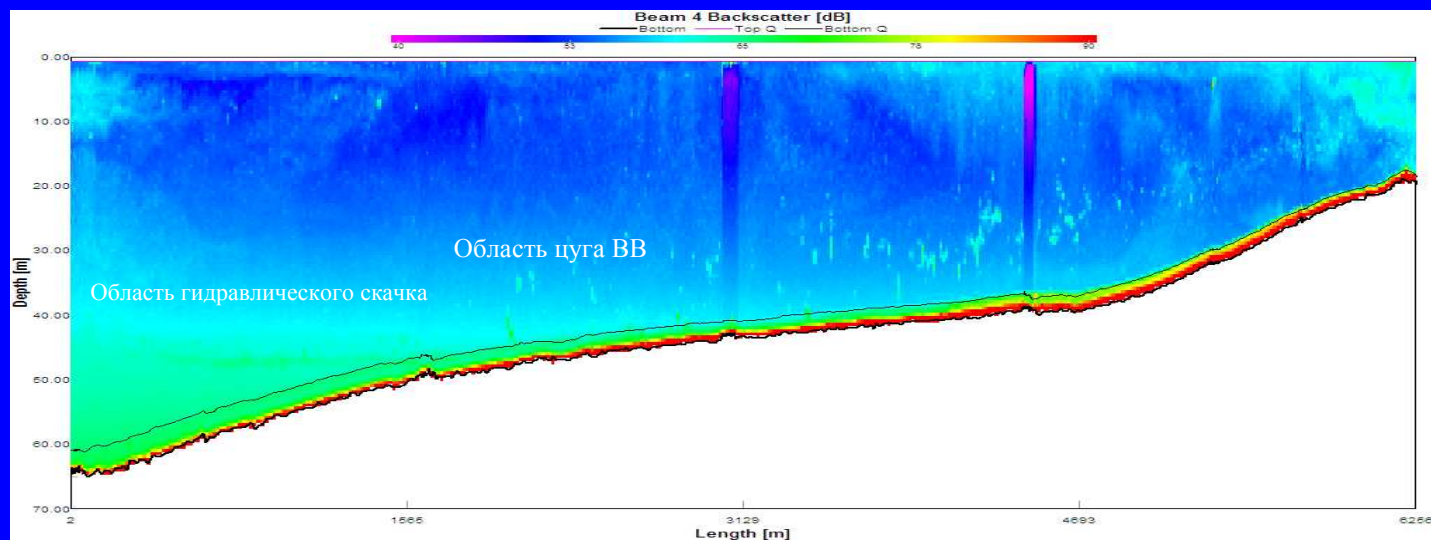
Внутренние волны больших амплитуд, зарегистрированные на северо-восточном шельфе Черного моря. Наблюдения сделаны на сечении с помощью ADCP “Rio Grande 600 kHz, 4 октября, 2009.



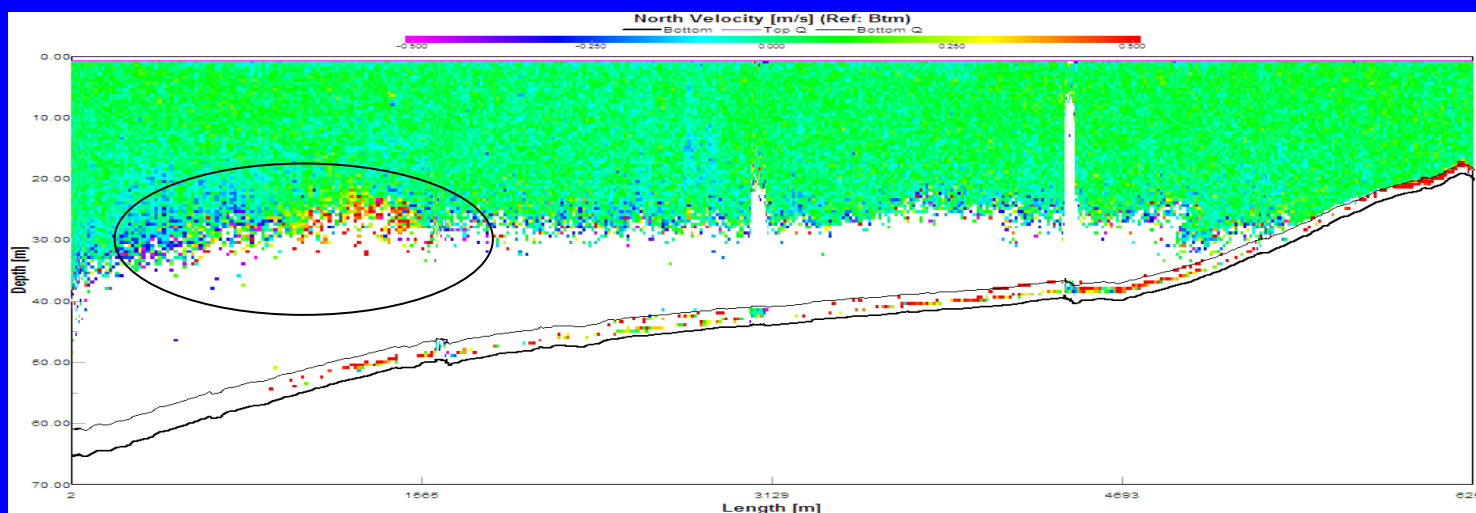
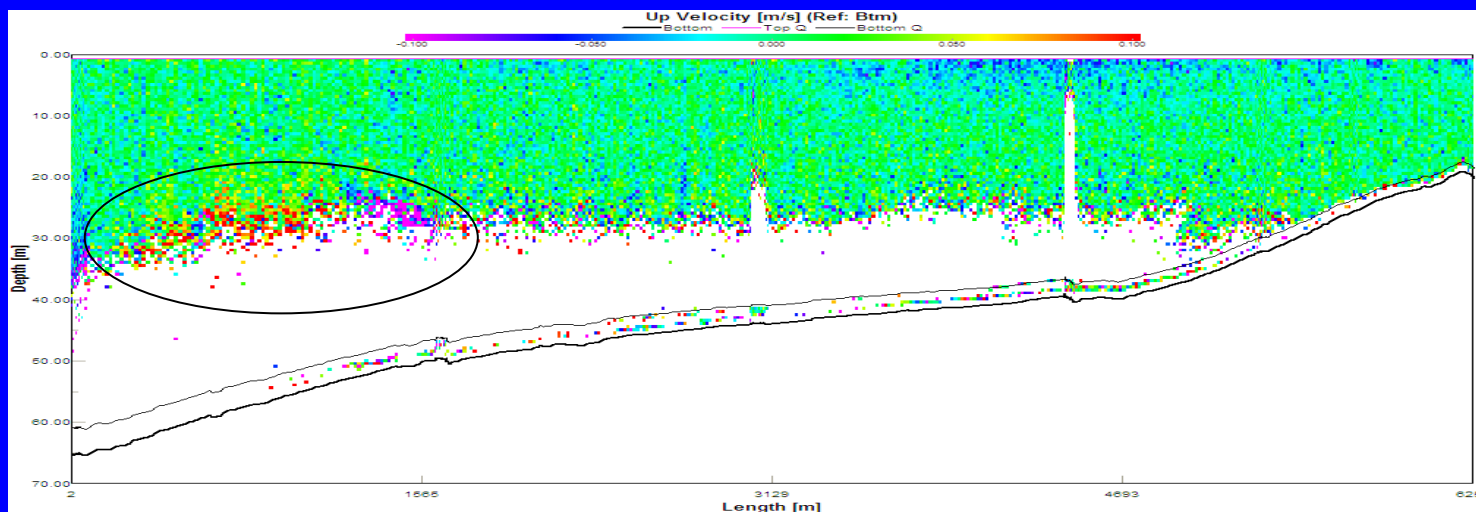
Цуг состоял из 8-10 волн, их высоты лежали в пределах 9-13 м, длины – 100-115 м. Появление цуга совпало с периодом прохождения в прибрежной зоне компактного антициклонического вихря (диаметром около 10 км).



Картина объемного обратного рассеяния (вверху) и амплитуда скорости течения (внизу) на разрезе 4 октября 2009



Вертикальная и северная (внизу) компоненты течения на разрезе 4 октября.
Вертикальные скорости достигают 10-15 см/с вверх, 10-12 см/с вниз.



Процесс, вызвавший интенсивные внутренние волны

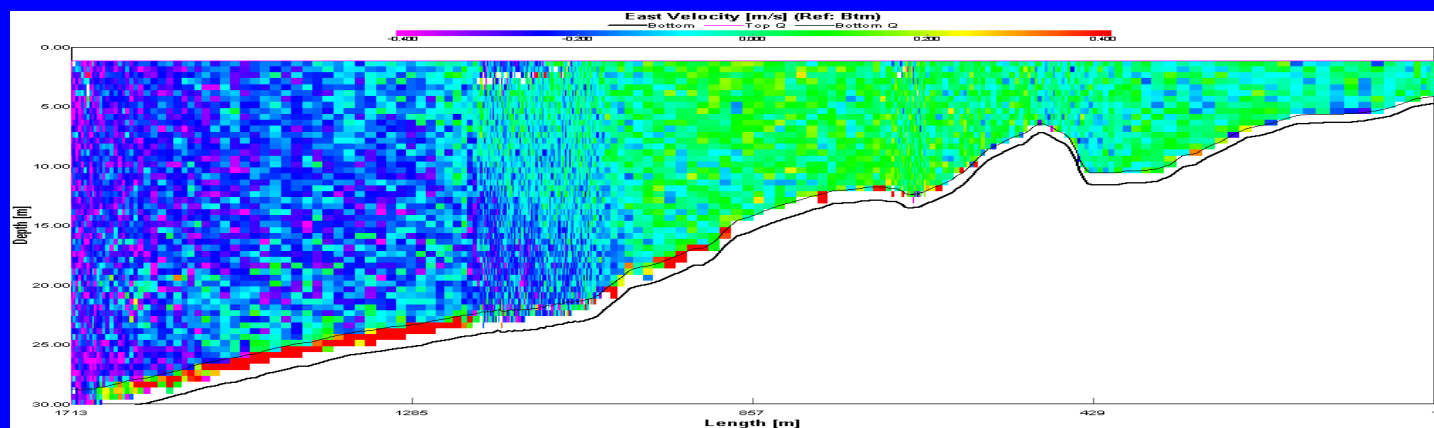
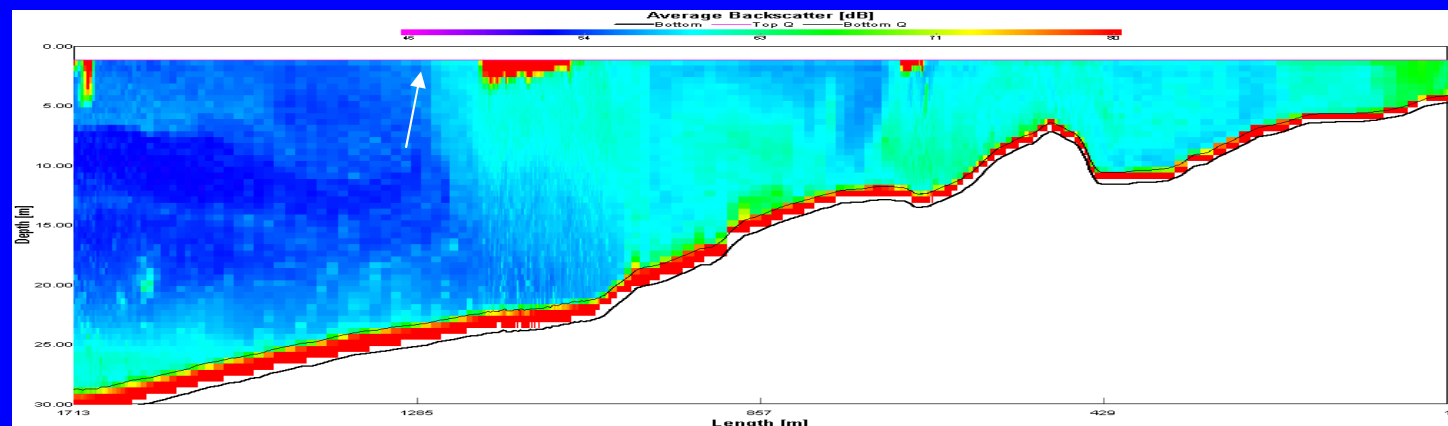
- Зарегистрированные с помощью ADCP особенности течений на разрезе показали, что в части шельфа с глубинами более 50 м существовала уединенная область с интенсивным вертикальным движением вод (гидравлический скачок).
- Этот гидравлический скачок был встроен в систему течений антициклонического вихря и двигался на берег, излучая пакет внутренних волн в прибрежную стратифицированную область моря.

**Встречные течения, как причина образования уединенных
сликовых полос на поверхности моря.**

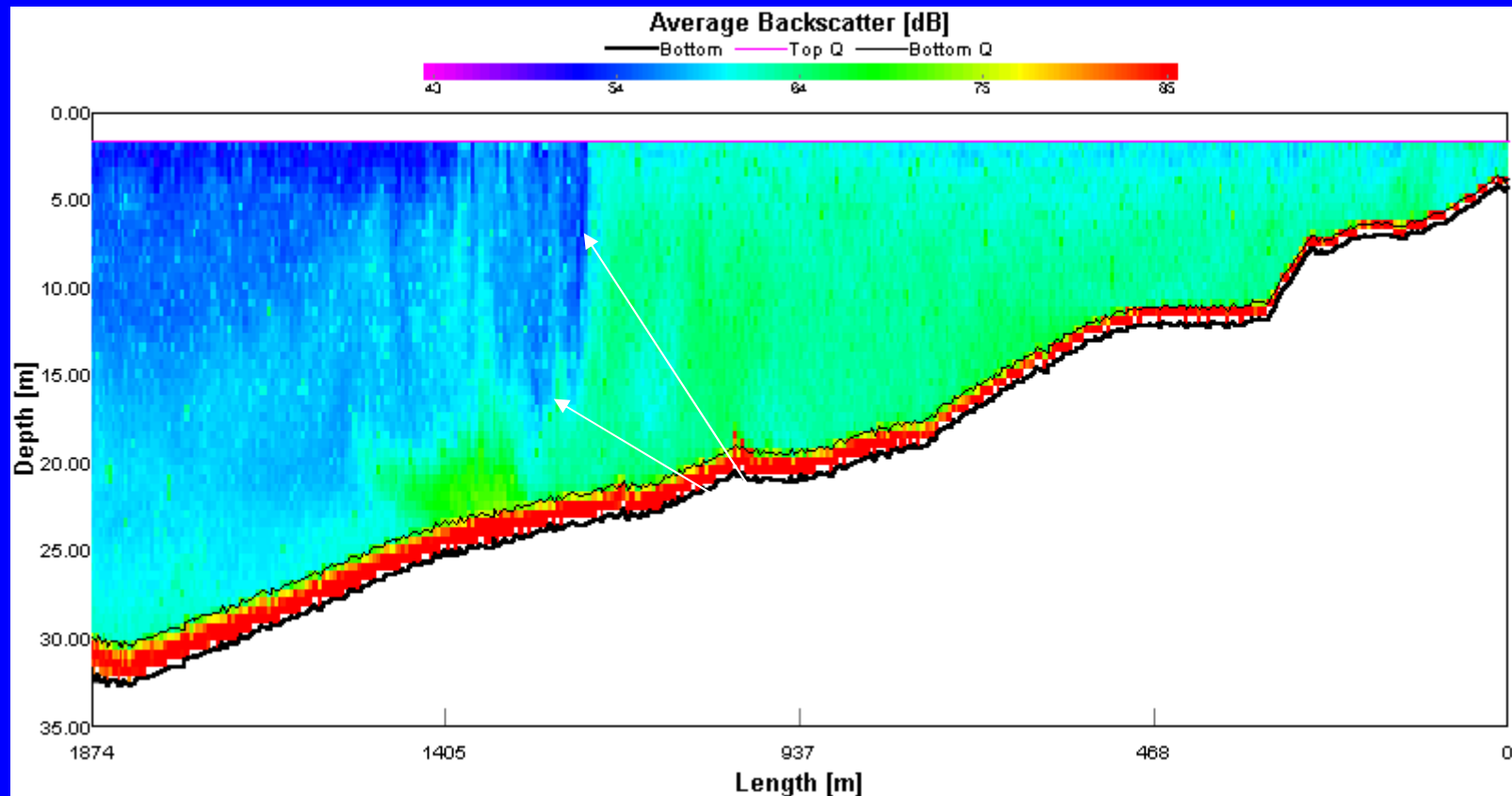
Слик на шельфе Черного моря, вызванный
вдольбереговым противотечением



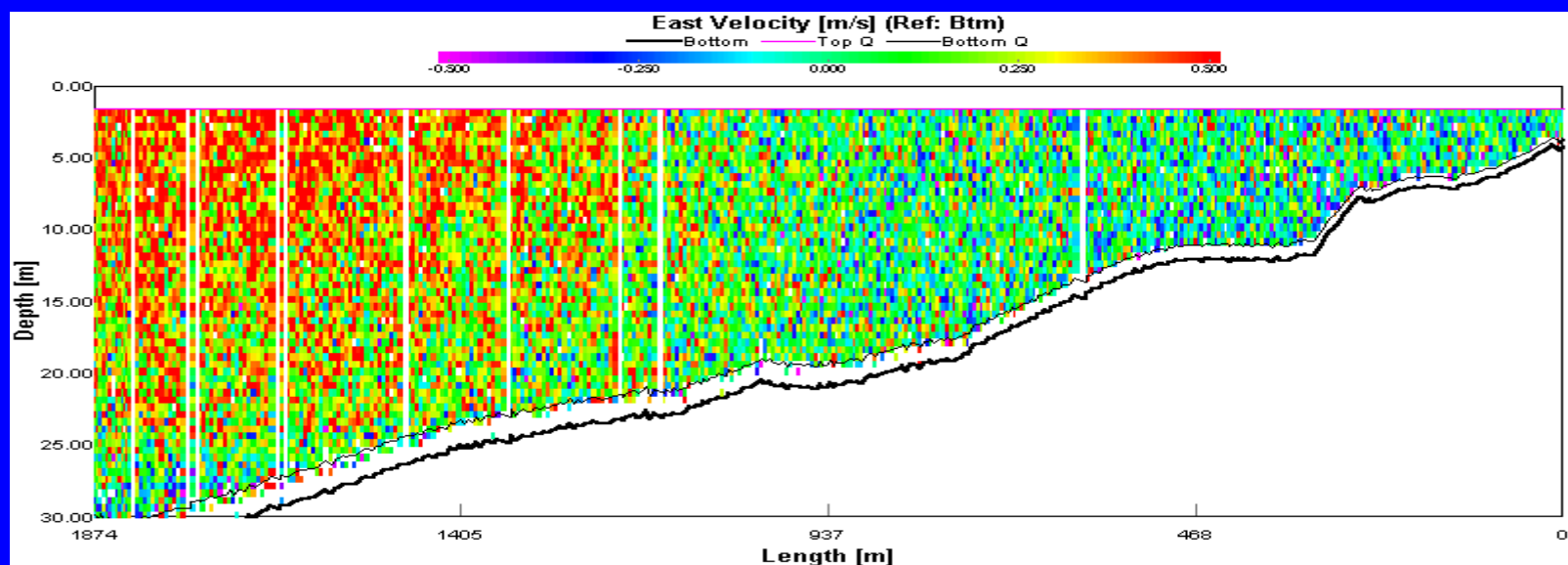
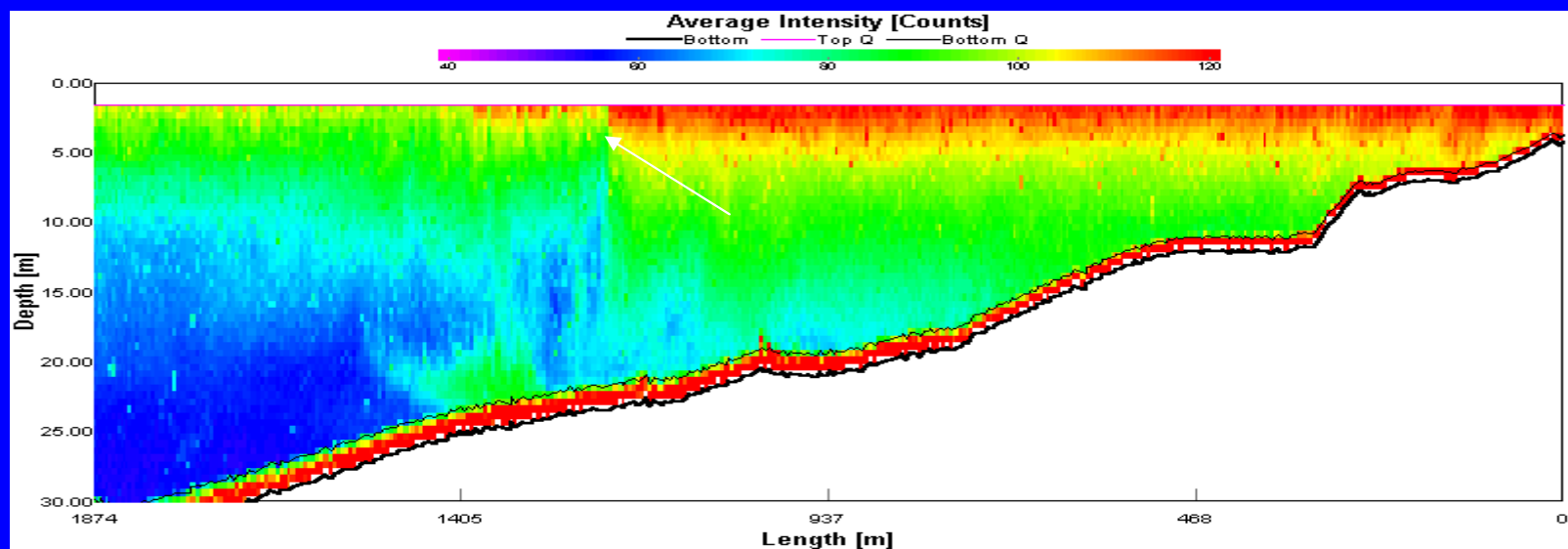
Интенсивность обратного рассеяния акустического сигнала (вверху)
и в-з компонента течений на разрезе, ориентированном по нормали к
берегу. Положение сликовой полосы совпало с областью
вдольберегового усиления течения.



Coastal front generated due to strong storm.
Passage of the front is accompanied by train of intense
internal waves

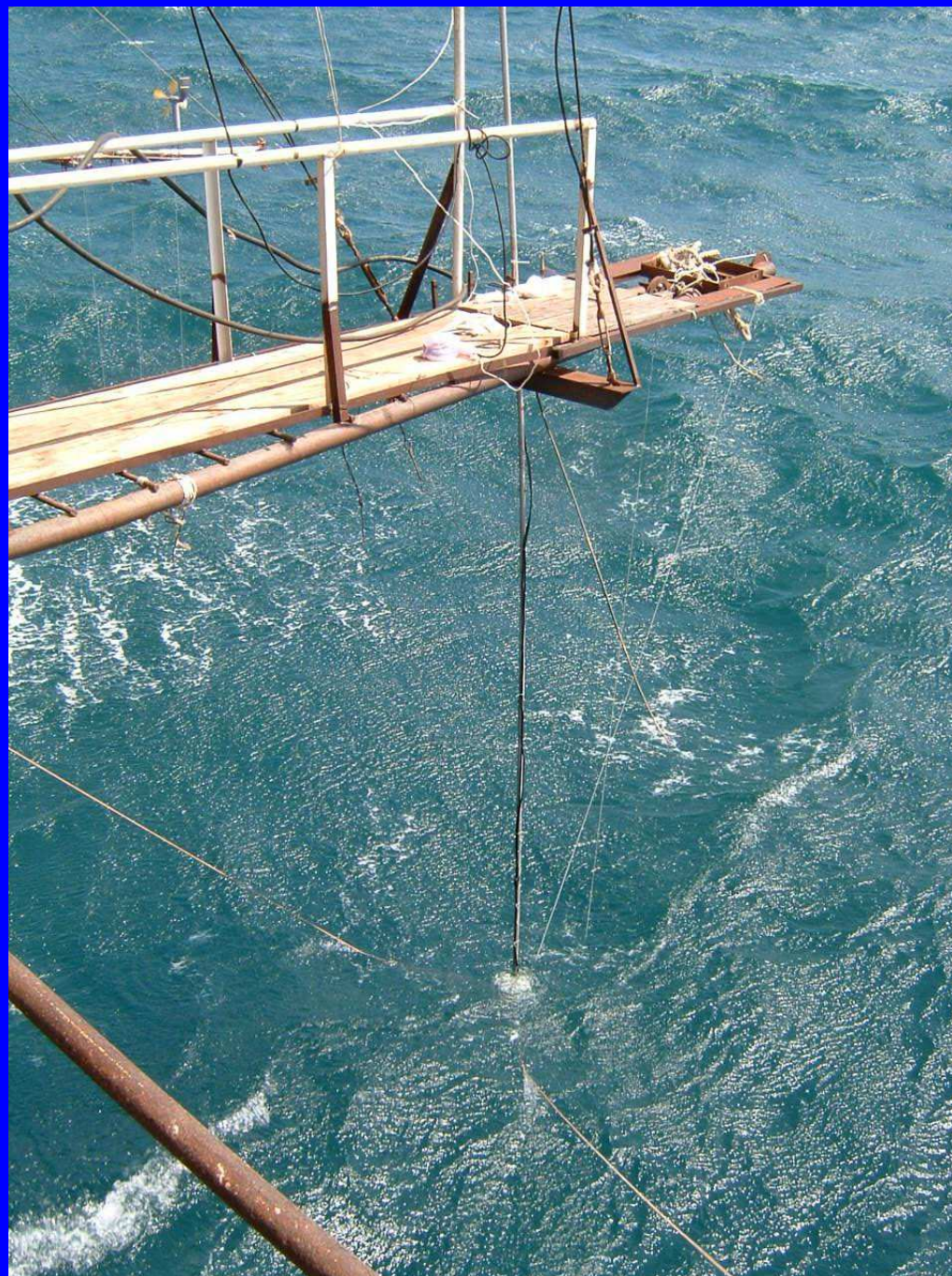


Граница послештормового фронта в прибрежной зоне совпадает с резким изменением направления течения



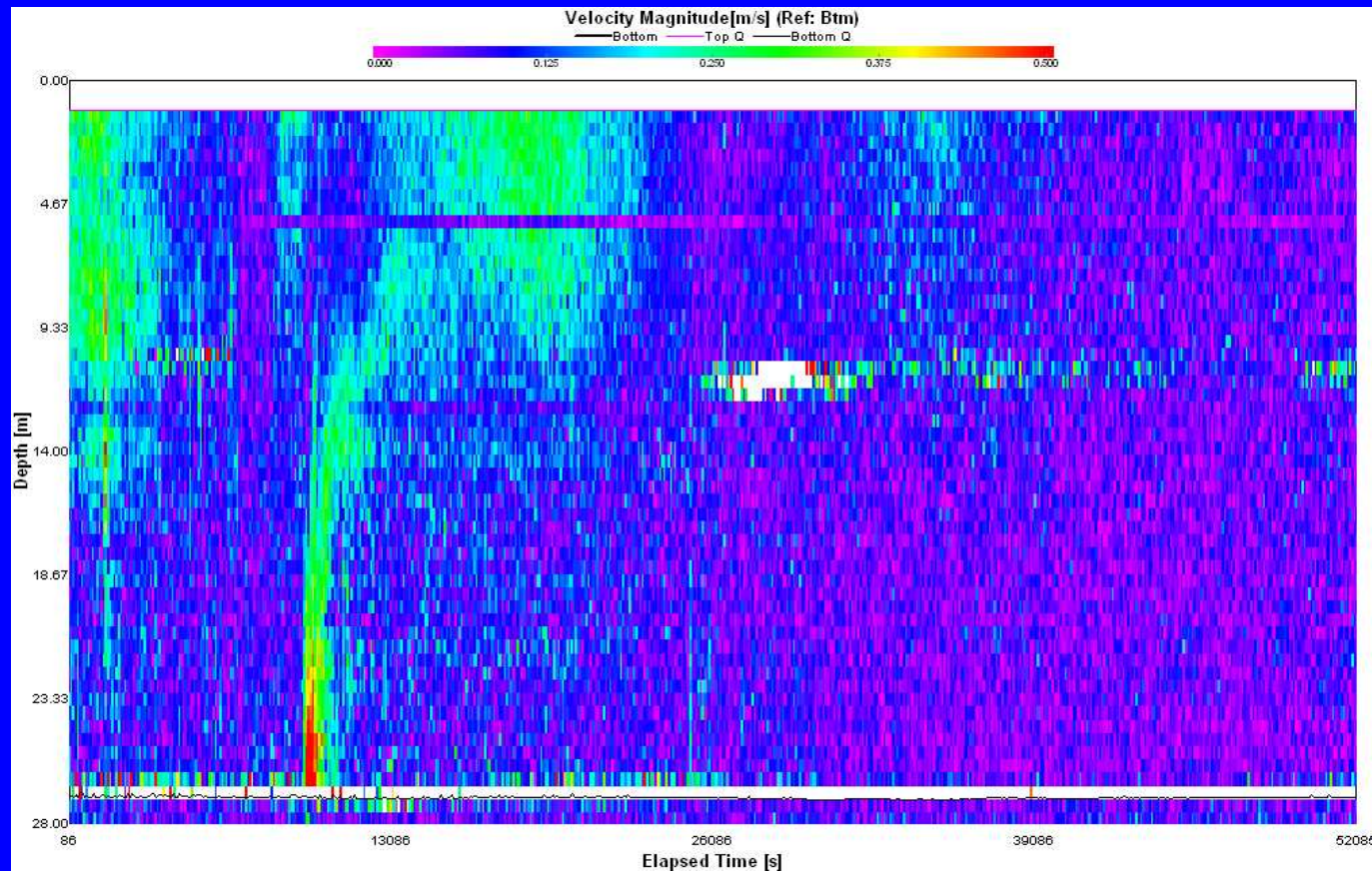
Oceanographic platform of Marine Hydrophysical
Institute, National Academy of Science of Ukraine.
Black Sea, Crimea



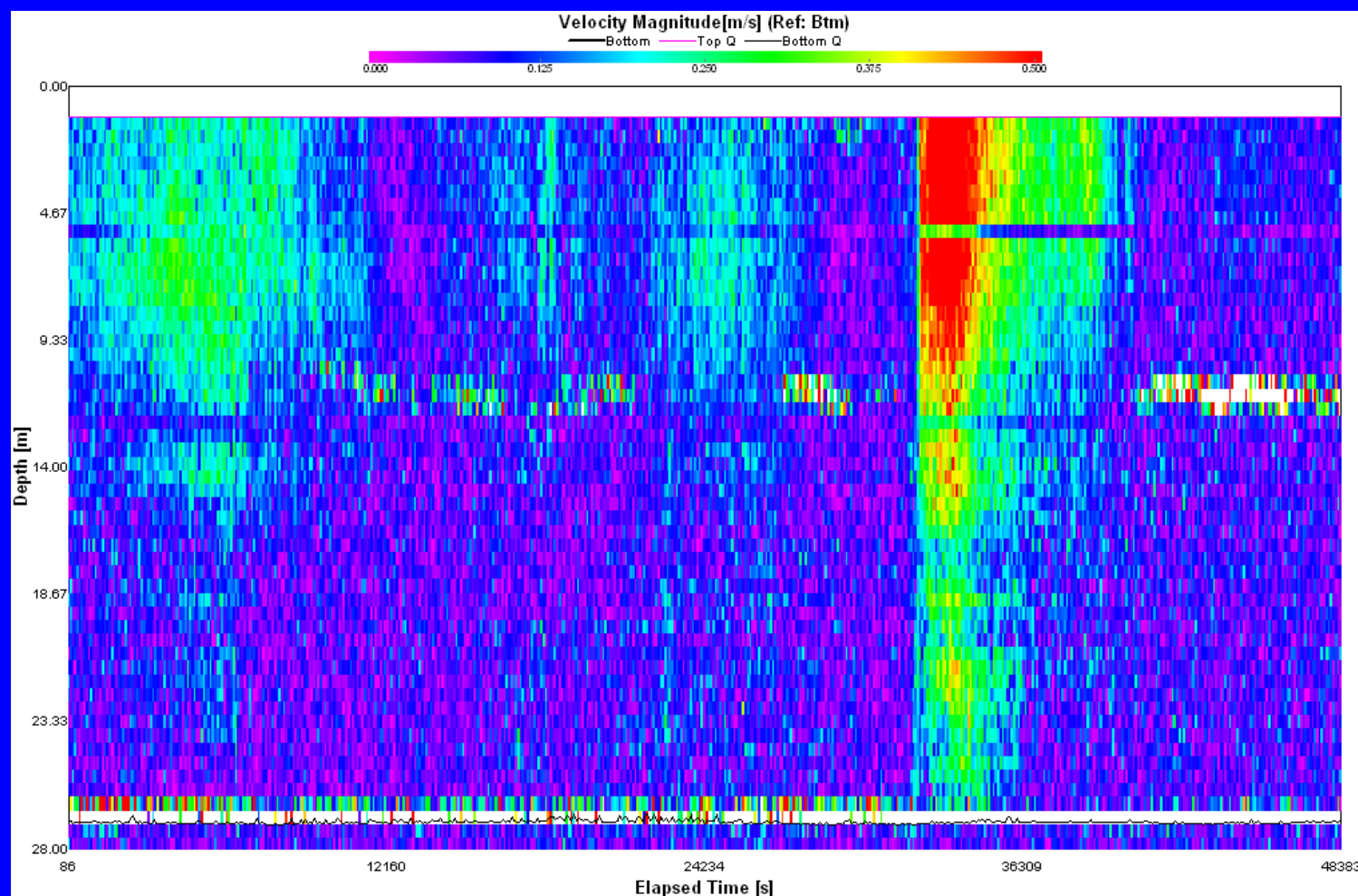


Наблюдение внутренних боров.

Внутренний бор в виде ступени холодной придонной воды в прибрежной зоне Черного моря появился в виде интенсивного струйного течения в придонном слое (до 60 см/с). Длина реализации 14.4 ч. Резкое изменение направления течения (с восточного на западное).



Внутренний бор 21.08. 2005 (показана амплитуда течения).
Сильное поверхностное течение (до 80 см/с). Длина реализации 13.5 ч.
Резкое изменение направления течения (с восточного на западное).

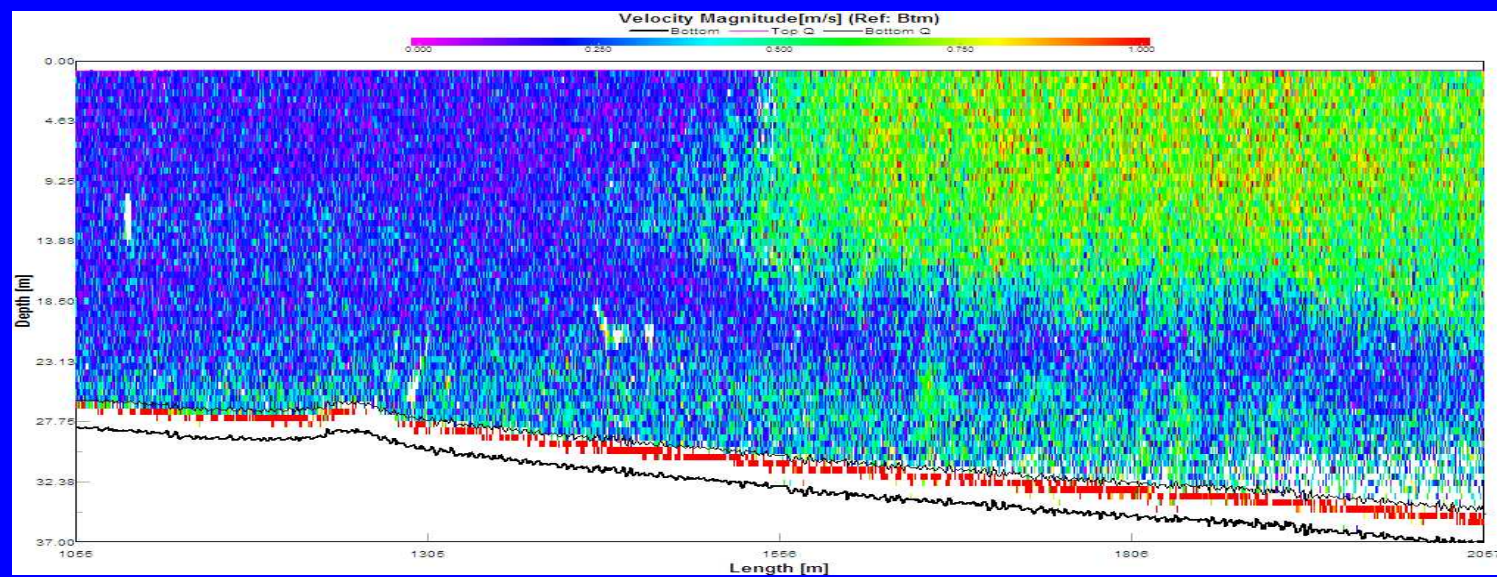
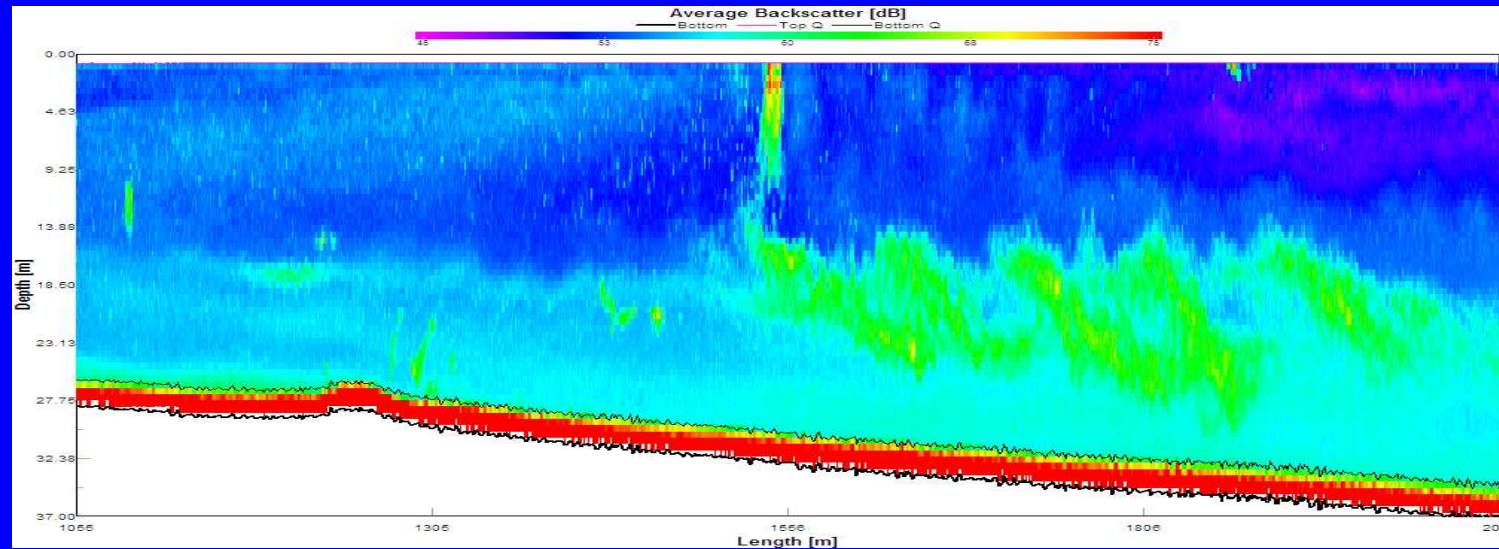


Уединенный слик, встреченный при выходе из б. Витязь
17.09.2004



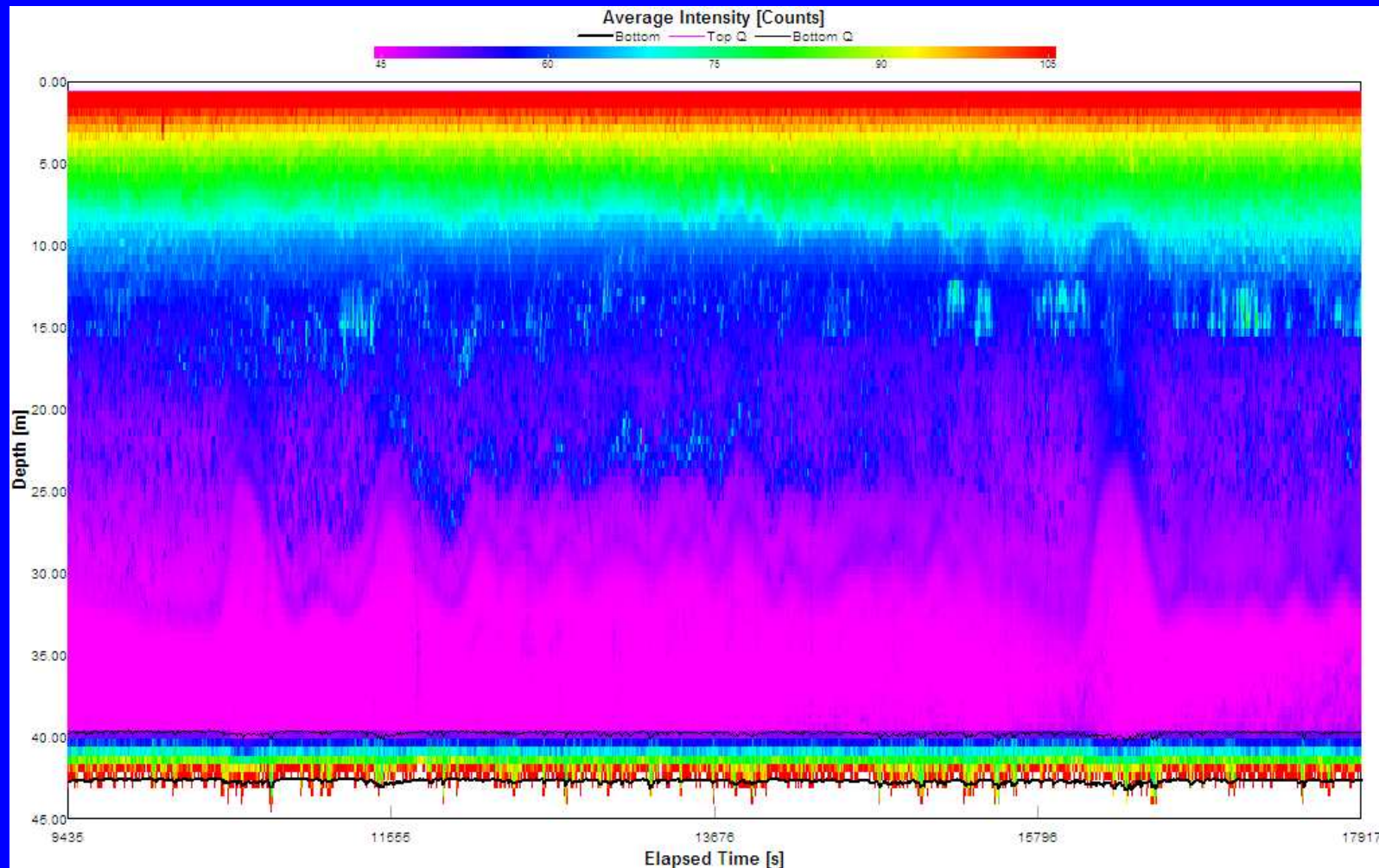
Shear instability

Вдольбереговая струя течения (0.8 м/с) во время отлива. Под слоем скачка противотечение (0.3 м/с). Пакет из 5 обрушивающихся волн высотой 10-12 м.

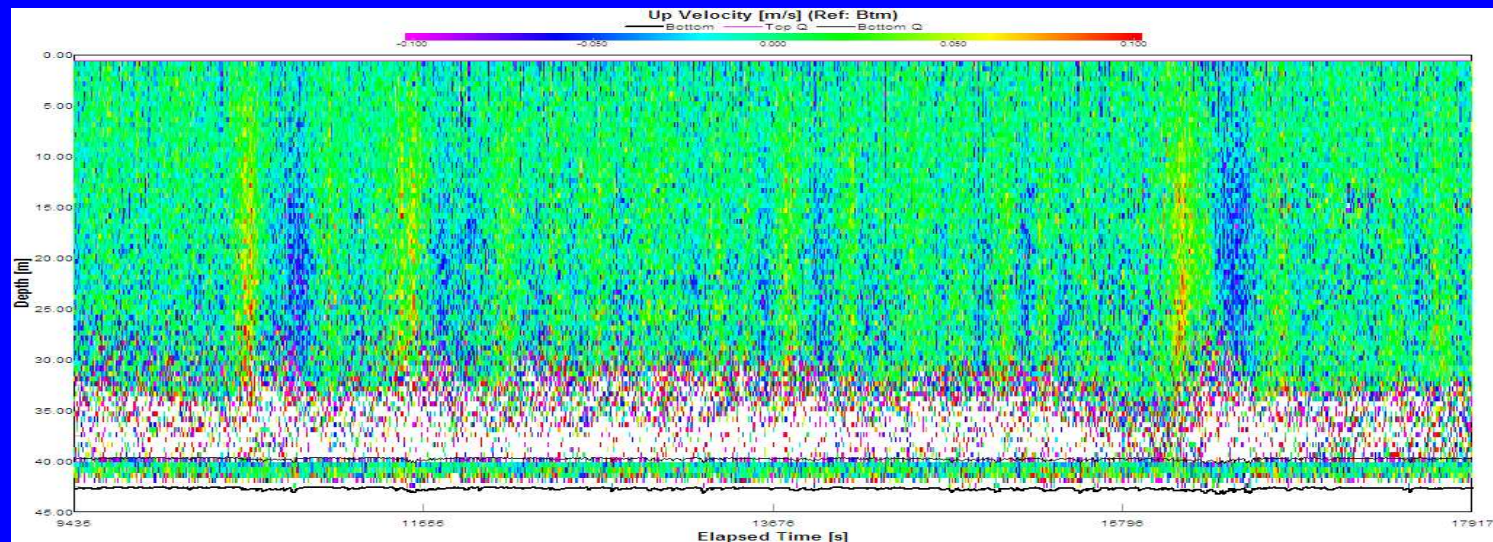
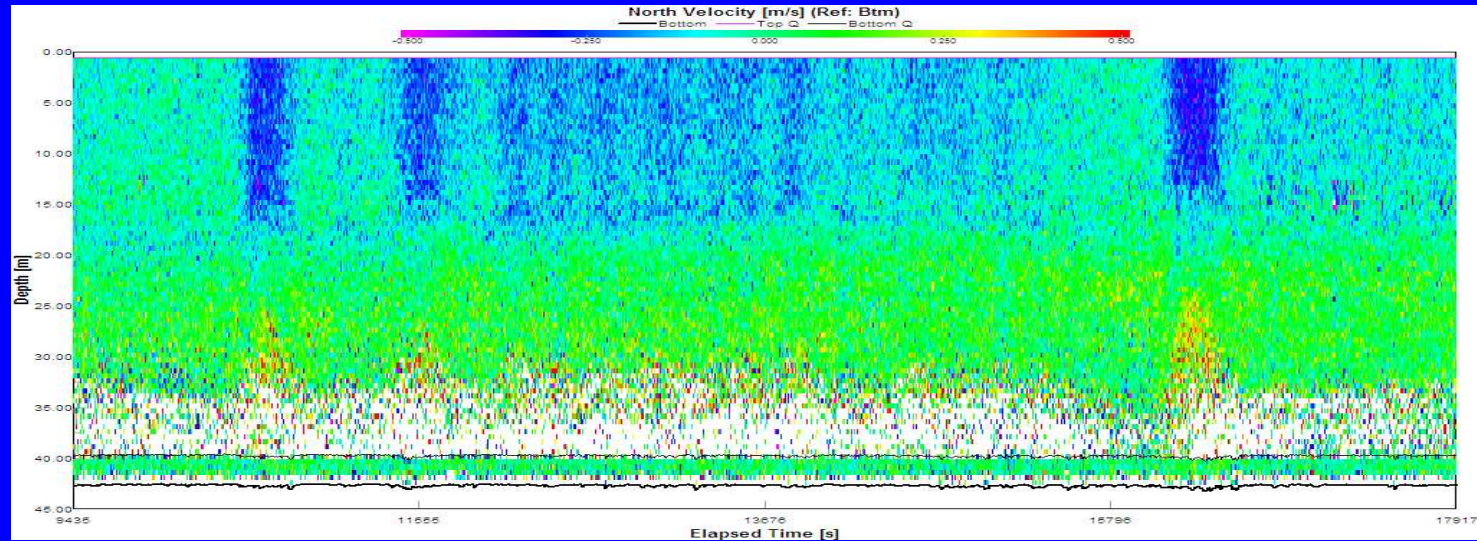


Observations of internal waves

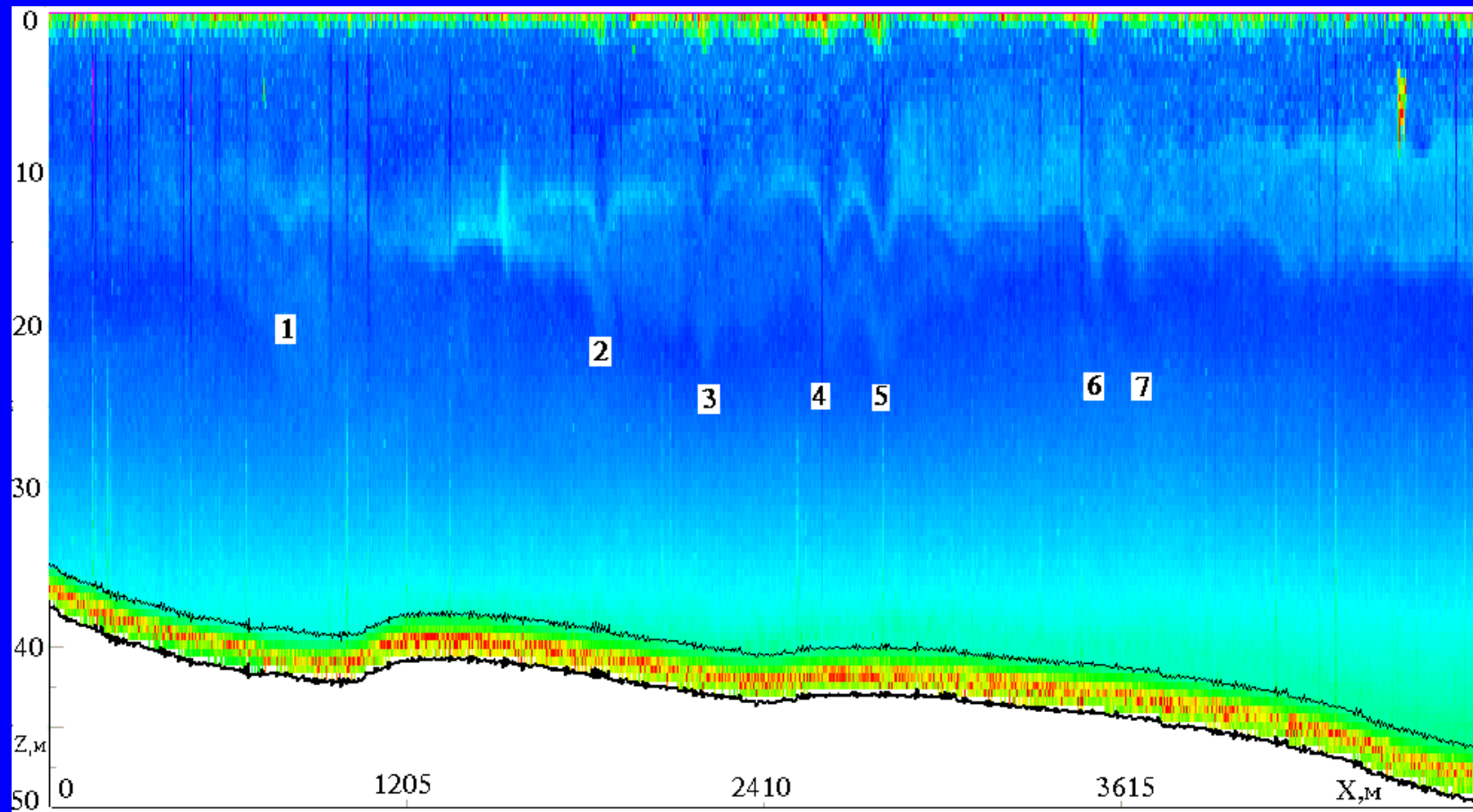
Record of echo intensity made by “Rio Grande 600 kHz” from anchored yacht during
Other internal wave parameters: period - 13 minutes, horizontal component in orbital
currents – up to 0.5 m/s, vertical component – up to 0.1 m/s. There is 15-m amplitude
internal wave in the right corner.



Horizontal component (north) of current (top) and vertical component (up) of current (down) during passing of train of intense internal waves on shelf of the Sea of Japan, 20 September 2004.



Pattern of the echo-sounder contrasts obtained by using the ADCP on a tack at the shelf of the Sea of Japan (off shore section). The characters from 1 to 7 label individual internal waves propagating towards the coast.



During the survey, the internal waves considerably approached the coast.

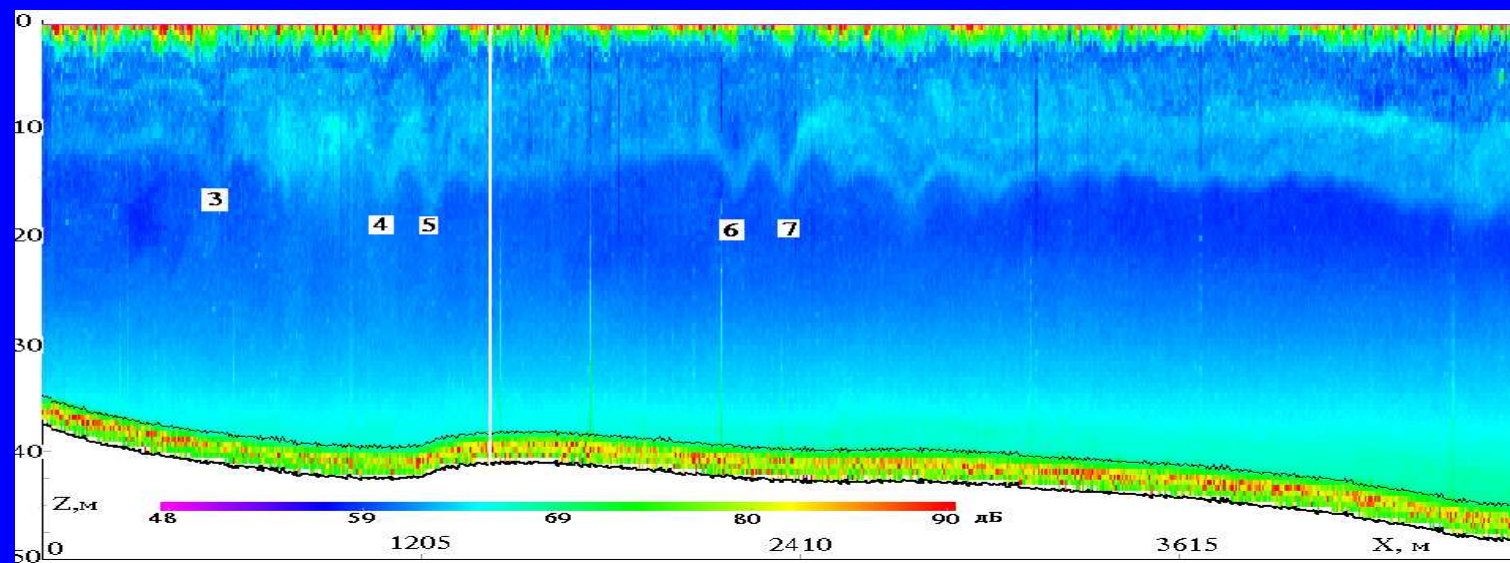
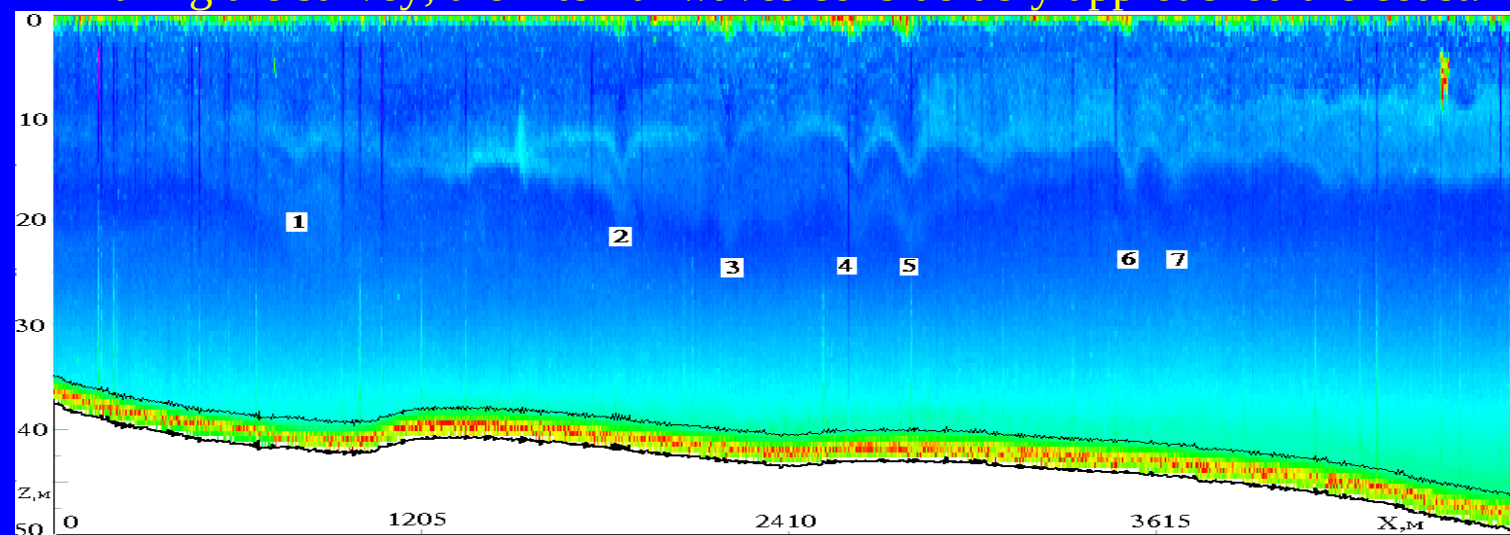
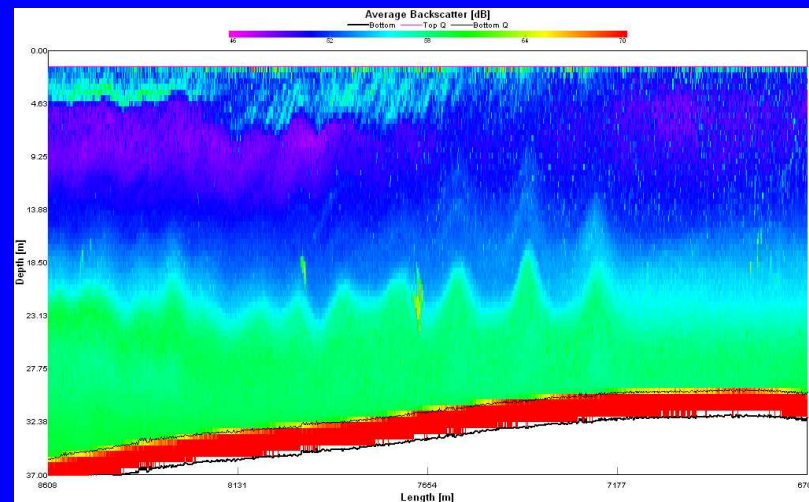
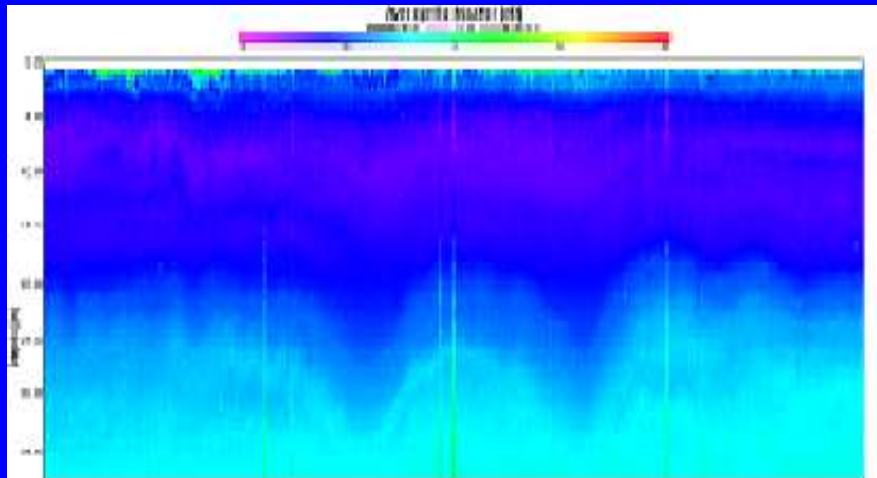


TABLE 1. Parameters of the internal waves

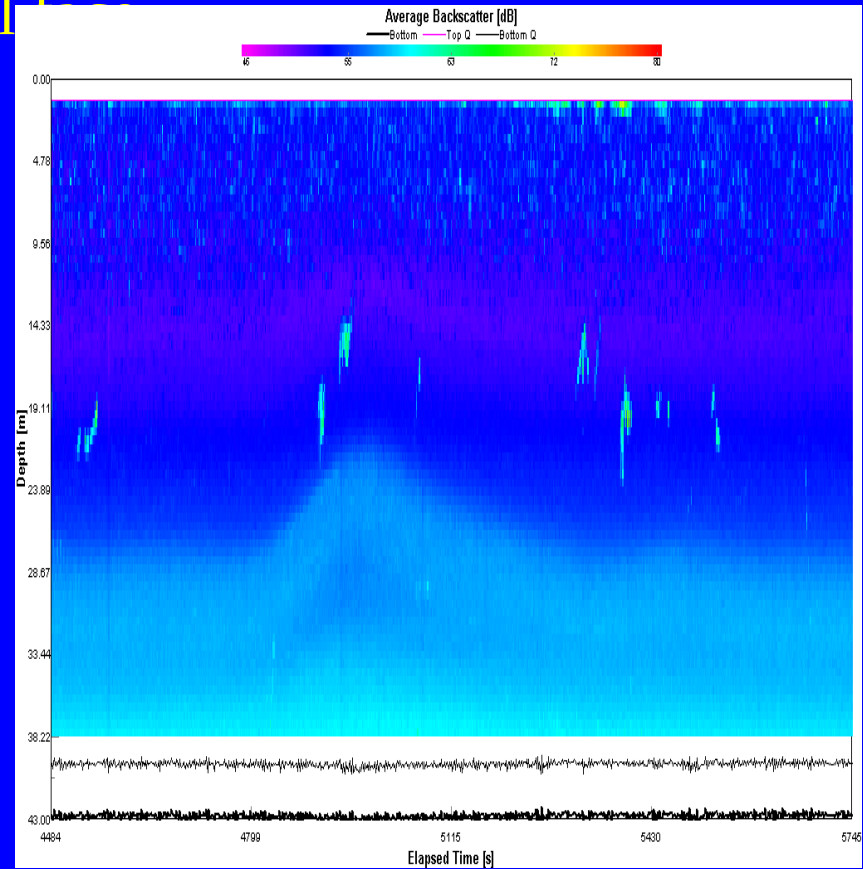
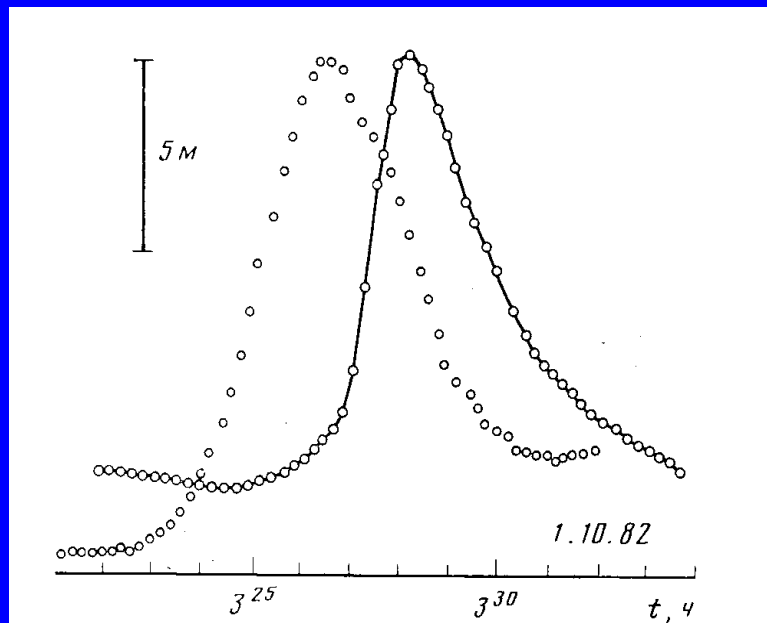
No. of wave	Velocity, m/s	Initial height,m	Final height,m
3	0.23	4.5	4.5
4	0.24	5.0	4.0
5	0.25	4.5	5
6	0.25	4.5	6.5
7	0.26	4.0	6.0

The waves approaching the shallow-water zone decrease their velocity from 0.26 to 0.23 m/s. The horizontal size of the waves is within 90—180 m. The amplitudes of the majority of the waves tend to increase in approaching the shallow-water region, this observation agreeing with the theoretical predictions

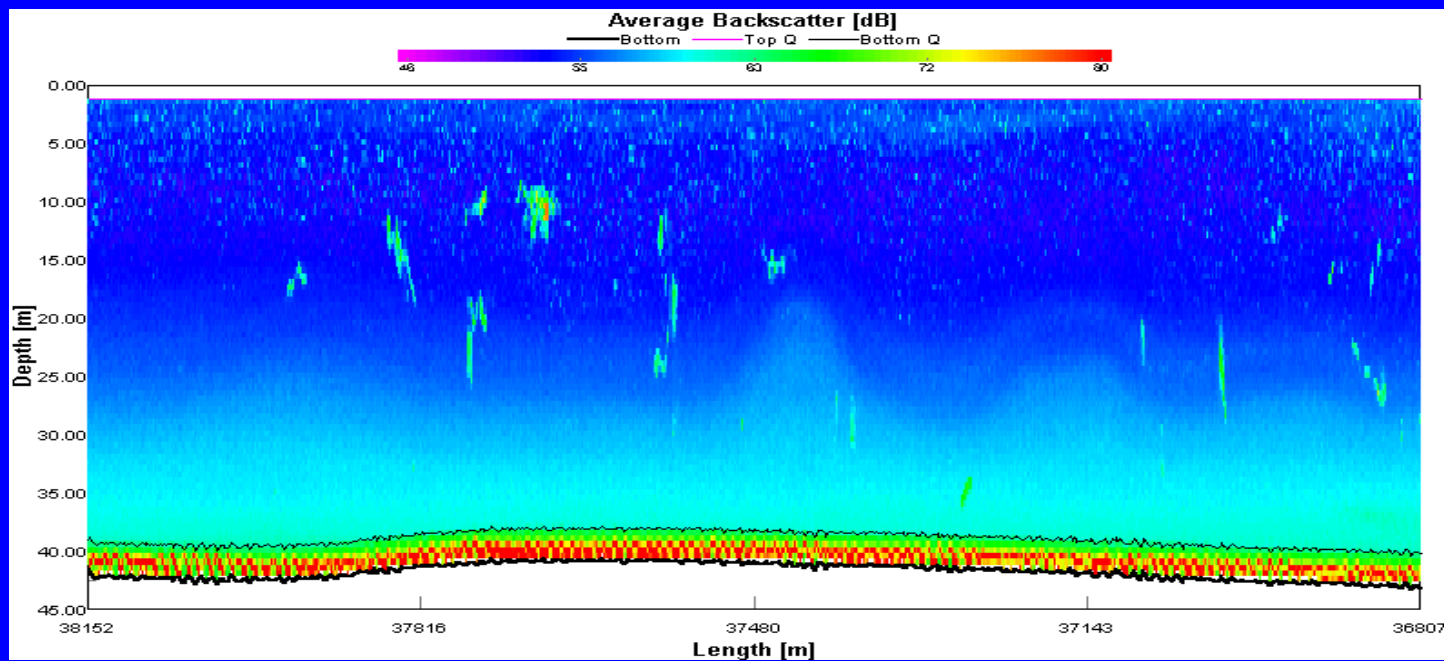
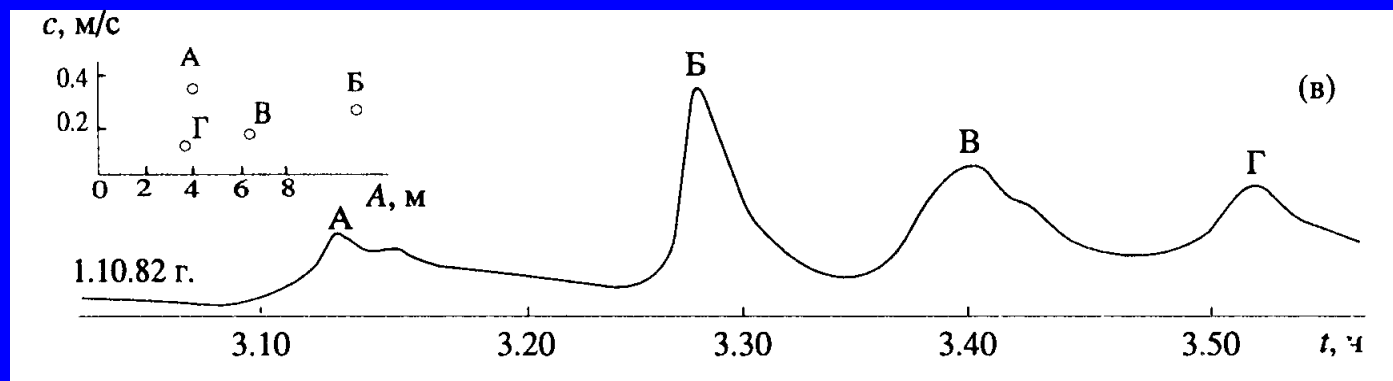
Intense internal waves in the deep part of the shelf have the form of depression waves (left), while in the shallow shelf have form of elevation waves (right)



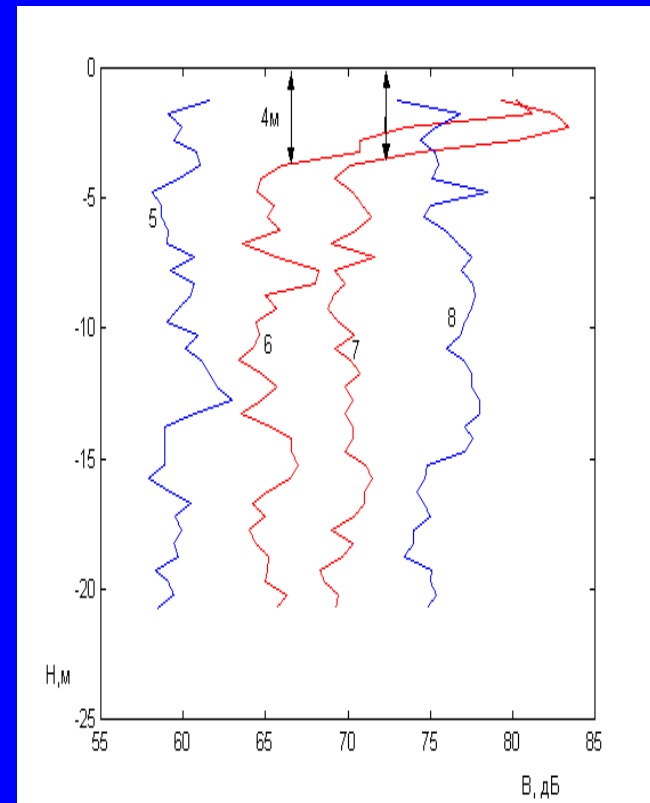
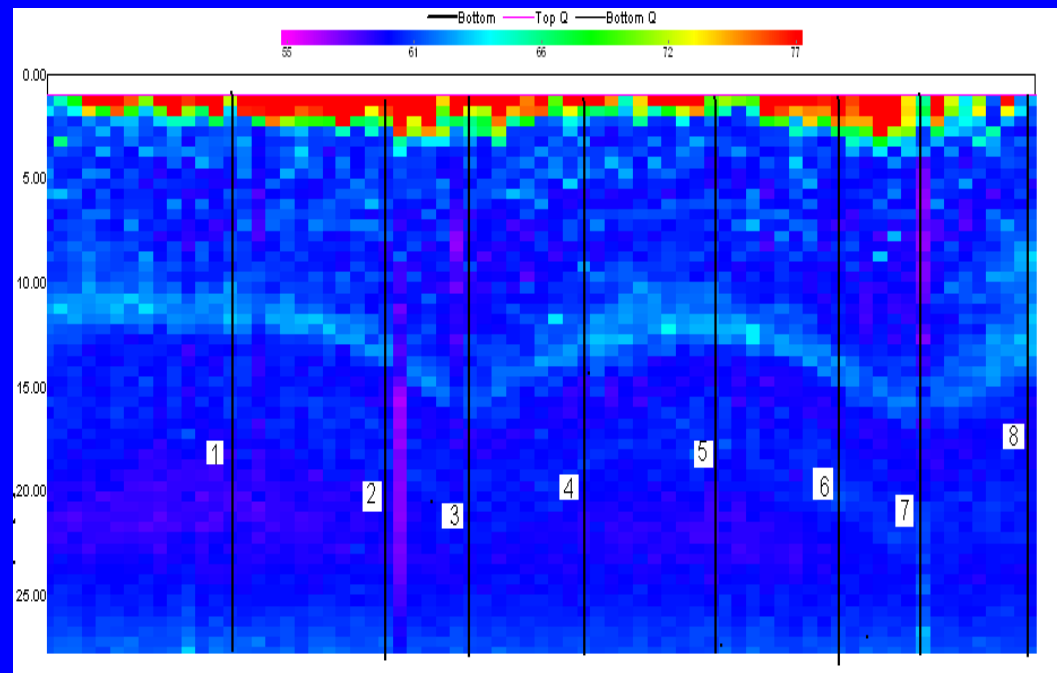
Horizontal asymmetry of internal waves: steepening of the frontal face



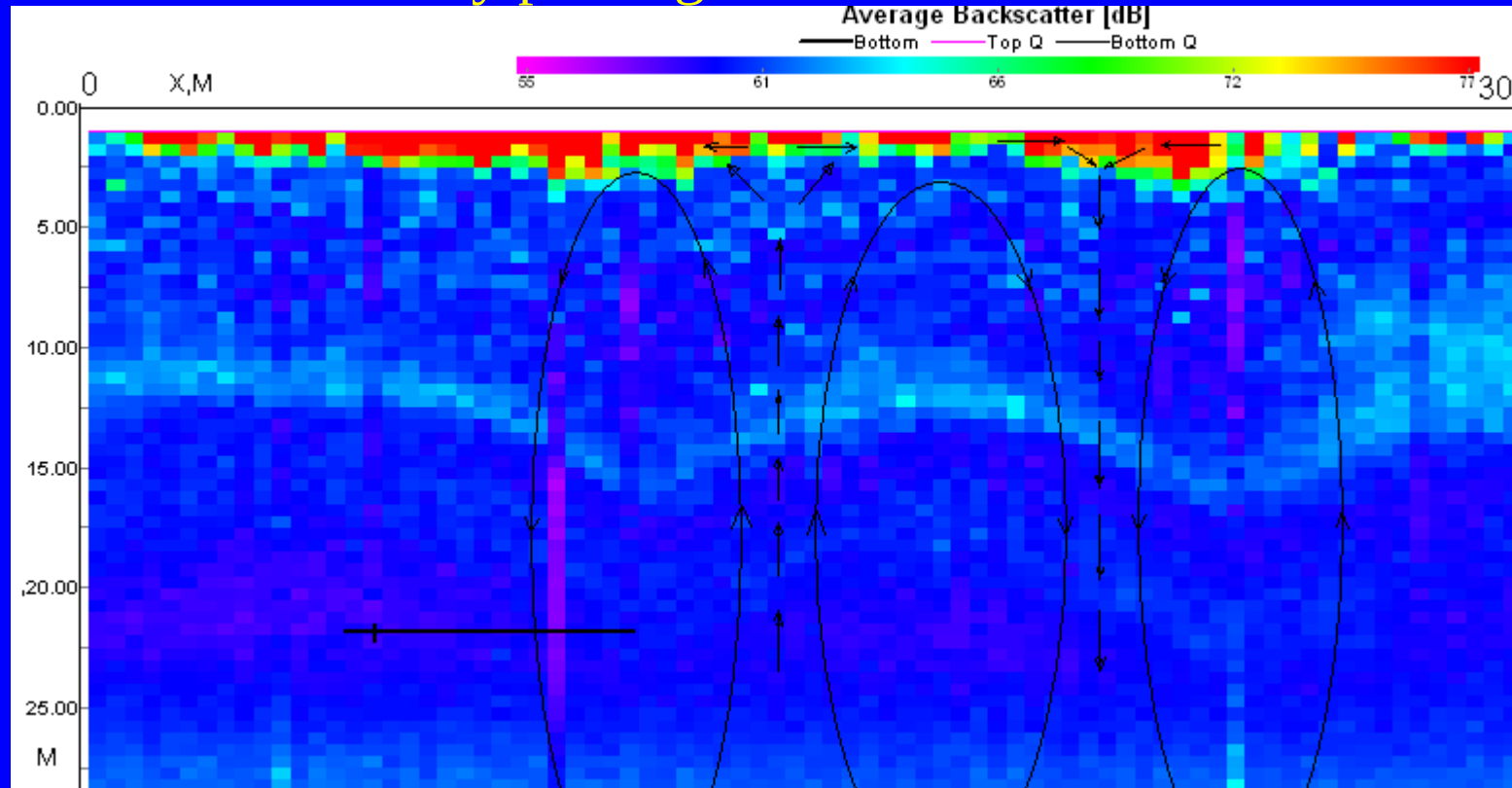
Train of internal waves with predecessors: record of line temperature sensor (up) and ADCP's record (dawn)



Effect of internal waves on subsurface layer of air bubbles in the sea (Modulation of thickness of the subsurface bubble layer by passing internal waves)

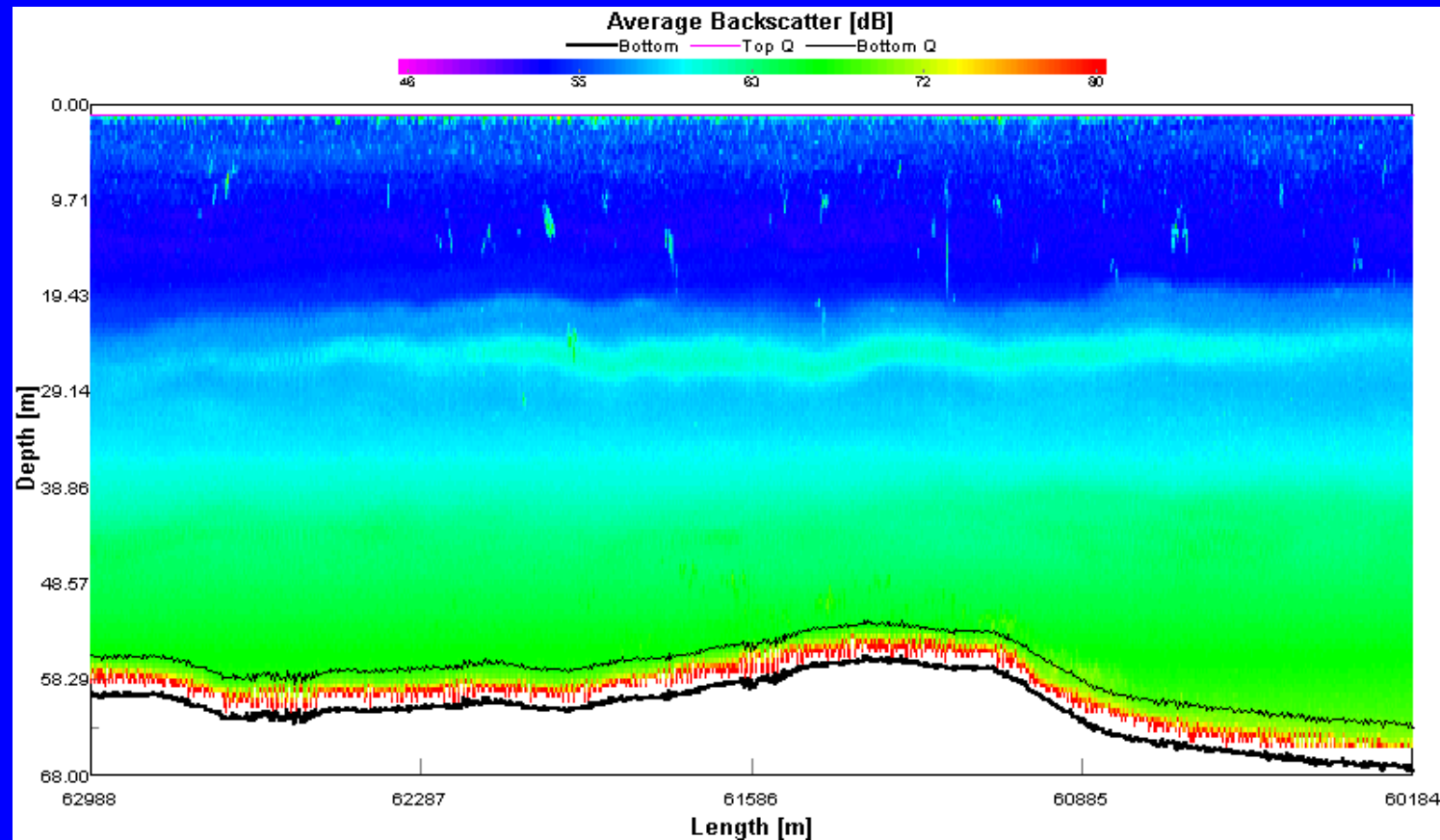


An explanation of the effect due to orbital currents induced by passing internal waves

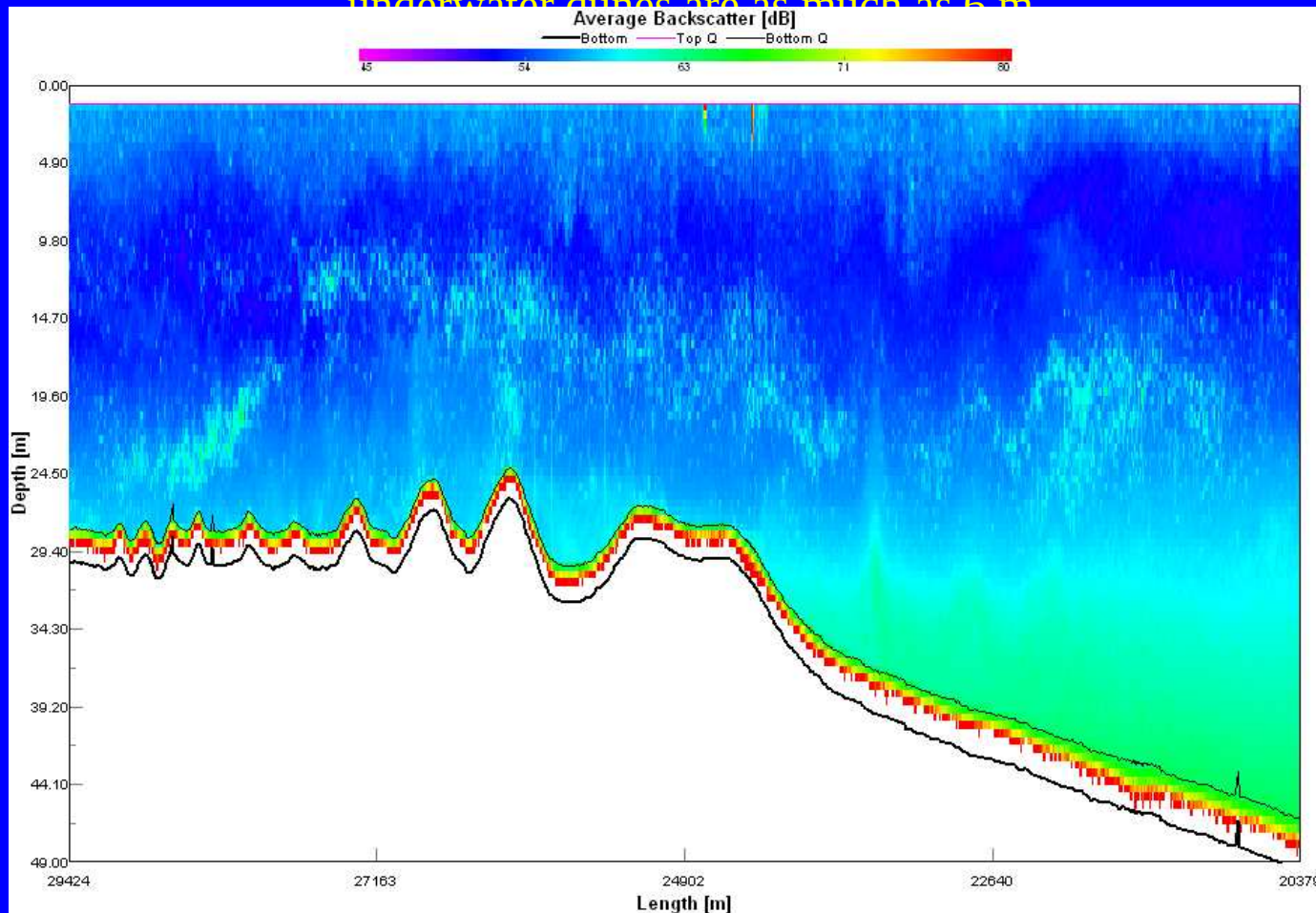


The observed effect can be explained in terms of two mechanisms: the overturning of the surface waves that generate the undersurface bubbles in the field of convergence of the flows and the downward carrying of the bubbles by the orbital flows in the internal waves.

Interthermocline lens of warm and salt waters



Strong interaction of internal waves with the bottom. Soliton-like internal waves propagating above underwater bank and generating “dune-solitons” on the bottom relief. Heights of these underwater dunes are as much as 6 m



Conclusion

- ADCP “Rio Grande 600 kHz” demonstrated itself as a powerful and convenient tool for subsatellite measurements.
- It gave possibility to collect valuable data essentially approached us in understanding the processes on a sea shelf.

Thank you for your attention