

Современные проблемы дистанционного зондирования
Земли из космоса, ИКИ -2019 г.

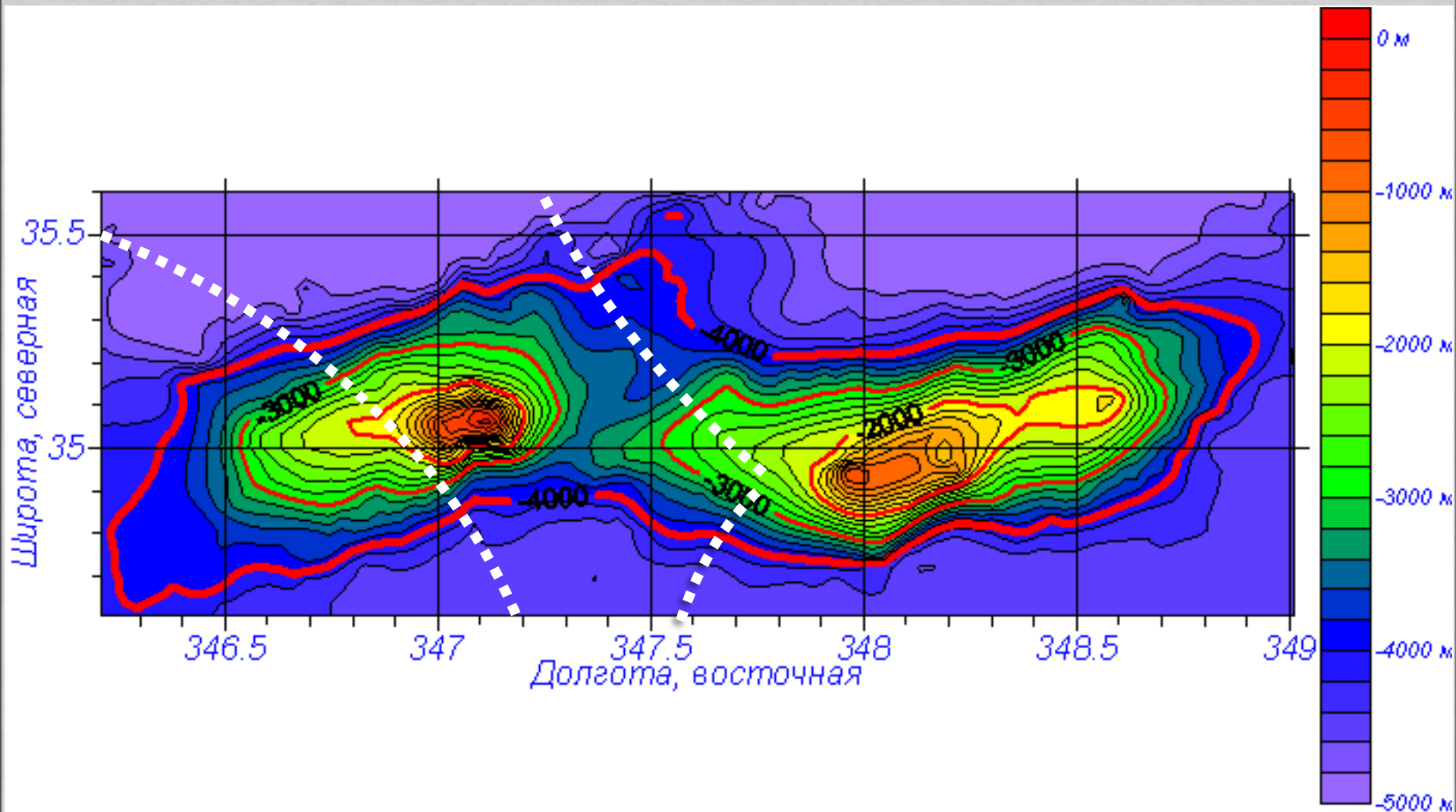
Гидрофизические процессы вблизи подводной горы Ампер

Мельников В.А., Голенко Н.Н.

*Институт океанологии РАН, г. Москва
13 ноября 2019 г.*



Расположение подводной горы Ампер в Северной Атлантике.



Топография подводных гор Ампер и Корал-Патч. Пунктирные линии обозначают границы Экономических зон.

Предмет работы

Предметом работы является анализ гидрофизических контактных и спутниковых измерений с целью выяснения действующих физических механизмов развития разномасштабных гидродинамических процессов вблизи подводной горы Ампер, в Северо-восточной части Атлантики.

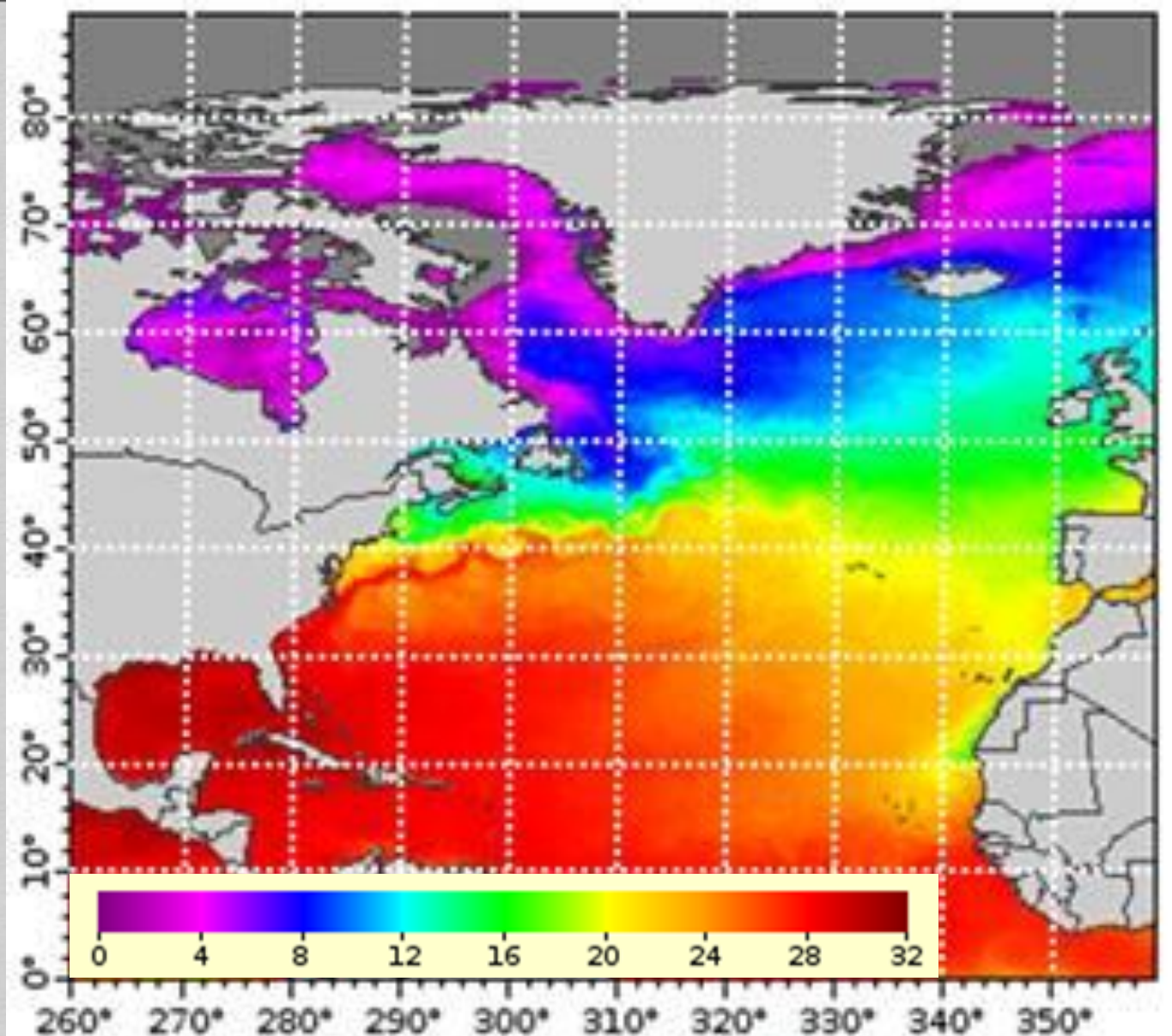
Данные

Интерпретации гидрофизических процессов над подводной горой Ампер основаны на совместном анализе гидрофизических измерений, проведенных в январе-феврале 1985 г., в ходе экспедиции Института океанологии АН СССР 5 рейс научно-исследовательского судна "Рифт" (Гамсахурдия и др., 1990) и современных спутниковых данных.

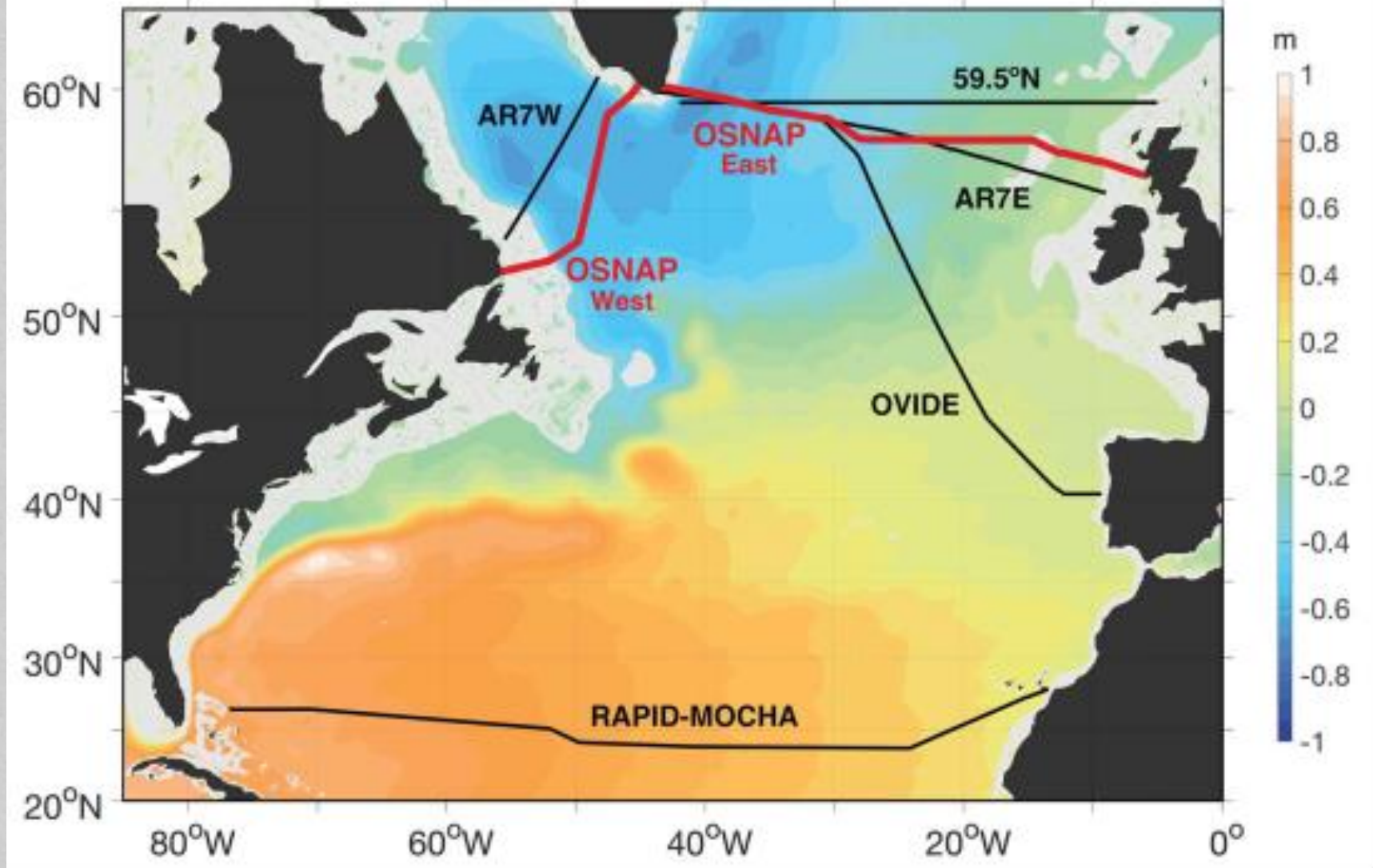
В этой экспедиции структура гидрологических полей в окрестности горы исследовалась при помощи буксируемого STD-зонда. На якорной стоянке судна на банке Ампер (главная вершина двуглавой г. Ампер с глубиной 58 м), в течение трёх суток измерялся временной ход гидрологических параметров. В проливе между вершинами вершин, в течение 9-ти суток, на двух горизонтах были выполнены измерения скорости течений. Использовались также материалы некоторых других экспедиций, состоявшихся в районе г. Ампер, (Гамсахурдия и др., 1990). Вследствие своей уникальности, контактные измерения представляют значительную ценность для «привязки» к спутниковой информации и калибровки спутниковых данных. Измерения *in-situ* были дополнены спутниковыми данными температуры поверхности океана (ТПО) Pathfinder, v.5 (<http://oceanwatch.pfeg.noaa.gov/>) на сетке 4x4 км с дискретностью 5 суток, в период с 2 сентября 1981 г. по н.в.; ежесуточных значений уровня моря и геострофических скоростей на поверхности моря Aviso (<http://atoll-aviso.vlandata.cls.fr:41080/thredds/dodsC/>) на сетке 15x15 дугových минут, в период с 1 января 1993 г. по н.в.; данными банка гидрологических станций (WOD13, <https://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOD13/docwod13.html>). Рельеф дна в исследуемом районе строился на сетке с шагом 1 дуговая минута по модели поверхности Земли ETOPO-1, разработанной на основе сочетания спутниковых измерений поверхности геоида и эхолотных промеров, (Smith, Sandwell, 1997).

Содержание

1. Мотивация.
2. Влияние подводных гор на океанографические условия. Обзор.
3. Измерения и данные.
4. Фоновые гидрологические условия в регионе цепи подводных гор Подкова (Horseshoe).
5. Среднее поле и вариации гидрологических параметров в окрестности г. Ампер.
6. Баротропный и бароклинный полусуточные приливы.
7. Суб-мезомасштабные гидрофизические процессы.
8. Сравнение с долговременными геострофическими течениями на поверхности моря.
9. Выводы.



Структура и положение крупномасштабных фронтальных зон в Северной Атлантике, в летний сезон (2016-07-01) по спутниковым измерениям температуры поверхности океана.

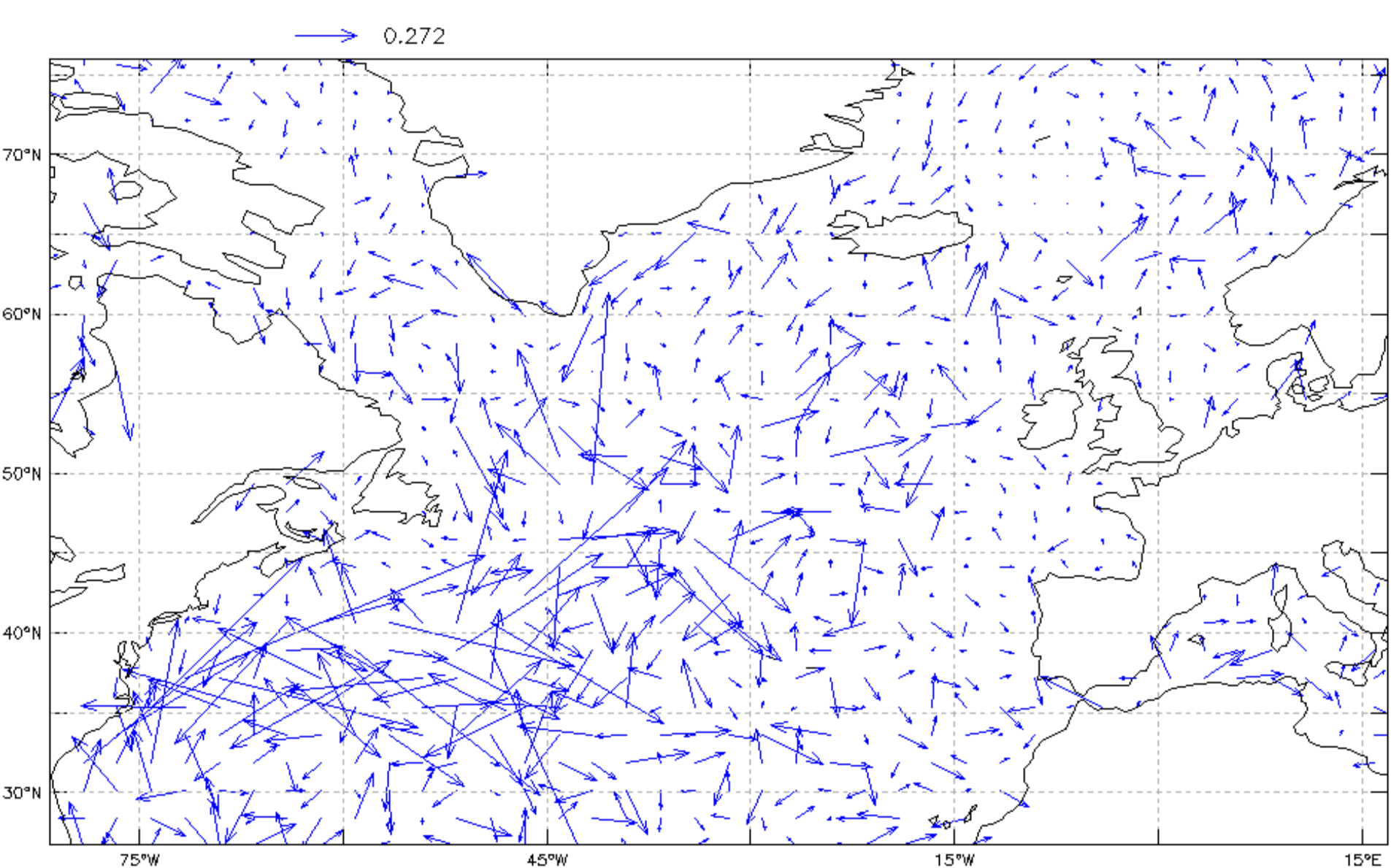


Текущие измерительные программы в Северной Атлантике (From Lozier, et al, 2019).

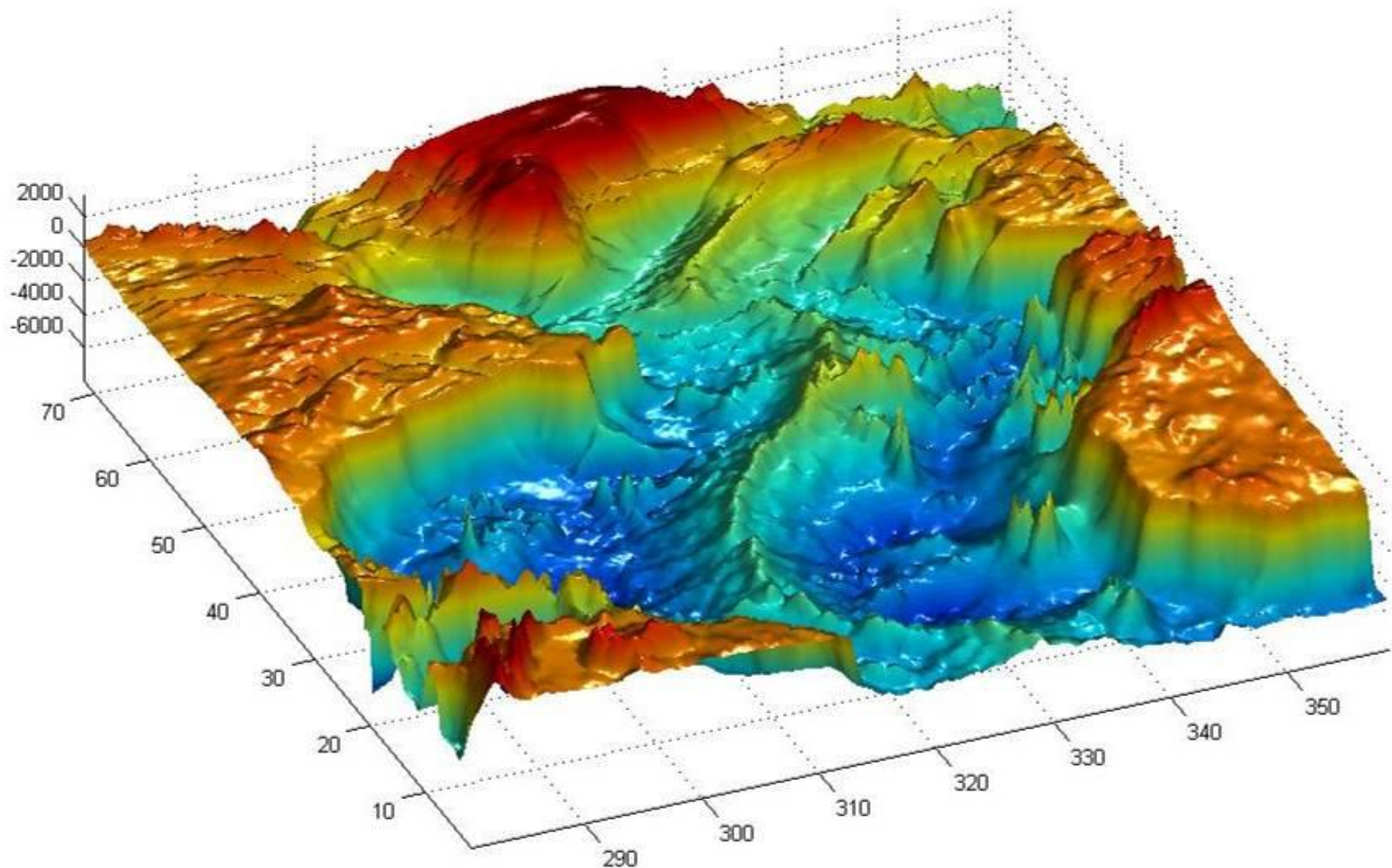
The OSNAP section (red line) superposed on a map of mean absolute dynamic height (meters), with bathymetry <500 m shaded gray. The OSNAP observing system was designed to take advantage of the German Labrador Sea exit array at 53°N (operational since 1997) (32); the recently installed U.S. Global OOI (Ocean Observatories Initiative) node in the southwest Irminger Sea; repeat A1E/AR7E hydrographic sections across the Irminger and Iceland basins (42, 43); and the Ellett Line in the eastern basin (operational since 1976) (44). OSNAP complements several monitoring programs in the North Atlantic: the Canadian repeat AR7W program in the Labrador Sea (18, 45), Cape Farewell-Scotland sections at 59.5°N (29, 30), the French OVIDE line across the eastern North Atlantic (22), and the U.K.-U.S. RAPID-MOCHA array at 26.5°N (3).



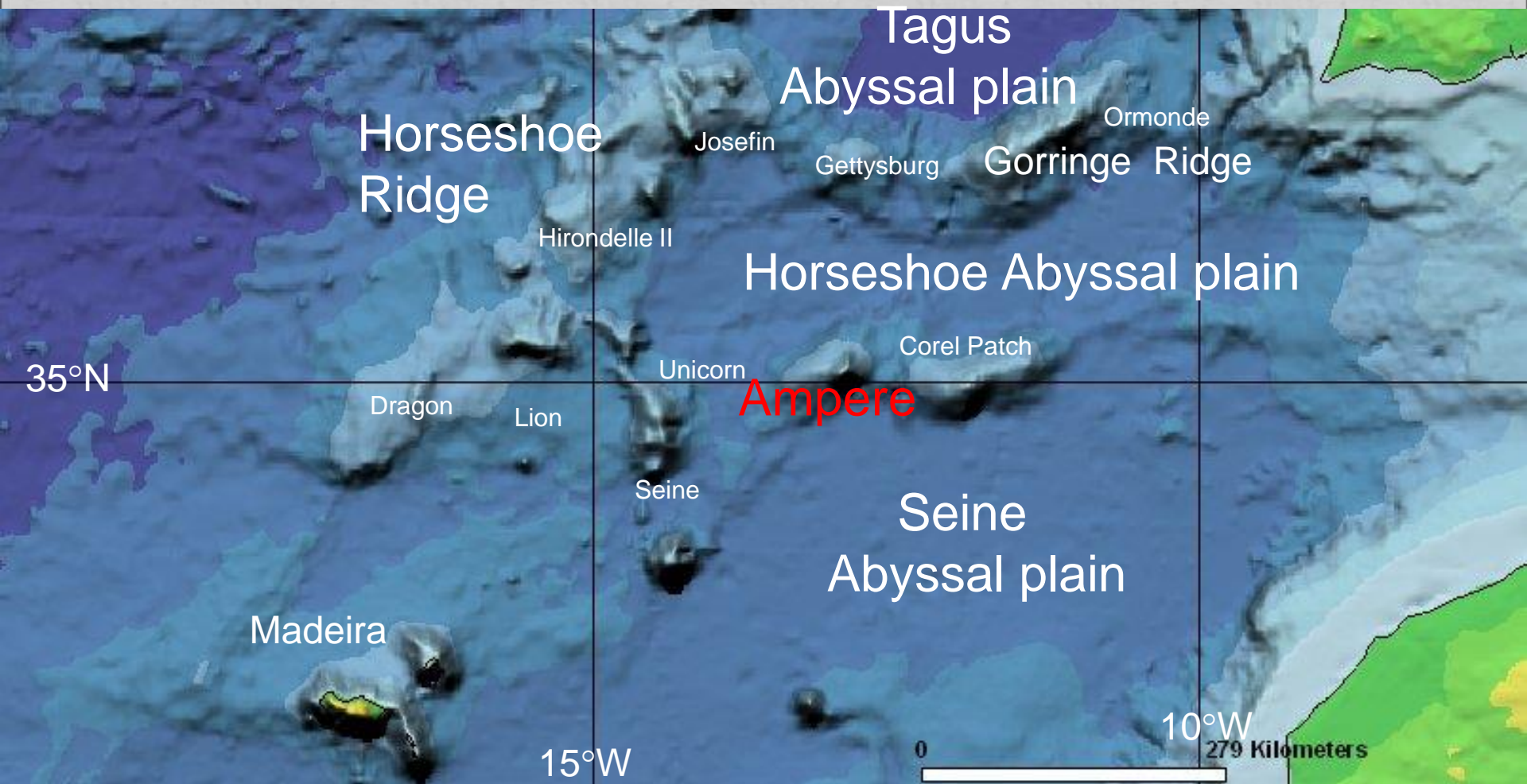
Упрощённая схема течений в Северной Атлантике.



Геострофические скорости течения на поверхности моря, 15 июля, 2017 г. (AVISO).



Рельеф дна Северной Атлантики.
Данные ETOPO-5 (Smith, W. H. F., and D.T. Sandwell).

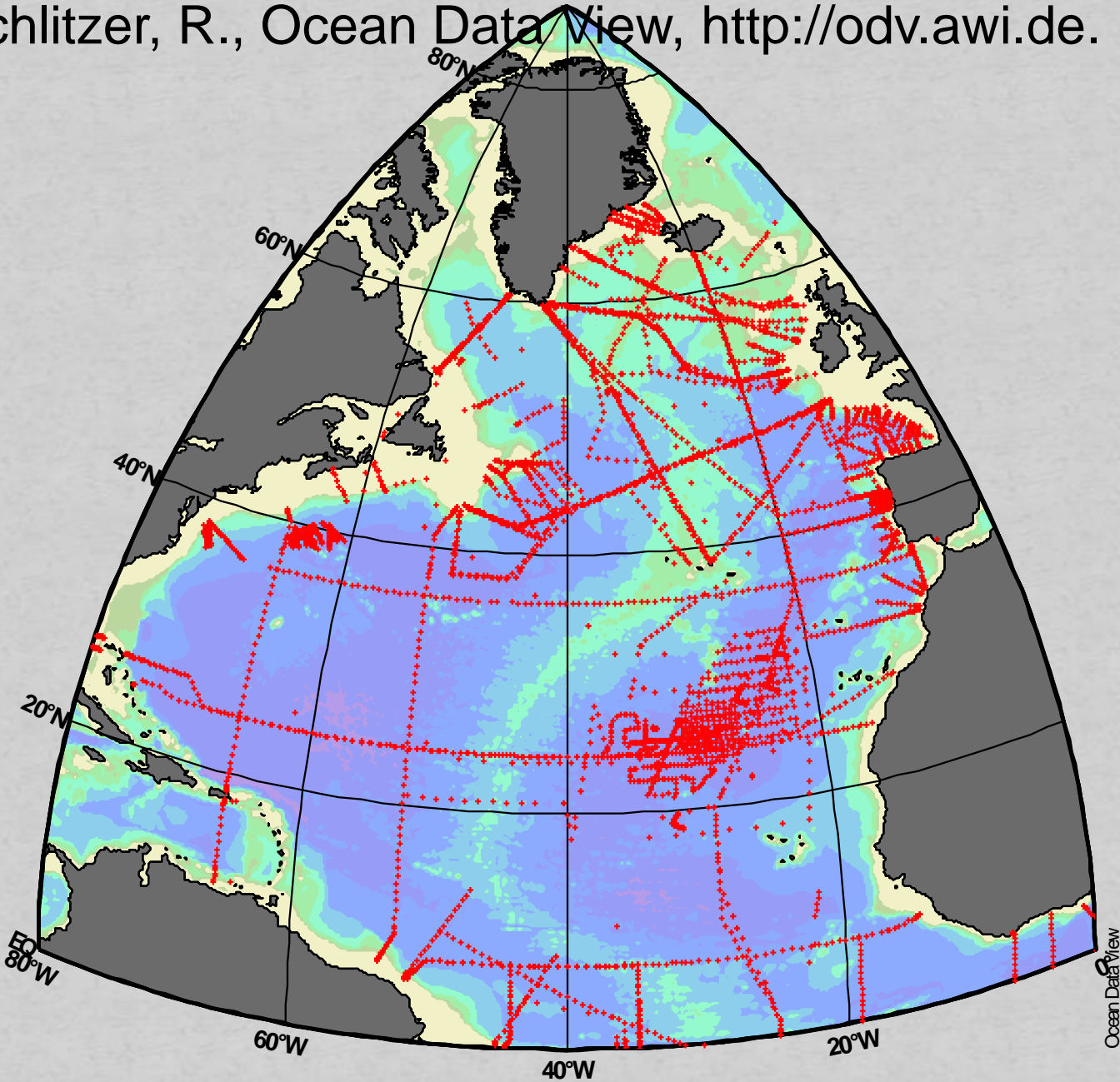


Цепь подводных гор «Подкова» (Horseshoe).



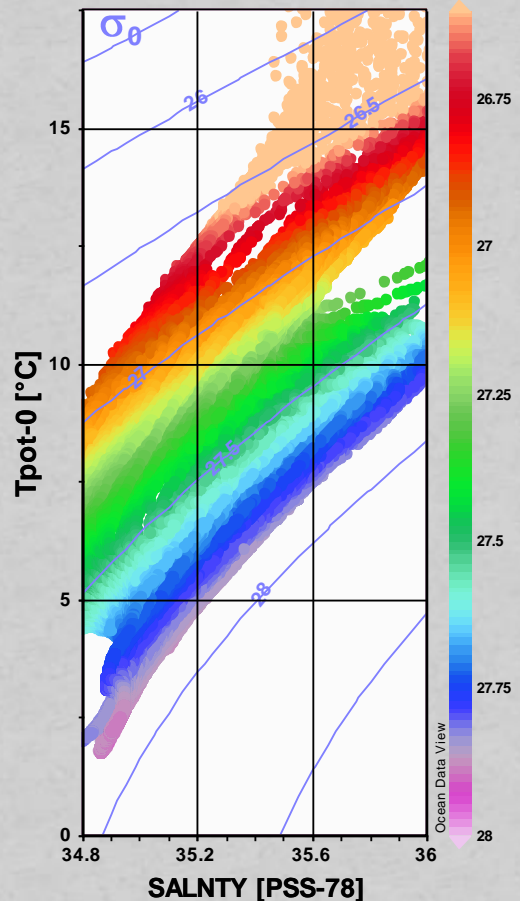
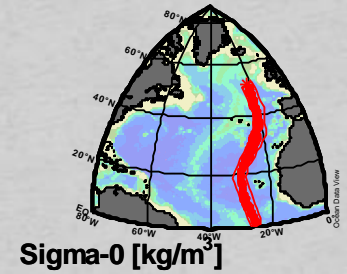
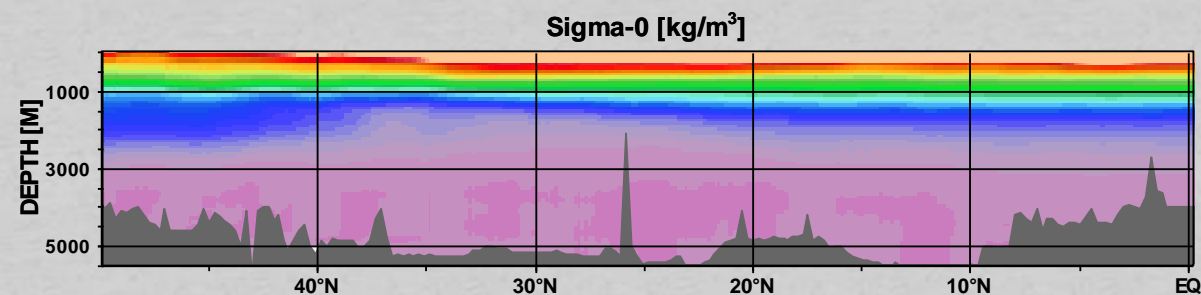
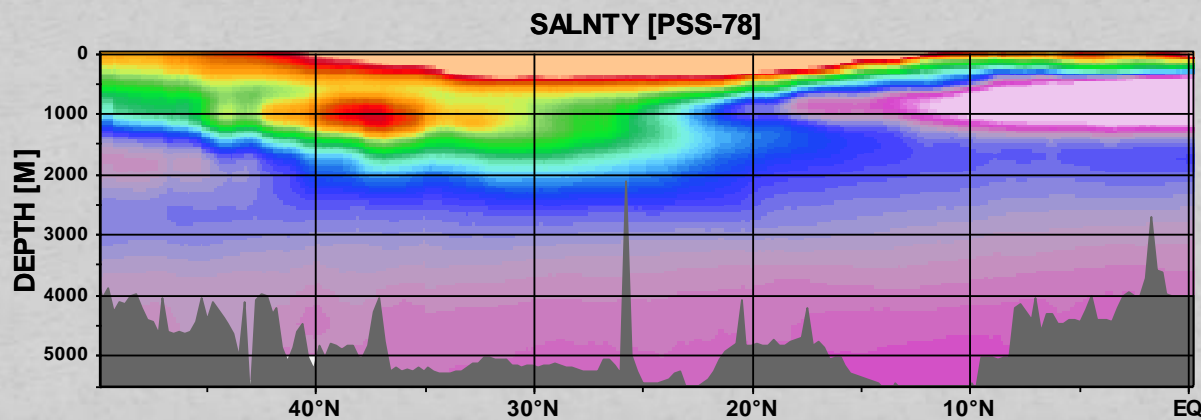
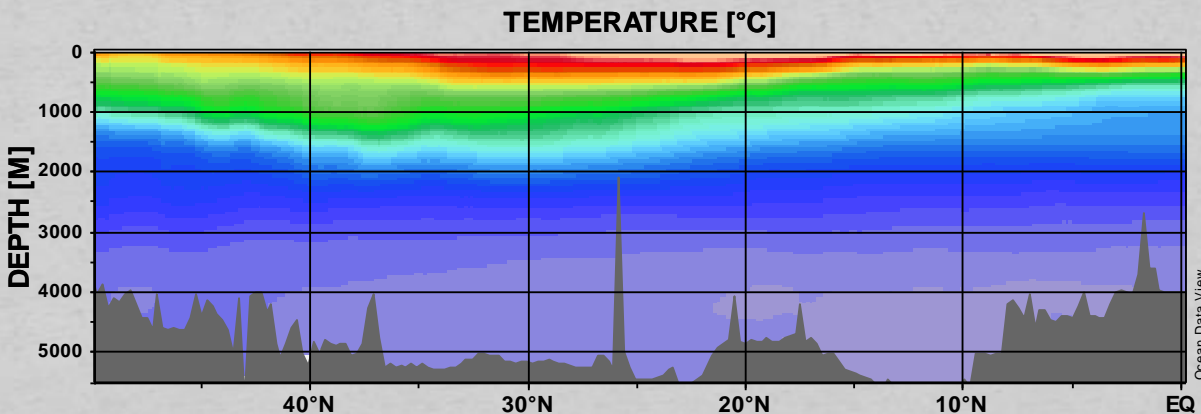
Схождение трёх литосферных плит в области хребта Подкова.

Schlitzer, R., Ocean Data View, <http://odv.awi.de>.

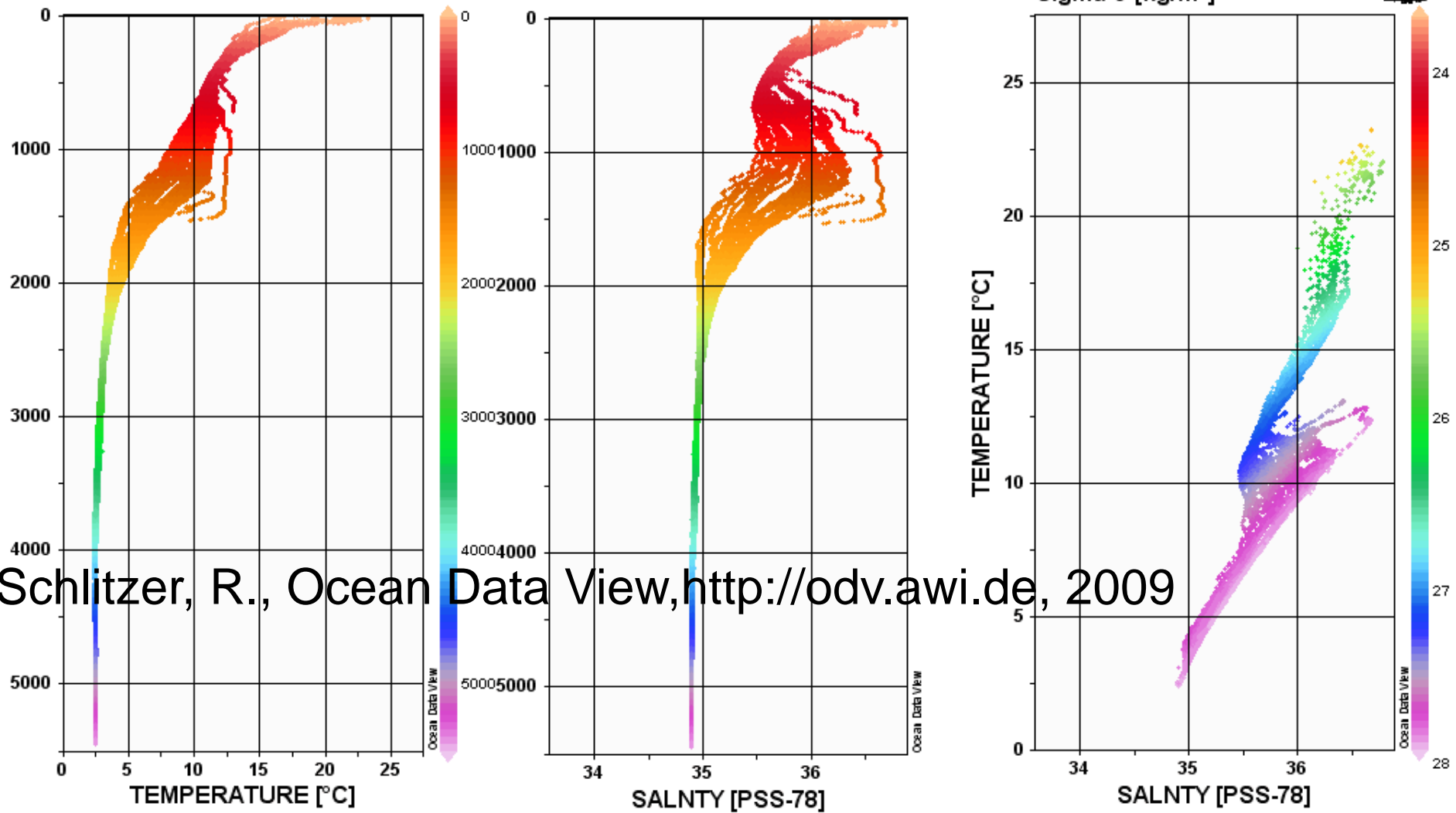


Ocean Data View

North Atlantic eWOCE CTD - All Stations

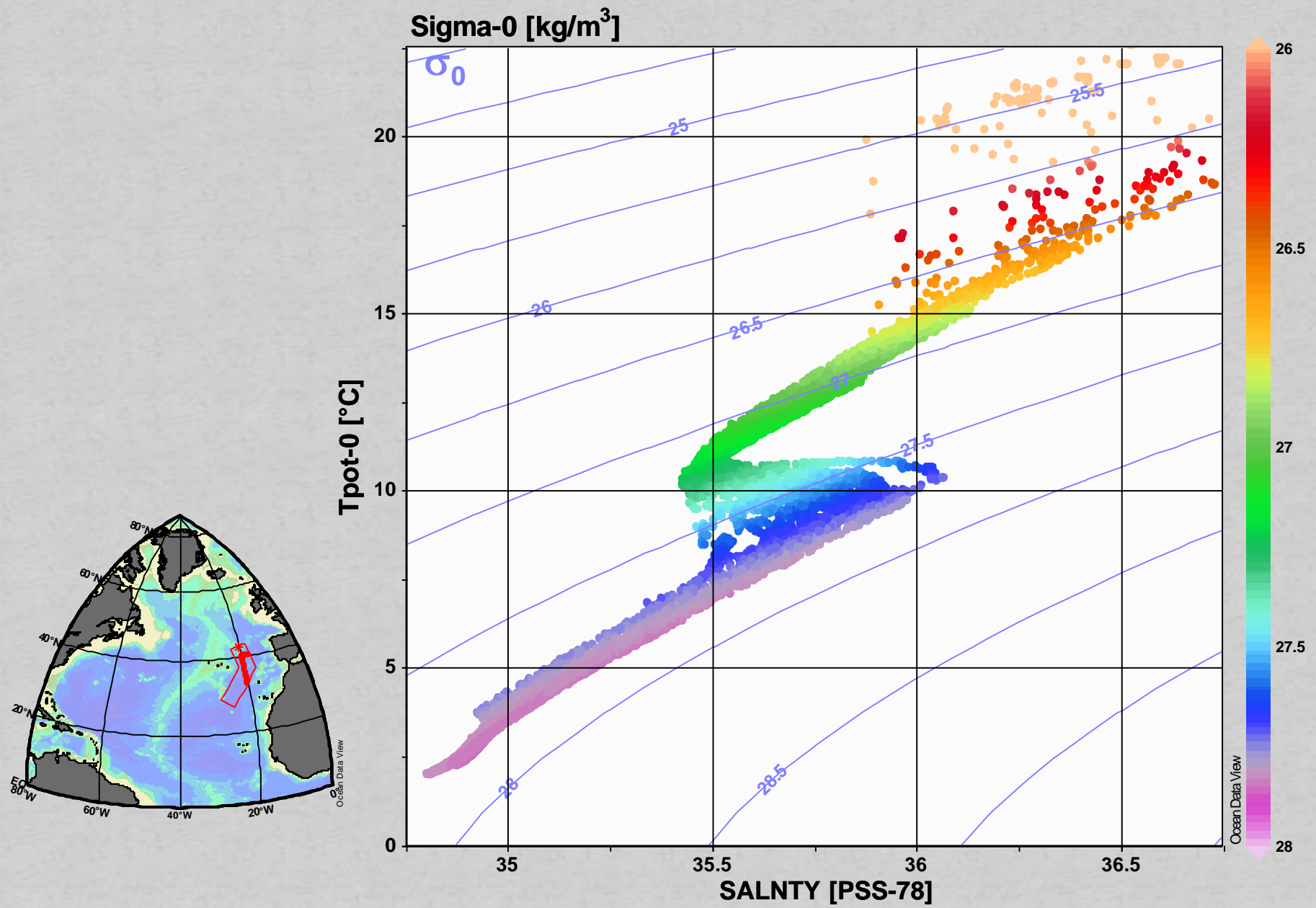


Сглаженный CTD разрез WOCE A16N_32OC202_1(2), от Исландии к экватору вдоль $\sim 20^\circ - 30^\circ W$, июнь-август 2003 г.

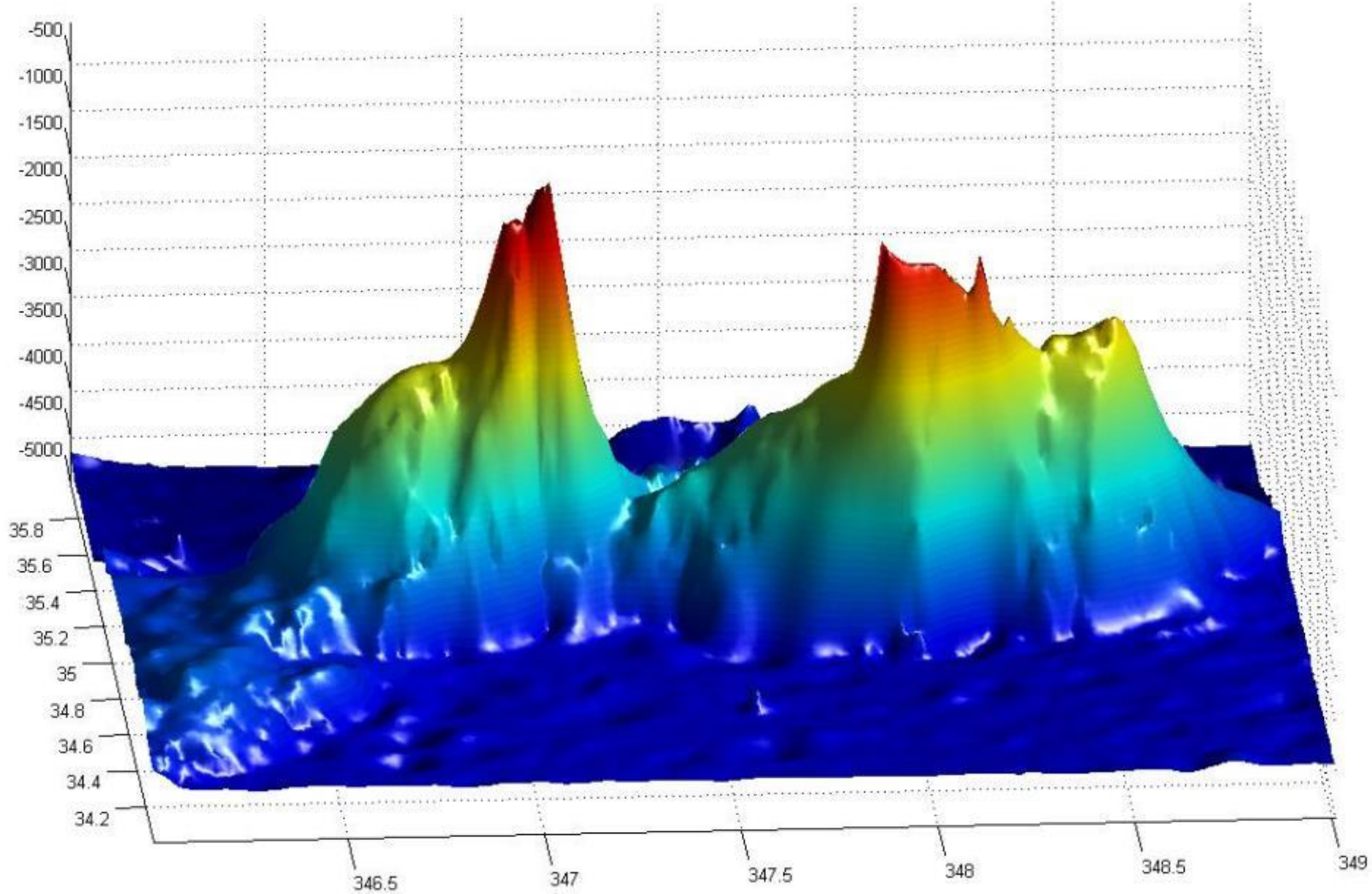


Schlitzer, R., Ocean Data View, <http://odv.awi.de>, 2009

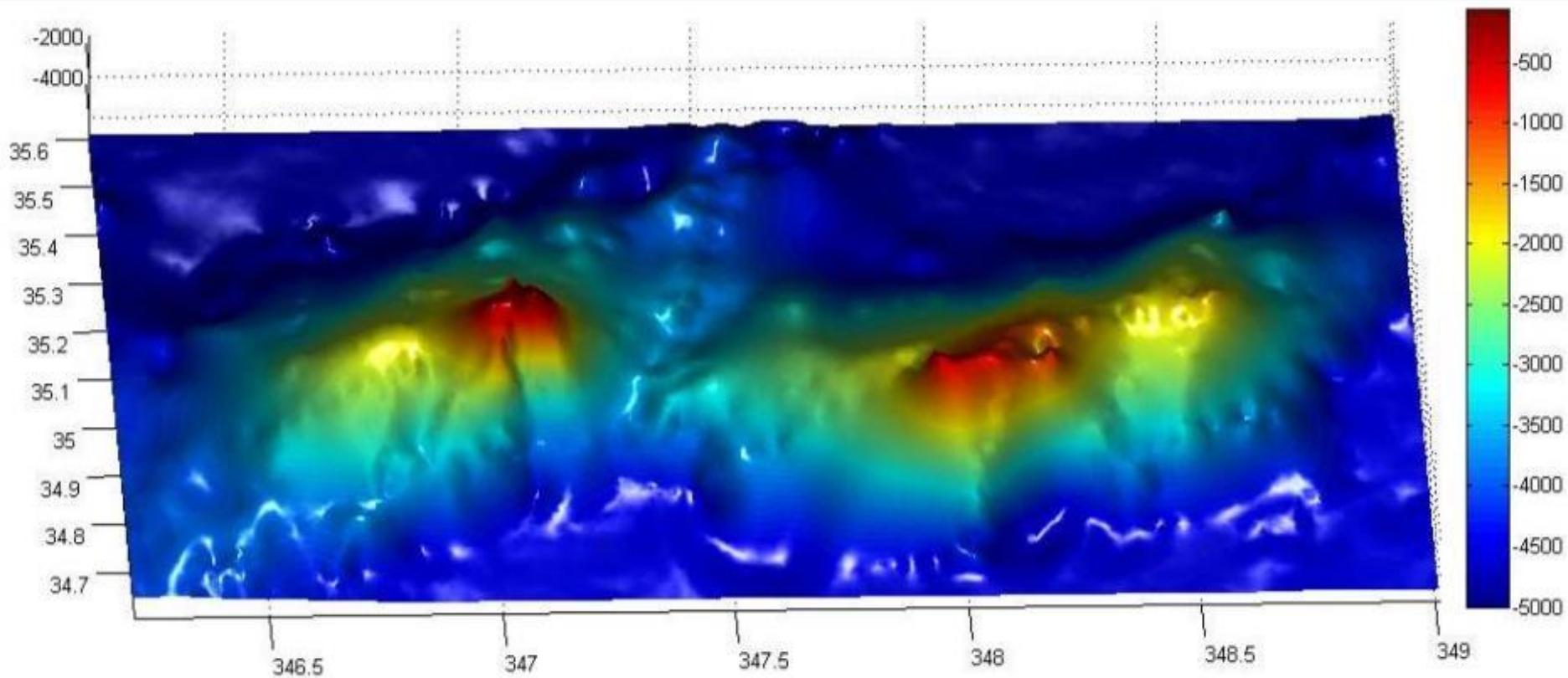
Вертикальные профили температуры и солёности, а также T-S диаграмма на части (8,7-23,5°W) разреза WOCE A03_90CT40_1, 24-30 сентября, 1993.



T-S диаграмма в области хребта Подкова.



Подводные горы Ампер и Корал-Патч (хребет Хоншу).
Изометрическая проекция .



Подводные горы Ампер и Корал-Патч (хребет Хоншу).
Видны разрушенные взрывами вулканические конусы.

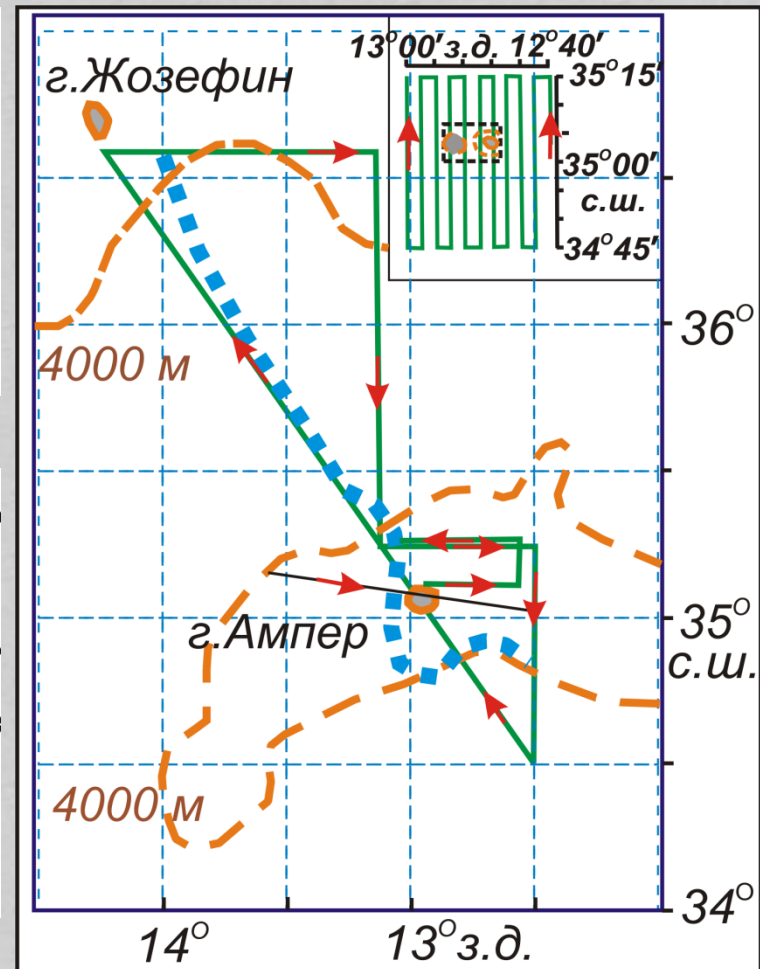
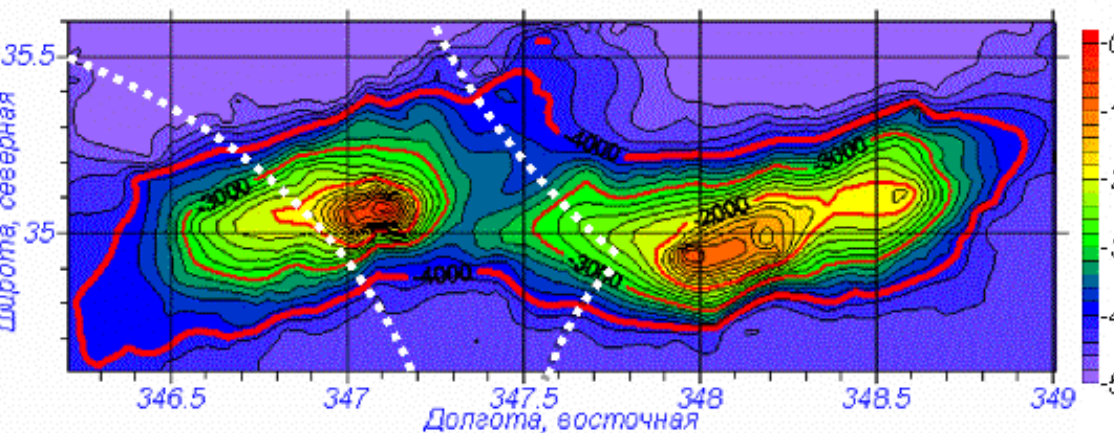
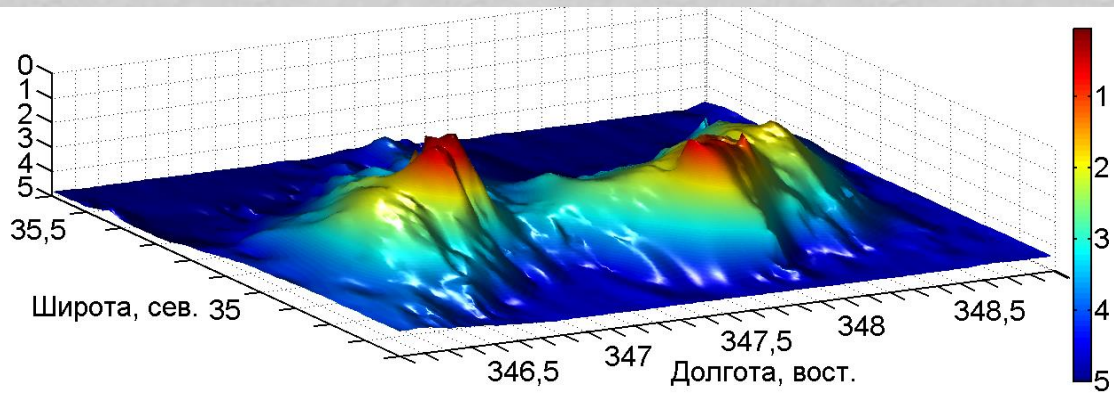
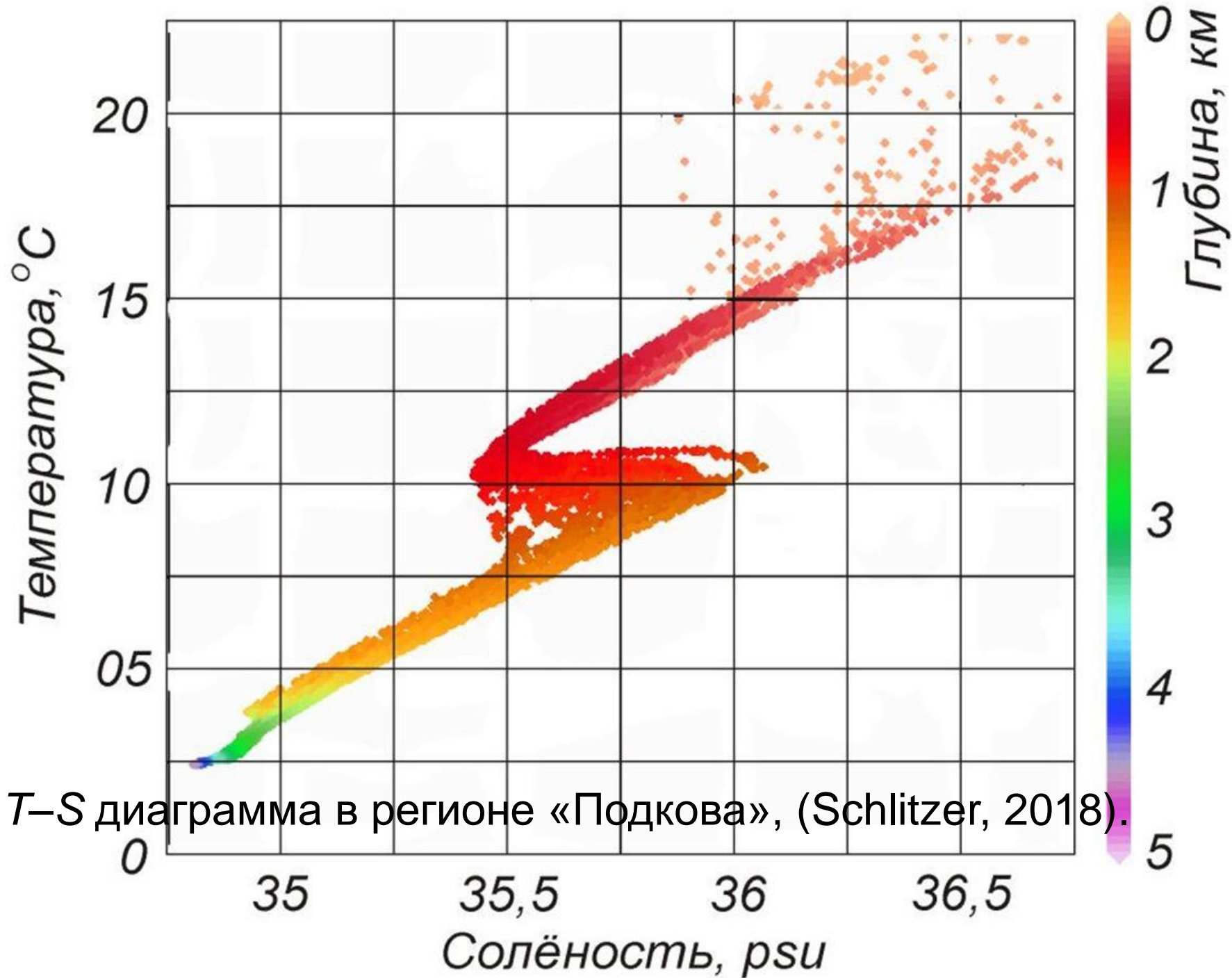
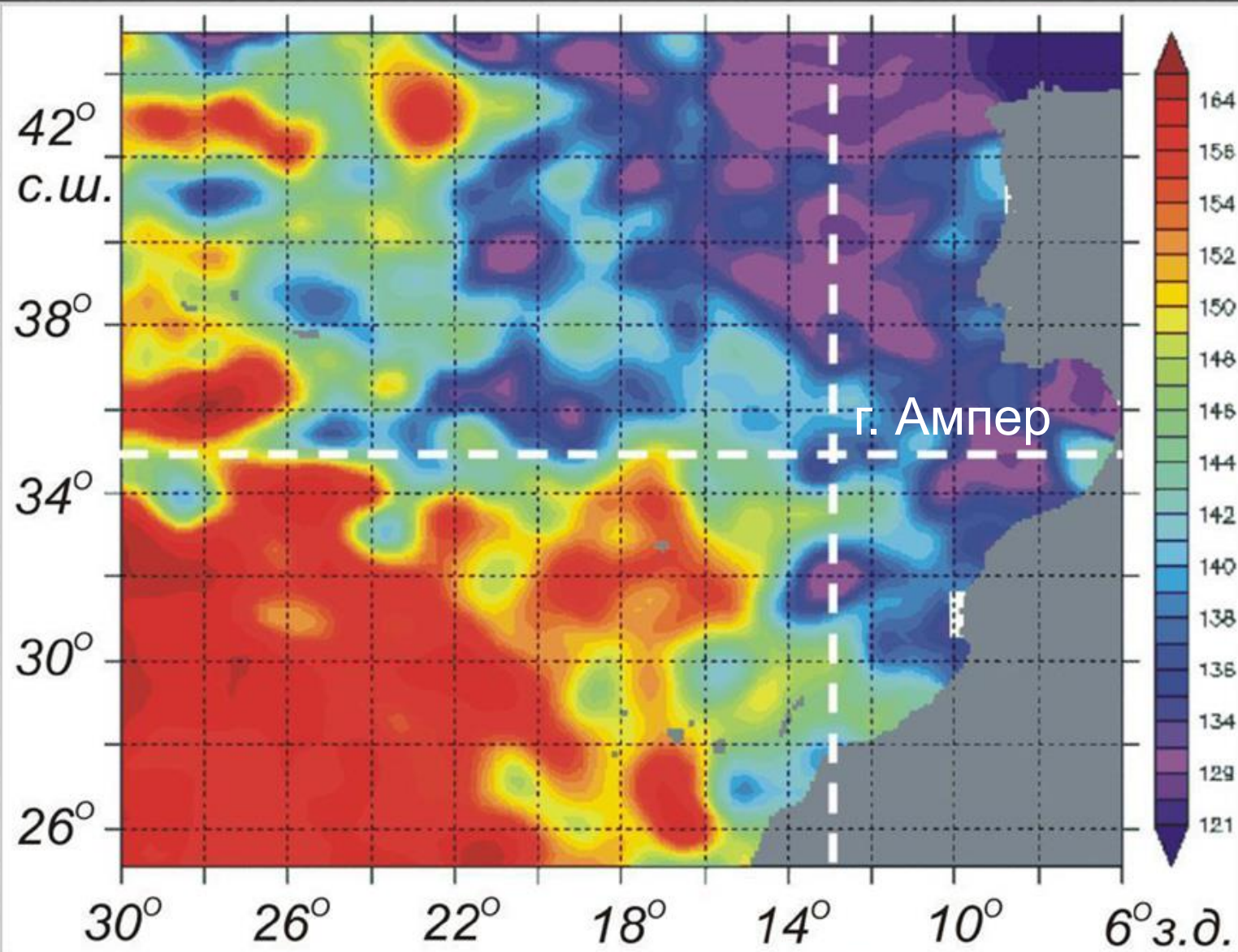
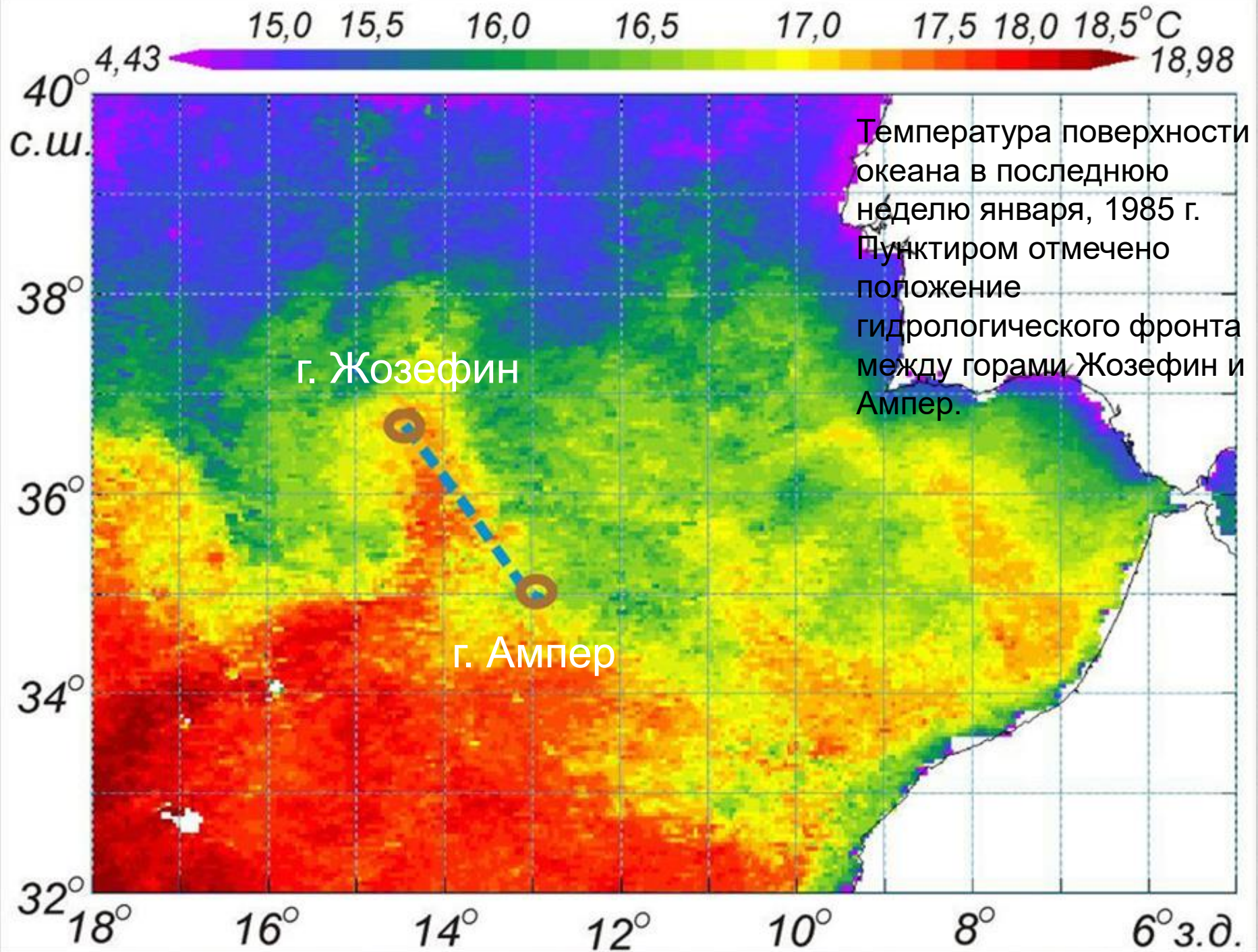


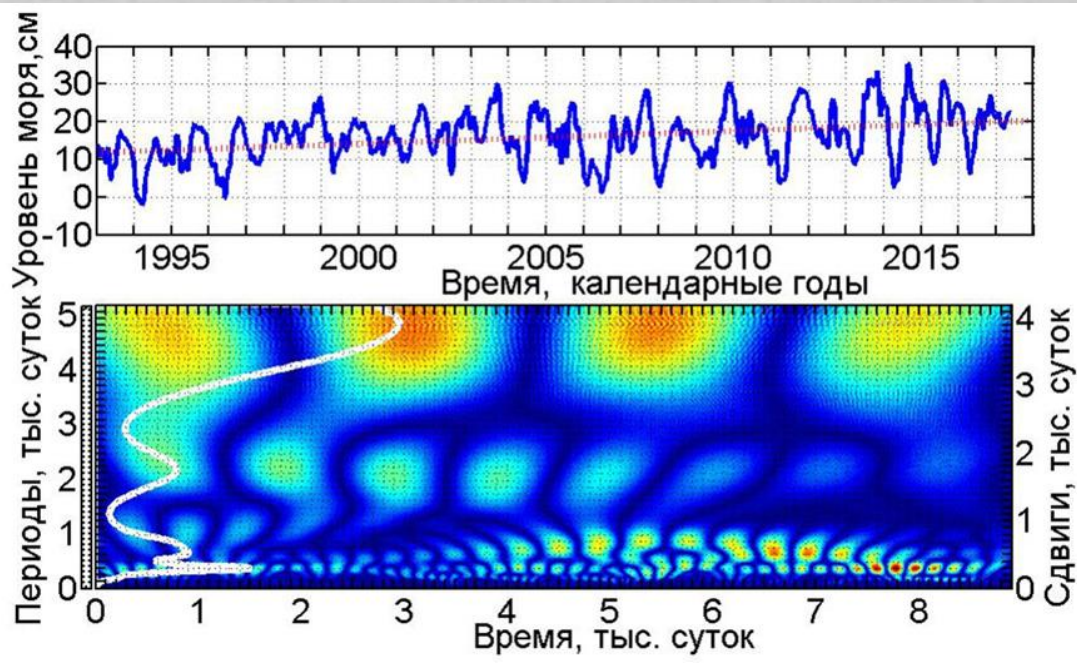
Схема измерительного полигона и топография подводных гор Ампер и Корал-Патч. Изометрический вид – панель вверху; изолинии глубины в метрах – панель внизу. Точечные линии – границы Экономических зон(EEZ) Португалии и Марокко. Справа: схема галсов с СТД – измерениями, выполненных с 24 января по 5 февраля 1985 г. Красные стрелки указывают направление галсов. Положение гидрологического фронта показано синим пунктиром. Пунктирные коричневые линии – изобаты схематичного рельефа дна.



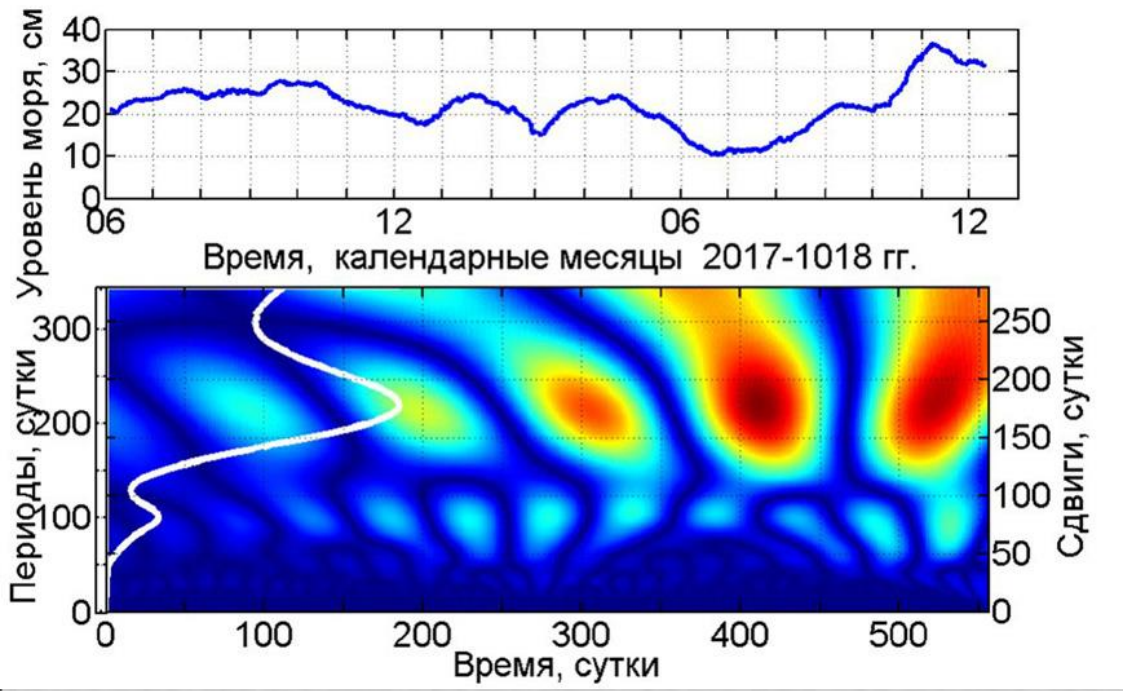


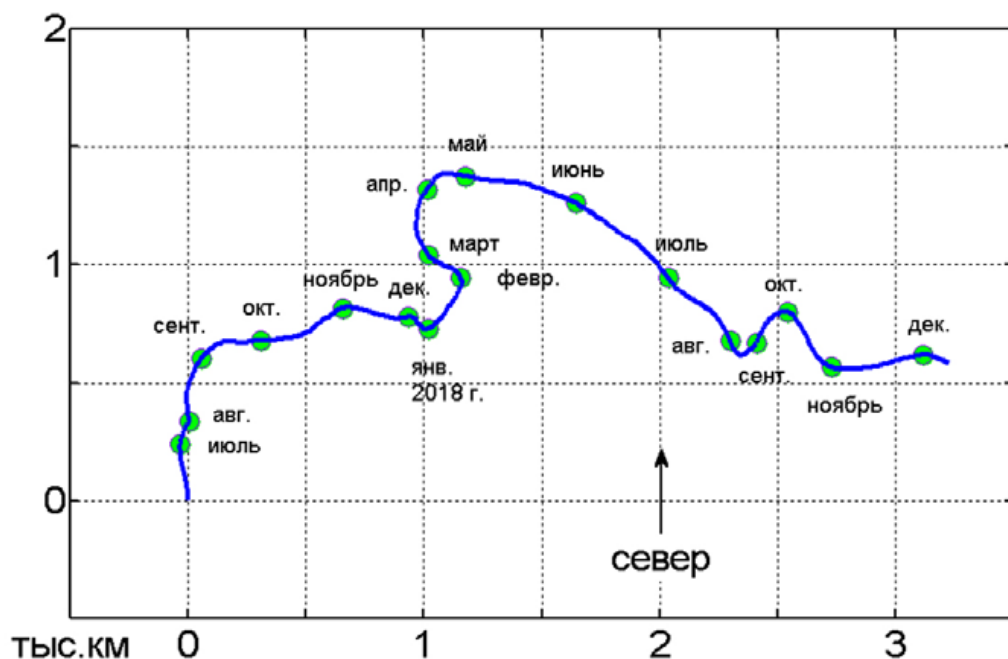
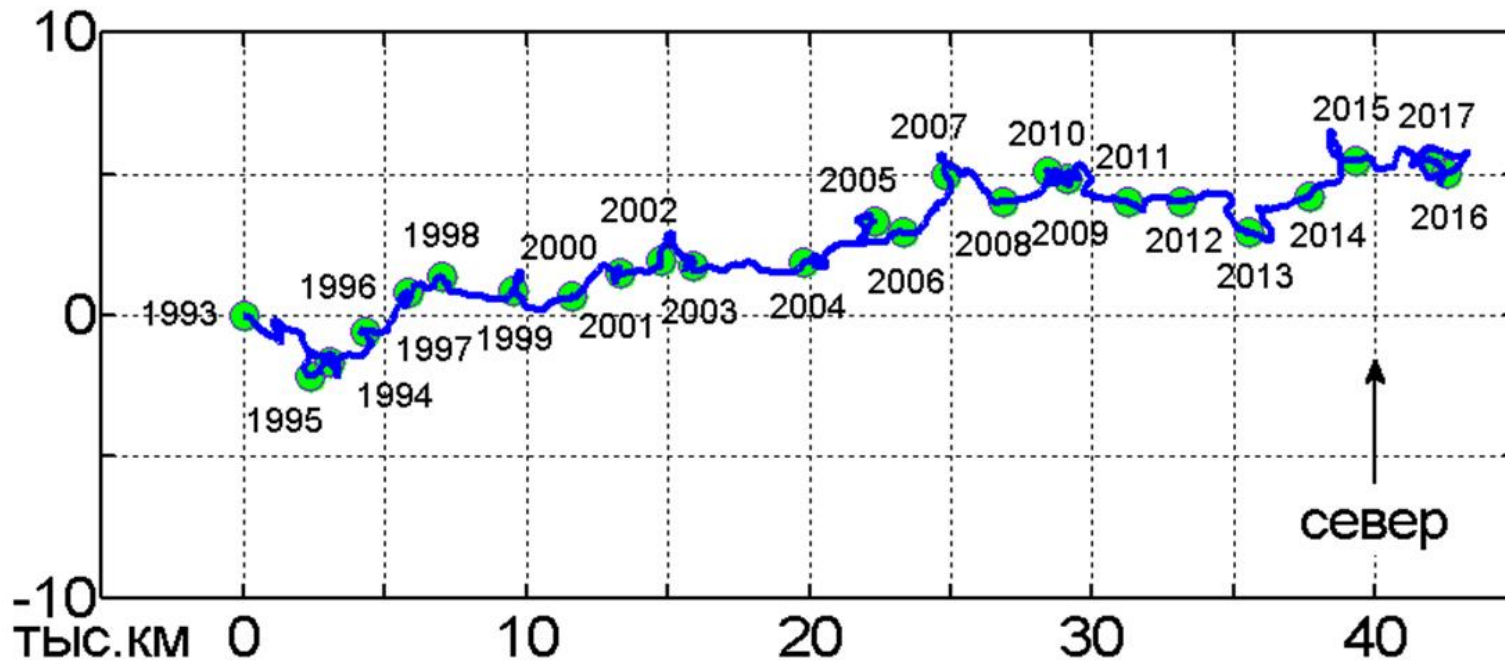
Пример карты распределения абсолютного динамического уровня моря в см, 01 февраля 2008 г. Гора Ампер находится на пересечении пунктирных линий.



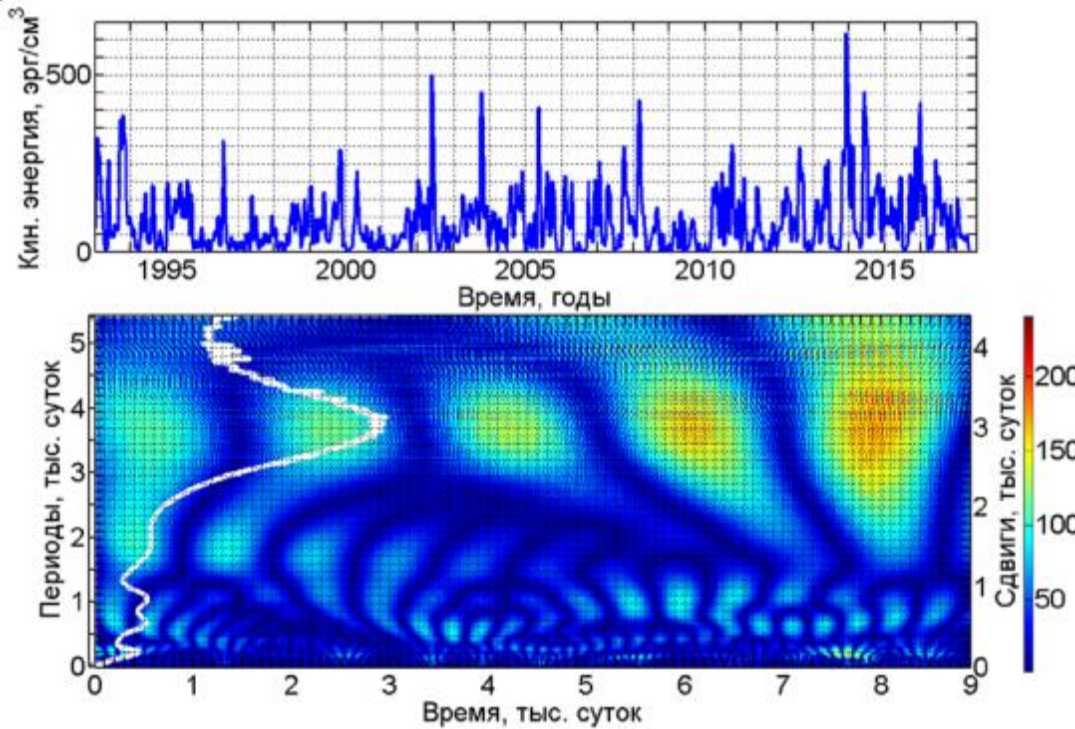


Многолетние вариации аномалий уровня моря и его вэйвлет-диаграммы вблизи подводной г. Ампер, в точке 35.1°N , 12.9°W ; в период 1993–2017 гг. – вверху; в период 2017–2018 гг. – внизу. Ядро вэйвлет-преобразования – функция Морле. Красные участки соответствуют высокой вэйвлет-плотности. Светлая кривая – средняя по временному ряду спектральная плотность.

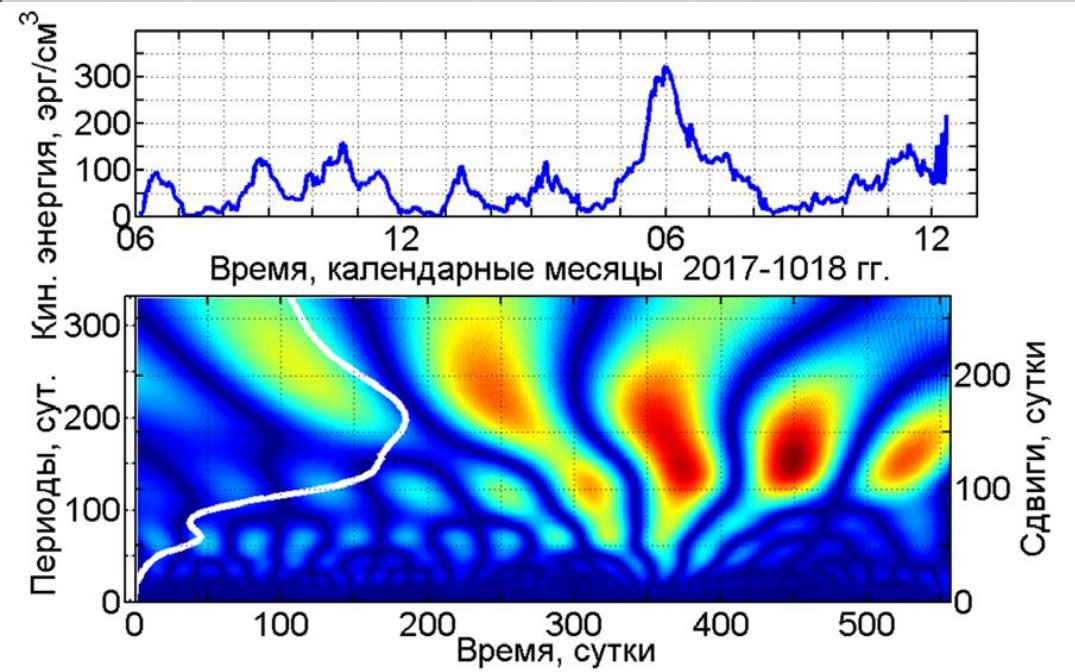


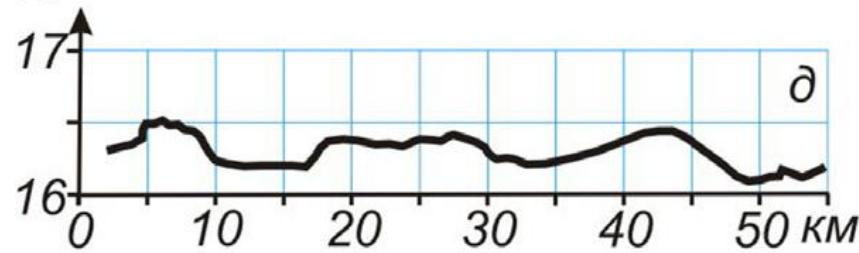
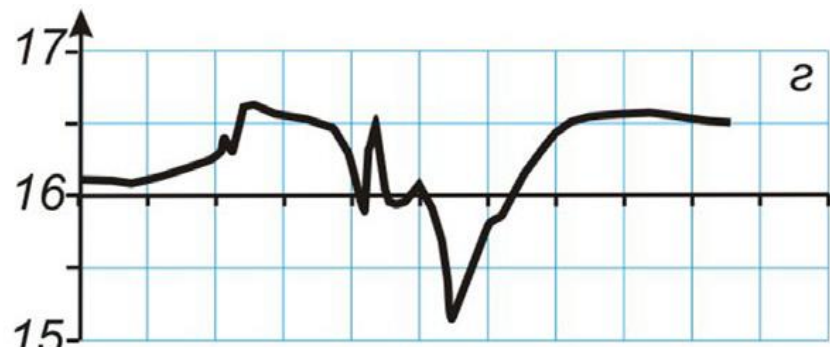
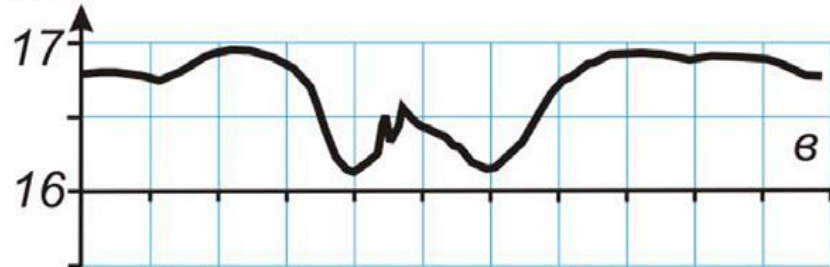
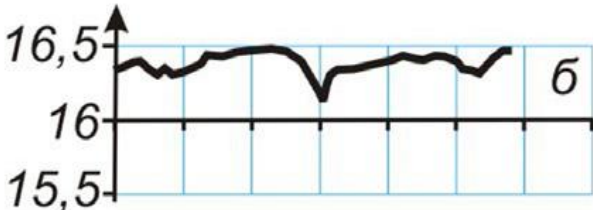
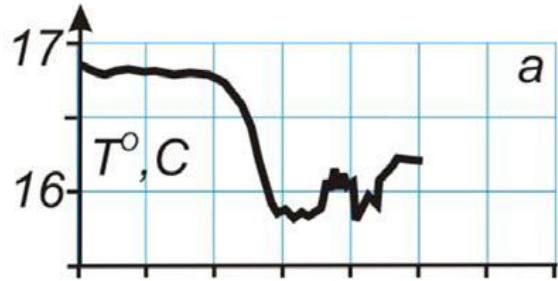


Прогрессивные векторные диаграммы геострофического течения в период 1993–2017 г. и в 2017–2018 г. по спутниковым измерениям уровня моря вблизи г. Ампер (точка 35.1°N , 12.9°W). Зеленые кружки отмечают календарные годы (вверху) и месяцы (внизу).

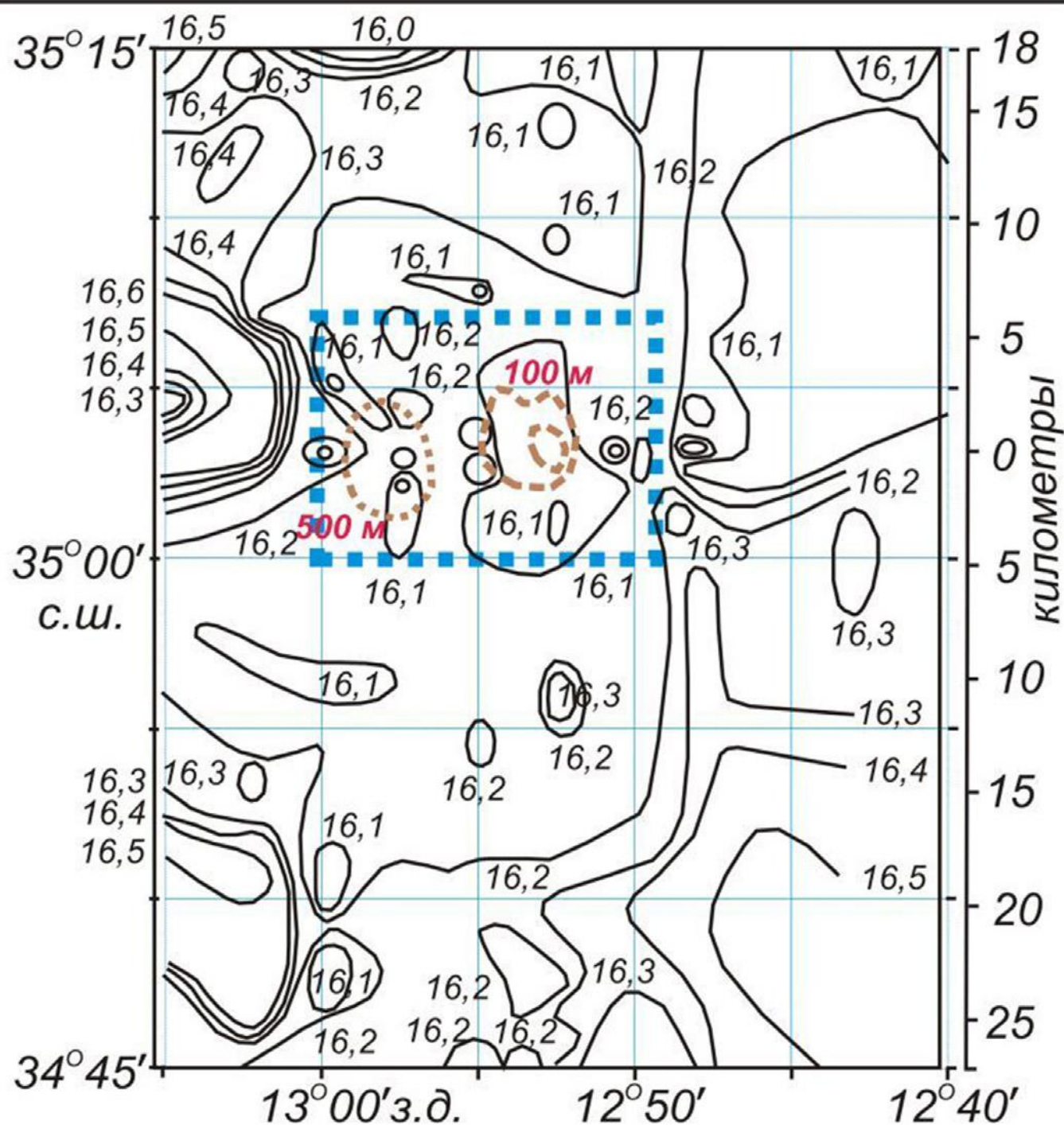


Многолетний ход плотности кинетической энергии геострофических течений на поверхности океана и вэйвлет-диаграммы вблизи г. Ампер (точка 35.1°N , 12.9°W), в периоды 1993–2017 гг. (вверху) и 2017–2018 гг. (внизу).

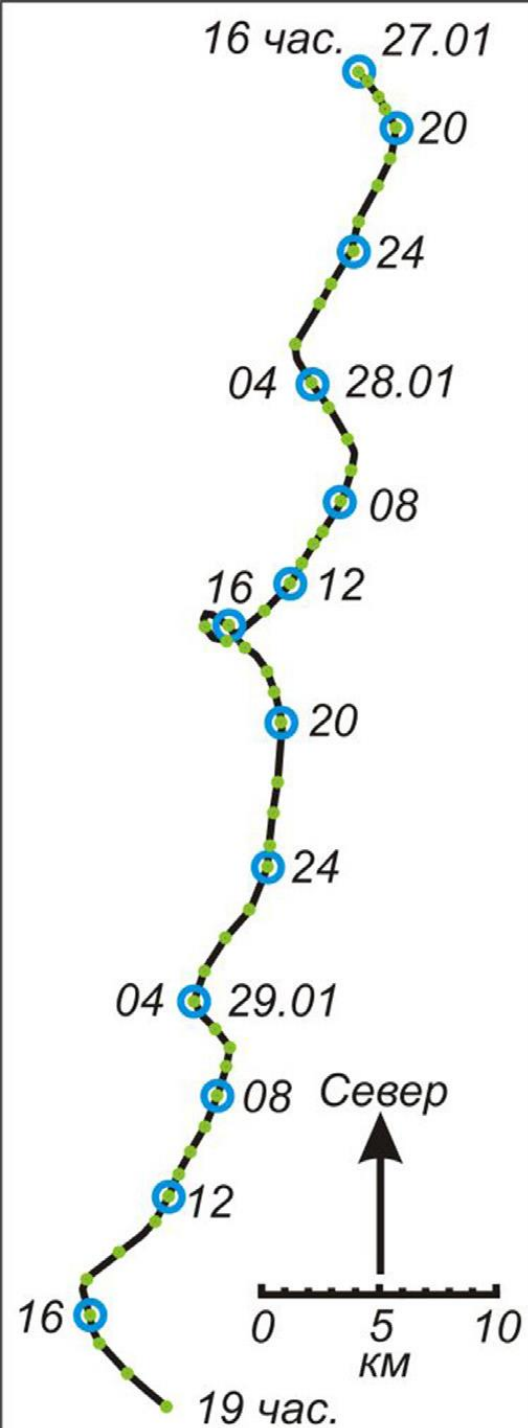




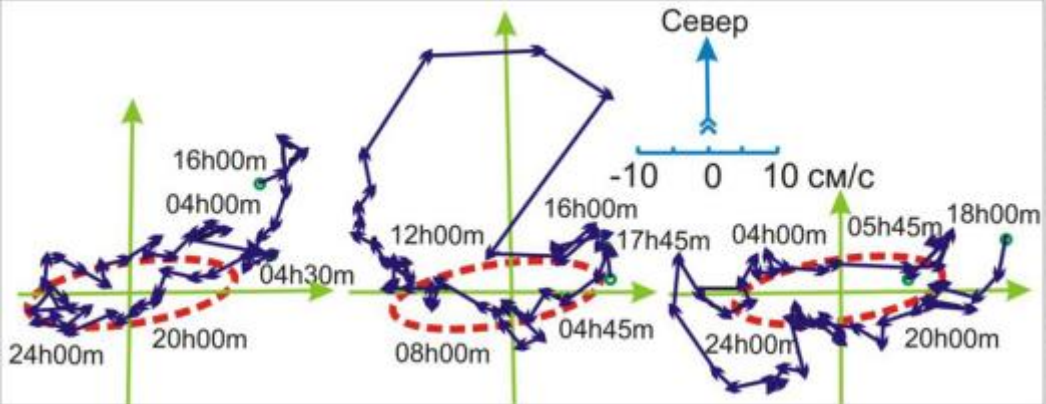
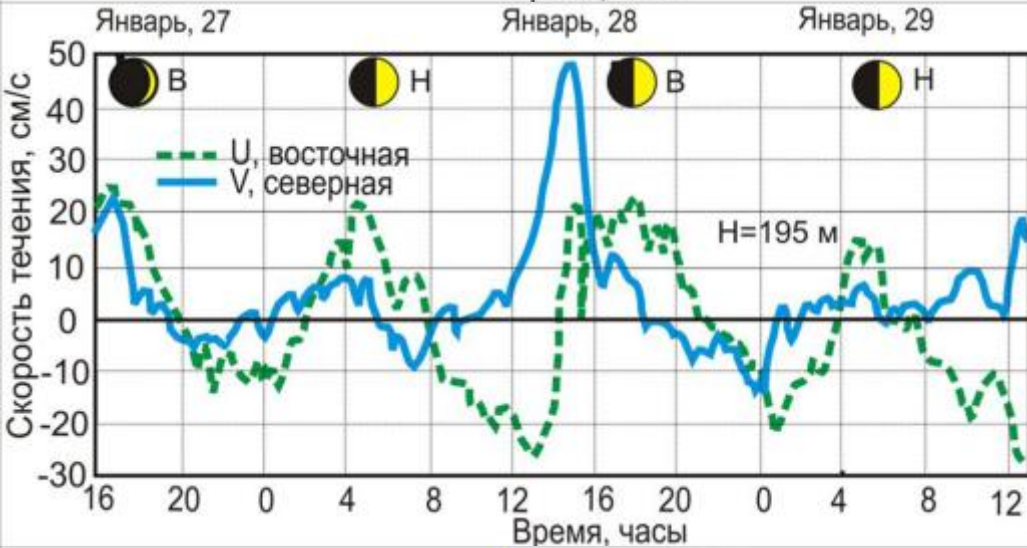
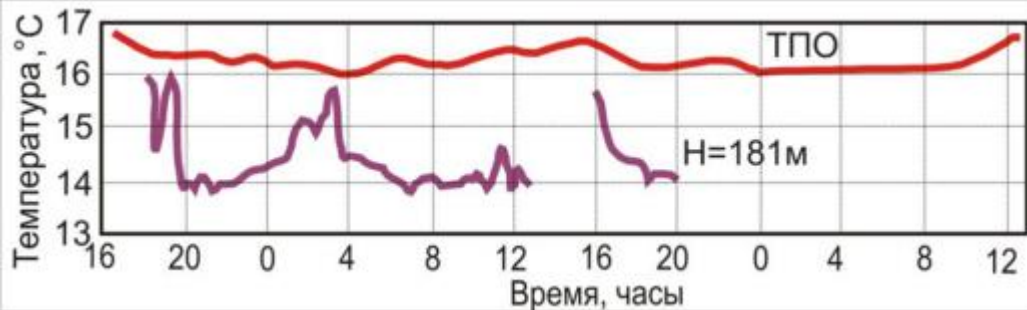
Пространственные особенности поля температуры в окрестности г. Ампер, по измерениям на глубине 50 м, в верхнем однородном слое: а – пересечение фронта; б – типичные изменения температуры над банкой; в – пересечение «W» – структуры в 60 км к северо-западу от банки; г – пересечение «W» – структуры в 15 км к югу от банки, д – волновые структуры при подходе к банке с юга.



Структура температурных пятен в результате смешения вод над банкой. Период измерений: 12ч12м 29/01/1985–18ч01м 30/01/1985. Изолинии температуры на глубине 18м, в градусах Цельсия. Синей пунктирной линией схематично отмечена вершина г. Ампер до глубин ~1000 м. Справа – шкала расстояний в км.

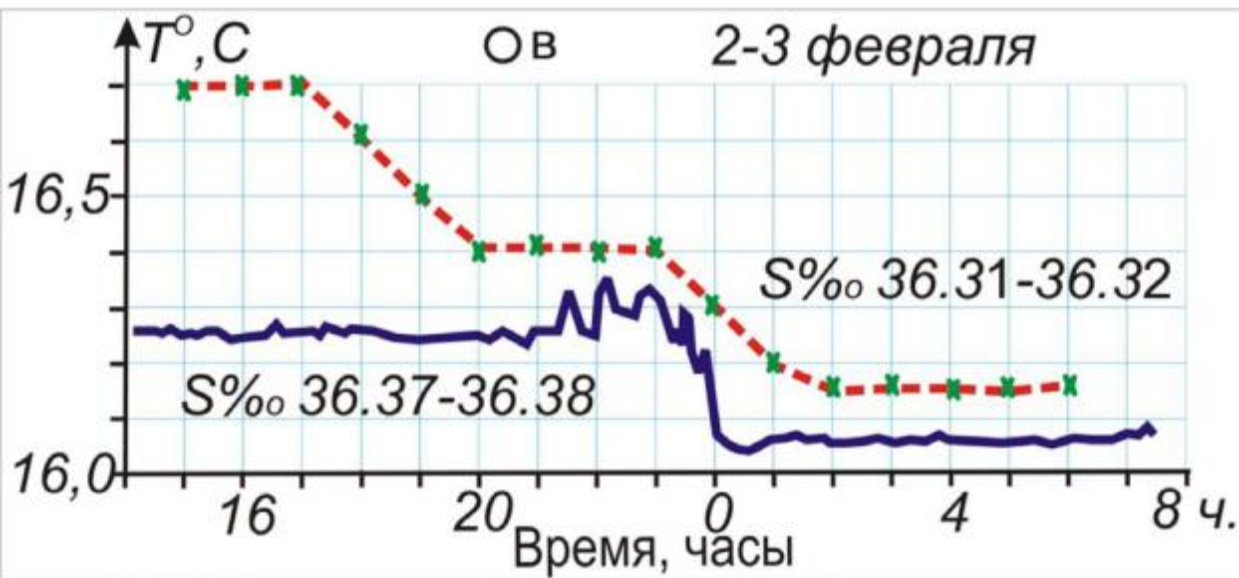
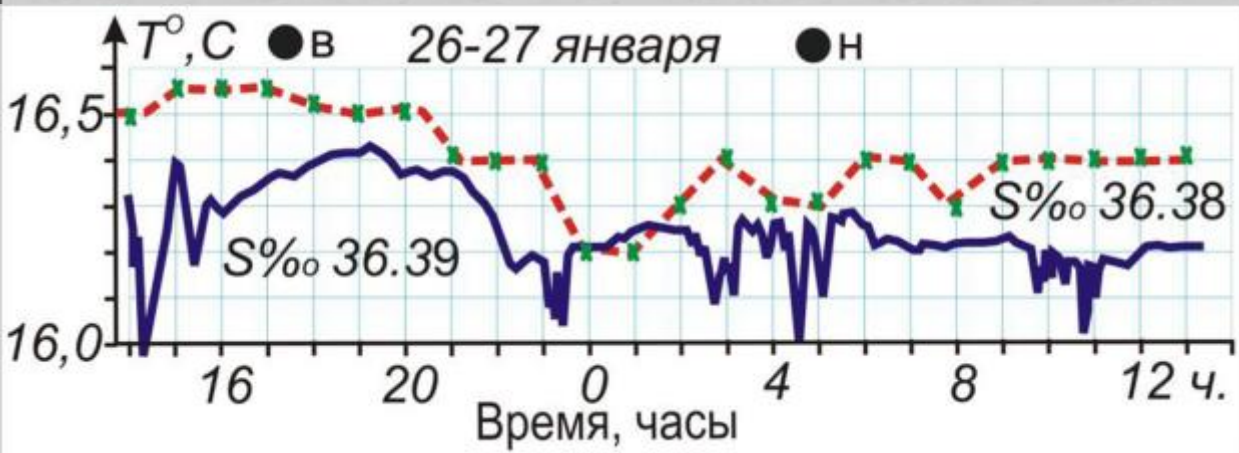


Прогрессивная векторная диаграмма течений, по данным измерений в конце января 1985 г. (16 ч. 27/01/1985г. по 19 ч. 29/01/1985г.) на «малой» вершине подводной горы Ампер, на горизонте 195 м.



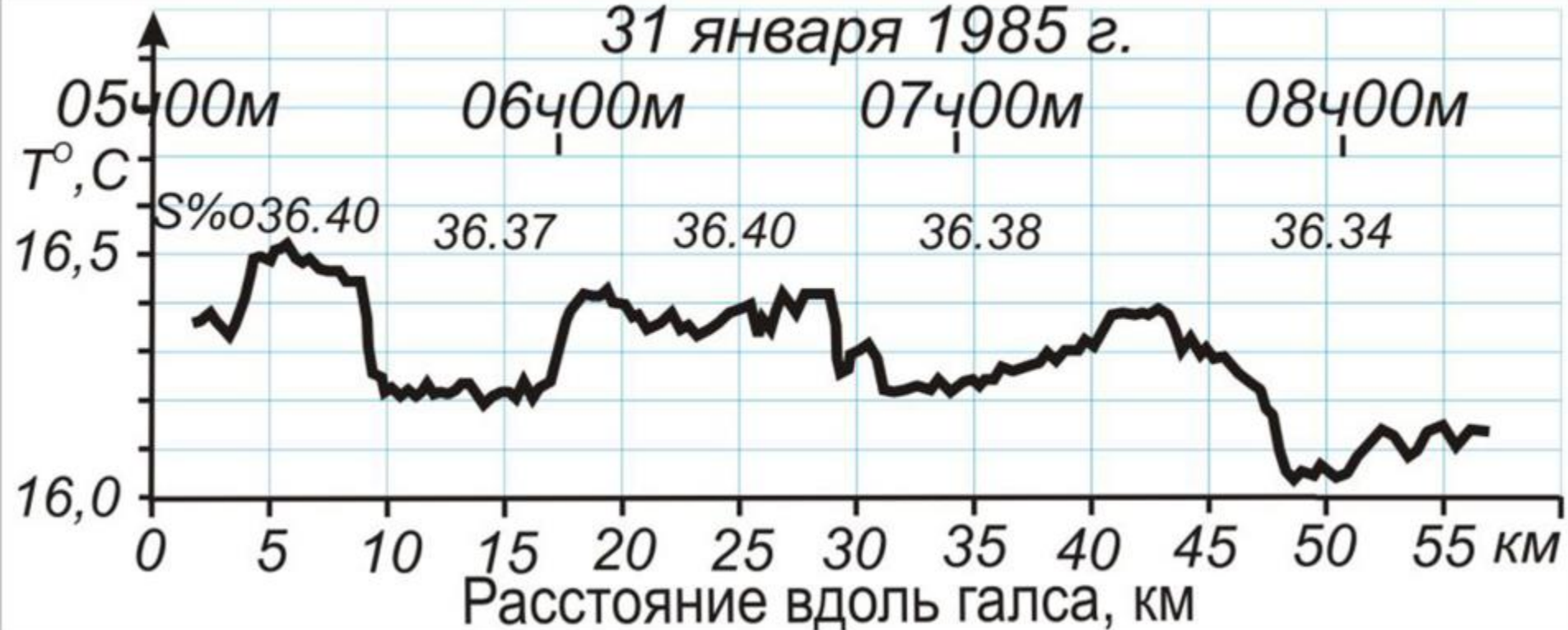
Температура и течения в термоклине над «малой» вершиной горы Ампер 27–29 января 1985 г. Верхняя панель – ТПО (красная линия) и температура на глубине 181 м. В середине – северная и восточная (пунктир) компоненты скорости течений на глубине 195 м. Внизу: годографы вектора скорости течений. Средний эллипс полусуточных течений показан красной пунктирной линией. Приведены моменты кульминации Луны. Время GMT.

16h00m, январь, 27 04h45m, январь, 28 18h00m, январь, 28
 04h30m январь, 28. 17h45m, январь, 28. 05h45m, январь, 29.



Временной ход температуры поверхности океана (пунктир), температуры воды на глубине 28 м (сплошная) 26–27 января 1985 г. – вверху; 2–3 февраля 1985 г. – внизу; во время якорной стоянки на банке Ампер, в точке $35^{\circ}03,2'N$, $12^{\circ}52,6'W$, с глубиной моря 58 м. Дискретность измерений поверхностной температуры воды – 1 час, температуры воды на глубине 28 м – 3 мин. 10 сек. Кружками обозначены моменты кульминации Луны. Время GMT.

31 января 1985 г.



Волнообразные колебания температуры на галсе при подходе к банке Ампер с юга.

Выводы

1. Сложные гидрологические поля в окрестности подводной горы Ампер образуются в результате многомасштабных гидрофизических процессов в области Азорского фронта и восточной ветви Азорского течения. На поверхности океана наблюдается долговременный средний дрейф со скоростью $\sim 5.54 \pm 0.05$ см/с, преимущественно на восток. В области смешения субтропических вод и вод умеренных широт, развиваются разнообразные по формам и размерам меандры и вихри. Плотность кинетической энергии геострофических течений составляет в среднем 87 ± 1 эрг/см³. В случайные моменты времени, по невыясненной причине, возникают вспышки течений, в которых энергия возрастает почти на порядок (до 610 эрг/см³). Выделяются три группы циклических колебаний течений: - многолетние, годовые и внутригодовые. Течения вдоль локального фронта, полусуточные приливные течения существенно влияют на гидрологические характеристики вод, окружающих гору. В результате процессов обтекания, над банкой формируется особенное "мозаичное" поле, с характерным масштабом пятен порядка размеров верхней площадки горы (6-7 морских миль).

2. В зимний сезон в области цепи подводных гор Horseshoe и вблизи банки Ампер обнаружен локальный фронт, который отмечает границу холодных (к востоку) и теплых (к западу) океанских вод. Этот фронт заметен в поле спутниковой ТПО. По измерениям над малой вершиной Ампер, вдоль фронта на юг направлено течение со средней скоростью 30 см/с в верхнем 200-метровом слое океана. В окрестности банки встречаются холодные дипольные вихревые образования, проявляющиеся на графиках распределения температуры вдоль галсов в характерном виде буквы "W".

Выводы (продолжение)

3. Под действием приливных течений, имеющих над горой кинетическую энергию на порядок большую, чем на глубокой воде, фронт смещается на 6-7 морских миль. Движение фронтального раздела над малой вершиной горы Ампер вызывает аномально большие для открытого океана колебания температуры (до 2°С в термоклине). Над банкой Ампер, при этом, с частотой полусуточного прилива, появляются скачки температуры типа внутреннего бора.

4. Колебания температуры над малой вершиной Ампер обусловлены адвекцией среднего поля (фронта) и адвекцией глубинных вод приливными течениями.

5. Обнаруженные к югу от банки волнообразные по горизонтали изменения температуры, интерпретируются как проявления “запрепятствованных” квази-инерционных внутренних волн. Длина волны постепенно уменьшается от 10 до 3 морских миль вниз по течению, к югу от банки. Длины волн определяются высокими модами с масштабом, близким к предельному инерционному, что соответствует развёртке (по горизонтали) инерционного колебания средним течением.



Благодарю за внимание

*Мельников Василий Андреевич,
Институт океанологии
им. П.П.Ширшова РАН,
Тел. 916 241 87 16
vmelnikov@ocean.ru*

Fugit irreparabile tempus