



Исследование вихревой активности в Авачинском заливе по данным *in situ* наблюдений с привлечением спутниковых снимков

Швец П.А., Маслова М.Г., РГГМУ

Маховиков А.Д., СПбГУ

Максимовская Т. М., Зимин А. В., ИО РАН

Двадцать третья международная конференция
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"

10 - 14 ноября 2025 г.

ИЗУЧЕННОСТЬ ВОПРОСА

Акватория Тихого океана, прилегающая к Камчатке, характеризуется сложным рельефом дна с узким шельфом и крутым материковым склоном

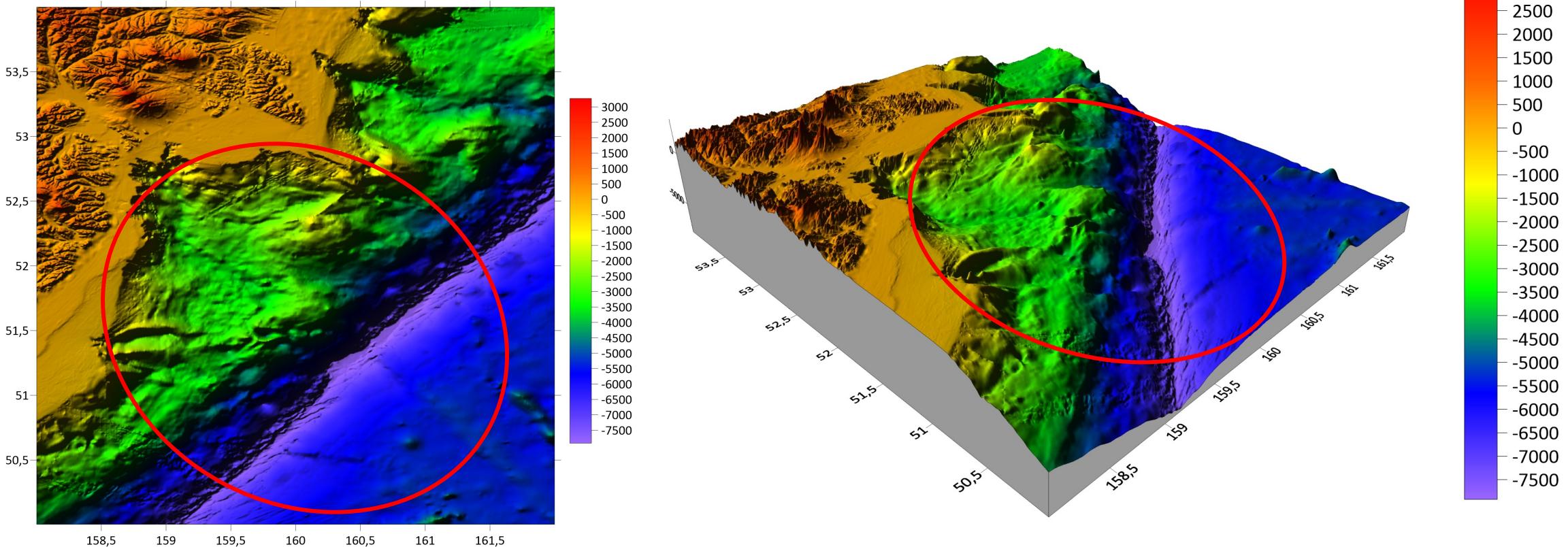


Рис. 1. Батиметрия Тихого океана [General Bathymetric Chart of the Oceans]

ИЗУЧЕННОСТЬ ВОПРОСА

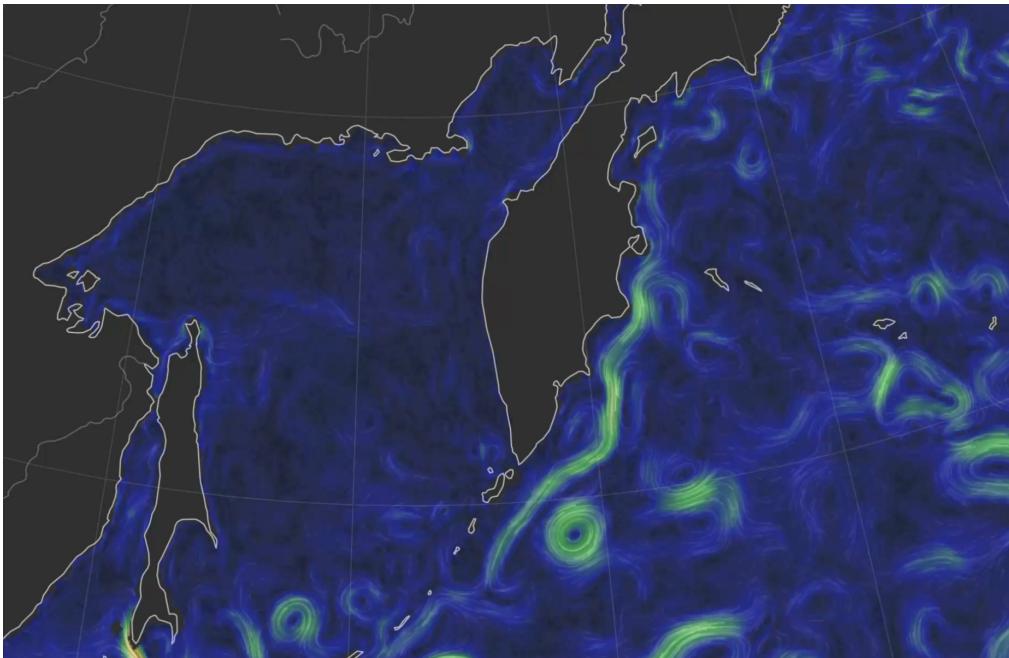
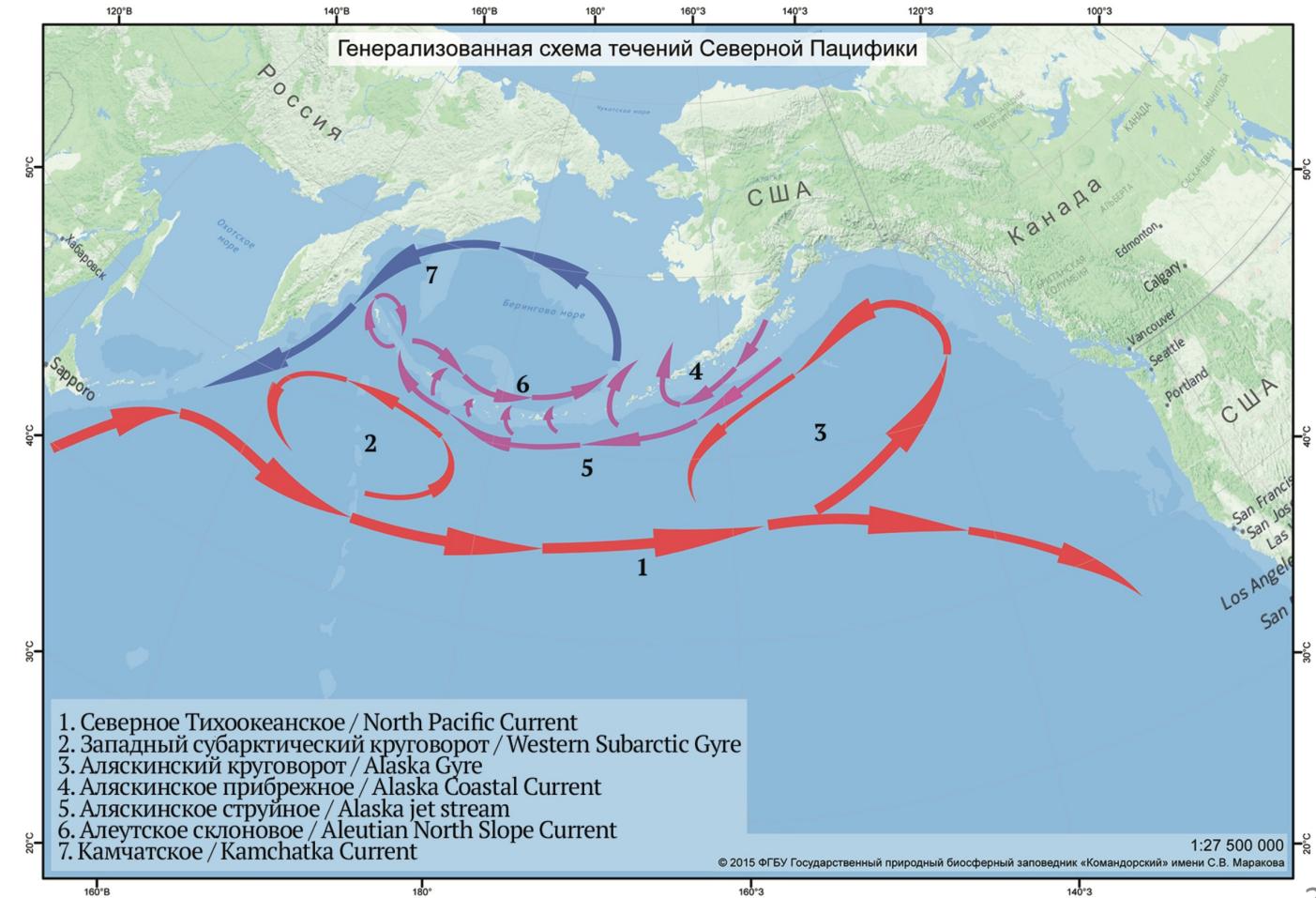


Рис. 2. Анимация течений в исследуемом районе
[<https://earth.nullschool.net>]

Восточно-Камчатское — это холодное течение, которое берёт начало в Беринговом море и движется вдоль берегов полуострова Камчатка на юг, где переходит в Курильское течение (**Ойашио**). **Куросио** — тёплое течение, которое движется на северо-восток с Японии.

Крупные течения не представляют собой устойчивых струй. Они непрерывно меандрируют с формированием вихрей.



ИЗУЧЕННОСТЬ ВОПРОСА

По пространственно -временным масштабам предметом изучения являются **мезомасштабные вихри** - от десятков до нескольких сотен километров в диаметре и существующие от месяца до года

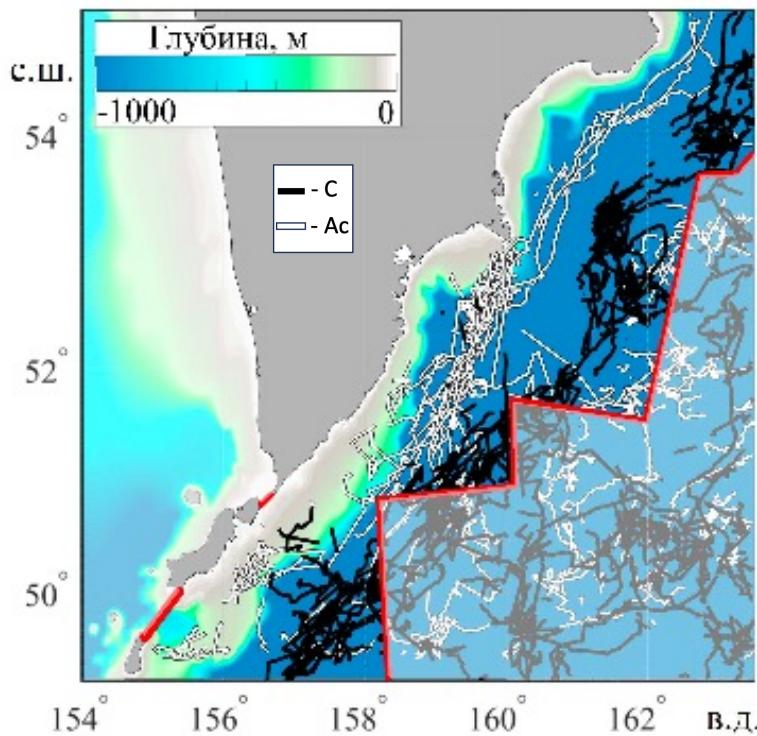


Рис. 5. Траектории движения мезомасштабных вихрей в районах, прилегающих к полуострову Камчатка и Курильским островам, за март – август 2015–2021 гг.

С марта по август 2015–2021 гг. было зарегистрировано 351 проявление мезомасштабных вихрей. Среди структур отмечалось преобладание антициклонических вихрей (211) над циклоническими (140).

Разномасштабная вихревая динамика на акватории Тихого океана, прилегающей к полуострову Камчатка и северным Курильским островам / А. В. Зимин [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2024. № 3. С. 16–35.

ЦЕЛЬ

Оценить короткопериодную изменчивость термохалинных полей в районах частых проявлений мезомасштабных вихрей, определенных по данным спутниковых измерений, на основе данных экспедиционных исследований

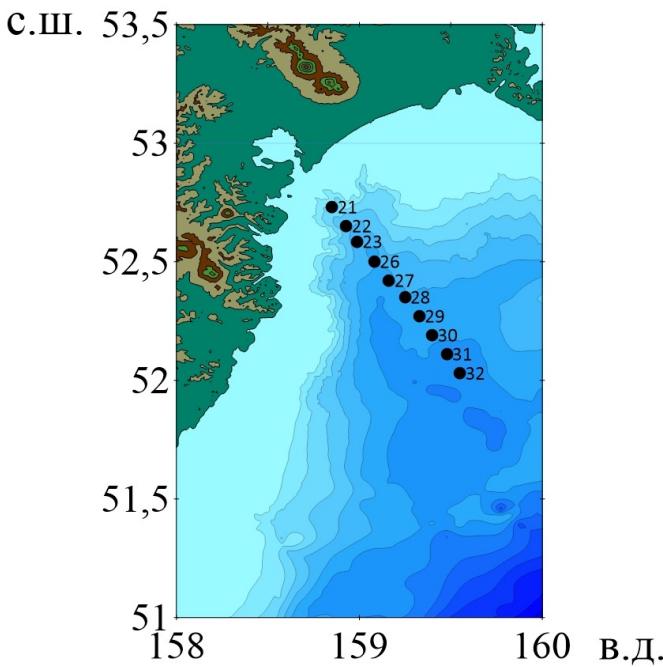
ЗАДАЧИ

- Проанализировать объект исследования с помощью методов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ);
- Осуществить контактные измерения в прикамчатском регионе Тихого океана;
- Провести комплексный анализ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор натурных данных - гидрологическая
съемка: зонд CTD48M

А)



Б)



Рис. 6. а) Станции, сделанные во время натурных измерений
Б) Команда гидрофизиков в рейсе по сбору данных

Данные ДЗЗ -
альтиметрические измерения

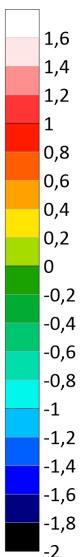
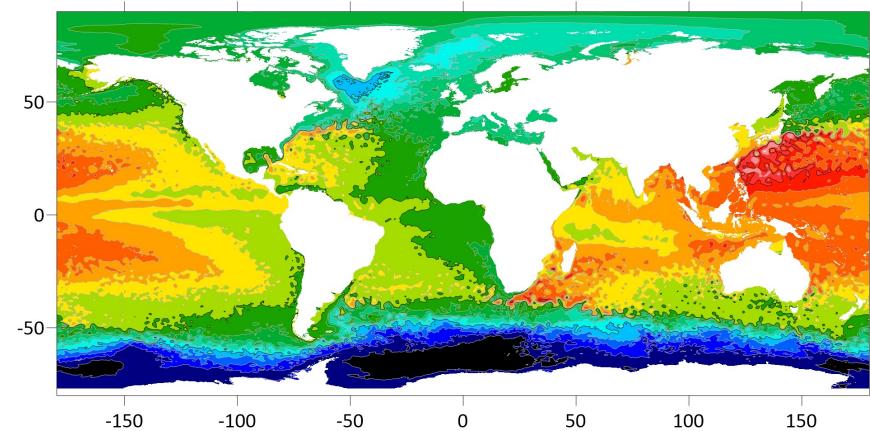
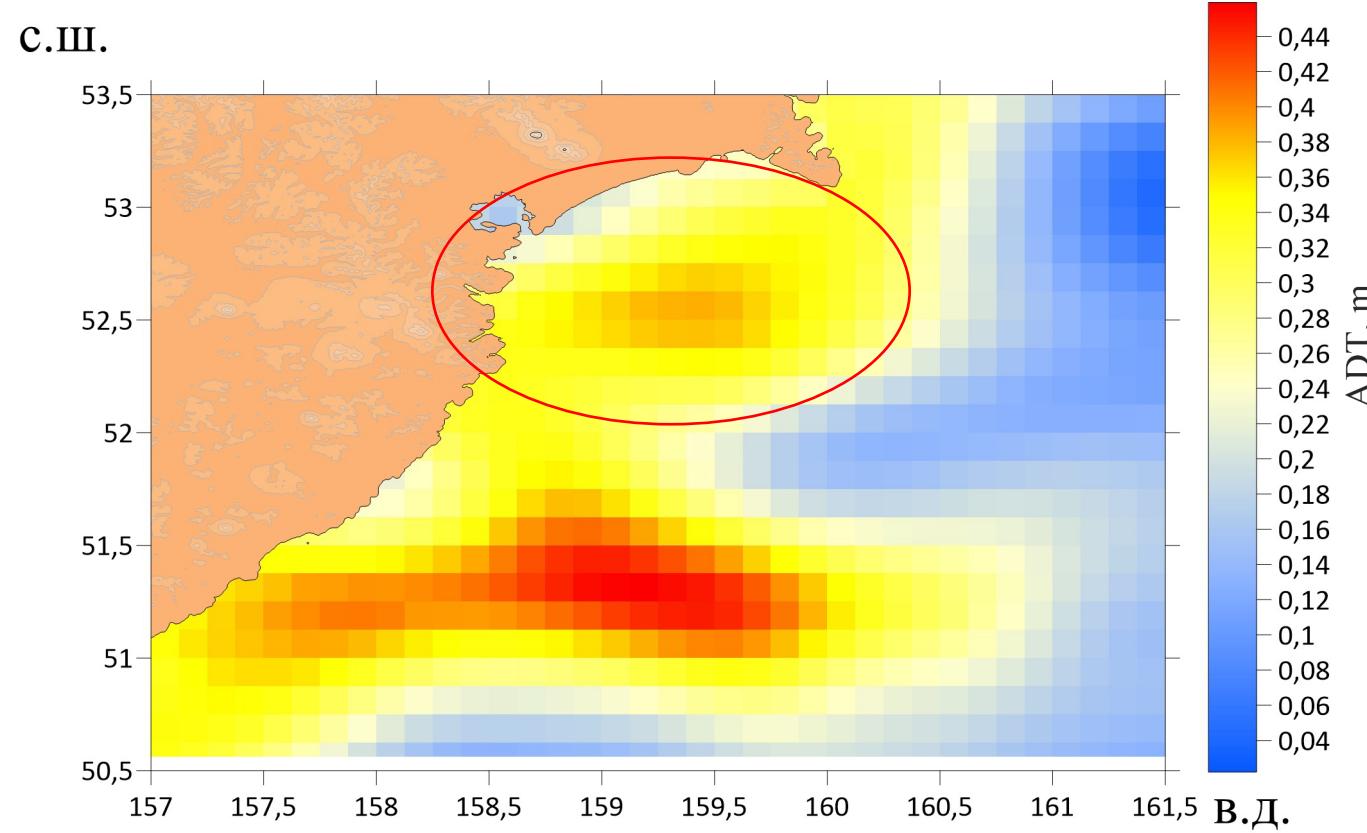


Рис. 7. Высота поверхности моря [[Global Ocean Physics Analysis and Forecast](#)]

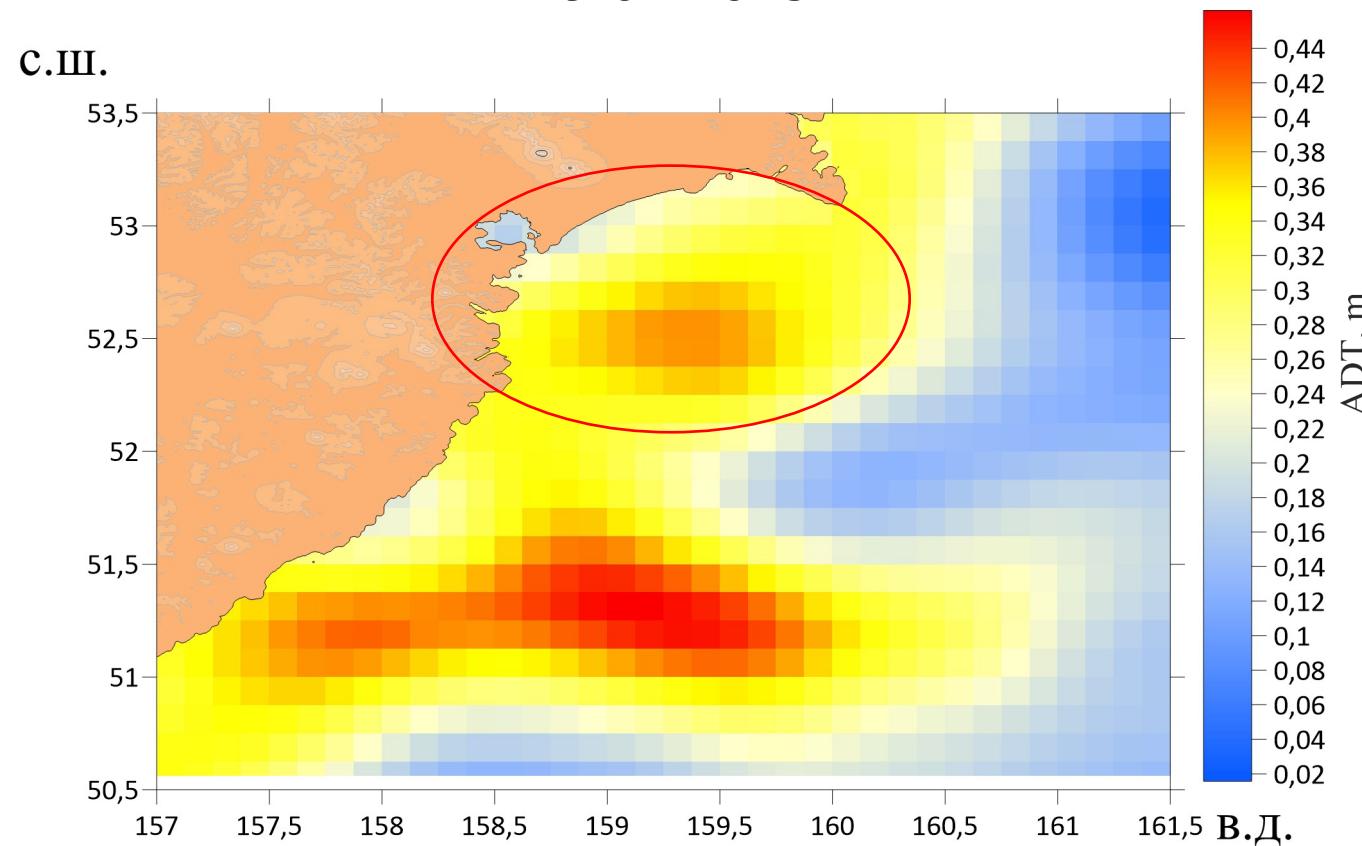
РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Рис 8. Абсолютная динамическая топография
28.07.2025



РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

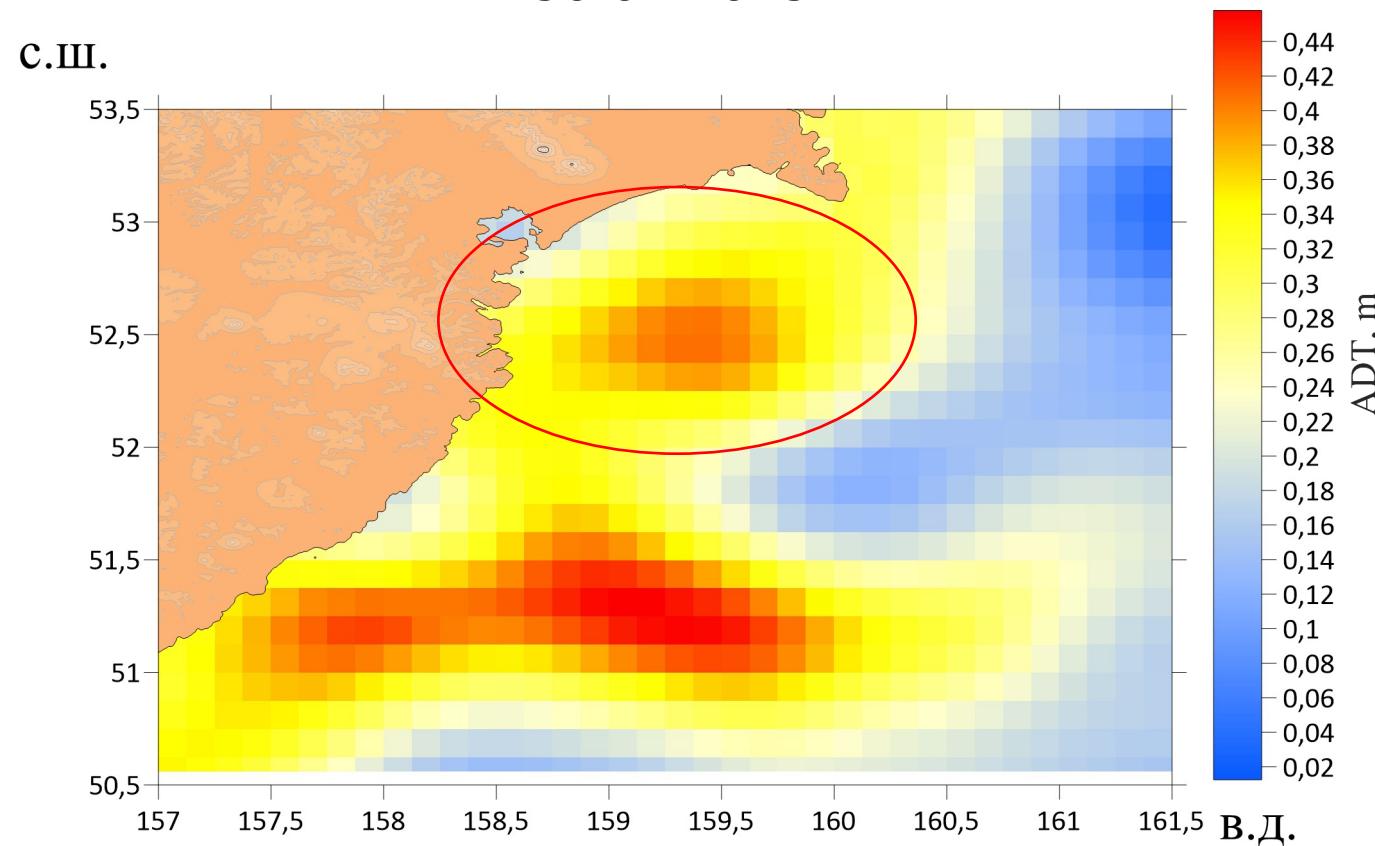
Рис 9. Абсолютная динамическая топография
29.07.2025



РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

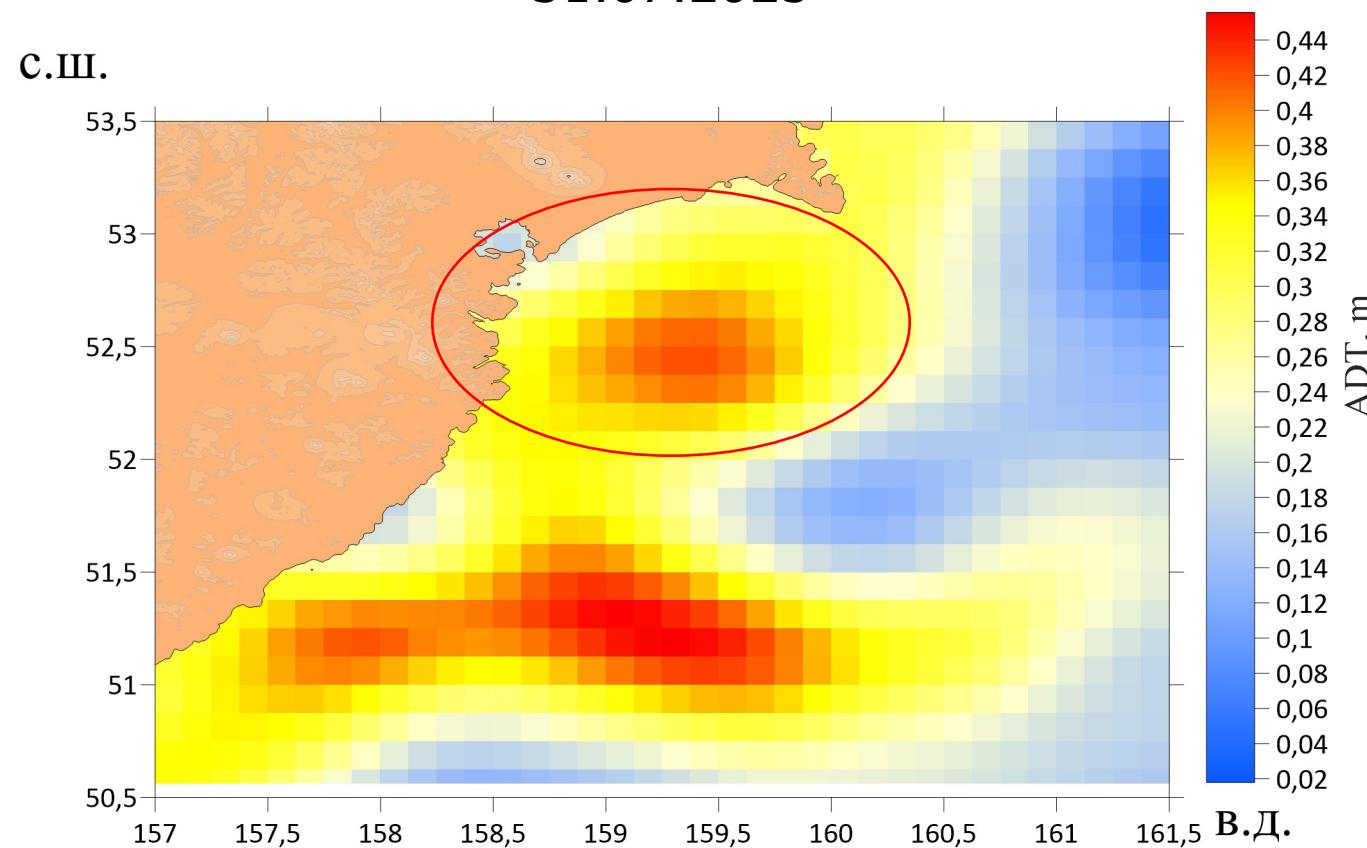
Рис 10. Абсолютная динамическая топография

30.07.2025



РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Рис 11. Абсолютная динамическая топография
31.07.2025



РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

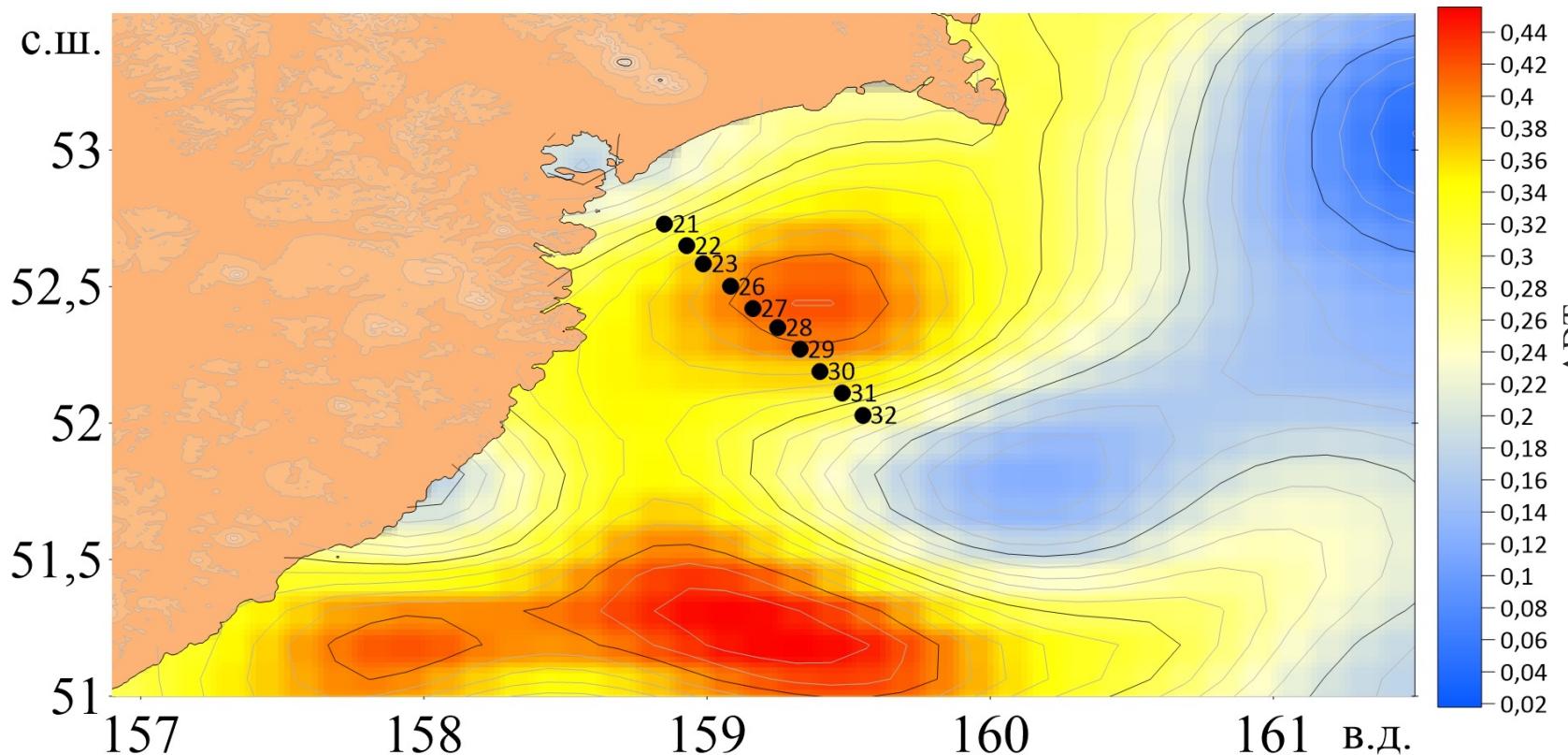


Рис. 12. Исследуемый район с нанесенной альтиметрией и станциями

Вихревая структура, границы которой по состоянию на 31 июля 2025 года. Черные точки – расположение станций на разрезе 21-32, выполненном 30-31 июля 2025 года.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

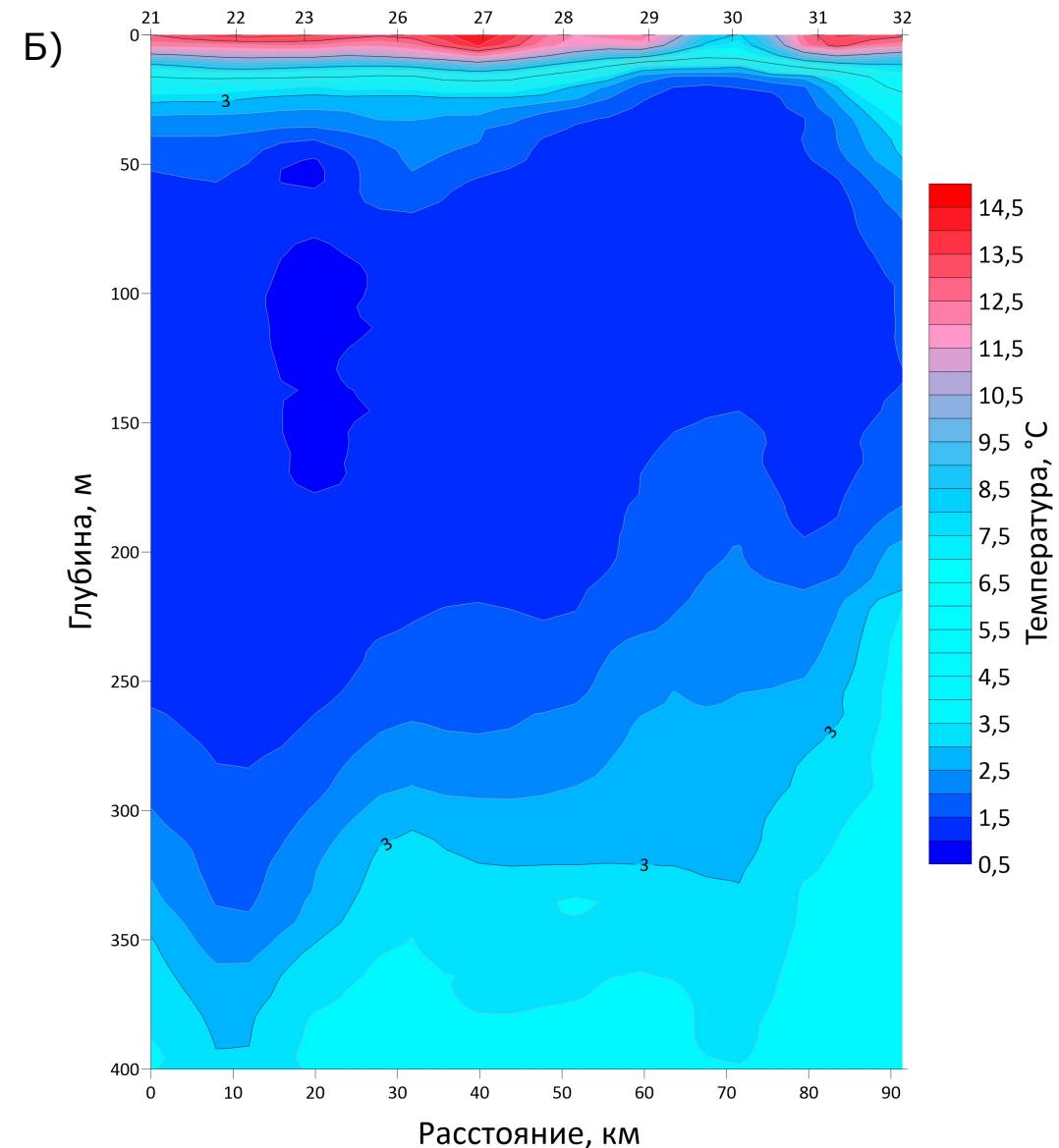
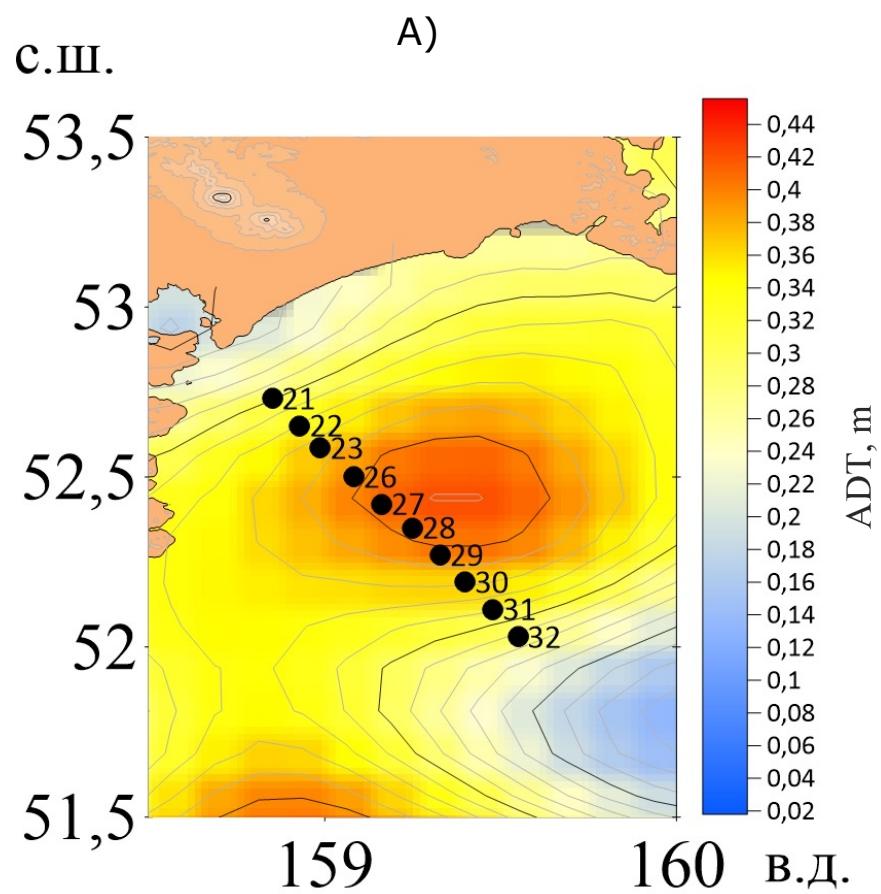


Рис. 15. Гидрологический разрез с альтиметрией (А) и вертикальная изменчивость в поле температуры (Б)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

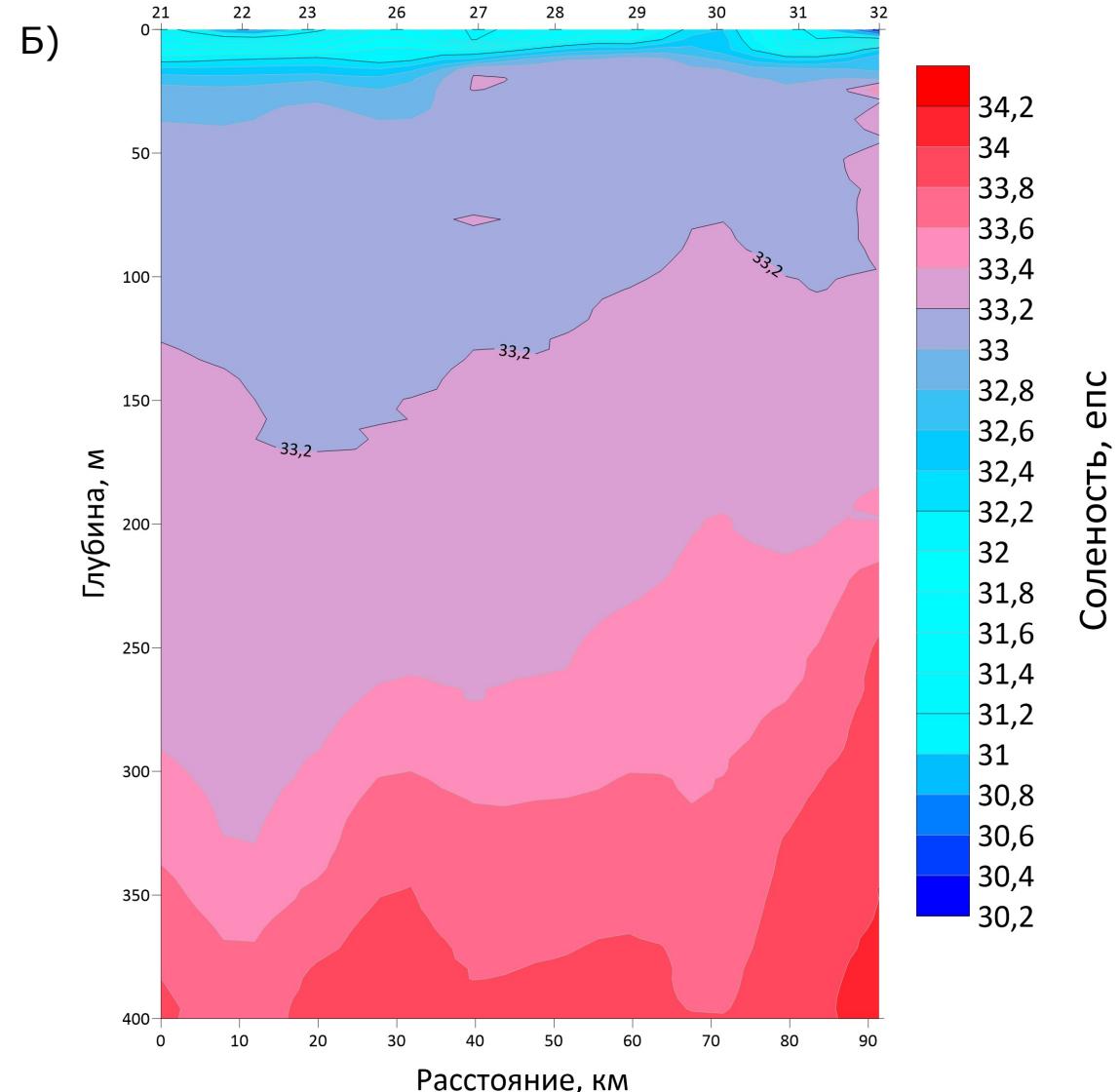
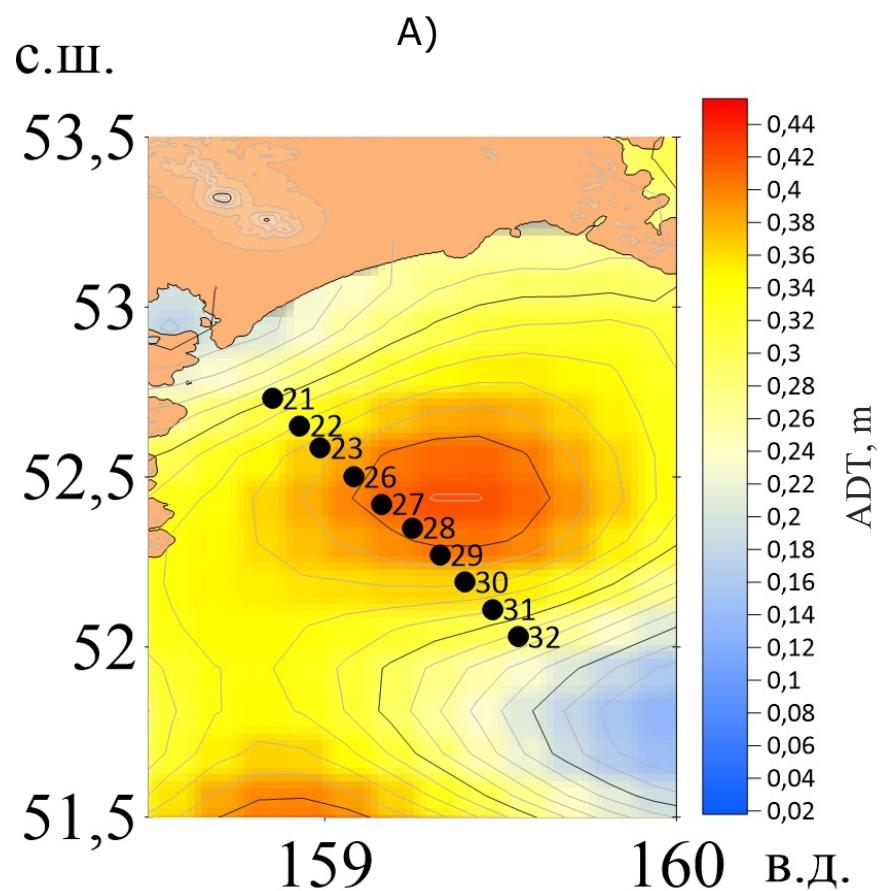
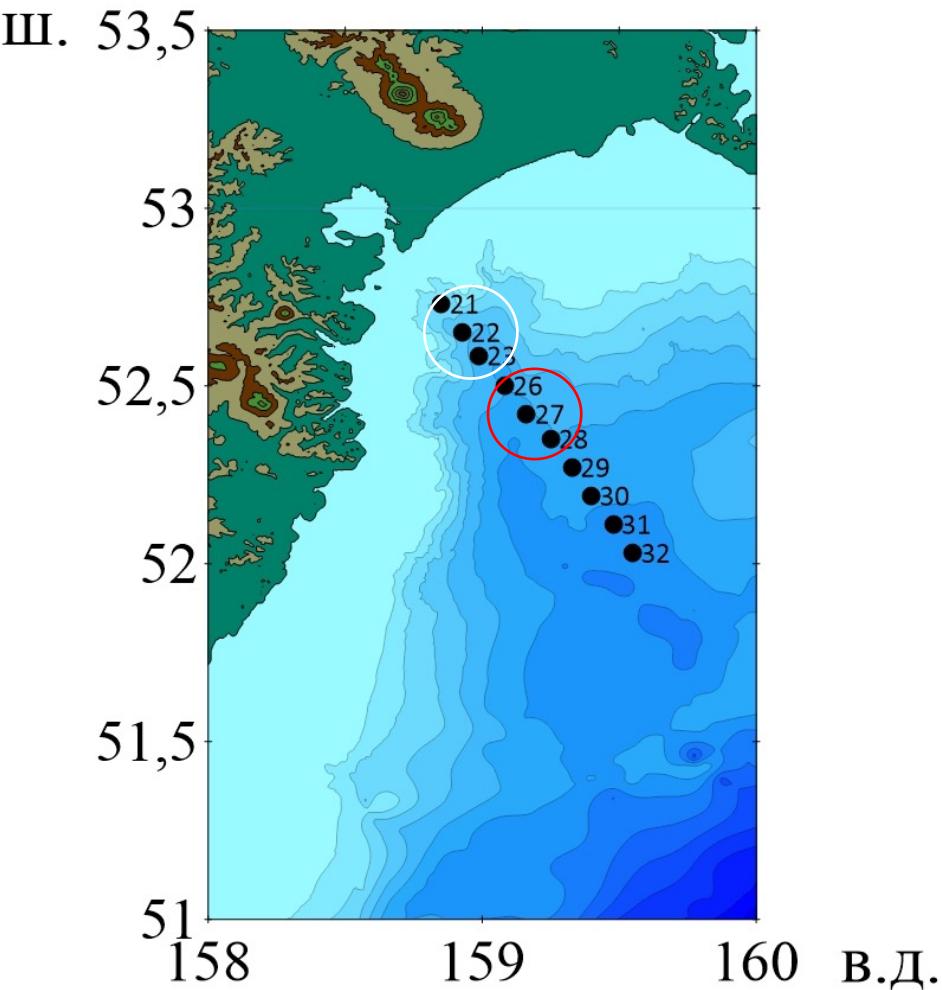


Рис. 15. Гидрологический разрез с
альтиметрией (А) и вертикальная
изменчивость в поле солёности (Б)

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

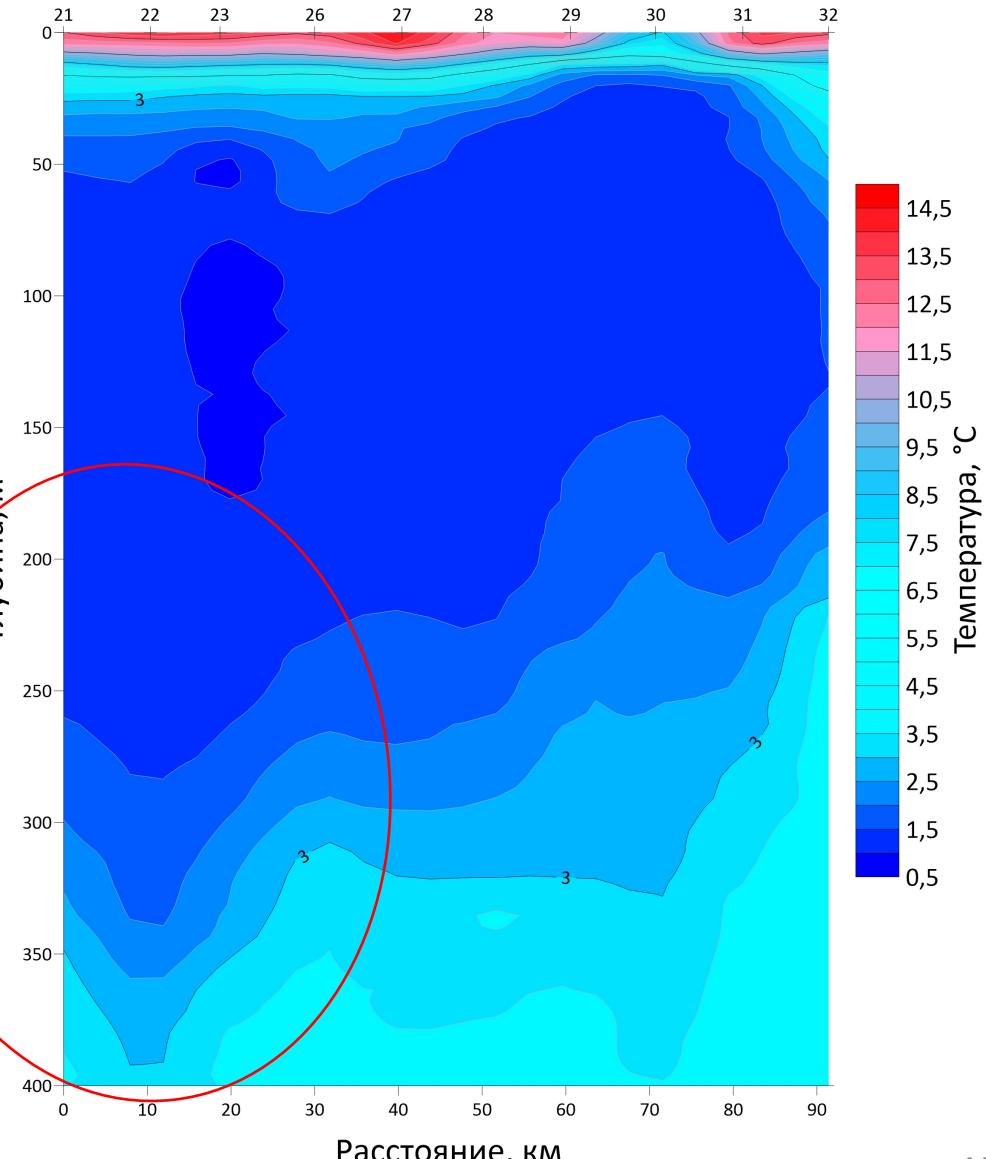
- По альtimетрическим данным центр циклона располагается в районе ст. 26-28, где наблюдаются максимальные поднятие вод (на 0.4 м) – обведено красным.
- Вертикальный разрез температуры демонстрирует, что максимальное поднятие холодных вод происходит не в центре вихря (по альтиметрии), а оно смещено относительно центра и находится около ст. 21-23 – обведено белым.
- Диаметр вихря по ДЗЗ составляет 20 км, по натурным данным 21 км.



РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОДНЫХ МАСС

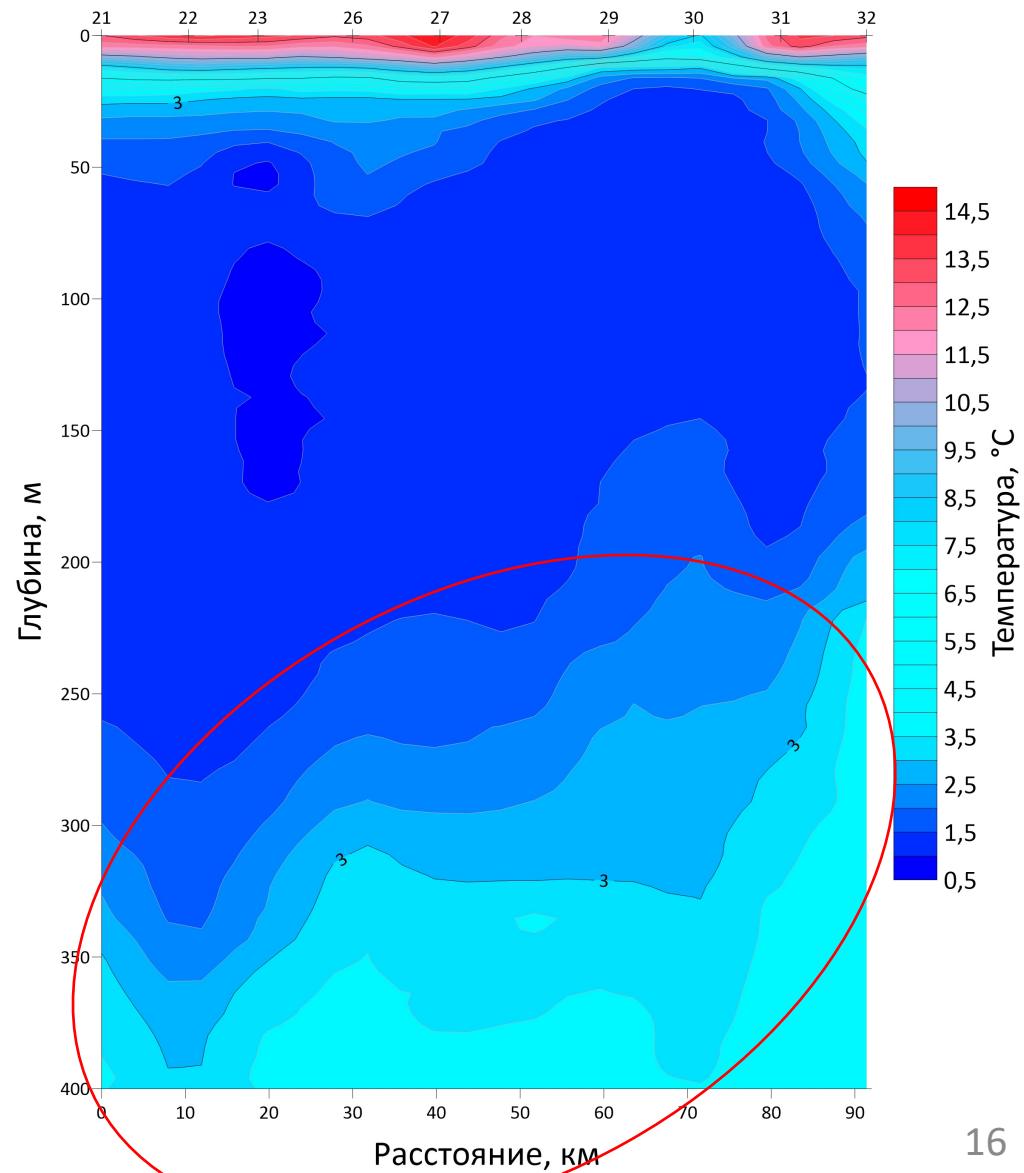
- **Холодный промежуточный слой (ХПС)** располагается в диапазоне глубин от 20 до 350 метров с характерными температурами от 0,95 до 2°C. Этот слой демонстрирует наиболее выраженную деформацию под влиянием вихря. На периферийных станциях изотермы холодного промежуточного слоя располагаются на глубинах 70-150 метров. В области центра вихря, соответствующей станциям 23, происходит максимальное опускание ХПС.
- В ядре вихря аккумулированы относительно холодные воды с температурой около 0,5°C. Холодное ядро вихря залегает на глубине 70-170 м. Это свидетельствует о наклоне оси вихревого образования.



РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОДНЫХ МАСС

- **Тёплый промежуточный слой (ТПС)** занимает глубины от 150 до 400 метров с температурами преимущественно в диапазоне 2-4°C. Этот слой характеризуется более сглаженной структурой и меньшей амплитудой вертикальных смещений по сравнению с вышележащими водами.



РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Для антициклонического вихря с осью, наклонённой к берегу (то есть глубинный центр смещён ближе к берегу, чем поверхностный), характерно движение **вдоль берега**

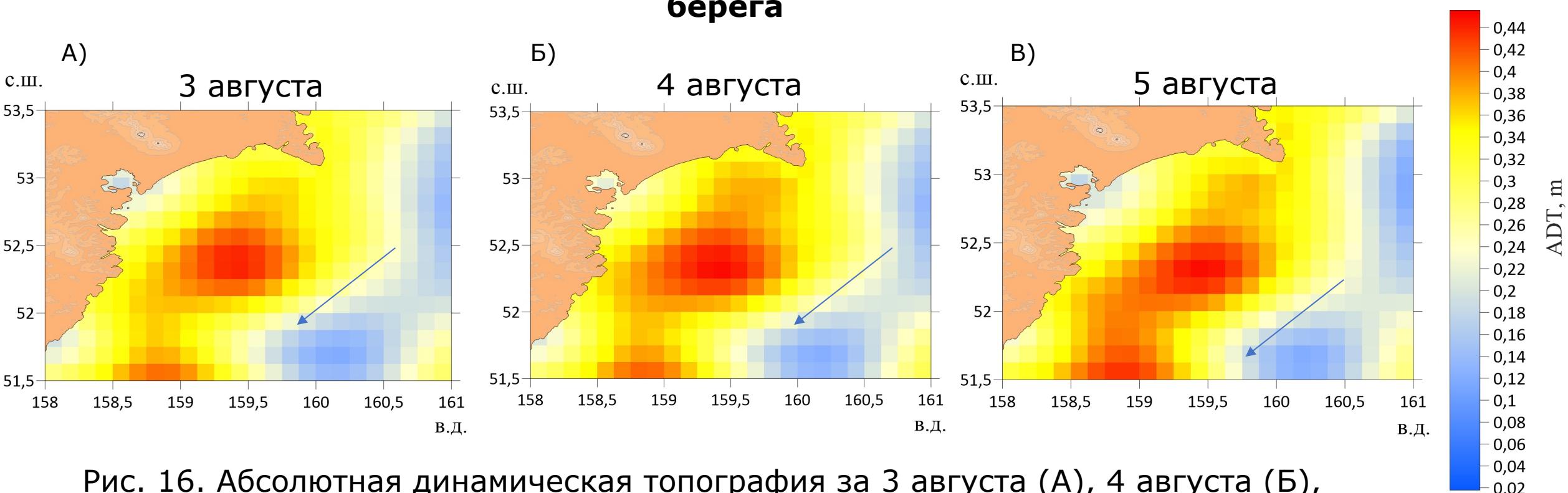


Рис. 16. Абсолютная динамическая топография за 3 августа (А), 4 августа (Б), 5 августа (В)

ВЫВОДЫ

- Выполнена гидрологическая съемка в районе проявления вихревой активности в Авачинском заливе;
- Получены распределения гидрологических характеристик: солености, плотности, температуры, флуоресценции на разрезе, проходящем через вихрь;
- Проведено сопоставление натурных данных и ДЗЗ. Выявлено, что присутствует расхождение в определение ядра (центра) вихря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разномасштабная вихревая динамика на акватории Тихого океана, прилегающей к полуострову Камчатка и северным Курильским островам / А. В. Зимин [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2024. № 3. С. 16–35. EDN VPBEOU.
2. Горячие точки в поле внутренних волн в океане / Сабинин К.Д. Серебряный А.Н. //Акустический журнал. 2007. Т.53. №3. С.410-436
3. Mesoscale eddies and year-to-year changes of the chlorophyll-a concentration in the Okhotsk Sea waters. A.G. ANDREEV, I.A. ZHABIN (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok
4. Kawakami, Y., H. Nakano, L. S. Urakawa, T. Toyoda, K. Aoki, N. Hirose, and N. Usui (2025): Temporal changes of the Oyashio water distribution east of Japan under the changing climate: development of an objective evaluation method and its application. *Journal of Oceanography*, **81**, 5–21, doi:[10.1007/s10872-024-00727-7](https://doi.org/10.1007/s10872-024-00727-7)
5. Ohshima, Kay & Wakatsuchi, Masaaki & Saitoh, Sei-Ichi. (2005). Velocity Field of the Oyashio Region Observed with Satellite-Tracked Surface Drifters during 1999–2000. *Journal of Oceanography*. 61. 845-855. 10.1007/s10872-006-0004-3

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Экспедиция и сбор материала выполнены в рамках Всероссийской научно-образовательной программы «**Плавучий университет**» по теме «Подготовка молодого кадрового резерва в области морских наук по научно образовательной программе «Плавучий университет» на основе комплексных исследований экосистемы дальневосточных морей России» (проекты № 075-03-2025-662/8 и № 075-03-2025-421/5)

