



# Вертикальные потоки осадочного вещества на северном сегменте хребта Мона (Норвежское море) по данным АГОС 2019-2020 гг.

**А.А. Ключиткин\*, М.Д. Кравчишина, А.Н. Новигатский, А.В. Булохов**

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

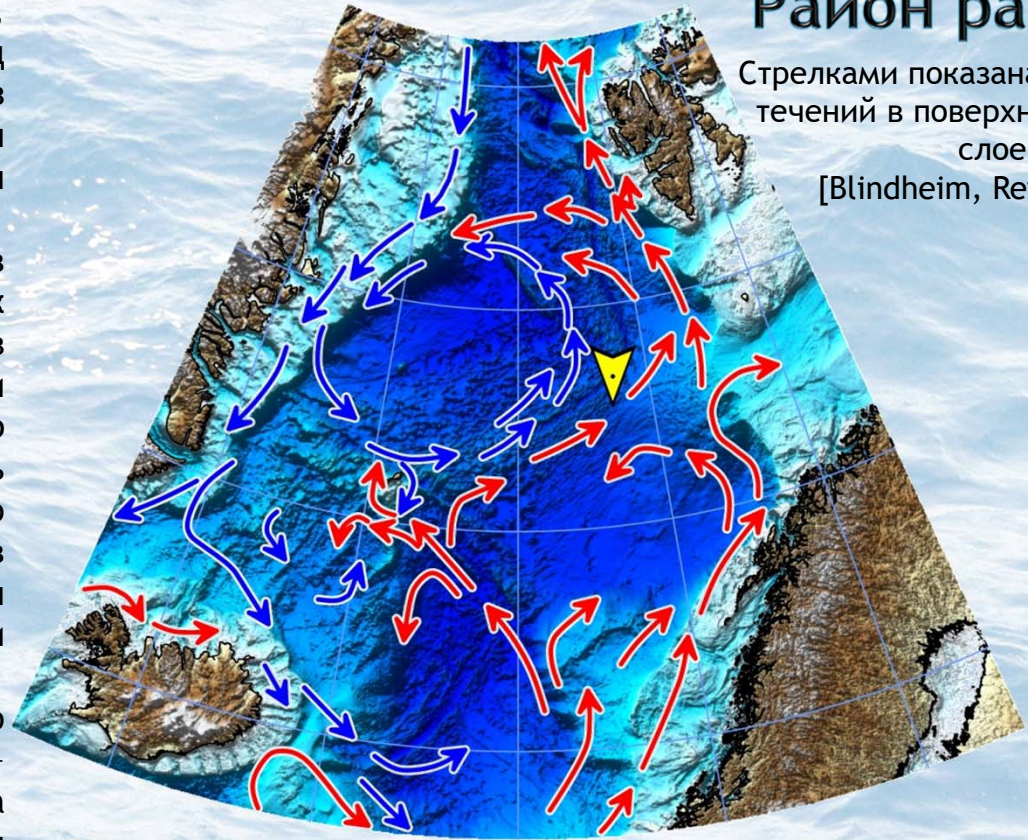
\* [klyuvitkin@ocean.ru](mailto:klyuvitkin@ocean.ru)

Москва-2022



# Район работ

Стрелками показана схема течений в поверхностном слое океана  
[Blindheim, Rey, 2004]



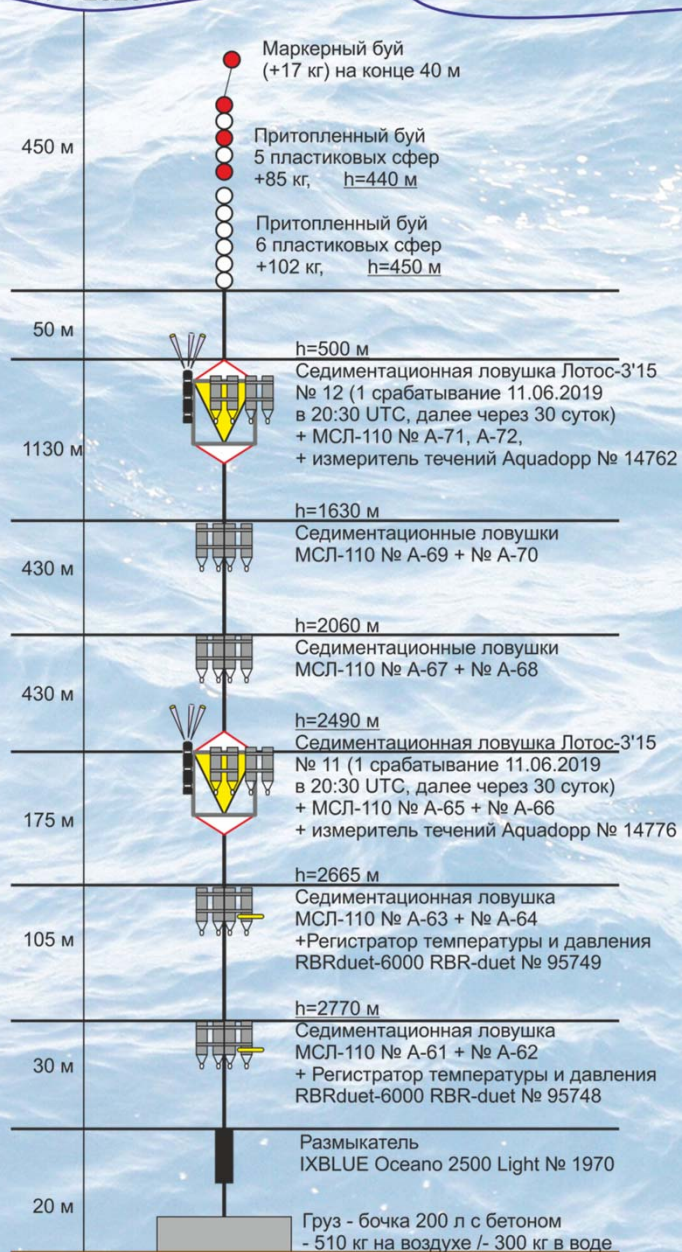
Рассеянное осадочное вещество, взвешенное в многокилометровой толще вод океанов, является тем материалом, из которого, в конечном счете, образуются донные осадки и осадочные породы [Лисицын, 2014].

Потоки осадочного вещества в океане - это одна из основных характеристик осадкообразования, которая позволяет в динамике изучать процессы седиментации осадочного вещества, преобразование его при прохождении водной толщи, оценивать количество и состав вещества, поступающего на дно. Эти исследования проводятся в океане в рамках Ведущей научной школы академика А.П. Лисицына уже на протяжении полувека.

Отличительной особенностью процесса седиментации изучаемого региона - значительная роль латерального переноса вещества. Поэтому возникает насущная необходимость использования не просто притопленных буйковых станций с седиментационными ловушками, а автоматических глубоководных седиментационных обсерваторий (АГОС), оснащенных помимо ловушек различными регистраторами условий среды (температура, соленость, кислород, мутность, флюоресценция и др.) и, в первую очередь, измерителями течений [Лисицын и др., 2014].

Материал для работы собирался в течение 426 суток с 11.06.2019 г. по 10.08.2020 г. с помощью автоматической глубоководной седиментационной обсерватории (АГОС) с целью исследования условий седиментации под влиянием гидротермальных флюидов на субарктическом участке Срединно-Атлантического хребта. Район исследования - склон осевого вулканического поднятия рифтовой долины северо-восточной части хребта Мона, находящегося под влиянием теплого Северо-Атлантического течения.



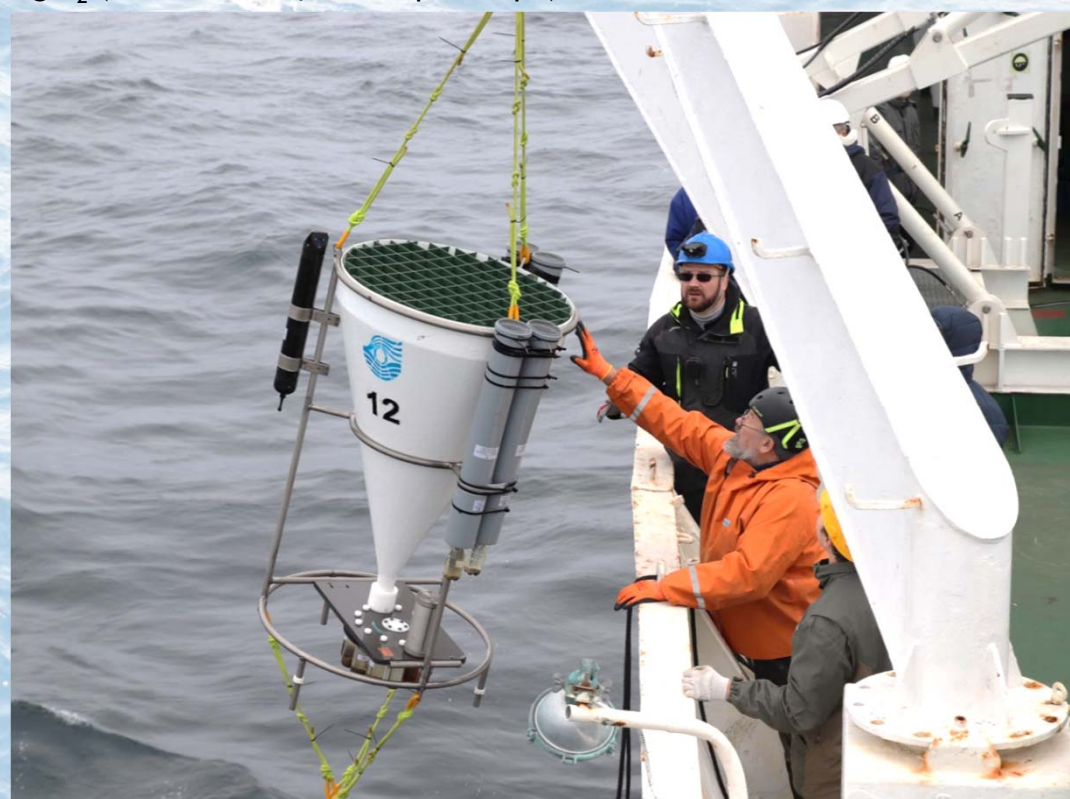


# Материал и методы

Для сбора осаждающегося материала использовались 12-стаканные седиментационные ловушки «Лотос-3» с площадью сбора 0.5 м<sup>2</sup> производства ОКБ ОТ РАН, которые позволяют получить непрерывный во времени ряд проб осаждающегося вещества с заданной экспозицией (1 месяц). «Лотос-3» были установлены под верхним деятельным слоем (550 м) и в глубинном слое (2490 м от дна) над зоной распространения придонного нефелоидного слоя.

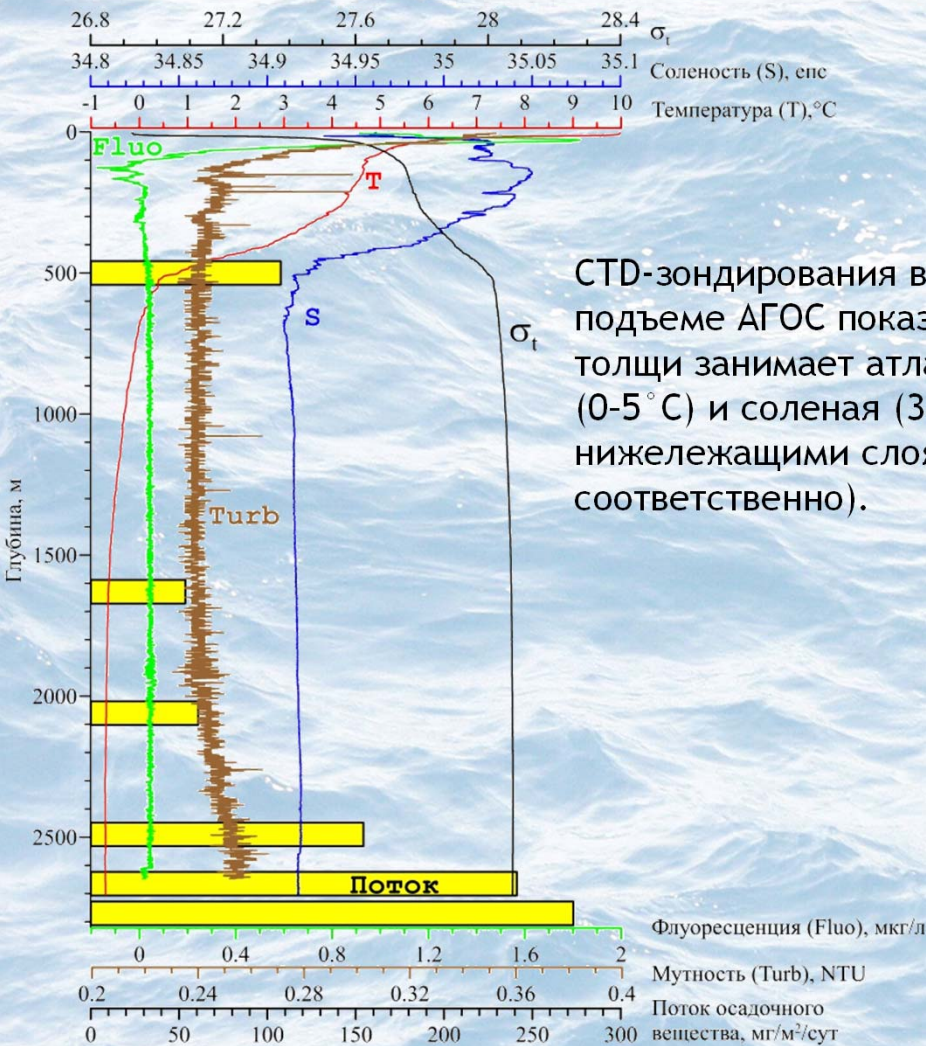
Для изучения интегрального годового потока вещества на горизонтах работы «Лотос-3», а также в промежуточных и придонных слоях использовались малые цилиндрические седиментационные ловушки МСЛ-110 производства ИО РАН [Лукашин и др., 2011]

В качестве фиксирующего раствора для первичного заполнения пробосборников применялся фильтрат морской воды с раствором HgCl<sub>2</sub> (1 % от насыщенного раствора) с соленостью 45 епс.

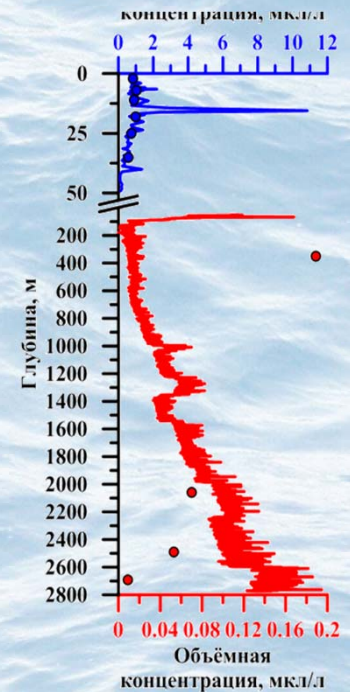




# Интегральные потоки



CTD-зондирования водной толщи при постановке и подъеме АГОС показали, что верхние 500 м водной толщи занимает атлантическая вода, более теплая (0-5 °С) и соленая (34.92-35.05 епс) по сравнению с нижележащими слоями (-0.7-0 °С и около 34.91 епс соответственно).



Анализ материала, собранного интегральными ловушками на 6 горизонтах, выявил максимум осаждающегося вещества в подповерхностном слое (107 мг/м<sup>2</sup>/сут), минимум в толще (54-61 мг/м<sup>2</sup>/сут) и плавное увеличение потока с глубиной до максимальных 273 мг/м<sup>2</sup>/сут в придонном нефелоидном слое. Увеличение мутности здесь также фиксировалось нефелометром в составе судового зондирующего комплекса при постановке АГОС и лазерным анализатором частиц LISST-Deer при ее подъеме. При этом в составе вещества верхних слоев (500 м и 1630 м) наблюдается много «свиммеров» зоопланктона (рачки и др.). В глубинных слоях, начиная с 2060 м и до дна, присутствует только плотный осадок коричневого цвета с низким содержанием детрита.

Распределение интегральных потоков вещества и основных характеристик водного столба по данным зондирований при постановке и подъеме АГОС.



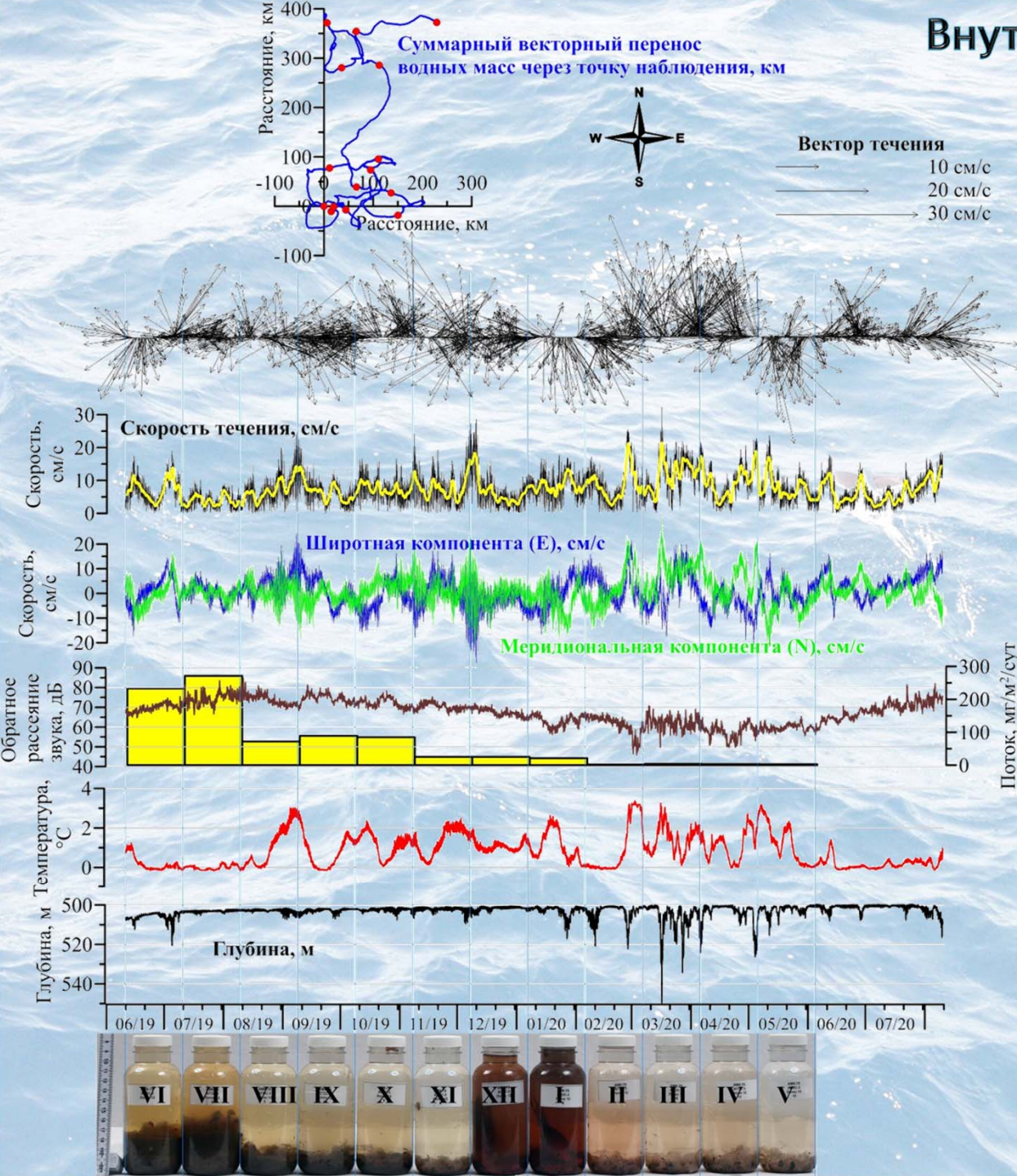
# Внутригодовая изменчивость

## 500 м

Анализ данных

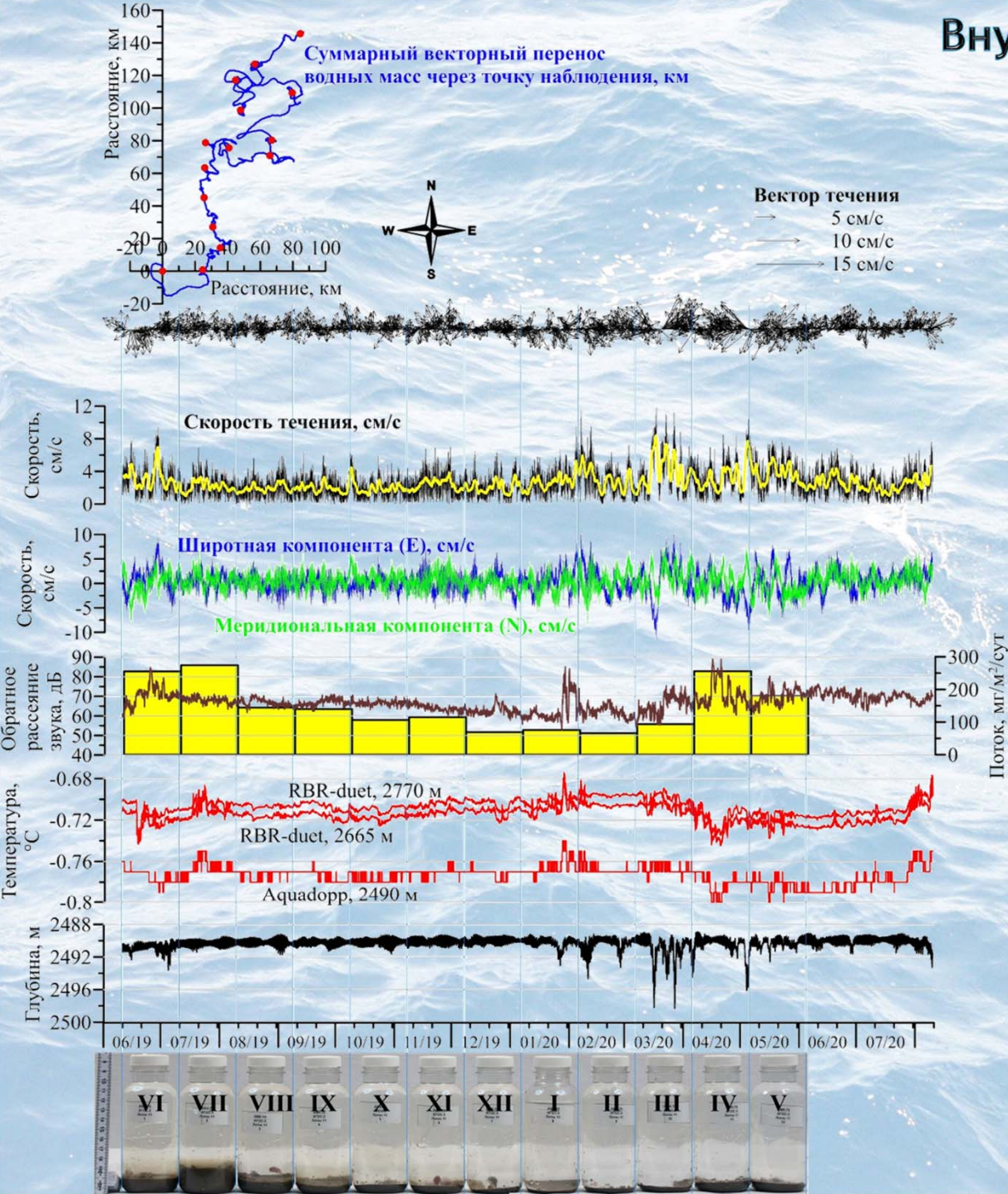
профилографов параметров среды в составе АГОС показал, что формирование потока частиц проходило под воздействием генерального переноса водных масс в северо-северо-восточном направлении. Суммарное накопленное перемещение водных масс в подповерхностном слое составило 437 км, в глубинном - 170 км. Скорость течения в подповерхностном слое изменялась от 0 до 32.3 см/с при среднем значении 7.48 см/с. В глубинном слое течения не превышали 11.8 см/с при среднем значении 2.64 см/с. Отмечено увеличение скоростей течения практически синхронно на обоих горизонтах (550 и 2490 м) в марте-апреле 2020 г., при этом преобладали течения северных направлений.

В подповерхностном (500 м) и глубинном (2490 м) слоях выявлен выраженный годовой ход потоков вещества. Наибольшие потоки приходятся на июнь-сентябрь с абсолютным максимумом в июле (274 мг/м<sup>2</sup>/сут). С декабря по март потоки минимальны, отмечается совсем небольшое увеличение количества осаждающегося вещества в апреле и мае в подповерхностном слое. При этом в глубинном слое в апреле потоки резко возрастают (256 мг/м<sup>2</sup>/сут) и почти достигают летнего максимума.





# Внутригодовая изменчивость 2490 м



Интересно, что визуально количество вещества возрастает не так сильно, т.е. апрельское вещество имеет большую плотность по сравнению с июльским и, соответственно, другой состав. Можно предположить, что июльский пик обусловлен поступлением вещества из подповерхностного слоя в результате сезонного возрастания первичной продукции, а апрельский пик связан с изменением гидрологической обстановки и, в результате, повышением активности придонного нефелоидного слоя.

Годовой ход потоков отражается и в изменчивости коэффициента обратного рассеяния звука взвесью по данным акустических доплеровских измерителей течений Nortek Aquadopp. При этом на горизонте 2490 м выделяются отдельные локальные максимумы (июнь, январь-февраль, апрель), визуально не связанные с изменчивостью остальных параметров водной толщи (температура, скорость и направление течения). Очевидно, сказывается влияние гидротермального плюма, который уже фиксировался ранее в слое 1660-2180 м в этой части рифтовой долины [Богданов и др., 1997]. Неравномерное распределение по вертикали объемной концентрации взвеси с локальными аномалиями в глубинной водной толще по данным зондирования лазерным анализатором частиц LISST-Deer подтверждает это предположение.



## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны капитану НИС «Академик Мстислав Келдыш» Ю.Н. Горбачу, команде и всему научному составу за помощь в экспедициях.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Сбор и анализ проб выполнены при финансовой поддержке РФФ, проект № 20-17-00157. Работа АГОС обеспечена грантом РФФИ № 19-05-00787.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Богданов Ю.А., Сагалевич А.М., Галкин С.В. и др.* Геологические и биологические исследования в северной части хребта Мона (Норвежское море) // *Океанология*. 1997. Т. 37. № 4. С. 609-616.

*Лисицын А.П.* Современные представления об осадкообразовании в океанах и морях. Океан как природный самописец взаимодействия геосфер Земли // *Мировой океан*. Т. II. М.: Научный мир, 2014. С. 331-571.

*Лисицын А.П., Лукашин В.Н., Новигатский А.Н. и др.* Глубоководные обсерватории на транскаспийском разрезе - непрерывные исследования потоков рассеянного осадочного вещества // *Докл. РАН*. 2014. Т. 456. № 4. С. 485-489.

*Лукашин В.Н., Клювиткин А.А., Лисицын А.П., Новигатский А.Н.* Малая седиментационная ловушка МСЛ-110 // *Океанология*. 2011. Т. 51. № 4. С. 746-750.

*Blindheim J., Rey F.* Water-mass formation and distribution in the Nordic Seas during the 1990s // *ICES Journal of Marine Science*. 2004. 61. P. 846-863.