Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт океанологии им. П.П. Ширшова

Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ

ВРИО директора ИО РАН

д.г.н.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.В. Соков

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2019 г.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ОТЧЕТ**

**О ВЫПОЛНЕНИИ МОРСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В 77ом РЕЙСЕ НИС «АКАДЕМИК МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ»

В СУБАРКТИЧЕСКОЙ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ

 (7 августа – 15 сентября 2019 г.)

Начальник экспедиции, к.г.н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.В. Гладышев

Москва, 2019 г.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ОТЧЕТ**

**О ВЫПОЛНЕНИИ МОРСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**ГРУППОЙ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

1. **Основание для проведения морских научных исследований:**

Рейс был направлен на обеспечение работ по государственным заданиям **№ 0149-2019-0002** "Крупномасштабные, волновые и вихревые океанские процессы и роль океана в формировании климата: междекадная эволюция циркуляции, гидрофизических полей океана и потоков на границе океан-атмосфера в условиях меняющегося климата", **№ 0149-2019-0007** «Современные и древние донные осадки и взвесь Мирового океана – геологическая летопись изменения среды и климата: рассеянное осадочное вещество и донные осадки морей России, Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов – литологические, геохимические и микропалеонтологические исследования; изучение загрязнений, палеообстановок и процессов в маргинальных фильтрах рек», **№ 0149-2019-0013** «Морские природные системы Балтийского моря и Атлантического океана: формирование природных комплексов Балтийского моря и их изменение под влиянием Атлантического океана и антропогенного воздействия» и выполнялся на средства Программы РАН «Новые вызовы климатической системы Земли», грантов РФФИ **№ 05-18-00194** «Водобмен между Арктикой и Северной Атлантикой по данным судовых наблюдений за течениями», **№ 19-05-00787** «Формирование, трансформация и перенос рассеянного осадочного вещества под воздействием постоянного движения водных масс в динамической гидрологической структуре вод Атлантической ветви глобального конвейера», грантов Миннауки № 14.613.21.0075 и № 14.616.21.0083.

**2. Организация, проводившая научную экспедицию:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук (ИО РАН)

Адрес: 117997, г. Москва, Нахимовский проспект, 36

Телефон: (495) 124-61-49 Телефакс: (495) 124-59-83

E-mail: fleet@ocean.ru

1. **Другие участвовавшие российские организации:**

МФТИ, МГУ

**4. Иностранные участники экспедиции:**

Университет Лас-Пальмаса (Испания) (3 человека).

**5. Судно, на котором проводились исследования:**

НИС «Академик Мстислав Келдыш», порт приписки Калининград

1. **Основные цели и задачи экспедиции .**

Основные цели экспедиции по гидрофизическому направлению – продолжение долгопериодного мониторинга, начатого в 1997 г., структуры вод и течений Субполярного круговорота Северной Атлантики и получение нового материала для крупномасштабного моделирования циркуляциии изменчивости меридионального переноса вод, по геологическому направлению – исследование современной седиментационной системы (сопряженные седименто-биогеохимические и геологические исследования системы: рассеянное осадочное вещество приводного слоя атмосферы и водной толщи – верхний слой осадка – подстилающая толща донных отложений; количественная оценка процессов и потоков) и получение материала для высокоразрешающих реконструкций климатических изменений в Северной Атлантике, по биологическому направлению – продолжение многолетних исследований изменчивости фитопланктона и его продукционных параметров, на разрезе вдоль 59°5 с. ш. в Северной Атлантике и в районах проникновения арктических вод в Атлантический океан (Датский пролив, Фарреро-Шетландский порог).

Для выполнения основных целей в 77 рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» решались следующие задачи:

1. измерение физико-химических параметров основных водных масс Субполярного круговорота при помощи CTD зондирований водной толщи и отбора проб на заданных горизонтах для гидрохимических анализов.
2. измерение течений верхнего слоя по ходу движения судна и от поверхности до дна с судна, лежащего в дрейфе.

3. изучение аэрозолей (включая черный углерод) по ходу судна;

4. изучение поверхностного и вертикального распределения и состава водной взвеси (в том числе, хлорофилла и Сорг);

5. изучение донных осадков: отбор донных осадков бокс-корером (дночерпателем) для уточнения условий современного осадконакопления; отбор донных осадков мультикорером (4 трубки диаметром 10 см, длиной 50 см); отбор донных осадков ТБД с частотой отбора 1–5 см;

6. подъем 2-х обсерваторий – годовых притопленных буйковых станций с седиментационными ловушками и другими приборами (термографы и др.) для непрерывных круглогодичных океанологических и седиментологических исследований, поставленных в Атлантическом океане в 2018 г.

7. Изучение распределения продукционных характеристик поверхностного фитопланктона (хлорофилл, первичная продукция, ассимиляционное число) в различных биогеохимических провинциях Северной Атлантики..

8. Оценка интегральных продукционных характеристик фитопланктона (первичная продукция и хлорофилл в столбе воды).

9. Изучение особенностей вертикального распределения первичной продукции и хлорофилла.

**7. Район сроки проведения морских научных исследований:**

 Северная Атлантика трансатлантический разрез вдоль 59.5о с.ш., Датский пролив (рис.1).



Рис. 1 Карта района исследований.

 Сроки проведения морских научных исследований 7 августа – 15 сентября 2019 г.

1. **Организационная структура экспедиции:**

В экспедиции участвовало 26 человек, из них 11 человек молодые специалисты (4 студента, 1 кандидат наук).

1. Группа руководства (2 человека).
2. Отряд гидрологии (8 человек).
3. Отряд гидрохимии (4 человека).
4. Отряд геологии (3 человека).
5. Отряд взвеси (4 человека).
6. Группа первичной продукции (2 человека).
7. Отряд карбонатной системы океана (3 человека).

**9. Методы и средства измерения:**

Для проведения исследований в рейсе использовалось следующее научное оборудование:

1) комплекс карусель с пластиковыми 5-литровыми батометрами Нискина (24 шт.) и гидрофизическим зондом SBE-911plus (производитель Sea-Bird Electronics, Inc., США);

2) Акустический профилограф течений Workhorse 300 кГц;

3) Судовой акустический профилограф течений OS 75 кГц;

4) Автоматический титратор Metrhom «Titrino 794».

5) Спектрофотометр «Shimadzu» UV mini-1240.

6)Аквадистилятор ЭМО ДЭ-4М.

7) Система очистки воды Milli-Q, Millipore

8) Однолучевой эхолот EA600 (Kongsberg).

9) Датчик движения MRU3.

1. Судовой однолучевой научный эхолот ЕА 600 Kongsberg,
2. Установка вакуумной фильтрации: фильтродержатели 250 мл, 47 мм, поликарбонатные, фирмы Sartorius (Германия); держатели для дисковых фильтров, диаметр 47 мм, поликарбонатные, фирмы PALL (США); насосы вакуумные диафрагменные с клапаном точной регулировки и манометром вакуума, 15 л/мин, вакуум до 100 мбар, давление до 4 бар, фирмы KNF Neuberger (Германия)
3. Флуориметр Trilogy Fluorometer (mod. 7200-000), TURNER, США
4. Приемник GPS Garmin GPSmap-76Cx.
5. Установка для отбора нерастворимых аэрозолей в приводном слое атмосферы (Россия)
6. Насос аэрозольный для отбора проб сажевого углерода (Россия).
7. Дночерпатель (Дч) (Россия).
8. Прямоточная ударная грунтовая трубка большого диаметра (ТБД), 2 шт.
9. Мультикорер (МК) 71.500, производства KC-Denmark A/S, Дания. Диаметр отбираемого керна – 95 мм, длина – 40 см, кол-во кернов – 4 шт.
10. Набор сит для разделения осадка по фракциям (Россия).
11. Влагомер HH2 фирмы Delta-T Devices
12. Магнитометр MS3 Magnetic Susceptibility Meter с датчиком MS2E для документирования керна (Bartington)
13. Центрифуга (Произв. «Поликом», Россия) с 6-и стаканным ротором.
14. Спектрофотометр CM-2300d.
15. Бинокуляр.
16. pH-метр (pH-410, Аквилон, Россия).
17. pH-150МИ (ГЗИП, Беларусь).
18. Диск Секки.
19. Жидкостной сцинтилляционный радиометр Ttiathler (Hidex, Финляндия).
20. Датчик падающей радиации в диапазоне ФАР Li-Cor LI-190SA.
21. Воронки «Sartorius» для фракционирования фитопланктона.

**10. Выполнение программы морских научных исследований:**

Из-за невыдачи Данией разрешения на работы, измерения не проводились в зоне Гренландии и Фарерских островов.

**11. Объем выполненных работ:**

1. CTD станций 163 (повторных зондирований 8)

2. LADCP зондирований 163

3. Объем измерений течений по ходу движения судна 6 Гб.

4. Отобрано проб воды из батометров

5. Выполнено анализов на растворенный кислород

6. –на кремний и фосфор

7. Проб аэрозолей, собранных сетевым методом 3

8. Проб сажевого углерода на фильтрах 42

9. Отбор проб водной взвеси в водной толще 32 станции на разрезах

Горизонтов 109

10. Отбор проб водной взвеси на попутных поверхностных станциях 42

11. Отбор проб водной взвеси в маргинальном фильтре р. Северной Двины 7

12. Проб воды из МК 2

13. Собрано взвеси на ядерных фильтрах 484

на GF/F фильтрах 160

14. Собрано проб воды на изотопию кислорода 4 станции

 64 горизонта

15. Определение хлорофилла «а» и феофитина 159

16. Спусков дночерпателя ДЧ 3 (холостых спусков – 1)

17. Спусков мультикорера МК 2 (холостых – 0)

18. Спусков трубы большого диаметра ТБД 1 (холостых – 0)

19. Получено керн из большой грунтовой трубки 1 (длина керна составила 7,7 м)

мини-керн из дночерпателя 2

мини-керн из мультикорера 8

20. Собрано архивных трубок ТБД 8

проб из ДЧ 21

проб из МК 199

проб из ТБД 770

проб иловой воды 23

проб наддонной воды 2

21. Проведено измерений магнитной восприимчивости 7.7 м

 измерений цветности спектрофотометром 23

22. Сделано отмывок 41

23. Количество проб на хлорофилл «а» 478

24. Количество проб на феофитин 478

25. Проб первичной продукции 326

26. Фитопланктон 33

27. Измерений прозрачности диском Секки 17

**12. Предварительные научные результаты:**

1. По степени насыщения вод растворенным кислородом зарегистрировано продолжение затухания аномальной глубоководной зимней конвекции в море Ирмингера. В восточной части ядра Лабрадорских промежуточных вод следы недавней вентиляции обнаружены только на одной станции до глубин около 1250 м.

2. Выполнена идентификация основных струй верхнего звена циркуляции Субполярного круговорота на трансатлантическом разрезе вдоль 59.5о с.ш. по данным прямых измерений течений и подповерхностному максимуму солености.

3. Обнаружены скачкообразные межгодовые изменения солености верхнего слоя Субполярного круговорота (regime shifts), связанные, в том числе с взаимодействием океана и атмосферы в зимнее время.

4. Получены новые данные о термохалинной и кинематической структуре «болусов» (холодных линз) в Датском проливе. Обнаружена серийность «болусов» и значительная протяженность периода их перетекания через порог.

5. Исследования аэрозолей сетевым методом показали, что величины потоков невысокие, вероятно, из-за того, что в основном воздушные массы, шедшие с севера, были не богаты аэрозольными частицами. Наибольшие потоки 99 мкг/м2/сут. были отмечены нами при прохождении судна от берегов Исландии на восток. Обратные траектории воздушных масс, построенные для этой пробы, показали, что воздушные массы приносились в основном с запада, то есть могли подхватывать частички с суши (Исландия). После обработки фильтров в лабораторных условиях будут представлены результаты по качественному составу аэрозолей. Пробы сажевого углерода, собранные на фильтры, отправлены на обработку в ИФА РАН.

6. Выполнены исследования водной взвеси по всему пути следования судна, включая работы в маргинальном фильтре р. Северной Двины. В Баренцевом море визуально наблюдалось цветение фитопланктона, что должно отразиться как на количественном, так и на качественном составе рассеянного осадочного вещества. В поверхностных водах наибольшие концентрации взвеси зафиксированы в относительной близости берега. На гидрологическом разрезе выполнялись исследования взвеси в толще воды. Наиболее высокие концентрации взвеси визуально установлены в верхнем перемешанном и в придонном нефелоидном слоях. В Датском проливе отобраны пробы взвешенного вещества из придонного слоя с отличными от вышележащих плотностными и температурными характеристиками (явление «болуса») для анализа химического состава методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Отобраны пробы воды на разрезах для изучения распределения изотопов кислорода по вертикали, что будет выполнено в ИГЕМ РАН.

7. Отбор проб донных осадков дночерпателем, мультикорером и ТБД выполнен на 2 станциях – во впадинах на хребтах Рейкъянес и Колбейнсей. Донные осадки отличаются разительно: для хр. Рейкъянес, пересеченного на 59º30’ с.ш., характерны биогенные фораминиферовые илы со спикулами губок, особенно на поверхности осадка; для впадины вблизи хр. Колбейнсей (на север от Исландии) характерны терригенные гомогенные пелитовые осадки с обильным присутствием гидротроиллита. Отобрана колонка донных осадков длиной 7,7 метров. Отсутствие биогенного карбонатного материала, оливково-темно-серый цвет основной массы осадка, слабое изменение влажности (около 52%), незначительное изменение показателей pH, Eh свидетельствует в пользу предположения, что осадок образовался в результате осаждения значительных масс терригенного вещества в короткий период. Отсутствие перерывов (резких границ) позволит выявить особенности осадконакопления в непрерывном временном интервале. Отобраны пробы на литологические, геохимические и экологические исследования.

8. За время экспедиции проведен поиск двух АГОС, поставленных на разрезе 59º30’ с.ш. в экспедиции 2018 г. К сожалению, связь с размыкателями была неустойчивой, станции не всплыли, визуальный и акустический поиск с помощью лабораторного и судового оборудования не дал результатов.

1. По содержанию хлорофилла на разрезе по 60° с. ш. в августе 2019 г. можно выделить две зоны. Восточная зона включает шельф, континентальный склон и восточную часть Исландской котловины. К Западной зоне принадлежали запад Исландской котловины, хребет Рейкъянес и восток моря Ирмингера. Концентрация хлорофилла на поверхности и в слое фотосинтеза на западе разреза превышала значения на востоке в 2.2 и 1.5 раза, соответственно. Следует отметить, что по значениям первичной продукции в столбе воды, напротив, восточная часть разреза оказалась в 1.2 раза продуктивнее западной, по величинам этого показателя на поверхности отличия были несущественными.
2. И на разрезе по 60° с. ш., и в Датском проливе отмечена очень слабая связь первичной продукции в столбе воды с концентрацией хлорофилла. Напротив, ИПП была тесно связана со средним ассимиляционным числом в слое фотосинтеза. Такая картина свидетельствует о незначительном влиянии показателя биомассы фитопланктона, которым является хлорофилл, на первичную продукцией в Северной Атлантике в августе. Первичная продукция в столбе воды в исследованный период определялась уровнем ассимиляционной активности фитопланктона.
3. Вертикальное распределение первичной продукции и хлорофилла в Северной Атлантике в августе 2019 г. характеризовалось отсутствием глубинных максимумов. Максимумы этих показателей, как правило, регистрировались на поверхности или в приповерхностном слое, величины ПП и Хл постепенно уменьшались с глубиной.
4. Сравнение уровней продуктивности Датского пролива в июле 2018 и августе 2019 гг. показало, что концентрация хлорофилла на поверхности и в столбе воды в августе была, соответственно, в 2.5 и 2 раза выше. Напротив, средние величины первичной продукции на поверхности и в столбе воды в июле и августе практически не различались. Превышение значений в августе составило всего 1.1 раза для обоих показателей.
5. **Хранение и передача данных:**

Данные находятся на стадии обработки. После обработки результаты наблюдений будут переданы во ВНИИГМИ МЦД. Планируется публикация основных результатов исследований в открытых научных изданиях РФ и международных журналах после проведения экспертизы и получения соответствующих разрешений.

**14. Особые случаи:**

Не подняты две станции АГОС, установленные в глубоководных бассейнах моря Ирмингера и Исландского бассейна в 2018 г.

**15. Выводы и предложения:**

Необходимо провести ремонт и дооснащение лабораторий и палубного оборудования:

1. Ремонт всех лебедок, кран-балок, А-рамы
2. Установка широкошкивного блока
3. Установка системы очистки воды MilliQ или аналог
4. Оснастка ТБД
5. Замена сушильных шкафов
6. Установка транспортировочного устройства (лебедки) для перемещения по палубе зондирующего океанографического комплекса SBE911.