

ОТЧЕТ ПО РАБОТАМ НИС «АКАДЕМИК МСТИСЛАВ КЕЛДЫШ» (54-й РЕЙС 6 СЕНТЯБРЯ-7 ОКТЯБРЯ 2007 г.)

М. В. ФЛИНТ (ИО РАН)

Начальник экспедиции - Флинт Михаил Владимирович (ИО РАН). Капитан судна - Горбач Юрий Николаевич. Число участников: научного состава - 81 человек, экипажа - 48 человек.

Район работ: Карское море от Карских Ворот на западе до районов внутреннего и внешнего шельфа и континентального склона на $73^{\circ}40'$ в.д. на востоке и от внутренней области эстуария р. Обь ($71^{\circ}14,9'$ с.ш., $72^{\circ}51,9'$ в.д.) на юге до глубоководной части желоба Святой Анны ($77^{\circ}6,9'$ с.ш., $69^{\circ}36'$ в.д.) на севере.

Все работы проводились в исключительной экономической зоне РФ.

Основные задачи экспедиции:

1) оценка современного состояния ключевых абиотических и биотических компонентов экосистемы Карского моря, особенностей внутриводной циркуляции, гидрохимических и геохимических процессов в водной толще и на дне в процессе трансформации речного стока, механизмов формирования структуры пелагических и донных экосистем и биологической продукции;

2) оценка механизмов переноса вещества в системе эстуарий-шельф-континентальный склон - глубокий бассейн, формирования кросс-шельфовой зональности в распределении свойств среды

и биоты, а также механизмов влияния процессов в Карском море на экосистему глубоководного Арктического бассейна;

3) локализация и обследование подводных потенциально опасных объектов, представляющих угрозу радиоактивного заражения, у северо-восточного побережья Новой Земли (заливы Благополучия и Течений).

Научная программа экспедиции была ориентирована на решение ключевых задач Программы фундаментальных исследований Президиума РАН №17 «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология» (Проекты 1.4, 1.6, 2.1, 5.3, 6.4, 6.5, 6.6), Межведомственного проекта «Меридиан плюс», Программы МПГ 2007/08 (IAOAS #14, EOI - 860), Программы первоочередных работ по теме: «Система ведения Реестра подводных потенциально опасных объектов Российской Федерации» в соответствии с постановлением Правительства РФ от 28 июня 2001 г №486, а также ряда инициативных научных проектов РФФИ.

Общая протяженность маршрута экспедиции - 6083 км.

Выполнено комплексных станций - 60.

Измерение температуры и солёности проточной системой - 3865 км.

Зондирование поверхности моря флуоресцентным сканирующим лидаром УФЛ-8 - 4866 км.

Измерения флуоресценции хлорофилла в поверхностном слое моря проточным лазерным флуориметром - 3865 км.

Буксировка сканирующего мультипараметрического зонда - 2295 км (877 зондирований).

Определение скоростей течения ADCP-78.

Зондирований STD-зондом - 53.

Зондирований зондом-прозрачником ПУМ - 42.

Измерений светового режима - 4.

Измерений плавающим спектро-радиометром - 2.

Определений прозрачности моря по белому диску (Секки) - 27.

Отобрано проб на определение пигментного состава взвеси - 70.

Отобрано проб на определение характеристик сестона - 34.

Проведено гидрохимических определений:

- содержания растворенного кислорода - 321,

- значений pH - 347,

- общей щёлочности - 359,



Маршрут 54-го экспедиционного рейса
НИС «Академик Мстислав Келдыш»

- содержания минерального фосфора - 352,
- общего фосфора - 209,
- растворенного кремния - 360,
- нитритного азота - 338,
- нитратного азота - 343,
- аммонийного азота - 207,
- общего растворенного азота - 117.

Отобрано 140 проб осадков, в том числе 24 пробы для определения форм серы.

Выделено 112 проб иловой воды, в которой проведено анализов на содержание:

- растворенного железа - 106,
- марганца - 112,
- фосфора - 89,
- кремния - 89,
- значений Eh - 113,
- значений pH - 9,
- щелочности - 9.

Отобрано проб:

- осадков для изучения техногенных радионуклидов - 114,
- поверхностной воды для изучения техногенных радионуклидов (120-1000 л) - 16.

Проведено измерений массовой концентрации аэрозоля - 1500.

Отобрано проб аэрозоля для химического анализа - 252.

Отобрано проб взвеси фильтрацией воды на ядерные и стекловолоконистые фильтры - 322.

Проведено определение концентрации взвеси на счетчике Коултера - 101.

Отобрано проб осадков для определения granulometric composition - 104.

Проведено экстракций углеводов:

- из воды - 47,
- из взвеси - 45,
- из донных осадков - 130.

Определений влажности донных осадков - 130.

Отобрано проб для определения состава донных осадков:

- дночерпателем «Океан-01» - 32,
- трубкой Неймисто - 88,
- трубой УПТ-120-3.

Выполнено ловов планктона сетью Джедди - 139.

Выполнено ловов планктона сетью Эпштейна - 31.

Проведено экспериментов по оценке интенсивности питания 14 массовых видов планктона - 239.

Отобрано проб фитопланктона - 188.

Выполнено анализов проб фитопланктона (таксономический состав, численность) - 77.

Отобрано проб для определения концентрации хлорофилла - 193.

Проведено определений первичной продукции в эксперименте - 47.

Отобрано проб:

- для определения общей численности, морфологического состава и биомассы бактериопланктона - 167;
- для определения общей численности, морфологического состава и биомассы бактерий из при-

донного слоя (трубка Неймисто ТН, трубка большого диаметра ТБД) - 11;

- бактерий для определений параметров клеток на сканирующем электронном микроскопе - 5;
- для определения общей численности, биомассы и видового состава нано- и микропланктона - 155;
- для определения общей численности, биомассы и видового состава нано- и микроорганизмов из придонного слоя (ТН) - 11;
- для определения концентрации метана - 90;
- для определения содержания сульфата и хлорида на анализаторе «Биотроник» - 34;
- для определения изотопного состава углерода растворенных карбонатов - 35;
- содержание основных анионов и катионов в поровой воде донных осадков - 65;
- взвеси и осадков для определения изотопного состава органического углерода взвеси - 33;
- для выявления генетических маркеров микроорганизмов - 2;
- для определения интенсивности сульфатредукции в осадках - 28;
- для определения интенсивности метаногенеза из ацетата - 17;
- для определения интенсивности метаногенеза из CO_2 - 36;
- для определения интенсивности окисления метана - 56;
- для определения интенсивности темновой ассимиляции углекислоты - 43.

Выполнено посевов микроорганизмов на среды на выявление метаногенов и сульфатредукторов - 3.

Проведено определений:

- продукции бактериопланктона прямым методом - 58;
- продукции бактерий из придонного слоя (ТН) - 11;
- интенсивности выедания бактерий нано- и микропланктоном - 52;
- интенсивности выедания бактерий нано- и микроорганизмами в придонном слое (ТН) - 5;
- скорости лизиса бактериальных клеток - 11;
- кривой бактериального роста - 4.

Отобрано траловых проб макрозообентоса - 21.

Отобрано дночерпательных проб:

- макрозообентоса - 160,
- мейзообентоса - 160,
- цилиобентоса - 21,
- микофлоры - 18,
- микрофитобентоса - 29.

Отобрано проб донных организмов для определения содержания тяжелых металлов - 56.

Отобрано проб на литорали залива Благополучия:

- мейзообентоса - 15,
- микрофитобентоса - 32,
- цилиобентоса - 13,
- макрофитобентоса - 67,
- микофлоры - 4.

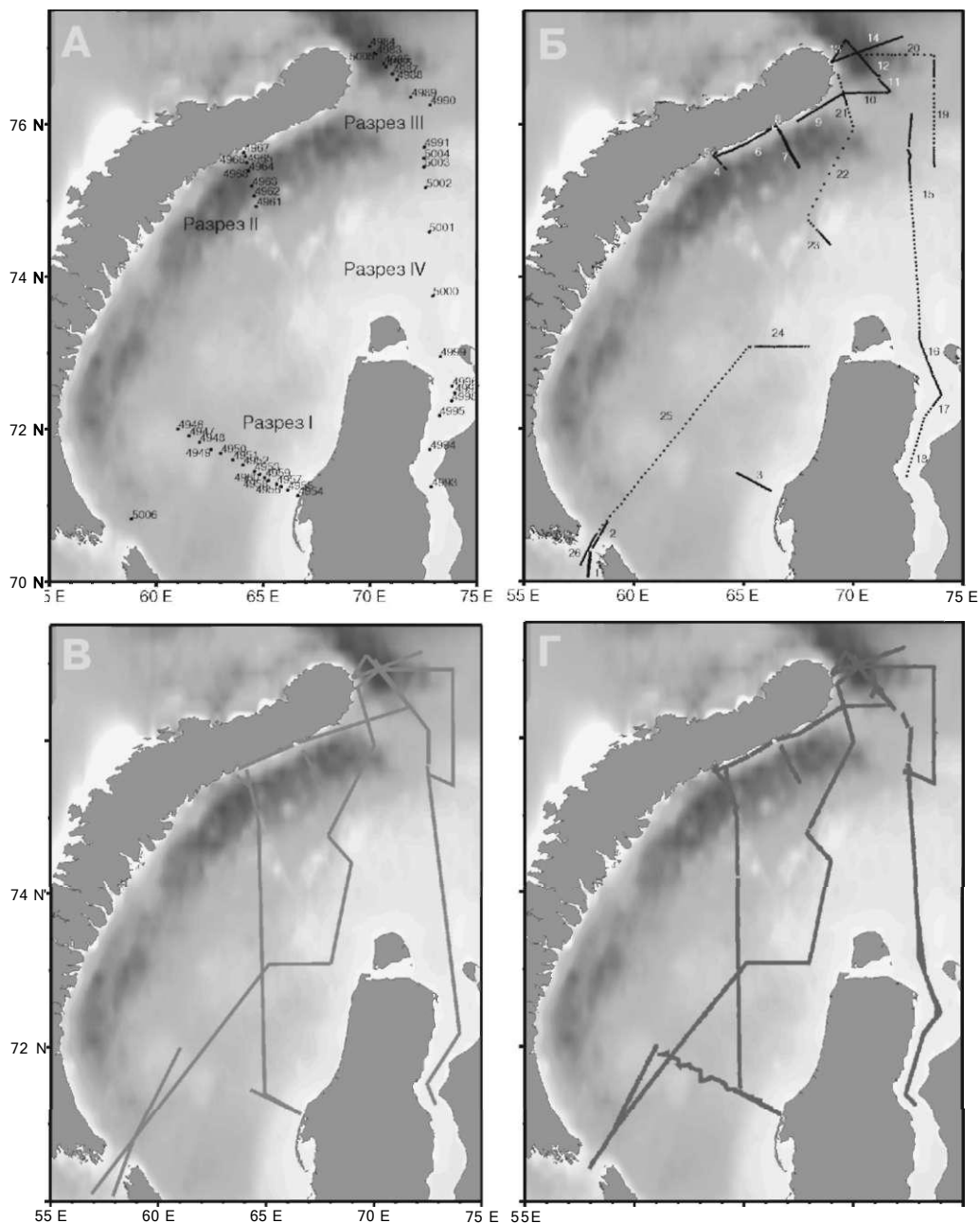


Схема работ 54-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в Карском море:

А - положение разрезов с комплексными станциями; Б - маршруты с буксировкой STD-зонда «Рыбка»; В - маршруты с измерениями флуоресценции хлорофилла и органического вещества в поверхностном слое моря; Г- маршруты с измерениями температуры и солености в поверхностном слое моря

Буксировки ГБО «Мезоскан» и «Микросанд» - 70 миль (25 ч).

Отобрано проб воды для радиохимического анализа:

- придонной воды трубкой Неймисто - 9,
- пресной воды из ручьев в заливе Благополучия - 5,
- проб морской воды большого объема (более 60 л) - 7,
- прибором «Рапан» - 13.

Отобрано проб осадков для радиохимического анализа:

- малым ручным дночерпателем - 19,
- трубкой Неймисто - 11,
- дночерпателем «Океан-0.1» - 14,

- грунтоотборником СПРУТ - 4.

Спусков погружного спектрометрического комплекса «Варяг-ЧС» - 9.

Визуальных обследований ППОО аппаратом «Гном» - 9 донных полигонов.

Основные научные результаты:

1. Рассчитаны геострофические течения и реконструирована схема летне-осенней циркуляции вод в Карском море, которая связывает воедино опубликованные ранее данные и данные измерений в рейсе. Существенным элементом этой схемы является направленное на северо-восток - из бассейна (а не на юго-запад - в бассейн, как в большинстве существующих схем) Новоземельское течение.

2. Детально описаны локализация и характеристики Ямальского течения. Оно представляет собой хорошо консолидированный протоку побережья п-ва Ямал, следующий из Байдарацкой губы на северо-восток, его геострофические скорости превышают 10 см/с. Впервые показано, что Ямальское течение привязано к области перехода от внутреннего к внешнему шельфу и резкому перепаду глубин от 50 до 120 (140) м. Выявлено, что северо-западная ветвь Ямальского течения, Новоземельское течение и поток, следующий с севера вдоль склона желоба Св. Анны, взаимодействуют в южной части желоба, в результате чего формируется мощная фронтальная зона над континентальным склоном, разделяющая шельфовые и глубоководные районы и являющаяся барьерной зоной между экосистемами внешнего шельфа на юге и глубоководного желоба - на севере.

3. Практически по всей акватории исследований в юго-западной части Карского моря обнаружено аномальное (для 2007 г) распреснение вод поверхностного слоя (дозначений менее 15 psu), формирующееся за счет дрейфового переноса енисейских и обских вод. Распреснение существует в виде изолированной области, что говорит о возможной связи этих вод с весенним паводком и одлительном нахождении их в юго-западной части Карского моря.

4. Исследованы детали структуры мощной эстуарной фронтальной зоны, протяженностью около 50 миль, в области смешения морских и речных вод в Обской губе и показано, что ее формирование связано с выклиниванием пресной воды к поверхности и проникновением соленой воды в глубь Обской губы более чем на 100 км. С периферией клина соленой воды, проникающей в глубь эстуария, связан мощный фронтальный раздел, отделяющий эстуарную фронтальную зону от речных вод. Этот фронтальный раздел является границей в распределении высоких концентраций биогенных элементов, поступающих с пресноводным стоком; с ним связана граница между пресноводным и солоноватоводным сообществами и локально высокие биомассы мезопланктона, превосходящие фоновые значения в 7(!) раз.

5. Впервые показано, что для Карского моря характерен очень широкий диапазон изменений оптических характеристик, близкий к диапазону изменения во всем Мировом океане. Показатель ослабления света менялся от 0,15 до 10,0 м⁻¹, глубина видимости белого диска - от 0,5 до 16,0 м, интенсивность лазерно-индуцированной флуоресценции хлорофилла «а» - в 15 раз, флуоресценции РОВ - в 5-6 раз. Впервые получены детальные данные о структуре оптических полей во фронтальных зонах в сочетании с гидрологическими, гидрохимическими, геохимическими и биологическими данными.

6. Показано, что основная роль в формировании области сильного распреснения в юго-западной части моря принадлежит водам Енисея.

7. Анализ параметров фитопланктонных сообществ позволил показать, что на большей части исследованной акватории Карского моря фитопланктон находился в осенней стадии сукцессии и характеризовался низкой биомассой (30-100 мг/м³) и преобладанием мелкоразмерной фракции перидиной, диатомей и жгутиковых. Напротив, эстуарный солоноватоводный фитопланктон находился в стадии активного развития, и его высокое обилие наблюдалось даже при крайне низкой прозрачности.

8. Впервые получен материал, позволяющий количественно характеризовать бактериопланктон в основных биотопах западной части Карского моря и эстуарных районах Оби и его роль в формировании продукции и деструкции органического вещества.

9. Исследования мезопланктона позволили показать, что большинство крупноразмерных видов-фитофагов (*Calanus spp.*), составляющих основу сообщества, в сентябре уже накопили резервные вещества, перестали питаться и опустились на глубину для зимовки. В поверхностном слое моря при низкой общей биомассе доминировали мелкие всеядные виды *Oithona spp.* Численность мелкого мезопланктона достигала 9000 экз./м³, что в 4 раза превышало численность мезозоопланктона размером более 500 мкм.

10. Выявлены резкие различия в биоценотической структуре желоба Св. Анны и Новоземельской впадины. Для последней характерна типичная для желобов картина распределения фауны - склоновый биоценоз с преобладанием сестонофанов и «trench-floor» биоценоз с преобладанием детритофагов. В желобе Св. Анны склоны и дно заняты единым биоценозом с преобладанием сестонофагов, что свидетельствует об активной гидродинамике глубинных воджелоба. Впервые для Карского моря обнаружен биоценоз с доминированием морского ежа *Strongylocentrotus sp.*, связанный с затоком по желобу Св. Анны баренцевоморских вод.

11. Выявлена высокая межгодовая динамика распределения донных биоценозов в Обском эстуарии и прилежащих районах, что связано с межгодовыми изменениями в интенсивности стока р. Оби и влиянием стока на экосистему Карского шельфа.

12. Полученные материалы по донным инфузориям показали, что падения разнообразия в этой группе высокоарктических районов нет и она обнаружена вплоть до глубин 550 м. Это третий описанный случай нахождения простейших на таких глубинах в Мировом океане.

13. Получены первые данные по макрофитам восточного берега северного острова Новой Земли. Найдено 20 видов макроводорослей: 5 зеленых (*Chlorophyta*), 7 бурых (*Phaeophyceae*) и 8 красных (*Rhodophyta*). Большая часть из них относится к субарктическим видам, характерным для арктических морей.

14. Получены материалы, позволяющие количественно оценить особенности полного цикла

углерода в Карском море в поздне-летний и осенний сезоны, выявить связь биомаркеров цикла углерода с гидрологическими условиями, биологическими и геологическими параметрами экосистемы. Материалы дадут возможность оценки загрязнения различных районов моря органическими веществами, прежде всего углеводородами, антропогенного происхождения.

15. Получены оценки количества и состава аэрозолей по всему маршруту экспедиции. На отрезке маршрута судна от Архангельска до Карского моря массовая концентрация сажевых частиц уменьшилась в 1000 раз, а по маршруту I разреза при приближении к п-ову Ямал их концентрация увеличилась в 10 раз, по сравнению с открытыми районами моря. Все это позволяет оценить центральные и северные районы Карского моря как относительно чистые.

16. Впервые проведены исследования объемной концентрации и гранулометрического состава взвеси в водной толще Карского моря. Установлено, что объемная концентрация взвеси колебалась от 0,1 до $1 \cdot 10^5$ мкм³/мл, достигая наибольших значений в устье р. Оби: до (30-40) $\cdot 10^5$ мкм³/мл. Работы в Обском эстуарии позволили выделить чередующиеся области, различающиеся по количеству и составу водной взвеси. Они отражают процессы, связанные с эстуарным фронтом и маргинальным фильтром р. Оби.

17. На основании материалов, полученных в рейсе, составлена первая литологическая корреляционная схема отложений на разрезе через Новоземельскую впадину от берега Новой Земли - к максимальным глубинам.

18. При проведении гидролокационной съемки в заданных районах заливов Благополучия и Течений (Новая Земля) выявлен ряд объектов, которые могут быть предварительно идентифицированы как подводные потенциально опасные объекты.

19. Предварительные результаты гамма-спектрометрического анализа проб донных отложений свидетельствуют о крайне низких уровнях содержания гамма-излучающих радионуклидов, в частности ¹³⁷Cs и ⁶⁰Co, не превышающих фоновые значения, характерные для Карского моря. Исключением являются пробы донных отложений, отобранные в одной из точек в заливе Благополучия. Это превышение над фоновым уровнем отмечено в районе предполагаемого места затопления ТРО. В заливе Течений одна проба также показала превышение над фоновыми уровнями. Таким образом, несмотря на то, что в явном виде ППОО в заливах Благополучия и Течений не выявлены, данные радиационного мониторинга указывают на их присутствие, что свидетельствует о проникновении радионуклидов через защитные барьеры оболочек контейнеров в окружающую среду.