

И.Е.ФРОЛОВ, В.Т.СОКОЛОВ, И.М.АШИК

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт

**ОСНОВНЫЕ ИТОГИ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ ДВАДЦАТЬ ПЕРВОГО (АВГУСТ–ОКТЯБРЬ 2004 Г.)
И ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЕГО (ИЮЛЬ–СЕНТЯБРЬ 2005 Г.) РЕЙСОВ
НАУЧНО-ЭКСПЕДИЦИОННОГО СУДНА «АКАДЕМИК ФЕДОРОВ»**

В статье кратко изложены основные цели и задачи высокоширотных экспедиций, проходивших в 2004 и 2005 годах на борту НЭС «Академик Федоров», даны сведения о районе работ экспедиций, основных видах проводившихся наблюдений и измерений, приведены предварительные научные результаты исследований.

Решающее значение для стабилизации и развития деятельности России в Мировом океане имеет возобновление национальных экспедиционных исследований в отечественных морях и на прилегающих акваториях Мирового океана. Такие исследования составляют основу изучения, мониторинга и освоения океана. Комплексные исследования российских арктических морей имеют особое значение в связи с потребностями растущего природопользования в Арктике и охраны ее окружающей среды. Важной частью исследований природопользования арктических морей является изучение взаимодействия транспортных средств и технических средств добычи полезных ископаемых с окружающей средой и в частности с ледяным покровом, анализ эксплуатации оборудования при низких температурах.

Природные процессы в системе «арктические моря – Арктический бассейн – Мировой океан» во многом определяют естественные и антропогенные изменения современного климата. Арктический бассейн СЛО является одним из ключевых регионов климатической системы не только Арктики, но и всего Северного полушария. Вертикальная структура вод Арктического бассейна СЛО является объективным интегральным индикатором, отражающим процессы тепло- и массообмена Северного Ледовитого океана с Атлантическим и Тихим океанами. Процессы формирования и трансформации водных масс, водо-, тепло- и солеобмена в глубинных слоях Арктического бассейна СЛО считаются важной составляющей процессов, оказывающих влияние на взаимодействие арктической и глобальной климатической систем. Однако до настоящего времени нет достаточно аргументированных количественных оценок вклада этой составляющей в формирование климата. Не вполне ясна и картина распределения и трансформации водных масс в Северном Ледовитом океане, сложившаяся в последнее десятилетие XX – начале XXI вв.

Приоритетность экспедиционных работ в Арктическом бассейне СЛО и арктических морях обусловлена экономическими интересами России на шельфе Мирового океана, связанными с перспективами разработки нефтегазоносных месторождений в данных районах. Наличие достоверных данных о динамике течений, гидрологических и гидрохимических параметрах вод, ледовом и ветроволно-

вом режимах является необходимой предпосылкой для успешной реализации хозяйственных проектов, связанных с освоением шельфовых зон. Важной прикладной частью этих исследований является получение базовых знаний для разработки технических проектов транспортных средств, в частности проектирование и постройка нового крупного научно-экспедиционного судна, запланированные Постановлением Правительства РФ от 02.06.2005 на 2007–2010 гг.

Повышенное внимание к региону Арктического бассейна СЛО и арктическим морям обусловлено также тем, что они, обладая высоким биоресурсным потенциалом, в наибольшей степени подвержены антропогенной нагрузке (загрязнители, переносимые атлантическими водами, стоками Печоры, Оби, Енисея, Лены и других крупных рек, радиоактивные захоронения на шельфе). В связи с этим чрезвычайно своевременными являются надежные прогностические оценки экологического состояния региона в условиях ожидаемого увеличения антропогенной нагрузки. Такие оценки могут быть сделаны лишь на основе подробных натурных данных о современном экологическом состоянии основных компонентов биоты региона Арктического бассейна СЛО и морей Западного сектора Арктики.

Арктика привлекает все больше внимания приарктических государств и международных организаций и является ареной реализации национальных и многих международных программ, в которых необходимо участие России как самого крупного приарктического государства. Национальным интересам России наиболее соответствуют собственные российские исследования в зоне ее экономических и оборонных интересов, которые до 1990-х гг. выполнялись в широком объеме. В последние годы, однако, новые данные поступали, главным образом, от совместных с зарубежными партнерами экспедиций. Вместе с российскими исследованиями в Арктическом бассейне и Западной Арктике эти работы создают редкую возможность для одновременного получения данных о локальных и крупномасштабных процессах и структурах на акватории Северного Ледовитого океана. Материалы наблюдений, выполненных в 21-м и 23-м рейсах НЭС «Академик Федоров», являются важным этапом этих исследований.

Основные задачи Морского отряда экспедиции, работавшего на борту НЭС в обоих арктических рейсах, состояли в получении новых данных о:

- гидрометеорологических процессах в климатически активных районах Арктического бассейна СЛО и арктических морей, их взаимодействии с Северо-Европейским бассейном СЛО, Атлантическим и Тихим океанами;
- метеорологических, гидрологических и гидрохимических условиях, сложившихся в Арктическом бассейне СЛО и арктических морях в начале XXI в.;
- радиационных процессах в системе «атмосфера – морской лед – верхний слой моря»;
- изменениях состояния арктических экосистем;
- структуре и динамике ледяного покрова Арктического бассейна СЛО;
- эксплуатационных характеристиках научно-экспедиционного судна при плавании по чистой воде и в предельных ледовых условиях;
- вероятностных характеристиках параметров локальных ледовых нагрузок на корпус судна ледового плавания;
- составе осадков и глубинном геологическом строении дна Арктического бассейна СЛО, материкового склона и строении окраинных желобов.

Достижение указанных целей осуществлялось в рамках научных подпрограмм:

- физическая океанография и динамика вод;
- гидрохимия и мониторинг загрязнения;
- процессы взаимодействия в системе «атмосфера – морской лед – верхний слой моря»;
- морской лед;



Рис. 1. Океанологические станции, выполненные в высокоширотных арктических экспедициях с дрейфующих станций СП-32, СП-33, СП-34 и НЭС «Академик Федоров»

- криобиология;
- ледовые качества судна;
- морская геология и органогеохимия.

Реализация указанных подпрограмм осуществлялась шестью отрядами: океанографическим, метеорологическим, ледоисследовательским, изучения ледовых качеств судна, геологическим, специализированного гидрометеорологического обеспечения (СГМО).

21-й рейс НЭС «Академик Федоров» (рис. 1) начался 10 августа 2004 г., когда судно покинуло порт Санкт-Петербург, затем пересекло Балтийское море, обогнуло Скандинавию, пересекло южную часть Баренцева моря, Карское море и море Лаптевых. В восточной части моря Лаптевых НЭС было взято под проводку а/л «Арктика». Двигаясь на север, судно поднялось к 85-й параллели, где после трехдневного поиска была обнаружена льдина, пригодная для высадки дрейфующей станции СП-33. В районе высадки станции был выполнен гидрологический полигон. После проведения разгрузочных и строительных работ, связанных с созданием станции, 10 сентября 2004 г. НЭС «Академик Федоров» отправилось в обратный путь. В Карском море судно поднялось в район 80-й параллели, где были выполнены комплексные океанологические наблюдения на разрезах, соединяющих Северную Землю, архипелаг Земля Франца-Иосифа и северную оконечность Новой Земли. После чего, проследовав через Баренцево, Норвежское, Северное и Балтийское моря, 4 октября 2004 г. судно прибыло в порт приписки Санкт-Петербург.

Экспедиция «Арктика-2005» (рис. 1) осуществлялась в два этапа: на первом этапе (16 июля – 15 августа 2005 г.) НЭС «Академик Федоров» находилось в аренде у ВНИИОкеангеология, выполнявшего работы по определению границ континентального шельфа в районе хребта Менделеева. На втором этапе (15 августа – 24 сентября 2005 г.) головной организацией, проводившей экспедицию, являлся Арктический и антарктический научно-исследовательский институт. Утром 6 июля НЭС «Академик Федоров» вышло из порта Санкт-Петербург и направилось к порту Мурманск, где 15 июля на борт судна погрузился геологический состав экспедиции «Арктика-2005» и ее Морской отряд. Судно проследовало через южную часть Баренцева моря, моря Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское, 28 июля пересекло 180-й меридиан и вышло в район производства геологических работ к северу от острова Врангеля. За время работ на геотраверсах было выполнено 3 ледовые и 12 гидрологических станций. Работы на полигоне продолжались до 12 августа, когда судно взяло курс к югу.

15 августа судно прибыло к порту Певек, где была произведена ротация состава экспедиции: в Санкт-Петербург убыла большая часть состава геологической партии экспедиции, а на борт судна прибыло руководство в лице директора ААНИИ И.Е.Фролова и начальника Высокоширотной Арктической экспедиции В.Т.Соколова, а также зимовочный состав станции СП-34 и несколько членов Морского отряда. 16 августа НЭС «Академик Федоров» направилось к острову Врангеля для снабжения топливом полярной станции. После завершения грузовых операций судно обогнуло Новосибирские острова и вышло в северо-восточную часть моря Лаптевых, откуда взяло курс на север.

29 августа в 18 часов 50 минут НЭС «Академик Федоров» достигло точки Северного географического полюса. Впервые в истории мореплавания неледокольное судно в автономном плавании покорило самую северную точку земного шара.

4 сентября в сопровождении а/л «Арктика» судно вышло к дрейфующей станции СП-33 и провело операции по ее эвакуации. После напряженного поиска льдины для организации новой дрейфующей станции подходящее поле было обнаружено в точке с координатами 85° 26,94' с.ш. 116° 49,38' в.д. К утру 20 сентября

работы по организации станции были закончены, после чего судно взяло курс на Мурманск, куда прибыло 24 сентября.

На протяжении всех рейсов регулярно проводились стандартные метеорологические наблюдения, а также осуществлялась непрерывная регистрация приходящей и отраженной солнечной радиации, спектрального состава суммарной солнечной радиации, составляющих длинноволнового радиационного баланса, концентрации озона в приземном слое воздуха.

При реализации подпрограммы физическая океанография и динамика вод как в 21-м, так и в 23-м рейсах НЭС «Академик Федоров» выполнялись судовые океанографические станции (рис. 1) с использованием STD-зонда SBE 911+ с розеткой батометров и станции с использованием обрывных ХВТ-зондов марок Т-5 и Т-7. Кроме того, в 21-м рейсе с дрейфующего льда были выполнены глубоководные океанографические станции с использованием твердопамятного STD-зонда SBE19+. На всех судовых глубоководных океанографических STD-станциях производился полный комплекс стандартных метеорологических наблюдений.

На всех судовых глубоководных океанографических станциях и нескольких станциях ледового полигона производились стандартные и специальные гидрохимические исследования. Для определения компонентов минерального состава и содержания загрязняющих веществ отбирались пробы морского льда в замерзших разводьях с помощью кольцевого бура, при этом измерялась толщина льда и выполнялось визуальное описание керна. Пробы снежного покрова отбирались интегрально от поверхности снежного покрова до подстилающей поверхности. Отбор проб донных отложений производился коробчатым дночерпателем совместно со специалистами ВНИИОкеангеология и ТЕХМОРГЕО. Учитывая фоновый характер загрязнения исследуемой акватории, пробы донных отложений для определения содержания загрязняющих веществ отбирались из верхнего 0–5 см слоя осадков.

В судовой лаборатории выполнялось:

- определение кислотности снежного покрова;
- определения солёности, растворенного кислорода, водородного показателя (рН), кремнекислоты, нитратов и фосфатов в пробах морской воды;
- фильтрация проб морской воды и талой воды, снежного покрова и морского льда через мембранный фильтр 0,45 мкм для определения содержания твердых частиц (морской взвеси).

Данные метеорологических, гидрологических и гидрохимических наблюдений заносились в сводные таблицы ТГМ-3М.

Комплексные исследования ледяного покрова, процессов взаимодействия в системе «атмосфера – морской лед – верхний слой моря» осуществлялись при выполнении ледовых станций, на которых производились измерения толщины льда и снежного покрова, отбирались и описывались ледовые керны, измерялась температура льда и осуществлялся отбор проб для анализа химического состава льда.

В 21-м рейсе НЭС «Академик Федоров» в период с 21 августа по 9 сентября как на борту, судна так и во время проведения работ на льду с помощью сеймонаклономеров и сейсмометров в течение определенных интервалов времени производилась непрерывная регистрация сигналов, характеризующих колебания ледяного покрова. Периоды и время регистрации определялись исходя из условий минимального уровня помех искусственного происхождения и характера регистрируемого процесса.

Во время работ на ледовых станциях в ходе работ по изучению теплофизических и радиационных свойств морского льда были выполнены измерения интегрального альbedo характерных типов поверхности морского льда, включая искусственно загрязненные участки; измерения спектральных характеристик сол-

нечной радиации, проникающей в толщу снежниц; измерения подводной облученности в снежнице и ее альбедо; измерения составляющих длинноволнового радиационного баланса поверхности снежницы; измерения обратного рассеивания солнечной радиации поверхностью снежницы; определения вертикального распределения температуры воды в снежнице. При обследовании снежниц выполнялись детальные измерения термохалинной структуры, толщины льда и глубины на различных стадиях замерзания, проведены измерения профилей температуры и электропроводности в центральной части снежниц.

В связи с возможным влиянием парникового эффекта на современные изменения климата особую актуальность приобрели исследования газового состава атмосферы в полярных районах Земли. До настоящего времени регулярных прямых измерений содержания парниковых газов, таких как двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4) и озон (O_3), в приполюсном районе Арктического бассейна не проводилось. На протяжении обоих рейсов НЭС «Академик Федоров» шла непрерывная регистрация концентрации приземного озона, 6–8 раз в сутки осуществлялось определение общего содержания озона в атмосфере, в отдельных точках маршрута был выполнен отбор проб воздуха для последующего анализа концентрации двуокиси углерода и метана (CH_4).

С целью получения новых натуральных данных для выявления закономерностей мелкомасштабной изменчивости характеристик ледяного покрова, существенно влияющих на эффективность плавания судна во льдах, и распределения эксплуатационных характеристик движения судна в различных ледовых образованиях во время плавания во льдах на борту НЭС «Академик Федоров» производились специальные ледовые наблюдения. Эти наблюдения имели комплексный характер, что позволит использовать полученные натурные данные для решения как научных, так и прикладных задач. Результаты наблюдений фиксировались в журнале специальных ледовых наблюдений.

Для автоматизации части трудоемких ледовых наблюдений, их унификации и исключения влияния субъективных факторов на объем и качество наблюдений в 21-м рейсе впервые на борту судна был установлен и прошел испытания цифровой телевизионный комплекс наблюдения и регистрации. В 23-м рейсе эти работы были продолжены. Во время работы комплекса производилась непрерывная телевизионная запись изображения льда под бортом судна и ледемерной рейки, а также изображения экрана локатора.

В ходе мониторинга ледовых нагрузок на корпус судна в 23-м рейсе НЭС «Академик Федоров» осуществлена запись работы датчиков тензостанции судна и дополнительных датчиков в носовой оконечности судна. Была осуществлена регистрация параметров качки при движении судна на чистой воде. На различных режимах движения в 55 контрольных точках корпуса выполнено 33 серии измерений местной вибрации судовых конструкций; проведено 75 серий хронометража работы палубного оборудования при выполнении гидрологических и геологических станций.

В ходе исследований по литологии и геохимии рыхлых донных осадков и донно-каменных образований, а также оценки содержания и состава (включая биомаркеры) рассеянного органического вещества осадочных отложений были выполнены станции донного пробоотбора с использованием грунтовой трубки и боксорера. Впервые в истории российской геологии выполнена геологическая станция в географической точке Северного полюса.

На протяжении обоих рейсов осуществлялась отработка системы специализированного гидрометеорологического обеспечения в высокоширотных районах Арктики, в ходе которой на борту НЭС «Академик Федоров» были получены из ААНИИ прогнозы погоды заблаговременностью до трех суток, прогнозы полей

приземного давления, температуры воздуха на высоте 850 мб, высоты 500 мб геопотенциальной поверхности, прогнозы ориентации разрывов ледяного покрова, прогнозы общей циркуляции атмосферы, долгосрочные прогнозы дрейфа льда, ледовые карты, построенные по данным микроволнового зондирования, комплексные ледовые карты, прогнозы положения границы старых льдов. В то же время на борту НЭС «Академик Федоров» составлялись прогнозы дрейфа льда заблаговременностью до трех суток, навигационные рекомендации; обрабатывались снимки ИСЗ NOAA, ENVISAT, RADARSAT, проводились ледовые разведки, осуществлялось построение ледовых карт.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Районы Северного Ледовитого океана, в которых проводились основные исследования во время морских экспедиций 2004 и 2005 гг., продолжают оставаться на данный момент недостаточно изученными.

Океанологические работы, выполненные во время 21-го рейса НЭС «Академик Федоров», позволили получить представление о современном состоянии основных гидрофизических характеристик морской воды в центральной части хребта Ломоносова, а также желобов Св. Анны и Воронина в северной части Карского моря. Во время 23-го рейса НЭС «Академик Федоров» основными районами производства океанологических работ были центральная часть и южные отроги хребта Менделеева, котловина Амундсена и северная часть Карского моря.

В районе хребта Менделеева на разрезе, выполненном к северу от о-ва Врангеля, водная толща оказалась представлена четырьмя водными массами. В слое от поверхности до 100–120 м располагается арктическая водная масса, распресненная и имеющая практически постоянные низкие температуры воды на протяжении всего года. Температура слоя арктической водной массы составляет около $-1,30 \div -1,40$ °С, а соленость около 28,00–31,50 ‰. Промежуточная арктическая водная масса, формирующаяся в результате перемешивания нижних слоев арктической водной массы и верхних слоев атлантической водной массы, несет в себе как признаки атлантического слоя, так и признаки арктической водной массы. Толщина данного слоя в этом районе не превышает 100–110 м. Диапазон температуры слоя $-0,1 \div -1,0$ °С, соленость около 33,80–34,20 ‰. Под промежуточной арктической водной массой располагается слой атлантических вод с максимальными температурами в ядре около $+0,95 \div +1,10$ °С и соленостью около 34,82–34,84 ‰. При этом температура как в среднем по слою, так и в ядре на южных станциях разреза и в центре имеет более высокие значения по сравнению с температурой на станциях северной части разреза. Слой придонной арктической водной массы распространяется от нижней границы атлантической водной массы до дна. Температуры слоя колеблются в пределах $-0,10 \div -0,41$ °С, а соленость в нижней придонной части слоя достигает значения 34,90 ‰.

Океанологические исследования, выполненные в центральной части Арктического бассейна, в частности на ледовом полигоне в районе высадки СП-33, показали сильную зависимость распределения границ водных масс от морфометрии. На всех станциях отмечено присутствие слоя атлантических вод с максимальными температурами в ядре около 0,95–1,25 °С и соленостью около 34,78–34,82 ‰. При этом температура как в среднем по слою, так и в ядре на станциях западного склона хребта Ломоносова имеет более низкие значения по сравнению с температурой станций восточного склона и станций центра хребта, лежащих на одной секущей широте. Эта разница не велика и не превышает 0,05–0,08 °С. На многих станциях полигона прослеживается процесс смещения верхней границы атлантической водной массы вниз, тем больше, чем дальше расположена станция от центра хребта.

На северных станциях полигона на восточном склоне хребта Ломоносова температура воды имеет более высокие значения (приблизительно на $0,10^{\circ}\text{C}$), чем на южных точках полигона. Это говорит, по-видимому, о том, что распространение потока атлантических вод при пересечении хребта Ломоносова идет более интенсивно в его северной части. В пользу этого предположения говорит и тот факт, что толщина слоя атлантических вод на северных станциях восточной стороны хребта Ломоносова выше по сравнению с южными.

Картина залегания нижней границы слоя атлантических вод при перетекании хребта Ломоносова почти в точности повторяет особенности морфометрии дна данного района (впадины, поднятия и т.д.). Глубинный интервал залегания нулевой изотермы весьма велик и находится в диапазоне от 700 до 1000 м, что подтверждает зависимость ее положения от морфометрии данного района. Напротив, интервал залегания для верхней границы атлантических вод более узок и составляет около 80–90 м.

Интересно заметить по этому поводу, что большая толщина слоя атлантической водной массы на севере в районе хребта Ломоносова, а также более высокие средние температуры воды в ней и соответственно больший теплозапас данного слоя могут прямо или косвенно влиять на интенсивность процессов ледотаяния в этом районе, особенно в летний период. Ледовые наблюдения в данном рейсе в северной части хребта Ломоносова показали, что процессы таяния льда в прошедший летний период проходили здесь довольно интенсивно. На это указывает значительная разрушенность ледяных полей в этом районе. Почти повсеместно при бурении льда обнаруживалось сокращение верхнего сухого слоя льда до 30–40 см.

В слое воды от 150 до 400–500 м на некоторых станциях наблюдается ступенчатая структура, как по температуре, так и по солености. Идентичность этих структур на близлежащих станциях позволяет говорить об их интрузионной природе. Необходимо отметить при этом, что вертикальный профиль солености по сравнению с температурой практически на всех станциях полигона имеет более гладкий характер, за исключением поверхностного слоя (около 10–20 м). Здесь картина распределения солености меняется в зависимости от большего или меньшего распреснения поверхностного слоя в результате ледотаяния и поступления пресных вод из снежниц.

Анализ полученных данных о содержании биогенных элементов и растворенного кислорода на станциях, выполненных в районе высадки станции СП-33 и ледовом полигоне, показал что:

– содержание растворенного кислорода в поверхностной структурной зоне на всех станциях примерно одинаково и составляет 8,80–9,30 мл/л, что соответствует 103–108 % насыщения. Далее до глубины 150–200 м содержание кислорода уменьшается и составляет примерно 6,66–7,00 мл/л, или 85–88 % насыщения. В атлантических водах содержание кислорода примерно одинаково по всей толще и составило 6,85–6,96 мл/л. В придонных водах содержание кислорода постепенно понижается ко дну до 6,6–6,7 мл/л, или 79–83 % насыщения;

– по содержанию биогенных элементов (кремния, фосфора и нитратов) на всех станциях была получена примерно одинаковая картина: в поверхностной структурной зоне содержание кремния составляет 1,9–5,7 мкг-моль/л, фосфатов 0,29–0,84 мкг-моль/л, нитратов 0,0–3,80 мкг-моль/л. Далее с глубиной концентрации кремния возрастают до 6,0–8,4 мкг-моль/л на глубине 75–150 м и достигают некоторого небольшого максимума по сравнению с нижележащими атлантическими водами, что говорит о возможности наличия на данной глубине прослойки тихоокеанских вод с максимумом кремния и минимумом кислорода. Концентрации фосфатов увеличиваются с глубиной от 0,29–0,84 мкг-моль/л в поверхностной структурной зоне до 0,62–1,34 мкг-моль/л на глубине 200–250 м. Для нитратов

наблюдается похожая картина – происходит увеличение концентраций нитратов с 0,10–3,80 мкг-моль/л на поверхности до 11,2–12,7 мкг-моль/л на глубине 200–250 м. В слое атлантических вод содержание кремния примерно постоянно и составляет 4,80–6,10 мкг-моль/л. Концентрации фосфатов и нитратов в слое 250–1000 м изменяются мало и составляют соответственно 0,69–1,34 мкг-моль/л и 12,2–14,9 мкг-моль/л. В придонных водах концентрации биогенов увеличиваются, достигая у дна 12,2–14,1 мкг-моль/л кремния, 13,7–18,4 мкг-моль/л нитратов и 1,05–1,73 мкг-моль/л фосфатов.

Анализ данных гидрологического разреза, выполненного в южной части котловины Амундсена, показывает, что водная толща представлена здесь пятью водными массами. В слое от поверхности до 45–50 м располагается арктическая летняя поверхностная водная масса, формирующаяся, как правило, в шельфовых зонах арктических морей в результате летнего прогрева поверхности воды. Температуры воды в этом слое находятся в диапазоне от 0 до +6 °С, а соленость воды в пределах 25,40–28,00 ‰. В этом же районе в слое от 50 до 75–115 м прослеживается арктическая водная масса с диапазоном температур слоя –1,25 ÷ –1,76 °С и диапазоном солености слоя 26,40–34,00 ‰. Следующая водная масса на данном разрезе – это промежуточная водная масса, которая подстиляет арктическую водную массу. Мощность слоя данной водной массы на разрезе находится в пределах 40–100 м. Интересно отметить, что наибольшая мощность слоя около 100 м приходится на район резкого «свала» глубин материкового склона. На этом участке разреза видно, как воды промежуточного слоя арктической водной массы, сползая по материковому склону, продавливают нижележащий слой атлантической водной массы, смещая его верхнюю границу вниз на несколько десятков метров. Верхняя граница слоя атлантической водной массы на данном разрезе колеблется в пределах 134–187 м, нижняя граница находится в промежутке 628–755 м. Горизонт залегания центра ядра атлантических вод находится в пределах 240–385 м, температура воды в ядре составляет +1,03 ÷ +1,61 °С, а соленость 34,82–34,87 ‰. Температура придонного арктического слоя у дна находится в интервале от –0,40 до –0,78 °С, а соленость от 34,88 до 34,94 ‰.

В центральной части котловины Амундсена водная толща представлена четырьмя водными массами, что является характерным для высокоширотных районов Северного Ледовитого океана. Верхний слой – арктическая водная масса с границами от поверхности до отметки примерно 120–125 м с предельно низкими температурами на поверхности, с диапазоном температур по слою –1,25 ÷ –1,79 °С и диапазоном солености по слою 30,80–34,30 ‰. Мощность промежуточного слоя арктической водной массы в данном районе колеблется в пределах около 70–80 м. Температура и соленость практически те же, что и на предыдущих разрезах. Верхняя граница слоя атлантической водной массы колеблется в пределах 176–195 м, нижняя граница находится в промежутке 661–756 м. Горизонт залегания центра ядра атлантических вод находится в пределах 275–325 м, температура воды в ядре составляет +1,14 ÷ +1,38 °С, а соленость 34,85–34,86 ‰. Температура придонного слоя у дна составляет –0,66 °С, а соленость 34,94 ‰.

Анализ гидрохимических параметров на разрезе, выполненном в южной части желоба Амундсена и его материковом склоне, показал, что поверхностная структурная зона является крайне неоднородной, как по глубине, так и по протяженности. На мелководных станциях, средняя глубина которых составляет 50 м, морские воды богаты биогенными элементами, среднее содержание кремния составляет 14 мкмоль/л, фосфатов – 0,6 мкмоль/л. Тот факт, что концентрация растворенного неорганического кремния на поверхности не уменьшается, может свидетельствовать о влиянии материкового стока, как известно, кремний является наилучшим трассером речных вод, хотя, как правило, граница речных вод не распростра-

няется за пределы моря Лаптевых. С другой стороны, если учесть, что воды на этих станциях заполнены только водной массой, которая была сформирована в шельфовой зоне, то повышенное содержание силикатов на поверхности является вполне естественным. Содержание фосфатов в поверхностной структурной зоне более однородно, чем силикатов, и прекрасно коррелирует с содержанием растворенного кислорода, это говорит о том, что вегетационный период еще не закончился, при наличии достаточного количества биогенных элементов и поступающего света даже в покрытых льдом водах происходит потребление первичной продукции. Процент насыщения поверхностных вод кислородом составляет от 98 % до 100–104 %, на этих же станциях концентрация биогенов несколько уменьшается. С увеличением глубины распределение биогенных элементов имеет «классический характер». Начиная примерно с горизонта 200 м и до глубины 2000 м содержание биогенов в морской воде плавно возрастает, соответственно содержание растворенного кислорода уменьшается, процент насыщения вод кислородом составляет 84–90 %. В слое от 2000 м и до самого дна распределение гидрохимических характеристик по глубине практически постоянно.

Анализ поверхностной структурной зоны разреза, выполненного в центральной части желоба Амундсена, показал, что поверхностная зона представлена однородной по протяженности водной массой, среднее содержание кремния в слое 0–200 м колеблется в пределах 3,94–6,01 мкмоль/л, фосфатов – 0,31–0,78 мкмоль/л, растворенного кислорода – 7,00–9,08 мл/л, насыщенность вод кислородом составляет 88–103 %. В этом районе, как и южнее, можно выделить горизонт с минимальным содержанием кремния, расположенный на глубине 155 м. В данном случае это может объясняться влиянием атлантических вод, которые, как известно, обеднены биогенными элементами, хотя верхняя граница атлантической водной массы равна 176–195 м. Несоответствие горизонта минимума кремния верхней границе залегания атлантических вод может быть связано с тем, что растворенные химические вещества в отличие от солености являются крайне неконсервативными и могут испытывать ряд изменений. Минимум фосфатов на этом горизонте не прослеживается, как правило, растворенный неорганический фосфор находится в «дефиците» в морских водах, поэтому заметить незначительные колебания содержания фосфора в воде бывает крайне сложно. С поверхности до глубины 2500 м содержание биогенных элементов монотонно возрастает, концентрация фосфатов меняется с 0,31 мкмоль/л до 1 мкмоль/л, силикатов – с 6,01 до 10,71 мкмоль/л, концентрация растворенного кислорода уменьшается с 9,08 мл/л до 6,88 мл/л, процент насыщения вод кислородом составляет 84–103 %. Начиная с глубины 2500 м и до дна гидрохимические характеристики практически постоянны, концентрация кремния составляет 10,71–11,37 мкмоль/л, концентрация фосфатов – 1,00–1,04 мкмоль/л, кислорода – 6,88–6,94 мл/л, процент насыщения вод кислородом – 83–84 %.

Сходство вертикальных профилей гидрофизических и гидрохимических характеристик определяется тем фактом, что они формируются практически одним и тем же набором водных масс. Однако соленость воды для разрезов, расположенных восточнее, в среднем для всех слоев несколько ниже, чем у разрезов, расположенных западнее. При этом средняя температура вод западных разрезов также несколько выше соответствующей температуры восточных разрезов. Средняя мощность слоя атлантической водной массы для группы западных разрезов ниже средней мощности соответствующего слоя для восточных разрезов. Это объясняется тем, что атлантические воды, распространяясь с запада на восток, в таком же порядке теряют тепло и соли при перемешивании с окружающими их слоями, становясь более холодными и менее солеными в восточных областях Северного Ледовитого океана. При этом по мере продвижения на восток толщина слоя ат-

лантических вод возрастает в основном из-за постепенного заглубления его нижней части в слои придонной арктической водной массы.

Северная часть Карского моря – другой район работ, где проводились океанологические и гидрохимические исследования, – находится под преимущественным влиянием водных масс, поступающих из Баренцева моря с запада и из Арктического бассейна с севера, а также арктических вод Карского моря.

Практически на всех станциях, выполненных в этом районе, в слое воды от поверхности до 400–500 метров наблюдается ярко выраженная ступенчатая структура вертикального профиля температуры, имеющая, по-видимому, интрузионную природу. Вертикальное распределение солёности имеет более гладкий характер. Интрузионная природа данных структур связана здесь, по-видимому, с тем, что в этом районе происходит активное перемешивание слоев атлантической водной массы с холодными арктическими водными массами. Особенно отчетливо часть такой фронтальной зоны прослеживается в желобе Воронина, где процессы перемешивания на участке стыка теплой атлантической и холодной арктической массы сформировали некий промежуточный трансформированный слой со слабо отрицательными температурами (около $-0,1 \div -0,2$ °С) и несколько повышенной солёностью, т.е. несущий в себе как признаки бывшего атлантического слоя, так и признаки арктической водной массы. Совершенно очевидно также, что нулевая изотерма, являющаяся границей атлантической водной массы в желобе, должна проходить несколько севернее точек данного разреза. В желобе Св. Анны на этой же широте слой атлантической водной массы представлен достаточно четко, с температурой в ядре около 1,80 °С и солёностью около 34,80 ‰ (рис. 2). По-видимому, приток атлантических вод с севера происходит здесь более интенсивно, чем поступление этих же масс в желоб Воронина. Кроме того, холодная аркти-

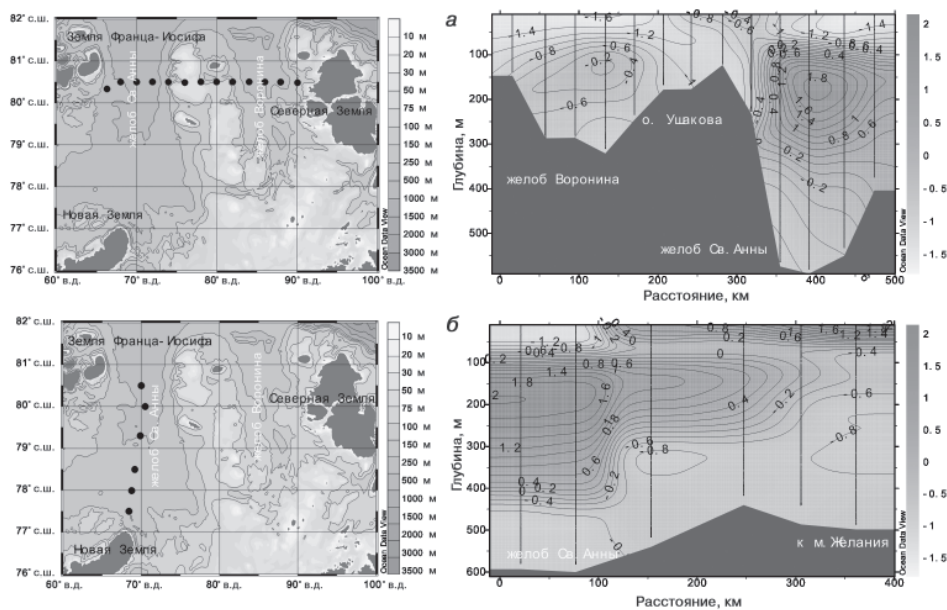


Рис. 2. Распределение температуры воды на гидрологических разрезах Северная Земля – Земля Франца-Иосифа (а) и Земля Франца-Иосифа – Новая Земля (б), выполненных в сентябре 2004 г. Слева – желоб Воронина, справа – желоб Св. Анны. Точками показаны гидрологические станции

ческая масса, сползая по склону в желоб Св. Анны, препятствует, таким образом, перетеканию атлантических вод из желоба Св. Анны в желоб Воронина.

Гидрохимический анализ проб, полученных на разрезе через желоба Св. Анны и Воронина, показал, что значения концентраций кислорода в поверхностных водных массах составляют 8,18–9,03 мл/л. Эти водные массы перенасыщены кислородом, содержание которого достигает 109 %. Концентрации биогенных элементов низкие и составляют: кремния – 0,40–2,10 мкг-моль/л, фосфатов 0,03–0,19 мкг-моль/л, нитратов 0,00–2,80 мкг-моль/л. В промежуточной структурной зоне содержание кислорода уменьшается и составляет на глубине 100 м 7,20–7,83 мл/л, концентрации биогенов повышаются и составляют кремния 3,10–5,40 мкг-моль/л, фосфатов 0,4–0,6 мкг-моль/л, нитратов 7,50–11,60 мкг-моль/л. Причем у восточного склона желоба Воронина содержание биогенов увеличивается. Далее с глубины 100 м и до 400 м в желобе Св. Анны концентрации кислорода и биогенов изменяются незначительно. Это, по-видимому, связано с тем, что особенностью вертикальной структуры желобов Св. Анны и Воронина являются теплые атлантические водные массы, поступающие из Арктического бассейна мощным потоком на глубине от 100 до 400 м. Концентрации кислорода на глубине 100–400 м составляют 7,11–7,15 мл/л, кремния 5,60–6,10 мкг-моль/л, фосфатов 0,49–0,59 мкг-моль/л, нитратов 11,10–11,60 мкг-моль/л. В придонной структурной зоне в наиболее глубоких участках желоба Св. Анны содержание кислорода на придонных горизонтах составляет от 7,0 до 7,08 мл/л. Концентрация кремния несколько выше, чем в промежуточной структурной зоне, и составляет 6,30–7,90 мкг-моль/л. Концентрация фосфатов и нитратов составляет 0,57–0,73 мкг-моль/л и 11,20–11,50 мкг-моль/л соответственно.

Анализ гидрохимических данных, полученных на разрезе от Земли Франца-Иосифа до м. Желания, показал, что содержание кислорода в поверхностных водных массах у берегов Новой Земли характерно для теплых баренцевоморских поверхностных водных масс и составляет 7,65–7,96 мл/л. Далее к северу у кромки дрейфующего льда концентрации кислорода постепенно повышаются до 8,67–8,95 мл/л. Концентрации биогенных элементов довольно низкие и составляют: кремния 0,90–2,20 мкг-моль/л, фосфатов 0,02–0,15 мкг-моль/л, нитратов 0,30–0,10 мкг-моль/л. Далее до глубины примерно 150 м в южных точках разреза и до 100 м в северной точке происходит уменьшение концентрации кислорода до 7,08–7,02 мл/л и увеличение концентраций кремния до 5,40–8,40 мкг-моль/л, фосфатов до 0,43–0,51 мкг-моль/л, нитратов до 10,30–13,60 мкг-моль/л. Причем минимум кислорода совпадает с максимумом температуры. В придонной структурной зоне на глубине около 400 м можно выделить водную массу с повышенным содержанием кремния 9,20–14,50 мкг-моль/л и низкими концентрациями кислорода 6,90–6,92 мл/л.

Гидрологический разрез, выполненный в северной части Карского моря в 2005 г. (рис. 3), проходил через те же районы, что и разрезы, выполнявшиеся здесь осенью 2004 г. Анализ данных позволяет сделать вывод о довольно большом сходстве распределения водных масс на разрезах 2004 и 2005 гг. Размеры ядер атлантической водной массы имеют схожие параметры, однако в целом водные массы на нем несколько холоднее. Также очевидно, что атлантические воды на разрезе 2005 г. проникли гораздо дальше по желобу Св. Анны на юг по сравнению с положением соответствующих масс на разрезе 2004 г.

Трансарктический маршрут 23-го рейса НЭС «Академик Федоров» позволил получить информацию о концентрации озона (КО) на обширных участках акватории Северного Ледовитого океана в период завершения летнего таяния и начала льдообразования. КО в приземном слое воздуха, при общей тенденции к росту, испытывала значительную пространственную и временную изменчивость. В колебаниях величины КО хорошо заметны локальные экстремумы, наблюдавшиеся практически весь

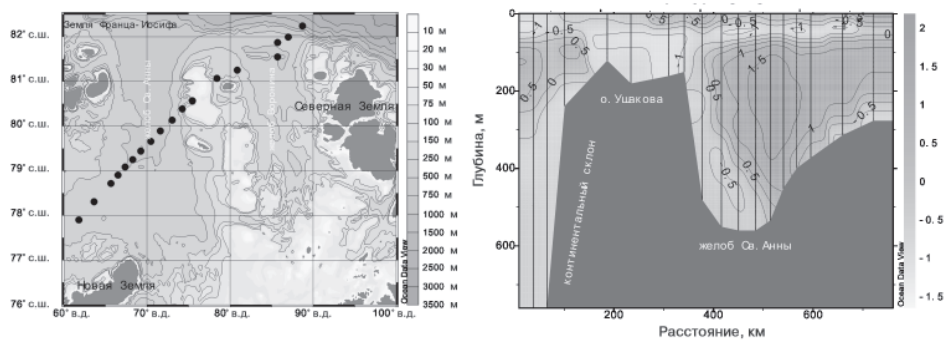


Рис. 3. Распределение температуры воды на гидрологическом разрезе, выполненном в северной части Карского моря в сентябре 2005 г. Слева – желоб Воронина, справа – желоб Св. Анны. Точками показаны гидрологические станции

период рейса. При этом экстремумы метеопараметров и концентрации в целом соответствуют друг другу. Максимальные значения (~ 50 мкг/м³) были зафиксированы в приполюсном районе и в центральном Арктическом бассейне в районе 85° и 127° в.д. во льдах сплошностью 10 баллов. Средние значения КО в период экспедиции составляли порядка 30 мкг/м³. Минимальные (~ 14 мкг/м³) значения были зафиксированы в юго-западной части Карского моря при движении судна по чистой воде и в Восточно-Сибирском море к северу от о-ва Врангеля после пересечения кромки льда и движения в разреженных льдах. Эти величины близки к значениям, полученным специалистами ИФА РАН в ходе экспедиции «Арктика-2000» на НЭС «Академик Федоров», хотя и не достигают минимальных значений, зарегистрированных в районе пролива Вилькицкого (6 мкг/м³). Как показали предыдущие исследования (Первая научная экспедиция в приполюсном районе на а/л «Сибирь», 1986 г., экспедиция «Арктика-98» в районе Франца-Иосифа, 1998 г.), КО в Арктике связана с характеристиками приземного аэрозоля, а последние (распределение по размерам частиц, массовая концентрация, элементный состав) тесно коррелируют с динамометаморфическими преобразованиями морского льда и, прежде всего, процессами сжатия и торошения. Именно эти процессы отмечались в период движения судна, соответствующий первому максимуму КО, в сплошных льдах приполюсного района. Поскольку в период движения судна во льдах, соответствующему второму максимуму, эти процессы не фиксировались, то, вероятно, этот экстремум следует отнести на счет естественных колебаний, обусловленных физико-географическими или метеорологическими факторами. К сожалению, вследствие динамичности, меняющейся от года к году и усиливающейся (ослабевающей) при потеплении (похолодании) климата, ценность полученных данных существенно снижает невозможность разделения пространственной и временной компонент изменчивости.

Проведенные исследования физических механизмов образования и трансформации снежиц, несмотря на ряд полученных интересных результатов, тем не менее выявили серьезную необходимость использования более чувствительных датчиков температуры и солености, которые позволят более корректно описать тонкие и весьма неоднозначные процессы, протекающие в снежицах в это время года. На поверхности ледяного поля лагеря СП-33 обнаружена снежица с глубинами, превышающими 2 м, и запасами пресной воды в ней около 10⁴ м³. Получены новые данные о теплофизических характеристиках снежного покрова многолетнего льда, сохранившегося в течение летнего периода таяния.

Временной интервал исследований теплофизических характеристик ледяного покрова во время 23-го рейса НЭС «Академик Федоров» охватывал переходный

для состояния льда период завершения таяния — начала ледообразования, что позволило проследить основные этапы замерзания поверхностных водоемов. К сожалению, время работ на ледовых станциях было жестко ограничено и не превышало 2 суток. Тем не менее в результате работ были получены новые данные о теплофизических свойствах снега на ровном льду, вблизи торосов, над замерзшими снежницами; проведены комплексные исследования теплового и радиационного баланса снежного покрова на различных этапах его формирования (окончание периода таяния — начало периода накопления); получены новые данные о величинах альбедо характерных форм снежно-ледяного покрова на различных этапах его развития.

Результаты проведенных исследований могут существенно расширить наши представления о характере термодинамических процессов в толще дрейфующих и припайных льдов в зимний период. В первую очередь это касается разработки новых, корректных параметризаций, связанных с расчетом скорости нарастания льда. Если учесть, что снежницы, в период своего максимального развития, могут занимать до 50 % от общей площади поверхности ледяного покрова и иметь глубину, сравнимую с толщиной морского льда, сохранившиеся объемы жидкой фазы («водяные карманы») будут играть роль своеобразных локальных тепловых протекторов, препятствующих выхолаживанию льда атмосферой в зимний период. В таких зонах скорость нарастания льда на его нижней поверхности должна определенным образом понизиться, что приведет к существенной пространственной неоднородности льда по толщине, ослаблению процессов конвективного перемешивания и, возможно, уменьшению общего объема льда, образующегося в Арктическом бассейне в зимний период.

Поскольку компенсация потока тепла в атмосферу происходит за счет кристаллизации слоя талой воды, сохраняющиеся в период интенсивного ледообразования в толще морского льда снежницы представляют серьезное препятствие для его выхолаживания. Чем толще слой талой воды, тем больше его теплозапас и тем больше время, необходимое для его полного промерзания. Очевидно, что если рост гидростатического давления в жидкости существенно не понизит температуру замерзания воды, то нарастания льда в зоне ее локализации не происходит. Учитывая значительную площадь и глубину снежниц, которая может достигать нескольких метров, можно полагать, что процесс их замерзания является фактором, в значительной степени определяющим шероховатость нижней поверхности ледяного покрова. В ходе дальнейших исследований представляется необходимым уделить повышенное внимание прямым измерениям тепловых потоков в снежном покрове с синхронными измерениями параметров приледного слоя атмосферы и радиационного баланса поверхности.

В ходе экспедиции собран большой объем уникальных данных по морфометрическим характеристикам ледяного покрова в районе, где подобные исследования ранее практически не проводились. Получены репрезентативные значения толщины сморозей однолетнего и двухлетнего льда и полей двухлетнего льда (ровного и торосистого) и других статистических параметров, характерных для льда данного времени года, которые с высокой степенью надежности могут быть использованы в различных моделях ледяного покрова, как характерные для льда данного возраста в период начала ледообразования.

При движении судна в районе хребта Менделеева (август 2005 г.) на пути плавания наибольшей повторяемостью обладали однолетние льды толщиной до 140 см (82 %), причем наибольшую повторяемость имели льды, толщина которых изменялась в диапазоне 80–140 см (71 %). Количество старых льдов толщиной 140–300 см на пути плавания судна составило около 18 %, из них 4 % толщиной 200–300 см можно идентифицировать как многолетний лед (канадский пак). Лед

толщиной более 300 см на пути плавания в этом районе телеметрическим комплексом не зарегистрирован.

Движение судна в сплоченных льдах Арктического бассейна (от кромки льдов в северной части моря Лаптевых до Северного полюса) осуществлялось преимущественно во льдах толщиной 120–200 см (67 %). Зафиксированная измерениями толщина однолетних льдов изменялась в пределах 40–160 см (54 %), с преобладанием льдов толщиной 100–160 см (48 %). Толщина старых льдов изменялась в пределах 160–420 см (46 %), с преобладанием льдов толщиной 160–200 см (30 %). Указанный диапазон толщин характерен для двухлетнего льда. Возраст льда толщиной более 200 см (16 %) можно идентифицировать как трехлетний и старше. Такой лед был зафиксирован измерениями преимущественно в приполюсном районе. В этом же районе были отмечены льды толщиной более 300 см, однако их количество составило незначительную величину – около 1%.

Распределение толщины льда на пути плавания каравана судов в районе поиска льдины для создания лагеря дрейфующей станции СП-34 существенно отличается от соответствующих распределений на других участках. Протяженность пути плавания в однолетних льдах толщиной до 160 см составила 27 %, из них 22 % приходится на льды диапазона 120–160 см.

Ледовая обстановка, сложившаяся к сентябрю 2005 г. в районе поиска ледяного поля, пригодного для организации дрейфующей станции СП-34, была такова, что многолетний лед отсутствовал. Преобладал двухлетний лед, зачастую в сочетании с толстым однолетним льдом в виде полей сморози. Иногда встречались обширные поля толстого однолетнего льда (уже на переходе в стадию остаточного) без включения двухлетнего. Обширное ледяное поле, на котором была организована дрейфующая станция, представляло собой сморозь двухлетнего и толстого однолетнего льда торосистостью до 3 баллов.

Результаты специальных судовых наблюдений являются необходимыми реперными данными для решения широкого круга задач, включая: анализ межгодовой и сезонной изменчивости основных характеристик ледяного покрова в различных районах Арктического бассейна и морей Сибирского шельфа; определение закономерностей пространственного распределения характеристик ледяного покрова; верификацию данных спутниковых снимков, полученных во время выполнения плаваний; анализ влияния синоптических и гидрологических условий на перераспределение ледяного покрова Арктического бассейна, его ледообмена с морями Сибирского шельфа; планирование и реализацию морских операций в Арктическом бассейне для проведения научных исследований, организации и эвакуации дрейфующих станций СП.

При изучении низкочастотных колебаний ледяного покрова на ледовых станциях и в период высадки дрейфующей станции СП-33 был выполнен анализ спектра колебаний ледяного покрова, выявивший ряд гармоник, характеризующих распространение волн ледовой зыби (диапазон периодов 20–35 секунд) и изгибно-гравитационных волн с периодом 14–15 секунд. При этом под термином «ледовая зыбь» понимается низкочастотная компонента спектра морского волнения, формирующаяся в результате трансформации энергии волн под ледяным покровом в районе кромки. Природа происхождения ледовой зыби связана с реализацией пространственного резонанса волн в системе ледяной покров – жидкость.

По результатам спектрального анализа колебаний ледяного покрова в период регистрации волн зыби двумя взаимно-перпендикулярными сейсмонаклономерами были выделены две основные гармоники с частотами 0,028 Гц ($T = 28,6$ с) и 0,035 Гц ($T = 36$ с). Результат поляризационного анализа колебаний соответствующих частот показал, что зыбь в точку регистрации приходила с двух различных направлений. Это указывает на то, что частотный состав гармоник различен в зависимости от ориентации трассы распространения волн. При этом основным

параметром, формирующим частоту волн ледовой зыби, является средняя толщина льда вдоль трассы распространения (несколько сотен километров), расчетная величина которой составила $h_{0,028} = 2,8$ м и $h_{0,035} = 1,7$ м.

Анализ наблюдений за колебаниями ледяного покрова позволил также, после удаления тренда и проведения фильтрации колебаний, вызываемых зыбью, изгибно-гравитационными волнами и бортовой качкой судна, выявить периодические процессы с частотами от единиц до нескольких десятков минут. Данные частоты колебаний характерны для «медленных волн», возбуждаемых предположительно короткопериодными внутренними волнами в поверхностном слое океана.

Совместный анализ записей низкочастотных колебаний ледяного покрова и параметров дрейфа показал:

- интенсивная генерация «медленных волн» в ледяном покрове происходила в периоды минимального значения скорости дрейфа судна;
- интервалы времени, в течение которых регистрировались «медленные волны», совпадали с периодами, когда дрейф судна происходил в северо-западном и западном направлениях.

Такие особенности регистрации «медленных волн» можно объяснить наличием слоя стратифицированной жидкости, прилегающей к нижней границе ледяного покрова. В периоды дрейфа судна в западном и юго-западном направлении в результате обтекания подводной части корпуса жидкостью происходило разрушение приповерхностного распресненного слоя. Датчики, регистрировавшие колебания ледяного покрова и электропроводности, находились в «следе», формировавшемся дрейфующим судном. В случаях, когда дрейф судна (и соответственно ледяного покрова) имел северо-восточное и восточное направление, датчики находились во фронтальной области, в которой разрушение стратифицированного слоя было минимальным. В этом случае ледяной покров как бы «скользил» по слою жидкости, имеющей пониженную плотность ($h < 2$ м). При значительных скоростях дрейфа (более 10 см/с) волновые пакеты «медленных волн» практически не регистрировались, что связано, возможно, с разрушением слоя турбулентными потоками, вызванными обтеканием жидкости неоднородностей нижней границы ледяного покрова.

Планируемое в 2007–2010 гг. проектирование и строительство нового НЭС для ААНИИ требует срочного сбора и квалифицированного анализа информации об эксплуатационных особенностях действующего уникального НЭС «Академик Федоров». Построечная и эксплуатационная стоимость будущего НЭС будет зависеть от таких факторов, как: необходимый объем ледовых подкреплений корпуса судна, которые составляют существенную часть веса корпуса для судов высоких ледовых категорий; достаточная, но не избыточная мощность главной энергетической установки (поскольку большую часть времени НЭС эксплуатируется на чистой воде и избыточная мощность ГЭУ ведет к неоправданно высоким эксплуатационным расходам); установленное на судне специальное оборудование (кабельные лебедки и кран балки, гидрологические лебедки, вьюшки, помещения для хранения кабелей). Поскольку стоимость специального оборудования составляет 10–12 % от построечной стоимости судна, то оптимизация состава специального оборудования позволит сократить построечную стоимость будущего НЭС. Исследование перечисленных факторов впервые было включено в таком объеме в программу натурных испытаний НЭС. Прошедшая экспедиция предоставила уникальную возможность получить объективные данные по различным эксплуатационным аспектам НЭС и после анализа использовать эти данные на этапах эскизного и технического проектирования нового НЭС.

В результате проведенных работ получены предварительные данные о геологическом строении верхней части рыхлого осадочного чехла в районе котловины Подводников, хребта Менделеева, котловины Амундсена и желоба Воронина. Уста-

новлено, что осадки котловины Подводников представлены алевропелитами коричнево-оливковой гаммы цветов. Изменчивость осадков по разрезу наблюдается, в основном, по цвету и по включениям. Микропалеонтологический и изотопный анализы позволят точно определить возраст осадков, сейчас же его можно определить как плейстоцен-голоценовый на основании опубликованных данных для хребта Ломоносова и хребта Альфа. Донные отложения в желобе Воронина кардинально отличаются от осадков котловины Подводников. Характер границы, выделяемой по плотности и цвету между вторым и третьим слоями, свидетельствует о резкой смене условий осадконакопления. Характер и распределение валунно-галечного материала, по-видимому, определяется близкими источниками сноса и ледовым разносом. Литологический разрез колонок, полученных в районе хребта Менделеева, отличается довольно сильным фаціальным однообразием и схожестью строения по разрезу. В целом осадки довольно неоднородны по цвету, плотности и составу, во фракционном отношении представлены (преимущественно) алевропелитами и песчанистыми неоднородными алевропелитами, часто встречаются песчаные прослои, обычно с характерными марганцовистыми включениями и неокатанными или плохо окатанными обломками размером до 0,7 см, расположенными в слое параллельно простиранию. Во всех колонках встречены крупные обломки разной степени окатанности на различных горизонтах. Описанные осадки оливково-коричневых цветов с желтоватыми, сероватыми и серо-голубыми оттенками с характерными пятнами биотурбации и разводами, отвечающими различным окислительно-восстановительным условиям. Пробы, взятые на ровном плато поднятия Менделеева, отличаются более однородным строением по сравнению с колонками, отобранными на склонах и у подножия поднятия. Это свидетельствует о более спокойных условиях и более медленных скоростях осадконакопления. На склонах, вероятнее всего, имеют место многочисленные оползневые процессы, выраженные в мутьевых потоках. Донные отложения котловины Амундсена представлены алевропелитами и алевритами с разным содержанием песка и гравия, отдельными линзами и тонкими песчаными прослоями, а также прослоями охристых обезвоженных глин и отдельными охристыми пятнами. Впервые был изучен литологический разрез осадков в районе Северного полюса – до сих пор в распоряжении российских ученых были лишь пробы поверхностных осадков из этого места Северного Ледовитого океана.

Краткий обзор основных результатов работ Морского отряда в 21-м и 23-м рейсах НЭС «Академик Федоров» показывает, что все разделы работ, предусмотренные Программой экспедиционных исследований, были выполнены полностью. По ряду направлений получены по существу принципиально новые результаты, требующие дальнейшего осмысления и глубокого, всестороннего анализа.

I.E.FROLOV, V.T.SOKOLOV, I.M.ASHIK

MAIN RESUME AND PRELIMINARY SCIENTIFIC RESULTS
OF 21ST (AUGUST–OCTOBER, 2004) AND 23RD (JULY–SEPTEMBER, 2005)
VOYAGES OF RV «AKADEMIK FEDOROV»

The basic purposes and tasks of the highlatitude expeditions taking place in 2004 and 2005 on board of RV «Akademik Fedorov» are briefly stated in paper; data on area of expeditions' researches, main types of carried out observations and measurements are given, preliminary scientific results of researches are presented.