

ПАНАРКТИЧЕСКАЯ ЛЕДОВАЯ ДРЕЙФУЮЩАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ (ПАЛЭКС)

И.А.МЕЛЬНИКОВ (Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН)

Климатические изменения в Арктике за прошедшие 20 лет наиболее заметны в Канадском секторе Северного Ледовитого океана (СЛО), где изменяются физические, химические и биологические характеристики морского льда и поверхностных вод. Важно понять, являются ли изменения в Канадском секторе типично локальными или связаны с глобальными процессами потепления и распреснения поверхностных вод в целом для всего океана.

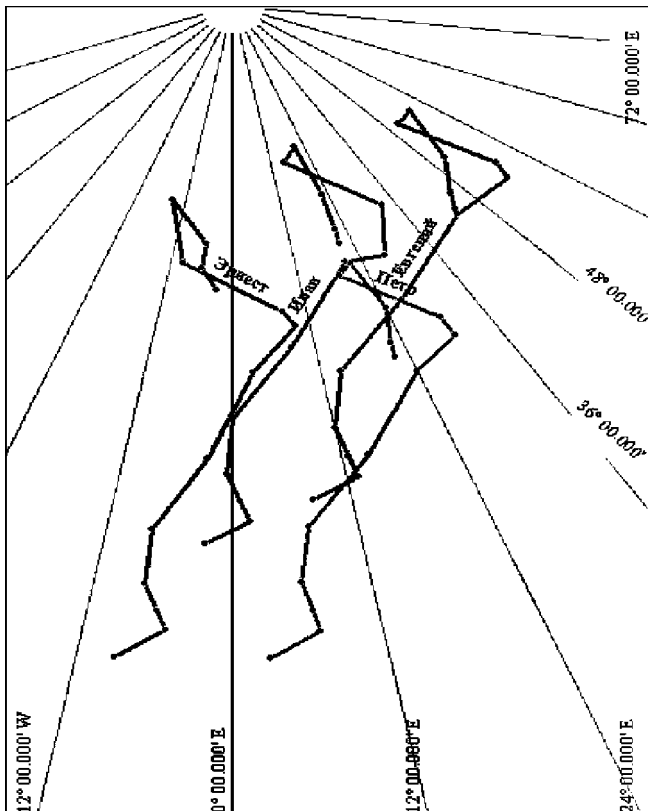
Район около полюса выбран для проведения экспедиции по двум причинам. Во-первых, многолетние морские льды, образующиеся на акватории СЛО, выносятся из Центрального Арктического бассейна, главным образом, через Северный полюс в пролив Фрама, поэтому при организации мезомасштабных наблюдений в околополюсном районе можно получить данные, характеризующие процессы в водно-ледовой системе, сформировавшейся ранее в центральном бассейне. Толщина снежного и ледового покровов, их физико-химические характеристики, дан-

ные о видовом составе ледовой биоты и планктона в целом могут быть индикаторами изменений и «рассказать» о состоянии экосистемы морского льда и приледового слоя воды в СЛО в условиях современного потепления климата. Во-вторых, для проведения крупномасштабной, например, гидрофизической съемки в этом районе необходимо иметь не одну, а несколько ледовых платформ, на которых можно провести многофункциональное океанологическое исследование. Именно использование нескольких платформ позволит получить статистически значимую информацию о мезомасштабных процессах в центральных районах СЛО.

Для выполнения исследований в апреле 2007 г. таковой базовой станцией послужила дрейфующая ледовая станция «Барнео», организуемая в околополюсном пространстве СЛО Экспедиционным центром «Полюс», имеющим большой опыт в организации и обслуживании ледовых лагерей в Арктике, начиная с организации дрейфующей станции СП-32 в 2002 г.

Научная программа экспедиции полностью отражена на сайте www.paicex.ru. Здесь кратко перечисляются основные виды наблюдений, которые были включены в качестве приоритетных при проведении полевых работ по проекту.

Для выполнения исследований в околополюсном районе был организован мезомасштабный ледовый полигон, представляющий собой форму креста, в центре пересечения осей которого располагался базовый лагерь, а по краям осей три дрейфующих лагеря, ориентированные в меридиональных направлениях E, S и W: базовый (центральный) и три лагеря - E, S и W - стационарные; помимо стационарных лагерей планировалась мобильная специальная группа, целью которой было проведение ледоисследовательских работ от базового лагеря в направлениях N, E, S и W. Поскольку исследования по программе проекта ПАЛЭКС проводятся в период МПГ, то каждому из четырех ледовых лагерей были присвоены имена выдающихся соотечественников-первопроходцев Арктики: центральный лагерь был назван в честь Ивана Дмитриевича Папанина - «Иван», восточный в честь Евгения Константиновича Федорова - «Евгений», южный в честь Петра Петровича Ширшова - «Петр», а западный в честь Эрнеста Теодоровича Кренкеля - «Эрнест». Мобильный лагерь был назван в честь выдающегося норвежского полярного



Дрейф ледовых лагерей «Иван», «Евгений», «Петр» и «Эрнест» с 11 по 26 апреля 2007 г. в околополюсном районе СЛО

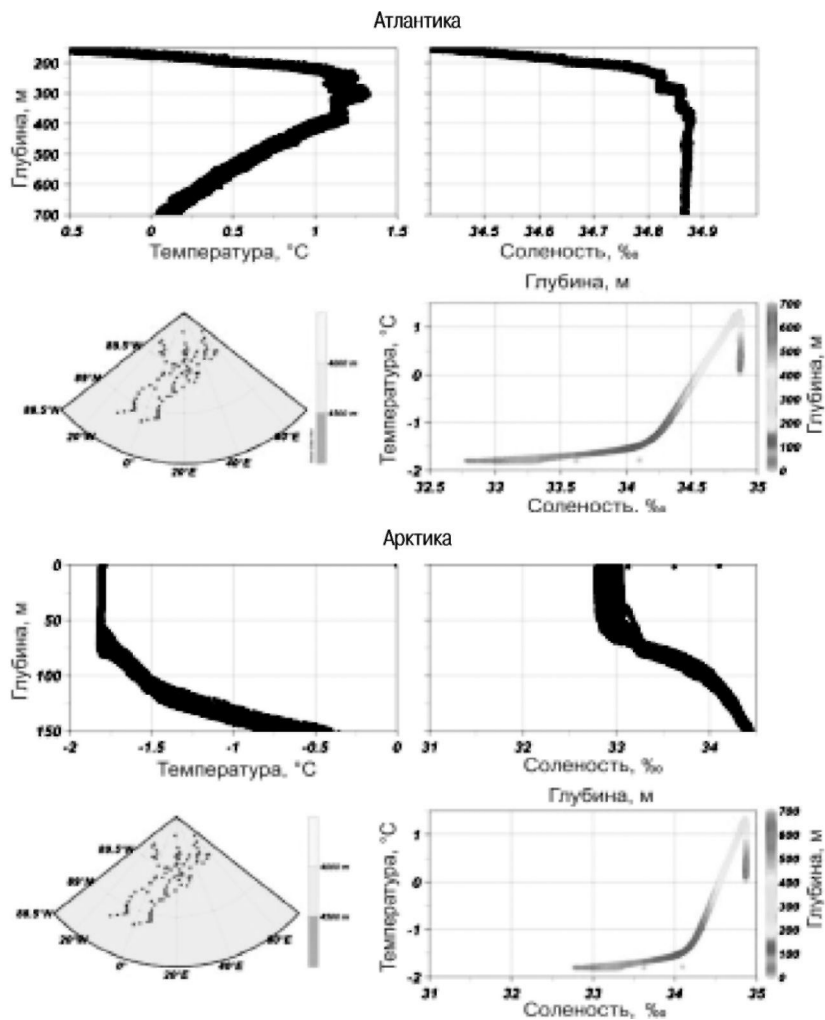
исследователя Фритьофа Нансена - «Фритьоф». В каждом стационарном лагере работали научные группы, выполняющие синхронные полевые работы по единой программе научных исследований. Ниже дается поэтапное изложение выполненных технических и научно-технических мероприятий.

Начальный этап. 30 марта 2007 г все участники экспедиции собрались на базе Института океанологии им. П.П.Ширшова Российской Академии наук (ИО РАН), где провели первое обсуждение логистических и научных задач экспедиции, и 1 апреля вылетели из Москвы через Лонгьер (Шпицберген) на дрейфующую станцию «Барнео».

Подготовительный этап. Основная задача на данном этапе - адаптация персонала, тестирование и интеркалибровка гидрофизических зондов, приборов, испытание лебедок и оборудования, тренировочные работы с мотолебедками и керноотборниками, инструментами и пр. Идея таких тренировок состояла в том, чтобы быть уверенными на 100 %, что и персонал, и все необходимое снаряжение готовы для переброски на точки, где предстоит проводить полевые работы по программе проекта ПАЛЭКС. К вечеру 10 апреля подготовительная работа закончилась, и 11 апреля были организованы дрейфующие лагеря в последовательности: восток («Евгений»), юг («Петр») и запад («Эрнест»). Была сделана фотография всех участников ПАЛЭКС-2007 перед флагами МПГ ИО РАН и ААНИИ.

Проведение научных наблюдений. Все работы в дрейфующих лагерях начались 12 апреля и выполнялись синхронно, в соответствии с научной программой экспедиции. Координация работ осуществлялась из оперативного штаба, с которым дважды в день (в 9 и 21 ч мск) поддерживалась спутниковая связь и куда стекалась вся информация о состоянии персонала, состоянии ледового покрова, координатах дрейфа, погоде, выполненных наблюдениях и др.

Мобильная группа «Фритьоф», оснащенная тремя снегоходами «Буря» с санями и необходимым снаряжением для жизнеобеспечения и проведения научных наблюдений, начала наблюдения за толщиной снежно-ледяного покрова. С 12 по 25 апреля эта группа выполняла полевые работы на разрезах по направлению N, S, E, W от базового лагеря «Иван». 26 апреля 2007 г. состоялась эвакуация персонала и оборудования из районов дрейфа лагерей на базовую станцию, были спущены флаги



Распределение температуры и солёности в слое поверхностных вод по данным всех CTD-зондирований.

На карте красными точками показаны положения всех выполненных станций, а на графиках - черными и цветными линиями измеренные значения

МПГ, ИО РАН и ААНИИ, что явилось официальным закрытием полевого этапа ПАЛЭКС-2007.

Некоторые результаты наблюдений. Наблюдения за дрейфом. Во всех ледовых лагерях имелись системы навигации GPS фирмы Garmin для регистрации координат дрейфа. На рисунке показаны дрейфы, построенные по ежесуточным 9-часовым утренним координатам каждого из лагерей.

Метеонаблюдения (исполнители А.Безгрешнов и О.Андреев, ААНИИ). В целом синоптический режим в приполюсном районе в указанный период охарактеризован активной циклонической деятельностью. В районе Исландской энергоактивной зоны происходили мощные процессы циклогенеза, характерные для этого периода года. Ложбина низкого давления протягивалась от Исландии вдоль Гренландии через арх. Шпицберген на о-ва Новая Земля. В этом направлении проходили циклонические серии. Движение циклонов и их развитие носило пульсирующий характер. Отмечались резкие ускорения и ослабления движения центров циклонических вихрей, их углубление или заполнение.

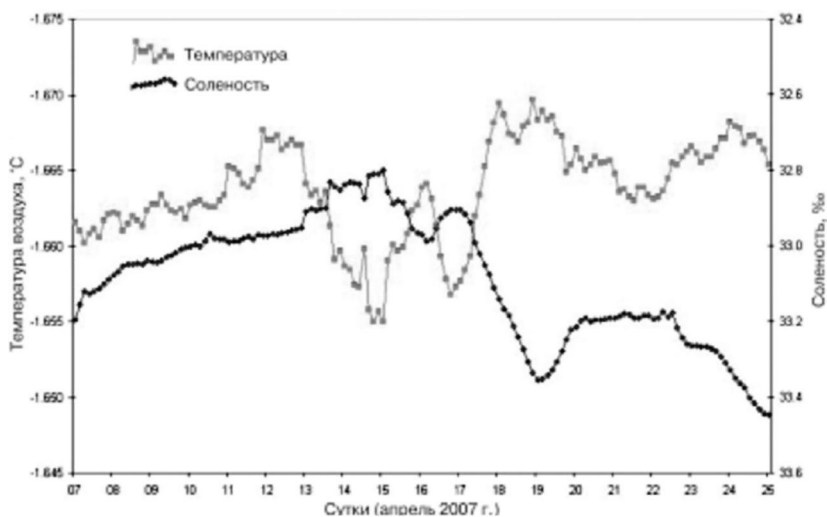


Интенсивность флуоресценции как показатель содержания хлорофилла в водном слое 0-300 м по наблюдениям в лагерях «Иван», «Евгений», «Петр» и «Эрнест»

Маршрутные снегосъемки проводились дважды в районе базового лагеря «Иван». Средние параметры снежного покрова приполюсного района в период проведения экспедиции составили: толщина снега - 26 см, плотность снега - 330 кг/м³, альbedo поверхности снега - 90 %.

Гидрофизические наблюдения (исполнители С.Писарев, С.Кременецкий и С.Дикарев, ИО РАН; С.Кузьмин, АНИИ). Для измерения вертикальных профилей температуры и солёности в экспедиции использовались современные высокоточные CTD-зонды производства компании Sea-Bird Electronics (США). За время экспедиции получено 138 вертикальных профилей температуры и солёности, проведено в общей сложности около 12 сут записей изменения температуры и солёности одновременно на нескольких горизонтах с периодом не более 3 мин, выполнено четыре серии измерений вертикального профиля скорости течения общей продолжительностью 16 ч, получена одна 5-часовая запись изменчивости скорости течения, температуры и солёности в слое скачка плотности.

Температура промежуточных атлантических вод в приполюсном районе продолжает быть выше по



Распределение температуры и солёности в воде подо льдом за 6–25 апреля 2007 г.

сравнению с осредненными характеристиками, полученными для зимнего сезона (ноябрь-май) за 1950-1990 гг. Максимальная температура атлантических вод в районе работ по климатическим данным не больше 0,8 °С, а средняя температура максимума при наших измерениях составляет 1,2 °С. Средняя глубина залегания верхней границы атлантических вод при наших измерениях составляет 190 м, а согласно климатическим данным это значение равно 220 м. Все это свидетельствует об увеличенном теплосодержании атлантических вод в приполюсном районе СЛО по сравнению с климатическими данными.

Второе безусловное отличие результатов выполненных гидрофизических измерений от климатических данных состоит в относительно увеличенной солёности в верхних 40-50 м. Отмеченное увеличение солёности верхнего слоя и практическое постоянство горизонта основания галоклина приводит к существенному уменьшению градиента солёности в поверхностных арктических водах. Уменьшение градиента солёности полностью определяет уменьшение градиента плотности и, как следствие, создание условий для относительной интенсификации передачи тепла от атлантических вод ко льду.

Ледоисследовательские работы (исполнители Т.Петровский и А.Кленов, АНИИ; Ю.Евдокимов, ИО РАН). Измерения толщины снега и льда проводили через каждые 100 м в направлениях N, S, E, W. Для бурения применялся мотобур фирмы «Tanaka» со шнеками фирмы «Kovaks». Средняя толщина льда составила на разрезе с севера на юг 172 см (8700 м, 72 измерения), а на разрезе с востока на запад 179 см (7400 м, 72 измерения). В точке географического полюса средняя толщина льда по 3 измерениям составила 188 см. Важно отметить, что из 147 выполненных измерений толщины льда - льды с толщиной более 2,5 м были встречены только 3 раза!

Гидрохимические исследования (исполнитель П.Хлебопашев, ИО РАН). В период проведения полетных работ были выполнены батометрические сборы воды в слое 0-300 м. Горизонты отбора проб были выбраны после гидрофизического зондирования и получения профилей распределения температуры и солёности в районе дрейфа лагерей. Пробы отбирались синхронно на одних и тех же горизонтах, в одно и то же время в соответствии с распределением гидрофизических параметров. Было важно получить гидрохимические характе-

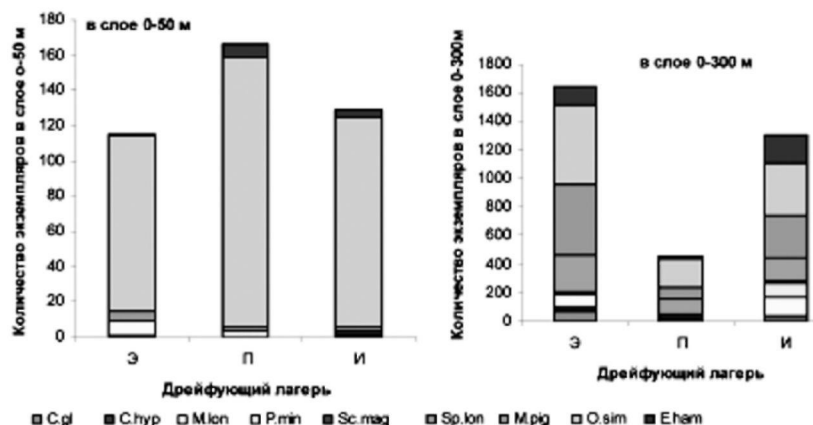
ристики на профиле от поверхности льда до верхней границы атлантической водной массы.

Построены графики распределения интенсивности флуоресценции в водном слое 0-300 м на батометрической станции 1, взятой 13.04.07 в каждом из дрейфующих лагерей «Иван», «Евгений», «Петр» и «Эрнест». Распределение значений флуоресценции имеет одинаковую направленность по глубине с незначительным ростом интенсивности на глубинах 50 (пикноклин) и 300 м. В обоих случаях возрастание, вероятно, определяется скоплением органических хлорофиллсодержащих частиц на границе раздела водных слоев с различной плотностью. Абсолютные значения флуоресценции малы, в пределах 0,90-0,22 ед., что связано, вероятно, с низкой фотосинтетической активностью фитопланктона в это время года.

Биологические исследования (исполнитель И.Мельников, ИО РАН). Планктонные работы проводили в одно и то же время с частотой раз в четыре дня. Все ловы выполнялись сетью Джели с входным отверстием 37 см; скорость подъема сети в момент лова 20 см/с. Горизонты и последовательность ловов были следующие: 50-0, 200-0 и 300-0. Кроме ловов в дрейфующих лагерях, 22 апреля 2007 г. выполнен вертикальный лов планктона по стандартным горизонтам в географической точке полюса.

Определена численность доминирующих видов зоопланктона в слое 0-50 и 0-300 м по данным вертикальных ловов на ст. 1 (13 апреля 2007 г.) в лагерях «Иван», «Петр» и «Эрнест».

Построены графики соотношения численности экземпляров доминирующих видов зоопланктона в слое 300-0 и 50-0 м на каждой из обработанных станций. Всего идентифицировано 25 таксонов, из которых 13 видов приходится на отряд *Copepoda*. Данные по соотношению численности доминирующих видов зоопланктона (*Oalanus glacialis*, *Calanus hyperboreus*, *Calanus spp.*, *Metridia longa*, *Pseudocalanus minutus*, *Scaphocalanus magnus*, *Spinocalanus longicornis*, *Microcalanus pygmaeus*, *Oithona similes*, *Eukrohnia hamata*) показывают, что межвидовое соотношение более-менее сохраняется по всем лагерям, но численности экземпляров в слое 0-300 м различаются значительно, особенно в лагере «Петр», что может быть причиной пространственной неоднородности в распределении зоопланктона по глубине. Данные по слою 0-50 м показывают, что в это время года в поверхностной арктической водной массе обитает почти один вид - *Oithona similes*, другие виды, например *Oalanus glacialis*, были встречены во всех случаях



Численность экземпляров доминирующих видов зоопланктона в слое 0-50 и 0-300 м по данным вертикальных ловов на ст.1 (13.04.07) в лагерях «Иван», «Петр» и «Эрнест»

по 1-2 экземплярам.

Сбор ледовых кернов на предмет изучения видового состава ледовой флоры и фауны, измерения солёности, концентрации минеральных форм кремния и фосфора, а также содержания хлорофилла (по интенсивности флуоресценции) проведен во всех дрейфующих лагерях, включая сборы кернов на Северном полюсе.

Криопелагические исследования (исполнители И.Мельников и Ю.Евдокимов, ИО РАН). Выполнены измерения солёности, температуры, pH, фотосинтетически активной радиации в контактном слое вода-лед с использованием гидрофизического зонда. Построен график T/S-распределения за 6-25 апреля. Четко проявляется возбуждение подледного водного слоя и по температуре, и по солёности с 12 по 17 апреля, когда через район, где проходил дрейф станции, прошел мощный атмосферный циклон с порывами ветра до 20 м/с и температурой воздуха до -25 °С. Ветровая энергия, возможно, способствовала «разгону» ледового массива, с которым дрейфовал лагерь «Иван», где был установлен гидрофизический зонд, и этот массив, вероятно, приняв энергию ветрового поля, вызвал возмущение гидрофизических характеристик поверхностной воды, непосредственно контактирующей со льдом.

25 апреля во время водолазных работ подо льдом отобрана проба криопелагической фауны планктонным сачком с нижней поверхности льда. Предварительный анализ собранного планктона показал, что в собранной пробе доминирует мольдь амфиподы с размером тела 2-3 мм (предположительно *Apherusa glacialis*). Помимо этого доминирующего вида по численности (в пробе было насчитано более 200 экземпляров) были встречены единичные экземпляры *Oithona similes* и *Calanus glacialis*. В отобранной 200-миллилитровой шприцем водной пробе измеренная солёность составила 16 ‰, что говорит о времени начала таяния в этом году в околополюсном районе СЛО.