

**ЭКСПЕДИЦИЯ «ЛАПЭКС-2013/ТРАНСДРИФТ-XXI»
НА БОРТУ НИС «ВИКТОР БУЙНИЦКИЙ» В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ
В АВГУСТЕ–СЕНТЯБРЕ 2013 г.**

Арктика является частью глобальной климатической системы, где развиваются наиболее сильные естественные флуктуации климата вследствие колебаний адвективного обмена с прилегающими к ней субарктическими областями и лежащими южнее областями умеренных широт. Значительное влияние на формирование арктического климата посредством изменения характеристик подстилающей поверхности оказывает проникновение в арктический бассейн атлантических вод, а также поступление пресных вод от таяния ледников и речного стока.

Наиболее значимым источником последних является сток реки Лены, проникающий в море Лаптевых и далее в Арктический бассейн. Также следует отметить, что в последние десятилетия в высокоширотной полярной области произошло усиление циклонической активности и повышение температуры воздуха, приведшее к сокращению площади и толщины арктических льдов и существенным изменениям термохалинной структуры Северного Ледовитого океана (СЛО). С 1987–1989 гг. началось повышение температуры атлантических вод в СЛО, которое в отдельных районах значительно превысило значения за весь исторический с 1887 г. период наблюдений. Произошла трансформация распределения ареалов распресненных вод, как в арктических морях, так и в Арктическом бассейне. В то же время климатическое сокращение летней площади льдов в морях сибирского шельфа сопровождалось экстремальными межгодовыми колебаниями распространения льдов в различных районах, как это наблюдалось в море Лаптевых в сентябре 2004 г. (большая ледовитость) и в сентябре

2005 г. (экстремально малая ледовитость). Кроме того, в последние годы наблюдается сдвиг главных сезонных событий, например, таяние льда на сибирских реках в весенние месяцы начинается раньше и намного позднее происходит появление льда в осенние месяцы.

Природная система морей обширного сибирского арктического шельфа весьма чувствительна к изменениям климата. Модели климата и палеоклиматические реконструкции свидетельствуют о том, что вариации размеров континентальных ледяных щитов и куполов или дрейфующего морского льда оказывают существенное влияние на глобальную циркуляцию океана. В частности, районы Сибири, прилегающие к морям Карскому и Лаптевых, являются доминирующим источником пресной воды для Северного Ледовитого океана. Для моря Лаптевых пресноводный сток предопределяет продукцию значительного объема морского льда, образующегося на шельфе моря, и оказывает, таким образом, существенное влияние на формирование и изменчивость глобальной климатической системы.

Арктические моря образуют важную переходную зону между арктическим побережьем и глубоководной частью океана. Факторы, регулирующие климат и процессы изменения окружающей среды, такие как атмосферная циркуляция, морской ледяной покров и речной сток, особенно подвержены большой изменчивости на акваториях арктических морей. Атмосферная циркуляция в Арктике, со свойственной ей системой циклонов и антициклонов, возбуждает систему течений и влияет на распределение пресной воды на шельфе в летние месяцы. Это в свою очередь определяет динамику и место-

Фотография участников экспедиции «ЛАПЭКС-2013/ТРАНСДРИФТ-XXI» в порту Тикси.
Представлена с любезного согласия автора Х.Кассенс.



положение океанических фронтов – морские акватории, в которых гидрофизические свойства резко меняются в горизонтальном направлении, например, фронт между речной пресной и более соленой морской водой.

Для арктических морей характерна большая сезонная и межгодовая изменчивость термохалинного состояния, они играют большую роль в процессах как океанического, так и атмосферного фронтотенеза. Исследования последних лет указывают на огромную роль внутригодовых циклов в формировании межгодовой изменчивости состояния СЛО и климата Арктики. Летние и зимние процессы в Арктическом бассейне и арктических морях по-разному влияют на перераспределение распресненных вод, стратификацию вод, перенос и диффузию органического вещества, поступающего из рек и атмосферы. Процессы их трансформации летом и зимой несхожи, а биологические и седиментационные процессы в арктических морях имеют особенно ярко выраженный сезонный цикл.

Значительные колебания распределения льдов в арктических морях в сезонных циклах и межгодовых колебаниях сопровождаются столь же большими флуктуациями альbedo подстилающей поверхности арктических морей. Оценки показывают, что интенсивный энергообмен между водной поверхностью и атмосферой в заприпайных полыньях в зимний период может оказывать влияние на циклогенез.

Эти обстоятельства выдвигают в качестве приоритетного направления исследование сезонных циклов различных характеристик природной среды как ключевых процессов, формирующих климатическую изменчивость ледового, гидрологического, гидрохимического, биологического, седиментационного режимов и экологического состояния арктических морей.

Более двадцати лет в море Лаптевых ежегодно проводятся морские экспедиции в рамках российско-германской программы «Система моря Лаптевых». Последней из них по времени была экспедиция «ЛАПЭКС-2013/ТРАНСДРИФТ-XXI» на борту НИС «Виктор Буйницкий» в августе–сентябре 2013. Перед экспедицией были поставлены следующие цели:

- получение комплексной количественной информации о состоянии природной системы моря Лаптевых;
- исследование океанографических, гидрохимических, биологических условий в южной части моря, где зимой располагается полынья, а летом формируется фронтальная зона между речными и морскими водами;
- исследование фронтальных зон, горизонтальных и вертикальных потоков тепла, соли, примеси в различных условиях плотностной стратификации и рельефа морского дна;
- исследование годовых изменений океанографических условий по данным измерений скорости течений, придонных температуры и солёности на четырех донных океанографических станциях в области расположения Ленской полыньи и в северной части моря;
- получение адекватного представления о внутригодовых циклах изменчивости параметров состояния морских систем для совершенствования моделей прогноза изменений климата.

Для реализации этих целей предстояло решить следующие задачи:

- выполнение эпизодических океанографических станций на разрезах;
- отбор проб воды в местах производства океанографических станций для определения биогенных эле-

ментов, растворенного кислорода, ионного состава, хлорофилла «а», концентрации взвешенных частиц и содержания в них органического углерода;

- сбор проб фитопланктона и зоопланктона, донных биоценозов в местах производства океанографических станций;
- отбор проб для проведения органо-геохимических исследований и определения концентраций химических элементов в поверхностных донных осадках;
- производство стандартных метеорологических судовых наблюдений;
- подъем на шельфе моря Лаптевых трех притопленных буйковых станций (ПБС), установленных на шельфе моря Лаптевых в рейсе ЛАПЭКС-2010, ЛАПЭКС-2011.
- постановка четырех новых ПБС на годичный срок и одной новой ПБС на срок 14 дней на шельфе моря Лаптевых.

Состав экспедиции был международным, значительное количество участников экспедиции – 9 человек – представляли Германию, на борту также был представитель Канады, работающий в Германии, и 8 российских ученых, представляющих ГНЦ РФ Арктический и антарктический научный исследовательский институт, Государственный природный заповедник «Усть-Ленский», Институт океанологии им. П.П.Ширшова Российской академии наук, Московский государственный университет, ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова», Институт морских и полярных исследований им. Альфреда Вегенера (Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, AWI), Институт морских исследований – Центр морских геонаук (Helmholtz Institute of Marine Sciences, GEOMAR). Экспедицию возглавляли Х.Кассенс, представляющая немецкую сторону, и с российской стороны – А.Ю.Ипатов. Финансирование исследований осуществлялось немецкой стороной. Работы выполнялись с борта НИС «Виктор Буйницкий», принадлежащего ФГБУ «ГОИН». Продолжительность экспедиции планировалась до 25 суток, из них на работы в море Лаптевых выделялось до 15 суток.

Исследования проводились на всей акватории моря Лаптевых в пределах области, ограниченной координатами: 72° 00' с.ш., 131° 00' в.д.; 75° 30' с.ш. 135° 00' в.д., 78° 00' с.ш. 131° 00' в.д.; 79° 00' с.ш. 113° 00' в.д.; 77° 00' с.ш. 113° 00' в.д.; 75° 30' с.ш. 114° 00' в.д.; 74° 30' с.ш. 114° 00' в.д.; 74° 20' с.ш. 128° 00' в.д.

Судно вышло из порта Архангельск 25 августа 2013 г. с незначительной задержкой. По пути следования 27 августа было получено сменное оборудование, и судно продолжило движение к району работ. Поскольку ледовые условия не позволяли свободно пройти через восточную часть Карского моря и пролив Вилькицкого, движение судна в данном районе производилось в составе каравана под проводкой ледоколов. 2 сентября судно подошло к точке сбора каравана для последующей проводки через ледовый массив в районе пролива Вилькицкого в координатах 75° 00' с.ш. 83° 33' в.д. 2 сентября судно было взято под проводку а/л «Ямал». 4 сентября а/л «Ямал» передал караван а/л «50 лет Победы», после чего проводка каравана продолжилась.

5 сентября были начаты океанографические исследования согласно программе работ. Выполнялись комплексные океанографические станции на разрезах, между данными станциями осуществлялась буксировка свободно падающего STD-сенсора. Также был осуществлен подъем ПБС «Хатанга», установленной

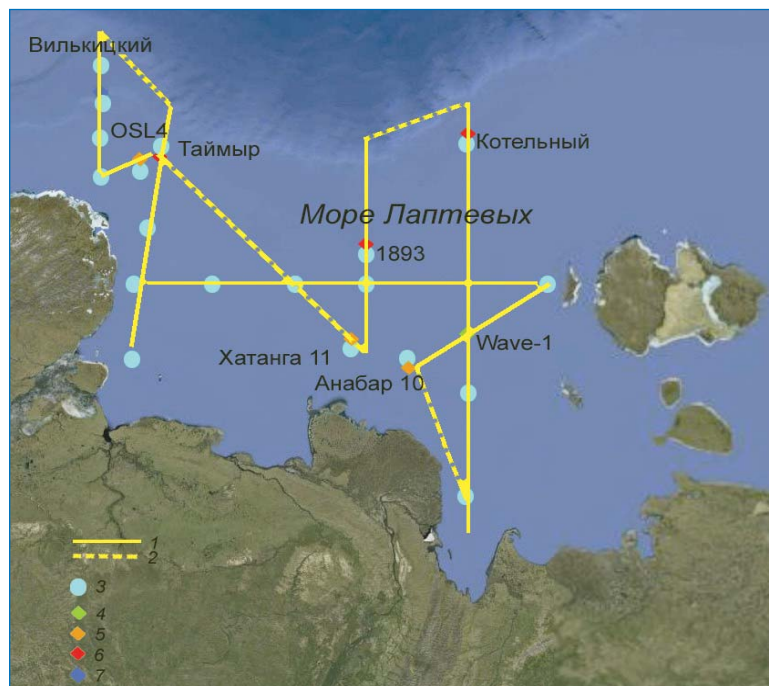


Схема станций, выполненных в рамках экспедиции «ЛАПЭКС-2013/ТРАНСДРИФТ-XXI»:
 1 – маршрут движения судна с выполнением океанографических станций; 2 – маршрут движения судна с выполнением измерений на ходу; 3 – положение океанографических станций; 4 – установка двойной ПБС сроком на 14 суток; 5 – подъем ПБС; 6 – установка двойной ПБС сроком на 1 год; 7 – установка ПБС сроком на 1 год.

в 2011 г. в центре южной части моря, и две неудачные попытки подъема тралением ПБС «Анабар», установленной в том же районе, и ПБС «OSL4», установленной в северо-западной части моря. Данные ПБС были установлены в 2010 г. В северо-западной, северо-восточной и центральной части моря согласно программе работ установлены четыре ПБС с планируемым сроком измерений 1 год. 13 сентября судно в течение 4 часов ожидало благоприятных условий для продолжения работ в районе севернее о. Бельковский. 17 сентября выполнена последняя, двадцатая гидрологическая станция, начато движение к порту Тикси, в тот же день судно встало на рейде. 18 сентября судно было отшвартовано в указанном порту.

Продолжительность экспедиции составила 24 дня, из них работы выполнялись в течение 13 суток, потери времени по погоде 4 часа, потери времени на замену оборудования 1,5 суток. Схема выполненных работ представлена на рисунке.

На океанографических станциях последовательно выполнялись следующие работы.

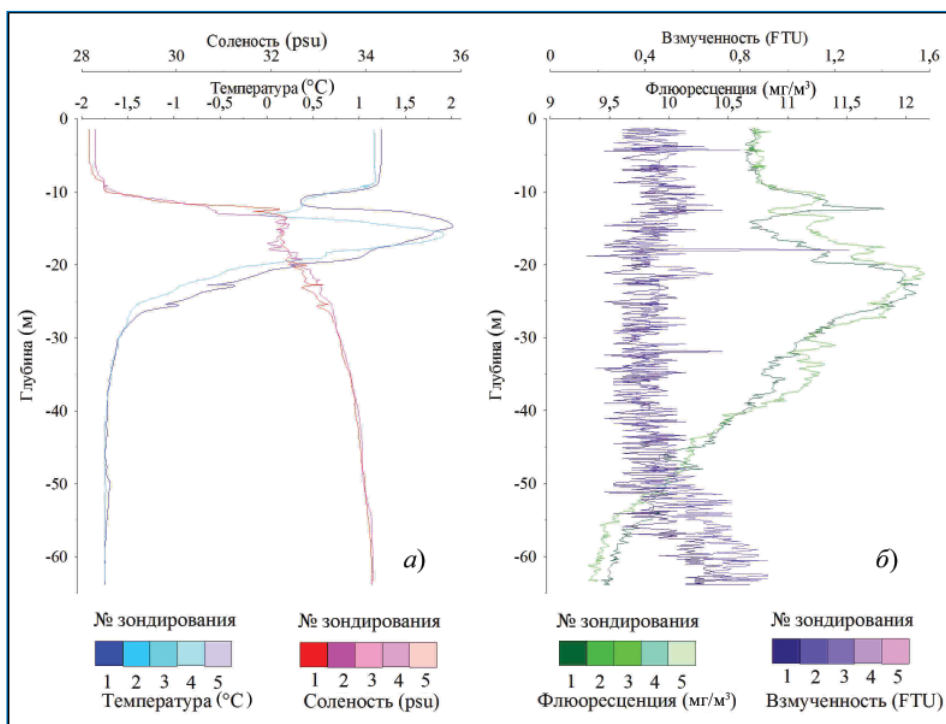
Зондирования толщи морских вод с применением комплекса SBE 32C, включающего в себя розетку, устройство для крепления батометров, двух профилографов температуры и электропроводности SBE 19 plus и дата-логгера. Отбор проб воды батометрами емкостью 2,5 л проводился для проведения последующего анализа гидрохимических параметров (растворенный кислород, фосфаты, силикаты), гидробиологических исследований – содержание фитопланктона в пробах на горизонтах, растворенного органического вещества, для выполнения анализов на содержание изотопов кислорода и ниобия. Ввиду значительного количества отбираемых проб, их отбор осуществлялся неоднократно. Измерения с применением профилографов температуры и электропроводности SBE 19 plus позволяли получить вертикальные профили температуры, солености,

взмученности и флуоресценции фитопланктона. Пример вертикального распределения данных параметров, полученных в ходе последовательных зондирований на океанографической станции 2, приведен на рисунке. Отбор проб фитопланктона планктонными сетями в слоях над и под пикноклином, отдельно выполнялись ловы зоопланктона планктонными сетями. Также выполнялся отбор проб грунта с применением мультикорера, позволяющего получать до 12 стратифицированных проб грунта в верхнем слое толщиной до 30 см. В последнем случае производился отбор проб в целях исследования зоопланктона и последующего химического анализа.

Работы выполнялись в носовой части судна с применением гидравлической лебедки и кран-балки, за исключением работ с планктонными сетями, которые выполнялись в кормовой части судна с применением бортового крана либо вручную при ловах зоопланктона. Поскольку объем работ на океанографических станциях был весьма значительным, их продолжительность составляла в среднем 3 часа, в зависимости от глубины места и необходимости повторных пробоотборов. Всего выполнено 18 комплексных океанографических станций.

На переходах между океанографическими станциями впервые в практике исследований в полярных регионах применялся буксируемый измеритель температуры и электропроводности UCTD производства компании OceanScience, США. Данный прибор позволяет получать вертикальные профили температуры и солености на ходу 8–10 узлов, что позволяет при отсутствии льда получать данные со значительной экономией времени при приемлемом качестве измерений. С применением этого оборудования всего выполнено 15 разрезов разряженности.

Существенной частью запланированных работ являлась простановка четырех притопленных буйковых станций (ПБС) «Vilkitskiy», «Taymyr», «1893», «Kotelnii».



Вертикальное распределение профили температуры и солености (а),
взмученности и флюоресценции фитопланктона (б) на океанографической станции 2.
Оттенками цвета приведены последовательно полученные вертикальные распределения указанных параметров.

На данных ПБС устанавливались измерители температуры и электропроводности SBE 37, RBR XR-420 СТ, в зависимости от места постановки – акустические доплеровские профилографы течений WHS300, WHS600, WHSQ100. На ПБС «1893» установлен автономный комплекс для отбора проб морской воды и взвесей RAS100 и ледовый профилограф IPS5. Данное оборудование позволит получить информацию о временном ходе температуры, солености на фиксированных горизонтах измерения в годовом цикле, а также – о временном ходе скорости и направления течений в слоях 20–200 м (в зависимости от измерителя) в течение года.

Всего в ходе экспедиции выполнено 20 океанографических станций, из них 18 комплексных океанографических станций. На комплексных станциях выполнялось CTD-зондирование водной толщи (53 профиля), отбор проб воды на растворенный кислород (207 проб), биогенные элементы (352 пробы), на содержание химических трассеров (238 проб). Отобраны пробы воды для определения содержания хлорофилла «а» (192 пробы), растворенного органического вещества (34 проб), фитопланктона на отдельных горизонтах (118 проб). Также на станциях проводились сетные ловы фито- и зоопланктона (33 и 74 пробы). Отобрано 18 проб донных биоценозов. В ходе попутных наблюдений выполнено 280 зондирований свободно падающим CTD-сенсором «Underway CTD».

На акватории моря Лаптевых получена информация о современном состоянии экосистемы моря, распределении водных масс, планктонных и донных сообществ.

Экспедиционные исследования по программе «ЛАПЭКС-2013/ТРАНСДРИФТ-XXI» позволили продолжить мониторинг акватории моря и сохранить непрерывность рядов данных в районе исследований, ежегодно проводимых на тех же станциях с сентября 2007 г. Экспедиция пополнила океанографическую базу данных Росгидромета и ГНЦ РФ ААНИИ.

Получены данные измерений течений и температуры и электропроводности с поднятой ПБС «Хатанга», установленной в 2011 г. Полностью выполнена программа постановки ПБС. При этом установлены новые образцы оборудования, ранее не применявшиеся в данном районе, – ледовый профилограф IPS5 и автономный комплекс RAS100, предназначенный для автоматического отбора проб воды на горизонте постановки. Кроме того, при движении от одной океанографической станции к другой использовался свободно падающий CTD-сенсор «Underway CTD», позволяющий получить в непрерывном режиме вертикальные профили температуры и электропроводности воды. Ранее данное оборудование в море Лаптевых не использовалось.

Приоритетным видом работ предполагалось считать постановку ПБС. В целом программа работ была выполнена. Полученные данные, вместе с информацией, накопленной в течение предыдущих рейсов, представляют большую ценность для совершенствования и валидации совместных моделей циркуляции атмосферы, океана и морского льда, используемых в климатических исследованиях.

В ходе экспедиции удалось получить информацию, необходимую для решения таких задач, как:

- оценка изменчивости свойств водных масс в исследуемом районе;
- определение современной структуры водной толщи и состава донных и планктонных сообществ в море Лаптевых;
- оценка количества взвешенных и растворенных веществ органического и неорганического происхождения;
- определение составляющих процесса образования и пространственно-временного распределения первичной продукции в районе исследования.

А.Ю.Ипатов (ААНИИ)