

– анализ проб воздуха, морской воды, донных отложений и гидробионтов в судовой лаборатории и стационарных лабораториях;

– попутные наблюдения за морскими млекопитающими, птицами и другими биологическими объектами по ходу движения судна и при выполнении авиационных обследований.

Организатором экспедиции являлся ГНЦ РФ ААНИИ. На НЭС «Михаил Сомов» работами руководил А.Б.Тюряков, на НИС «Фритъоф Нансен» – А.В.Нестеров. Гидрометеорологические исследования выполняли специалисты ААНИИ, а экологические исследования – специалисты ЗАО «ЭКОПРОЕКТ» и ПИНРО.

Автоматические метеорологические станции фирмы «Вяйсяля» были установлены с помощью вертолета на мысе Опасный и мысе Спорый Наволок (берег Ледяной Гавани). Учитывая наличие большого слоя вечной мерзлоты, метеостанции были размещены на старых маяках. Датчики станции позволяют измерять основные метеорологические параметры – скорость и направление ветра, температуру и влажность воздуха, атмосферное давление, солнечную радиацию и высоту снежного покрова. Передача измеренных метеорологических параметров осуществляется по спутниковому каналу связи в основные синоптические сроки. Установленным станциям присвоены наименования, индексные номера, и они включены в оперативную систему гидрометеорологической информации Росгидромета.

Спутниковый мониторинг айсбергов в прибрежной зоне архипелага Новая Земля, выполненный на основе радиолокационных снимков Radarsat-1,2 показал наличие достаточно большого количества айсбергов и их обломков. За период на-

хождения НЭС «Михаил Сомов» в прибрежном районе Новой Земли было выполнено 4 съемки по 2–3 кадра с разрешением 8–25 м, режим S и S(A). На иллюстрации приведено расположение обломков айсбергов в прибрежной зоне Новой Земли, полученное во время съемки 8 августа 2012 г.

На нескольких айсбергах с использованием вертолета МИ-8 были установлены автономные буи ARGOS для регистрации координат и последующего определения параметров дрейфа айсбергов. Кроме того, была выполнена аэрофотосъемка верхней поверхности обнаруженных айсбергов.

На НИС «Фритъоф Нансен» был выполнен комплекс океанографических работ, включающий вертикальное зондирование моря, постановку автоматических буйковых станций на 25 суток (измерения течений, уровня моря и волнения) и постановку притопленных автоматических буйковых станций на годичный период для измерения течений, уровня моря, дрейфа льда и рельефа нижней поверхности льда в различных точках геологических структур.

Результаты экспедиционных работ будут использованы для информационного обеспечения геологоразведочных работ, определения условий и наиболее благоприятного периода для работы технических средств поисково-разведочного бурения, а также условий функционирования объектов обустройства, планируемых для круглогодичного использования в районе лицензионных участков.

В дальнейшем планируется продолжение гидрометеорологических исследований в летний период, а также ледоисследовательских работ в зимний период.

*Е.У.Миронов (ААНИИ)*

### **МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА РОССИЙСКИХ ДРЕЙФУЮЩИХ СТАНЦИЯХ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС»**

Климат Арктики характеризуется в последние годы комплексными панарктическими изменениями, происходящими во всех компонентах арктической климатической системы (океане, атмосфере и морском ледяном покрове). Эти изменения обусловлены как наблюдаемым в настоящее время глобальным потеплением, так и процессами регионального масштаба. Наиболее очевидным проявлением происходящих изменений является уменьшение площади и толщины морского ледяного покрова, самого чувствительного элемента арктической компоненты климатической системы Земли. Существует предположение, что в относительно недалеком будущем ледяной покров Северного Ледовитого океана может приобрести сезонный характер. С другой стороны, ряд исследователей считает возможным, что в ближайшее время начнется его возвращение к состоянию, характерному для предшествующих десятилетий. Основной причиной неопределенности предсказаний будущего состояния ледяного покрова является явная недо-

статочность систематических инструментальных наблюдений в Северном Ледовитом океане. В настоящее время Россия является единственной страной, выполняющей и непрерывно расширяющей как комплексный мониторинг природной среды Центральной Арктики, так и исследования физических процессов, определяющих ее состояние. Последние особенно важны с точки зрения совершенствования численных моделей прогноза климата – основного инструмента, позволяющего выявить тенденции происходящих и возможных будущих изменений основных характеристик окружающей среды Арктики. Как было показано в ряде публикаций, включая Отчет ВМО, существующие модели имеют ряд существенных недостатков, особенно при описании мелкомасштабных процессов. К таким процессам относятся энерго-массообмен в атмосферном пограничном слое (АПС), особенно в характерном для полярных районов устойчивом АПС, и перераспределение солнечной радиации в системе «атмосфера – морской лед – океан».

Для получения принципиально новых данных об упомянутых выше процессах и совершенствования их параметризации в численных моделях на дрейфующих станциях «Северный полюс-35–39» были развернуты комплексные метеорологические наблюдения (рис. 1). В их состав входят стандартные метеорологические и аэрологические наблюдения и микрометеорологические наблюдения, выполняемые с помощью описанного в статье И.С.Ковчина и др. (Российские полярные исследования № 1 (7), 2012) метеоактинометрического комплекса. В кооперации с учеными Института полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера (ФРГ) на СП-35–38» были проведены аэростатные наблюдения за температурой и влажностью воздуха, направлением и скоростью ветра в пограничном слое атмосферы, позволившие более детально, по сравнению с радиозондированием, исследовать структуру АПС. В частности, были получены уникальные данные о характеристиках инверсий и струйных течений в нижнем 1500-метровом слое атмосферы.

В 2012 г. на дрейфующей станции СП-39 эти исследования продолжены с помощью разработанно-

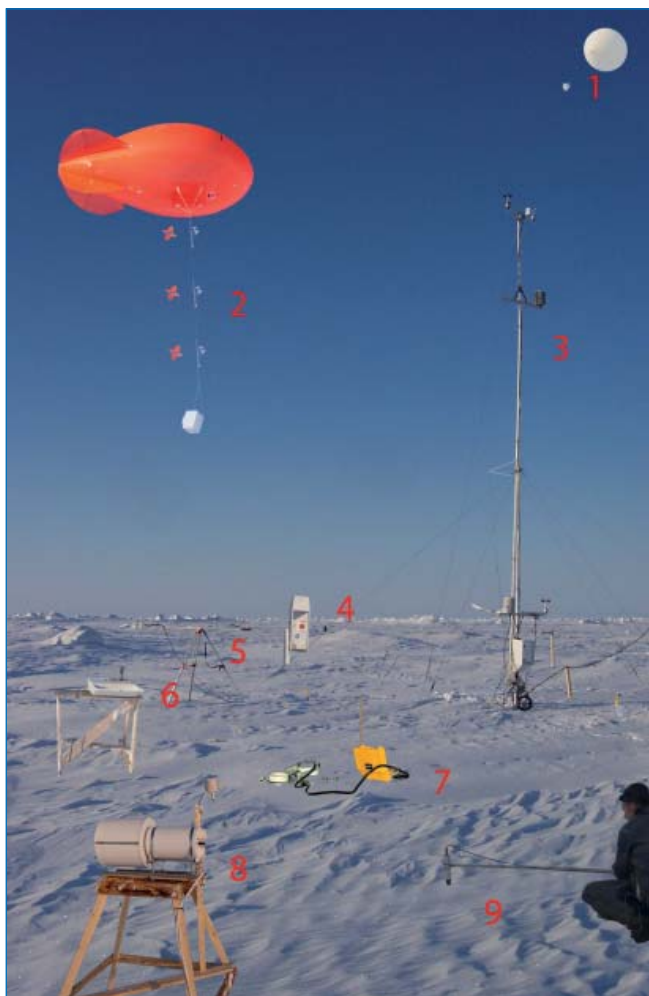


Рис. 1. Комплекс аппаратуры для метеорологических и аэрологических исследований на дрейфующих станциях «Северный полюс»: 1 – радиозондирующий комплекс, 2 – аэростатный комплекс, 3 – метеоактинометрический комплекс, 4 – измеритель высоты нижней границы облачности, 5 – установка для проведения актинометрических наблюдений, 6 – измеритель общего содержания озона, 7 – установка для измерения потока углекислого газа, 8 – метеорологический температурный профилемер, 9 – малогабаритный спектрометр.

го в НПО «Тайфун» (г. Обнинск) метеорологического температурного профилемера МТП-5РЕ, позволяющего проводить измерения температуры воздуха до высоты 1000 м с дискретностью 5 мин с погрешностью порядка 1 °С. Уже первые результаты измерений позволили выявить сложную нестационарную структуру нижнего слоя атмосферы, обусловленную, в том числе, формированием инверсий нижнего уровня. Как видно из рис. 2, резкое изменение структуры АПС от развитого пограничного слоя высотой порядка 400 м до ярко выраженной приземной инверсии высотой не более 100 м произошло менее чем за два часа. Такое явление может быть принципиально исследовано лишь с помощью дистанционного метода, физической основой которого является измерение собственного теплового радиационного излучения атмосферы в максимуме полосы поглощения кислорода 56,6 ГГц. В будущем к измерениям с помощью температурного профилемера предполагается добавить измерения профиля скорости ветра в АПС с помощью содара.

Комплексный анализ физических процессов в нижнем слое атмосферы с привлечением данных непрерывных измерений характеристик облачности, выполняемых с помощью установленного на станции лидара, предоставленного Лабораторией исследований системы Земли (НОАА, США), и данных измерений длинноволнового и коротковолнового радиационных балансов подстилающей поверхности позволит максимально полно описать механизм формирования сильно-устойчивого АПС.

Другим перспективным направлением исследований, регулярно проводимых на дрейфующих станциях «Северный полюс» начиная с СП-35, являются маршрутные съемки спектрального альbedo снежно-ледяного покрова (рис. 3а) и проникающей в верхний слой океана солнечной радиации (рис. 3б). Эти измерения выполняются с помощью широкоугольного и узкоугольного спектрометров «Ramses», обеспечивающих измерения солнечной радиации в диапазоне длин волн 320–950 нм с разрешением по спектру 3,3 нм и угловым разрешением 1800 и 70 градусов.

На рис. 3а отчетливо видна зависимость альbedo подстилающей поверхности от длины волны, особенно явная в период таяния, когда величина альbedo изменяется от 0,7 на длинах волн 400–500 нм

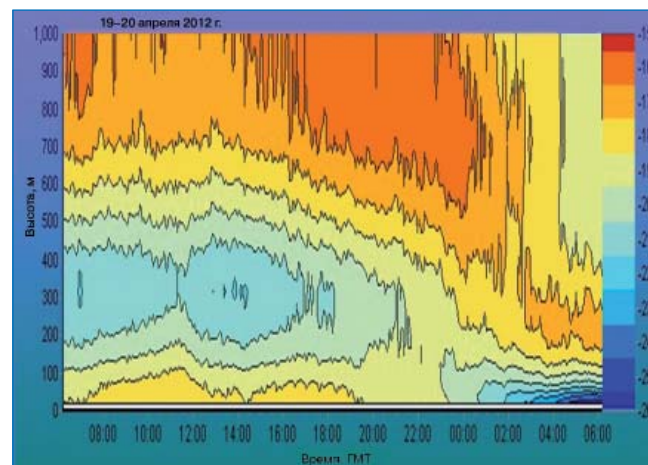


Рис. 2. Временная изменчивость термической структуры нижнего слоя атмосферы на СП-39 по данным профилемера МТП-5РЕ.

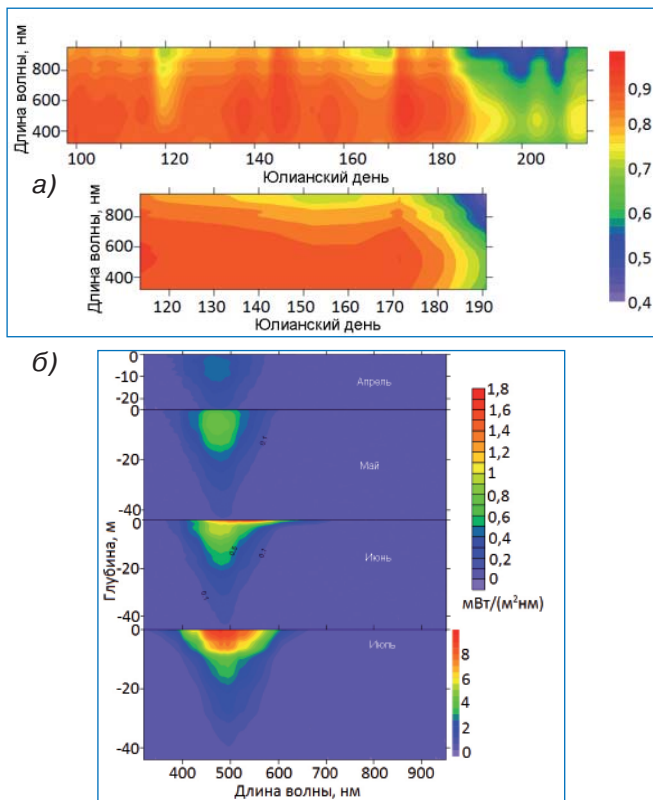


Рис. 3. Временная изменчивость осредненного по 100-метровому маршруту альbedo морского ледяного покрова на СП-35 и СП-36 (а) и распределения по глубине интенсивности проникающей под лед солнечной радиации (б).

до 0,4 – на 700–800 нм. Выявленная зависимость указывает на проблематичность использования интегрального альbedo, обычно применяемого в моделях морского ледяного покрова, особенно при изменяющейся по спектру в зависимости от состояния облачного покрова приходящей коротковолновой радиации.

На рис. 3б представлены уникальные данные о сезонной изменчивости спектрального распределения проникающей под ледяной покров солнечной радиации. Как видно из рисунка, в июле существенная ее часть в наиболее энергозначимой части спектра приходящей радиации (450–600 нм) достигает глубины порядка 20 м. При этом базирующиеся на данных наблюдений оценки показывают, что в

июне – июле интегральная величина потока солнечной радиации непосредственно под ледяным покровом составляет до 7,5 Вт/м<sup>2</sup>, что обеспечивает существенный прогрев верхнего слоя океана, который обычно не учитывается в численных моделях Северного Ледовитого океана.

В заключение следует отметить, что в данной статье не упомянуты выполняемые в рамках метеорологических исследований на дрейфующих станциях «Северный полюс» комплексные наблюдения за газовым составом приземного слоя атмосферы, позволившие выявить роль морского ледяного покрова в балансе углекислого газа (А.П.Недашковский, А.П.Макштас. Эмиссия CO<sub>2</sub> в атмосферу при образовании арктического морского льда // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 3 (85). С. 35–44), а также наблюдения за общим содержанием озона и его распределением в атмосфере до высоты 30 км, впервые инструментально зафиксировавшие появление озоновой дыры в Центральной Арктике в марте 2011 г. (Manney G.L. et al. Unprecedented Arctic ozone loss in 2011 // Nature, 2011. Vol. 478. P. 469–475). Также следует упомянуть и проводимые в тестовом режиме прямые измерения потоков тепла и влаги.

В целом созданный за последние годы высокоавтоматизированный метеорологический комплекс аппаратуры позволяет проводить небольшим, не более трех человек, метеорологическим отрядом подробные гидрометеорологические исследования от верхнего слоя океана до высоты порядка 30 км в атмосфере, результаты которых уже используются для совершенствования численных моделей прогноза погоды и климата. Опыт эксплуатации комплекса и полученные с его помощью данные были опубликованы в ряде статей и представлены на российских и международных научных конференциях. В июне 2012 г. на международном совещании по проекту организации под эгидой ВМО в 2015–2016 гг. Международной дрейфующей станции (г. Боулдер, США) состав комплекса и проводимых с его помощью наблюдений были приняты за основу метеорологических наблюдений на будущей дрейфующей станции.

*А.П.Макштас, В.Т.Соколов,  
В.Ю.Кустов (ААНИИ)*

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОЕКТ «ГЛУБОКОЕ БУРЕНИЕ ОЗЕРА ЭЛЬГЫГЫТГЫН» – ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КЛИМАТА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 3,5 МЛН ЛЕТ

Зимой 2008/09 г. на Чукотке был реализован один из крупнейших международных исследовательских проектов последних лет в области изучения климатов прошлого – «Глубокое бурение озера Эльгыгытгын». В работах принимали активное участие группы исследователей из России, Германии, США и Австрии.

Важнейшим результатом этих работ стала уникальная непрерывная летопись развития природной среды и климата Арктики за последние 3,5 млн лет,

дающая огромные перспективы для понимания развития климатической системы нашей планеты.

Этот проект проводился в рамках «Международной программы континентального бурения» (ICDP) и являлся частью программы Международного полярного года (проект «Кратер озера Эльгыгытгын и палеоклимат Арктики», номер кластера по международной классификации – 130). Кроме этого, работы имели основу двустороннего российско-германского сотрудничества (проект 12