

**Краткие
результаты работы научно-исследовательской
дрейфующей станции «Северный Полюс – 36».**

Дрейфующей станции «Северный Полюс – 36» «СП-36» была организована в период с 02 по 07 сентября 2008 г. с борта НЭС «Академик Федоров» в рамках программы работ высокоширотной морской экспедиции «Арктика-2008» в соответствии с задачами Международного полярного года 2007/08, государственный флаг поднят 07 сентября в точке с координатами 82°32.2 с.ш., 174°55.2' в.д. Продолжительность дрейфа составила 350 суток. Станция завершила свою работу 30 августа 2009 г. в точке с координатами 85°33.1 с.ш., 022°52.1' з.д. Коллектив станции и оборудование были сняты высокоширотной морской экспедицией «Арктика-2009» на борту атомного ледокола «Ямал».

Коллектив станции состоял из 18 специалистов. В апреле месяце на станции работал сезонный состав экспедиции в количестве 10 человек.

Общий дрейф ледяного поля станции составил 2909 км., генеральный дрейф 1385 км. Направление генерального дрейфа 6,6°. Максимальное расстояние 496 км станция преодолела в октябре, минимальный дрейф составил 120 км в марте.

Средняя скорость дрейфа 0,32 км/час. Максимальная скорость дрейфа 1,7 км/час зафиксирована 12 октября 2008 г.

С 07.09.2008 г. по 15.05.2009 г. станция дрейфовала в Амеразийском суббассейне СЛО и прошла расстояние 2148 км. Затем, преодолев хребет Ломоносова, дрейф продолжился в Евразийском суббассейне.

На станции выполнялся следующий комплекс научных исследований:

- стандартные метеорологические и актинометрические измерения,
- специальные метеорологические исследования,
- стандартные аэрологические наблюдения,
- измерение морфометрических параметров снежно-ледяного покрова,
- регистрация динамических характеристик ледяного покрова,
- океанографические наблюдения и исследования,
- гидрографические работы,
- медицинские исследования,
- производился отбор проб на загрязнение..

Ледовая обстановка

Станция «СП-36» располагалась на обширном поле сморози размерами 6,5 x 6,2 км. Около 20-30% ледяного поля было покрыто небольшими холмами, что указывало на старый возраст его происхождения. Торосистость ледяного поля изменялась в пределах от 1 до 2 баллов, а снежницами на момент организации станции было занято приблизительно 50% площади. Толщина льда варьировала от 80 до 300 см.

В процессе дрейфа поле сморози неоднократно подламывалось и через него проходили трещины. Эти события имели место 11 ноября, 22 декабря 2008 г., 02 и 18 января 2009 г., 20 февраля 2009 г., 09 марта и 12 апреля 2009 г.. После 12 апреля ледовая обстановка стабилизировалась и оставалась неизменной вплоть до окончания дрейфа.

В результате смещения обломков ледяного поля вдоль трещин в отдельных местах формировались небольшие гряды торосов высотой около 4 – 5 м, а также локальные разводья шириной не более 50 м. При этом молодые формы льда занимали не более 20% от общей площади ледяного поля. На одном из замерзших разводий на расстоянии 1,8 км от лагеря станции в период с 17 марта по 10 апреля 2009 г. была построена взлетно-посадочная полоса длиной 1200 м и толщинами льда от 100 до 145 см.

В целом окружающая ледовая обстановка характеризовалась невысокой торосистостью от 1 до 3 баллов. По выборочным измерениям, выполненным во 2-ой декаде апреля, толщина льда вокруг лагеря станции изменялась от 150 до 320 и более см. Высота снежного покрова местами на ровных участках достигала 50 см.

Процесс термического разрушения ледяного покрова начался в конце 3-ей декады июня и протекал замедленно. Разрушенность ледяного покрова не превышала 2 баллов, а снежниками было покрыто около 40% площади. В отдельных местах лагеря станции в середине августа были зафиксированы локальные небольшие сквозные проталины, а уже во 2-ой декаде августа начался процесс замерзания снежниц.

Лагерь станции в процессе дрейфа не менял своего положения, а все основные станционные постройки находились на своих местах без изменения. Были передвинуты эстакады со станционным имуществом, дважды перемещался один жилой домик на расстояние около 50 м в результате прохождения вблизи них трещин и 3 раза переносилась метеорологическая площадка.

Из-за подтопления водой была перенесена на новое место установка по производству водорода для наполнения аэрологических оболочек и перемещена на расстояние 15 м надувной ангар для выпуска радиозондов.

Ледовые наблюдения и исследования

Основная задача ледовых исследований заключалась в получении морфометрических параметров снежно-ледяной поверхности с целью их использования в термогидродинамических моделях ледяного покрова для прикладных и научных разработок.

Выполнено 618 измерений морфометрических параметров снежно-ледяной поверхности. Измерения выполнялись на ледовом полигоне размерами 100 x 80 м в 35 точках и включали в себя регистрацию толщины льда, его погруженность и высоту снежного покрова. Полигон был разбит на льду предположительно двухлетнего возраста.

За период с сентября 2008 г. по 3-ю декаду июня 2009 г. наблюдалось непрерывное нарастание толщины льда, которое в среднем составило 120 см. Средняя толщина льда к этому времени достигла 221 см, а средняя высота снежного покрова составила 28 см. Объем выросшего льда превысил в пределах полигона 8400 т.

С 3-ей декады июня по 2-ую декаду июля 2009 г. лед находился в состоянии термодинамического равновесия, а затем начался медленный процесс его термического разрушения. Сброс талой воды под лед был зафиксирован в конце июня с образованием внутриводного льда, хотя первые снежники были зафиксированы только 05 июля. К середине июля около 70% площади полигона было покрыто снежниками.

Таяние льда продолжалось до середины августа и составило в среднем 15 см, к этому времени средняя толщина льда достигла 206 см.

Снежный покров на полигоне к началу августа вытаял, он сохранился на возвышенных участках ледяной поверхности, а его высота не превышала 2-3 см.

Начиная с середины августа процесс термического разрушения ледяного покрова замедлился и прекратился.

Ледовый полигон просуществовал в недеформированном состоянии на протяжении всего дрейфа «СП-36».

Впервые за последние несколько лет получен непрерывный ряд параметров ненарушенной снежно-ледяной поверхности. Характер таяния снежно-ледяной поверхности указывает на поздние сроки его начала, краткосрочность протекания и замедленную скорость таяния.

Кроме определения морфометрических параметров снежно-ледяной поверхности осуществлялась ежеминутная регистрация географических координат станции в 3 точках с целью определения вращательного движения льдины.

Исследование динамических свойств ледяного покрова

Основная цель исследования заключалась в получении новых данных о волновых процессах и автоколебаниях в ледяном покрове СЛО.

В процессе дрейфа регистрировались следующие параметры:

- смещение и ускорение льда при сжатии, подвижках и торошении с учетом явления автоколебаний
- горизонтальные ускорения ледяных полей при приливных и ветровых подвижках
- характеристики волн зыби в ледяном покрове от штормов в открытых районах океана и участков открытой воды
- вертикальные колебания ледяного покрова в диапазоне периодов до нескольких часов, связанных с внутренними волнами и турбулентностью.

Комплекс для наблюдений состоял из 2 широкополосных трехкомпонентных молекулярно-электронных сейсмометров СМЕ 4111-ЛТ чувствительностью 4000 В/м/с², 3 сейсмометров СМЗ-КВ чувствительностью 20 В/мм, 3 сейсмометров С5С чувствительностью 10 В/мм и 2 наклономеров СН чувствительностью $3 \cdot 10^{-6}$ рад/В, 1 двухкомпонентного молекулярно-электронного акселерометра НЕ чувствительностью 0,12 рад/В, аналого-цифрового преобразователя Е14-140 и 2 компьютеров-регистраторов.

При непрерывных измерениях параметров механики и динамики ледяного поля дрейфующей станции были получены:

- спектр изгибно-гравитационных волн в ледяном покрове в диапазоне периодов 0,1 – 12 секунд, обусловленных сжатием и торошением морских льдов
- горизонтальные ускорения льда и автоколебательные процессы различного масштаба
- вертикальные колебания ледяного покрова в диапазоне периодов 3 – 30 минут, связанных с внутренними волнами и приливами в океане.

Метеорология

Основная задача стандартных метеорологических и актинометрических наблюдений и измерений заключалась в регистрации параметров окружающей среды по маршруту дрейфа станции с целью их оперативного использования и применения в прикладных и научно-исследовательских проектах.

Срочные метеорологические наблюдения проводились в основные метеорологические сроки 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 часов GMT и включали регистрацию следующих параметров:

- атмосферного давления
- температуры воздуха
- температуры подстилающей поверхности
- влажности воздуха
- направления и скорости ветра
- облачности (высота, количество, форма)
- метеорологической дальности видимости
- количества осадков
- высоты снежного покрова и степени покрытия снегом местности
- состояния подстилающей поверхности
- атмосферных явлений
- составляющих радиационного баланса
- прямую солнечную радиацию и расчет прозрачности атмосферы
- контрольные и сравнительные наблюдения с использованием образцовых средств измерений (ОСИ);
- альbedo чистого сухого, таящего и мокрого снега и льда в период таяния снежно-ледяного покрова

Основным средством метеорологических измерений являлась автоматизированная метеорологическая станция MAWS 110, производства фирмы Вайсяля, Финляндия, а также осадкомер Третьякова и рейки снегомерные. Регистрация метеопараметров с помощью станции MAWS 110 осуществлялась ежеминутно

Впервые на дрейфующей станции «СП» для определения высоты облачности применялся лазерный измеритель Lidar фирмы Вайсяля, Финляндия. Максимальная высота определения облачности лазерного измерителя составила 7 км, с его помощью регистрировалась также и мощность облачности.

Актинометрические измерения выполнялись с помощью конструктивно-интегрированного балансомера CNR фирмы Kipp&Zonen, Германия в сроки

близкие к истинному полдню, а также стандартных термоэлектрических датчиков в качестве образцовых средств измерений.

Для производства сравнительных наблюдений использовался комплекс стандартных приборов: барометр, психрометрическая пара, ртутные термометры, а в летние месяцы при температуре воздуха выше $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ аспирационный психрометр.

Метеорологическая площадка переносилась 3 раза из-за прохождения вблизи нее трещин.

За весь период дрейфа выхода из строя регистрирующей аппаратуры и метеорологических датчиков, а также пропусков в наблюдениях не было.

За период с 07.09.2008 г. по 23.08.2009 г. было произведено 2798 синоптических сроков наблюдений. Отправлено в адрес ААНИИ, Санкт-Петербург и РГМЦ, Москва 1398 синоптических телеграмм, 31 телеграмма "Декада" и 11 телеграмм "КЛИМАТ".

Средняя температура воздуха составила $-19.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура воздуха достигла $-47,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, максимальная $+2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Наиболее холодные месяцы – февраль и март, средняя месячная температура составляла -31.8 и $-35.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно.

Средняя скорость ветра за период дрейфа 5.3 м/с . Максимальный порыв ветра был зафиксирован в октябре и составил 19.4 м/с .

Наибольшее количество осадков выпало в мае и составило $32,4\text{ мм}$.

Специальные метеорологические наблюдения

Специальные метеонаблюдения были посвящены исследованию теплофизических свойств и спектральных радиационных характеристик снежно-ледяного покрова как подстилающей поверхности, а также процессам проникновения солнечной энергии в подледный слой океана как через пространства открытой воды среди льдов, так и непосредственно через ледяной покров различной толщины.

Отдельный раздел наблюдений заключался в исследовании газообмена атмосферы и океана через снежно-ледяной покров и регистрации потоков углекислого газа CO_2 , озона и метана через различные типы поверхности (лед, снег, вода) для выяснения роли парниковых газов в глобальном потеплении.

Измерения выполнялись с помощью следующих приборов:

– широкоугольного и узкоугольного мультиспектрометров TrioS марки Ramses

– газоанализатора типа Chamber фирмы LiCor

– газоанализаторов углекислого газа, озона и метана

– снегомерного комплекта.

За период с 01 апреля по 15 августа 2009 г. выполнен следующий объем работ:

– 269 измерений объемного распределения спектра приходящей и отраженной солнечной радиации по сфере небосвода над ледяным покровом с помощью узкоугольного спектрометра RAMSES, в том числе в условиях сплошной плотной облачности, тумана и осадков

– 58 измерений пространственного распределения спектра приходящей и отраженной солнечной радиации с помощью широкоугольного спектрометра RAMSES с интервалом 5 м на 100 метровом полигоне со снежной подстилающей поверхностью

– 54 подледных зондирования вертикального распределения спектральных характеристик проникающей под лед приходящей и отраженной солнечной радиации в воде до глубины 45 м широкоугольным спектрометром RAMSES

– 54 суточных серии по регистрации изменения во времени спектральных характеристик проникающей под лед солнечной радиации на глубине 10 см под нижней кромкой льда. После завершения регистрации этим же широкоугольным спектрометром выполняется измерение спектров приходящей и отраженной радиации на воздухе над поверхностью льда в одной точке в

районе лунки. Отмечено уменьшение глубины определения отраженной от нижележащих слоев воды радиации до 35-38 м

- 18 снегомерных съемок на 100 метровом полигоне с измерением толщины и плотности колонки снега через каждые 5 м для исследования пространственно-временной изменчивости снежного покрова. В начале августа снежный покров практически исчез и был замещен различными формами разрушенного льда, сморози и изморози

- 151 измерение вертикального профиля температуры в снежном покрове с описанием плотности снега по слоям, состояния слоев, структуры и размера кристаллов в слое

- ежеечасные измерения приземной концентрации озона и CO₂ и 3 часовые измерения приземной концентрации метана. Получены ряды общей продолжительностью: CO₂- 251 сутки, приземный озон - 254 уток, метана- 137 суток.

- 91 серия ежедневных наблюдений за изменениями концентрации CO₂ в приповерхностном слое воздуха и определения потоков CO₂ через подстилающую поверхность.

Аэрология

Основная задача стандартных аэрологических наблюдений заключалась в получении непрерывного вертикального температурно-ветрового профиля по маршруту дрейфа станции.

Радиозондирование выполнялось с помощью аэрологической станции DigiCora III, производства фирмы Вайсяля, Финляндия. Зондирование осуществлялось 2 раза в сутки в 00 и 12 GMT.

Фиксировались следующие параметры по высоте:

- температура воздуха
- влажность воздуха
- скорость и направление ветра.

Высота и положение радиозонда определялись по встроенной высокоточной системе глобального определения координат GPS.

За период дрейфа было выпущено 640 радиозондов, из них 198 достигло высоты 30 и более км. Средняя высота зондирования 28478, максимальная высота подъема 33252, минимальная 8444 м.

Процент достижения изобарических поверхностей 100, 70, 50, 30, 20 и 10 мб составил 99, 98, 97, 94, 85 и 23 % соответственно.

Океанология

Основная задача океанологических наблюдений заключалась в регистрации гидро-термодинамических параметров водной среды по маршруту дрейфа станции с целью определения вертикальной структуры, состояния водных масс и их взаимодействия в центральной части Северного Ледовитого океана.

Выполнялся следующий комплекс работ:

- ежедневное зондирование водной толщи с помощью океанографического зонда SBE 19plus, производства фирмы SeaBird Electronics, США

- долговременная постановка акустических доплеровских профилографов и регистраторов течений и измерителей температуры, давления и электропроводности морской воды.

Изменялись следующие параметры водной среды:

- температура
- электропроводность
- гидростатическое давление
- скорость и направление океанских течений.

За период дрейфа выполнено 325 океанографических станций, из них 280 до глубины 1000 м и 45 станций до дна. Максимальная глубина зондирования 3223 м.

Результаты зондирования водной толщи в оперативном порядке предавались в АНИИ, Санкт - Петербург.

Для измерения параметров скорости и направления течений применялись доплеровские профилографы WHLS75 LongRanger и WHS300 Sentinel,

производства фирмы WorkHorse, США и измеритель течений RCM 9IW, производства фирмы Aanderaa, Норвегия.

Долговременная регистрация термодинамических параметров морской воды осуществлялась регистратором SBE 37SM MicroCat, производства фирмы SeaBird Electronics, США.

Получены следующие ежечасные ряды скорости и направления течений:

- с 28.12.2008 г. по 14.03.2009 г. в слое 20 - 440 м через каждые 8 м профилографом WHLS75 LongRanger
- с 07.06. по 18.07.2009 г. в слое 23 - 535 м на через каждые 8 м профилографом WHLS75 LongRanger
- с 18.11.2008 г. по 23.07.2009 г. в слое 70 - 130 м через каждые 4 м профилографом WNS300 Sentinel
- с 06.11.2008 г. по 10.02.2009 г. в слое 217 - 261 м через каждые 4 м профилографом WNS300 Sentinel
- с 01.05 по 07.08.2009 г. в слое 276 - 324 м через каждые 4 м профилографом WNS300 Sentinel
- с 05 по 26.12.2008 г. на горизонте 10 м измерителем течений RCM 9IW.

Ряды наблюдений не имеют брака по приборным критериям.

Кроме этого выполнены долговременные ежечасные измерения температуры морской воды на горизонтах 10, 23, 70, 215 и 276 м и 10 минутные измерения на горизонтах 15 и 76 м за период с 30.12.2008 г. по 12.07.2009 г.

Осуществлены непрерывные ежечасные измерения электропроводности морской воды на горизонте 10 м с 05 по 26.12.2008 г. с помощью RCM 9IW и 10 минутные на горизонтах 15 и 76 м с 30.12.2008 г. по 12.07.2009 г. с помощью SBE 37SM MicroCat.

Для определения гидрохимических параметров морской воды, льда, снега и воздуха и степени антропогенного воздействия на окружающую среду осуществлен отбор следующих проб:

- 3 -х проб морской воды и молодого льда в зимний, весенний и летний период
- 3-х проб свежеснегавшего снега
- 3-х проб снежного покрова
- 3 -х проб воздуха в приземном слое высотой 1 м с помощью аспирационной установки ПУ-3Э.

Все пробы профильтрованы, законсервированы и заморожены. Обработка проб будет выполняться в стационарных лабораторных условиях.

Гидрографические работы

Гидрографические работы на «СП-36» выполнялись круглосуточно с 19 сентября 2008 г. по 18 августа 2009 г. и включали в себя регистрацию глубин и наблюдения за параметрами работы спутниковых навигационных систем «GPS/ГЛОНАСС» (СНС) в приполюсных районах Центрального Арктического бассейна.

Регистрация глубин осуществлялась с помощью высокоточного эхолота/профилографа Bathy 2010P производства фирмы SyQwest, США.

Наблюдения за параметрами работы спутниковых навигационных систем «GPS/ГЛОНАСС» (СНС) в приполюсных районах в составе дрейфующих станций впервые выполнялись впервые. Все данные, поступающие от навигационной аппаратуры потребителей СНС в стандартном протоколе постоянно фиксировались на персональном компьютере в файлы с расширением *.odc, *.jpeg, *.nme. В процессе обработки материалов, с периодичностью 1 раз в час (на 00 мин. каждого часа), необходимые параметры работы СНС сводились в «Журнал промера», составленный в табличной форме. В конце суточного цикла работ подсчитывались среднесуточные значения параметров. Полученные данные анализировались, обобщались и в виде отдельной главы включались в «Доклады о ходе выполнения гидрографических работ в составе СП-36». В настоящее время все материалы по данному виду работ обработаны и подготовлены для передачи в 460 ЦДРН ВМФ.

Всего по маршруту дрейфа «СП-36» выполнено 2634.6 линейных км непрерывного маршрутного промера. Генеральное направление дрейфа станции в Центральном Арктическом бассейне от точки начала работ до точки их завершения составило около 7.5° , расстояние, пройденное вдоль линии генерального дрейфа, около 2004 км.

Маршрутный промер в составе дрейфующей станции «Северный Полюс – 36» был выполнен над следующими морфоструктурами Северного Ледовитого океана:

- с 24 сентября по 12 декабря 2008 г. над северной частью поднятия Менделеева и его северными, северо-восточными склонами
- с 12 декабря 2008 г. по 6 января 2009 г. вдоль юго-восточной оконечности котловины Макарова
- с 6 января по 19 апреля вдоль северных склонов хребта Альфа. В пределах данного временного отрезка траектория дрейфа станции прошла над подводной горой Федотова и северной оконечностью подводной горы Мотрохова
- с 19 апреля по 23 апреля траектория дрейфа станции пересекла отрог Марвин
- с 23 апреля по 15 мая над ущельем Марвин и юго-западными склонами срединно-океанического хребта Ломоносова;
- с 15 мая по 12 июня траектория дрейфа СП-36 с запада на восток пересекла срединно-океанический хребет Ломоносова;
- с 12 июня по 17 августа вдоль западных границ котловины Амундсена.

Впервые вдоль траектории дрейфа ледяного массива над перечисленными выше морфоструктурами Северного Ледовитого океана получен непрерывный профиль измеренных глубин, определённых с точностью не ниже $\pm 0,3\%$ от измеренной глубины, и подробно и достоверно определено место измеренных глубин (суммарная средне-квадратическая погрешность определения места не превысила 20 м).

Полученные в ходе маршрутного промера полевые материалы обрабатывались, анализировались (выполнялось сличение профиля измеренных глубин с глубинами и рельефом дна, отображённым на морских навигационных картах издания УНиО МО РФ и отправлялись ежемесячно в адрес УНиО МО РФ и ГУ «ААНИИ»).

Все виды работ были выполнены в соответствии с Техническим предписанием на выполнение гидрографических работ, утверждённым начальником УНиО МО РФ 11 августа 2008 г. и Программой гидрографических работ, утверждённой Директором ГУ «ААНИИ» 12 августа 2008 г. и требованиями основных руководящих документов по выполнению гидрографических работ.

Медицина

В течение дрейфа выполнено 4 обследования здоровья всех участников дрейфа по программе «Полиспектр». Результаты обследования переданы в ААНИИ для дальнейшего применения.

Все полученные в результате работ научно-исследовательской дрейфующей станции «СП-36» результаты наблюдений и измерений являются достоянием государства и будут использоваться при выполнении плановых работ по проектам ЦНТП ААНИИ, в Федеральной целевой программе «Мировой океан», ЕСИМО, обзорах гидрометеорологических процессов в СЛО, научно-прикладных проектах и разработках ААНИИ и других российских научно-исследовательских учреждений.

Зам. начальника СП-36

В.Н. Чурун