

ЭКСПЕДИЦИЯ MOSAIC — НАЧАЛО

Введение

Международная круглогодичная экспедиция MOSAiC (Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate — многопрофильная дрейфующая обсерватория по изучению изменений климата) проводится в Центральной Арктике в течение 2019–2020 годов. Это крупнейшая международная арктическая научная экспедиция в истории. В ней принимают участие более 600 человек из 17 стран. Общее руководство осуществляется немецким институтом им. Альфреда Вегенера — Центром морских и полярных исследований Гельмгольца (АВИ). Основная цель дрейфующей обсерватории — исследование климатических процессов в Центральной Арктике для уточнения глобальных моделей климата и климатических прогнозов.

Главное экспедиционное судно — ледокол «Поларштерн», принадлежащий АВИ, на котором осуществляется годичный дрейф через Центральную Арктику. В течение года его снабжение осуществляют несколько российских судов: «Академик Федоров», «Капитан Драницын» и «Академик Трёшников».

Подготовительный этап начался 21 сентября 2019 года с отбытия «Поларштерна» и сопровождающего его «Академика Федорова» из Тромсё. Он включал в себя переход в Центральную Арктику, поиск подходящих для работ льдин, ледовую разведку, установку основного ледо-

вого лагеря MOSAiC и вспомогательных ледовых станций и доставку сотрудников экспедиции. 16 октября официально начался первый этап экспедиции MOSAiC, который продолжался до 15 декабря.

В начале первого этапа координаты основной станции «MOSAiC Central Observatory» были 85°10' с.ш. и 132°77' в.д., а на конец первого этапа, вечер 15 декабря — 86°36' с.ш. и 117°33' в.д.

Лагерь на льду

Для работ на льду вокруг «Поларштерна» был разбит ледовый лагерь, включающий стоянку снегоходов с санями, участки льда, выделенные под определенные работы, палатки и различные сенсоры, соединенные кабелями электропитания с судном. Общая схема ледового лагеря показана на рисунке.

Для работ на льду экспедиция имела пять научных команд: метеорологическую, ледовую, экологическую, биогеохимическую и океанологическую. Также имелась команда логистики и команда медиа для сопровождения научных команд. Для работ каждой команде были выделены отдельные участки.

Работа ледовой группы

Ледовая группа, в состав которой входили два сотрудника ААНИИ, проводила работы по исследованию физических и физико-механических свойств снега

и льда. Работы включали в себя отбор проб снега и льда на физические свойства, толщиномерные съемки ледя-

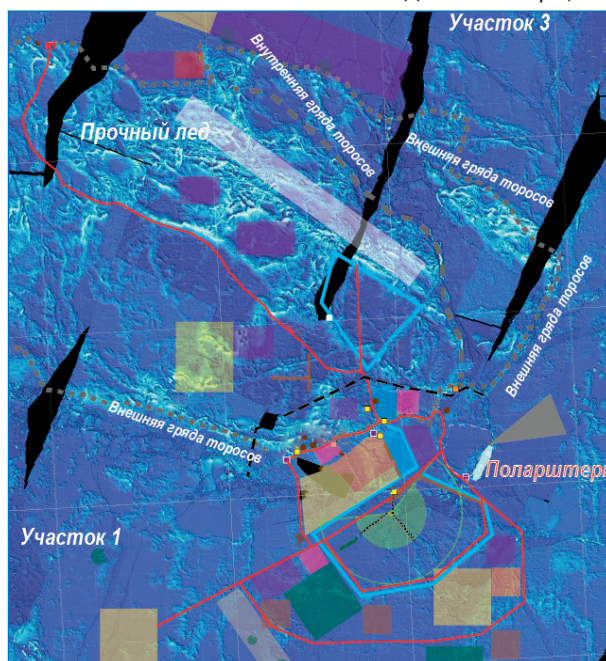


Схема ледового лагеря станции «MOSAiC Central Observatory» до крупномасштабных подвижек льда

Отбор кернов

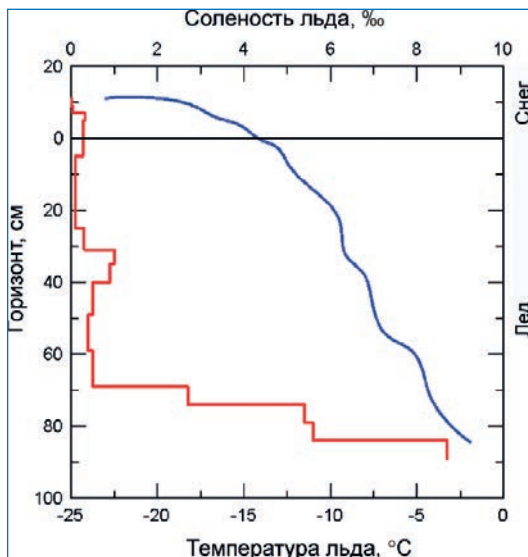


ного покрова контактным и бесконтактным способом, наблюдение за состоянием ледяного покрова с помощью установленных сенсоров, крупномасштабные съемки поверхности льда с вертолета, измерение прочностных характеристик льда, а также исследование динамики льда с помощью специальных датчиков.

Отбор ледяных кернов был одной из самых крупномасштабных работ. Для отбора проб льда в 1,5 км от судна были выделены участки однолетнего и двухлетнего ровного льда. Работы на обоих участках проводились каждый понедельник двумя группами (одна на однолетнем льду, другая на двухлетнем) по пять человек в каждой плюс по одному егерю для каждой группы. В работах принимали участие члены ледовой, экологической и биогеохимической команд. Проводились отборы кернов для измерения вертикальных профилей температуры, солености и плотности льда и снега и для текстурно-структурного анализа. Также отбирались керны для работ экологов и биогеохимиков (анализ на содержание метана, бериллия, брома, оксидов азота, галогенокарбонидов, органических веществ, минеральных осадков и др.).

Работы по отбору кернов начинались с раннего утра и продолжались 5–6 часов. Выезд на участки проходил в 8:00. По прибытии на место готовилось оборудование и развешивалась палатка, в которой проводилась распиловка отобранных кернов. На месте работы предварительно проводились измерения толщины снега, температуры и плотности снега по слоям и отбор проб на соленость.

После этого выполнялись основные работы. Для отбора использовались керноотборники KOVACS. Керны сразу же переносились в палатку, где проводилась их дальнейшая обработка. Для каждого керна указывалась его длина, а при наличии разломов — уровни, на которых они расположены. Измерения температуры льда проводились на месте. Для анализа остальных свойств керны распиливались на отдельные образцы, которые упаковывались в специальные емкости и доставлялись



Температура (синяя линия) и соленость (красная линия) снега и двухлетнего льда 11 ноября 2019 года

на судно для их дальнейшего исследования. По окончании работ место отбора кернов засыпалось снегом и помечалось сигнальными флажками.

Для мониторинга динамики ледяного покрова членами ледовой команды из ААНИИ на льду были установлены три автономные сейсмические станции. Каждая станция включает в себя сейсмометр СМЕ 4311, наклонномер ИН-ДЗ-360, автономный регистратор «Байкал-8» для записи данных от датчиков, антенну GPS, антенну для передачи данных на базу и аккумулятор для питания станции. Вначале станции были установлены примерно в одном месте, в 150 м от судна, затем их переставили в виде треугольника на расстоянии 30 м друг от друга,

а в дальнейшем две станции переставили на расстояние 800 м от третьей.

Данные с автономных сейсмических станций по радиоканалу передавались на регистратор и стационарный компьютер, установленный на судне. Это давало возможность проводить мониторинг динамики ледяного покрова в режиме реального времени. При работе комплекса осуществлялся непрерывный визуальный контроль регистрируемых сигналов. В ходе наблюдений с конца октября 2019 года регулярно фиксируются волновые события, образование новых трещин, сжатия и торшения.

Прочность льда является важнейшей характеристикой при оценке ледовых нагрузок на инженерные сооружения, а также несущей способности ледяного покрова при грузовых операциях. В экспедиции MOSAiC проводились три вида прочностных испытаний льда: измерение локальной прочности льда, измерение прочности льда на одноосное сжатие и измерение прочности ледяных пластин на центральный изгиб.

Для испытания локальной прочности льда использовался специальный комплекс гидравлического оборудования ЛГК, включающий в себя гидростанцию, мультипликатор, измерительный блок и скважинный зонд-индентор. Зонд-индентор на лебедке погружался в специально выбуренную во льду скважину. Мультипли-

Измерение локальной прочности льда





Измерение прочности льда на одноосное сжатие

катор увеличивал давление, создаваемое гидростанцией в зонд-инденторе, за счет чего поршень зонда выдвигался и внедрялся в лед. Во время внедрения фиксировалось перемещение индентора и давление в гидросистеме, по которому вычислялась локальная прочность льда. Данные измерения проводятся на разных горизонтах ледяного покрова.

Для испытания прочности льда на одноосное сжатие использовался тот же комплекс ЛГК, но с переносным прессом вместо зонд-индентора. Из ледяной поверхности с помощью керноотборника KOVACS выбуривались керны в вертикальном и горизонтальном направлении. Керны в горизонтальном направлении выбуривались из извлеченного на поверхность ледяного блока. Затем керны распиливались на цилиндрические образцы высотой 29–30 см, после чего испытывались в прессе.

Шторм в середине ноября 2019 года, раскол льдины

Обстановка на льду была нестабильной. Еще в начале экспедиции рядом с «Поларштерном» прошла трещина, через которую необходимо было перебираться. С левой стороны судна тоже регулярно проходили новые трещины, лед был сильно восторошен, так что работ там велось очень мало.

16 и 17 ноября был сильный шторм, в ходе которого произошло несколько крупномасштабных разломов. Во второй половине суток 16 ноября скорость ветра превышала 20 м/с, образовалось несколько больших трещин. 17 ноября трещины разошлись и льдина распалась на несколько кусков. В дальнейшем куски льдины вновь сошлись, но обстановка оставалась нестабильной. Начались подвижки льда, продолжавшиеся несколько недель.

В ходе этих подвижек часть льдины с юго-западной стороны от «Поларштерна» (со стороны носа судна) сместилась на несколько сотен метров на юго-восток, что привело к необходимости перестановки ледового лагеря. Были переустановлены некоторые станции, заново проведена линия электропередач, помечены новые пути.

Заключение

На первом этапе экспедиции был развернут ледовый лагерь, начаты научные наблюдения. Сотрудниками ААНИИ получены первые данные о физических и механических свойствах окружающего ледяного покрова, начат мониторинг его динамики. Получены уникальные данные процессов трещинообразования и торошения в середине ноября. Ценность полученных данных заключается еще и в том, что процессы, регистрируемые приборами, можно было наблюдать визуально. Из-за прошедших через ледовый лагерь трещин, его пришлось перенести на новое место.

Все возникшие трудности удалось успешно преодолеть. Научный состав экспедиции и экипаж судна «Поларштерн» работают слаженно и организованно, с готовностью помогая друг другу. Экспедиция MOSAiC продолжается. Дальнейший ход работ будет изложен в следующих публикациях.

*Н.В. Колубутин,
Е.В. Шиманчук (ААНИИ).
Фото Марка Оггье
и Яри Хаапалы*

Динамика ледяного покрова 15–17 ноября 2019 года

