

Иванов В.В.^{1,2}

Фильчук К.В.², Ипатов А.Ю.²

**Экспедиции на научно-экспедиционном
судне «Северный полюс» в 2022–2026 гг. —
новый этап исследований в
высокоширотной Арктике**

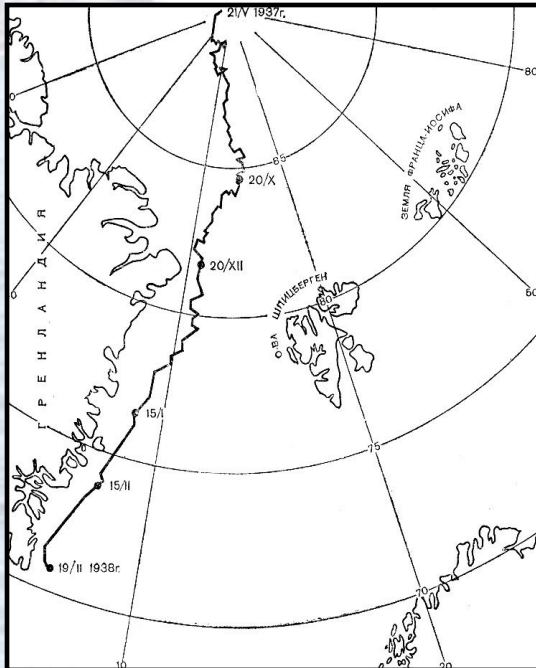
¹ *Московский государственный университет, г. Москва*

² *Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург*

Истоки...



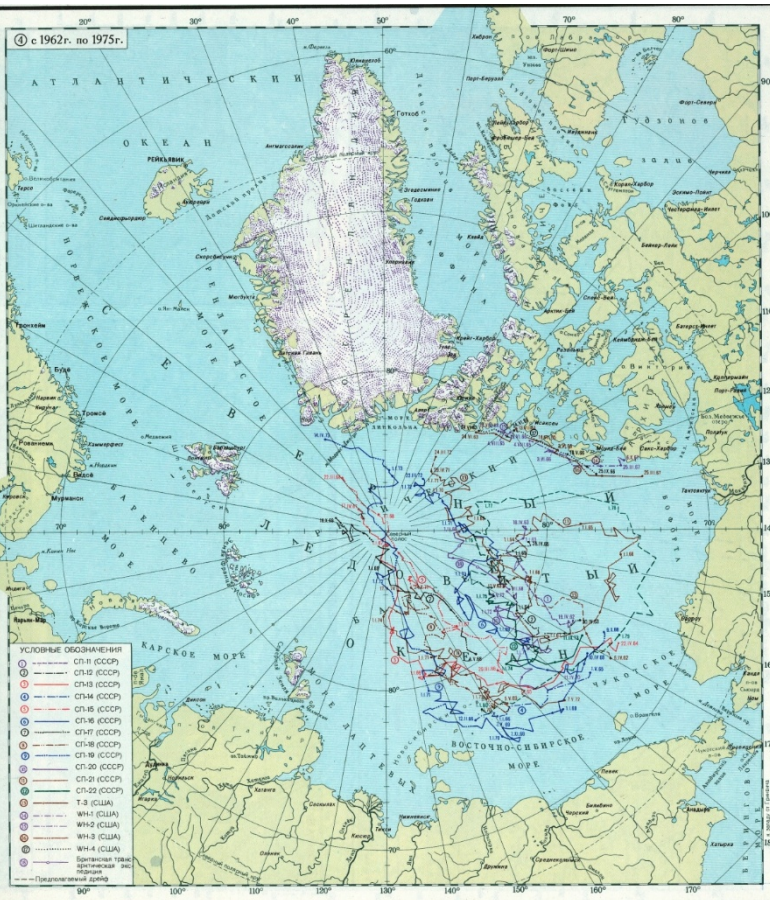
Двадцать первого мая 1937 года в географической точке Северного Полюса был поднят государственный флаг СССР, ознаменовав начало длительной истории советских дрейфующих полярных станций «Северный Полюс» (СП).



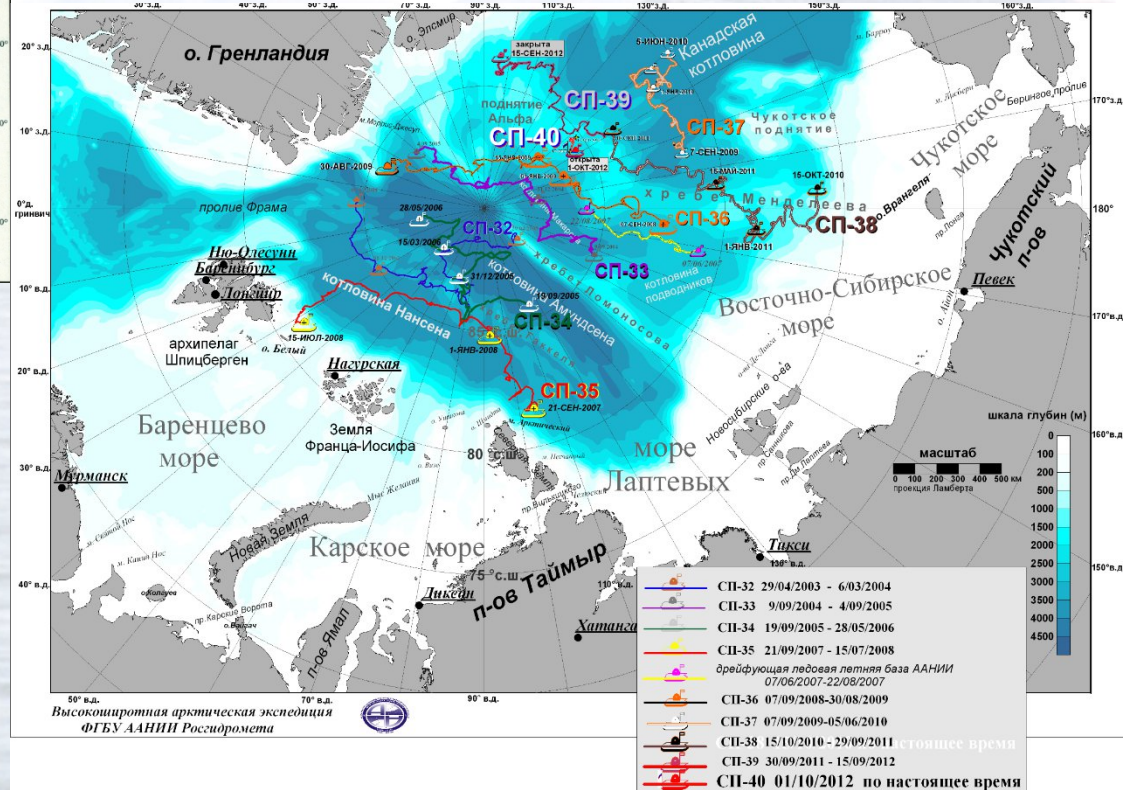
Страницы истории

С 1954 по 1991 год

В Арктическом бассейне постоянно дрейфовали 1-2 круглогодичные станции и до 3-х сезонных станций. Всего с 1937 по 1991 гг. на арктическом дрейфующем льду под руководством ААНИИ отработала 31 круглогодичная СП. 25 июня 1991 г. последняя советская СП-31 завершила свою работу



История круглогодичных российских СП, базировавшихся на дрейфующем льду, началась в 2003 г. (СП-32) и завершилась в 2012 г., (СП-40) в связи с резкими изменениями состояния ледяного покрова



СП-18, 1969



Наука и жизнь на дрейфующем льду

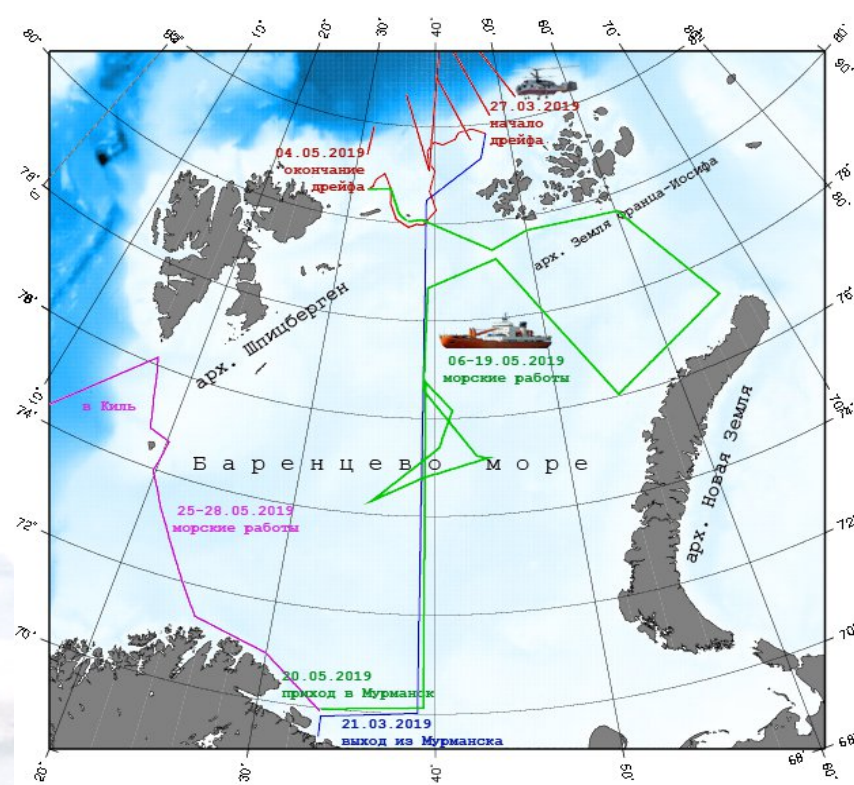
Организация научных исследований и быта полярников на дрейфующих станциях в 20-м веке и в начале 21-го века принципиально не отличались: и жизнь и работа проходили на дрейфующем льду, что вносило значительный элемент риска и требовало постоянного внимания к возможному возникновению чрезвычайных ситуаций, связанных с разрушением ледяного поля, опасными метеорологическими явлениями, появлением белых медведей и др.

СП-40, 2012



Новый подход к организации исследований в высокоширотной Арктике

Невозможность продолжения экспедиций, базирующихся на дрейфующем льду, привело к концепции дрейфующей станции нового типа, так называемой «судно – лед». Логистика такой станции включает судно, вмороженное в лед и дрейфующее вместе с ним и обширный измерительный полигон, развернутый вокруг судна и оснащенный измерительным оборудованием для выполнения широкого круга научно-исследовательских задач.



В марте – мае 2019 года в рамках экспедиции «Трансарктика-2019» была организована тестовая дрейфующая станция типа «судно-лед» в северной части Баренцева моря на НЭС «Академик Трешников». Результаты этой экспедиции убедительно показали возможность и перспективность проведения комплексных научных исследований природной среды Арктики с использованием дрейфующей станции нового типа.

Ледостойкая самодвижущаяся платформа (ЛСП) «Северный Полюс»



<i>Водоизмещение (т)</i>	10390
<i>Длина, (м)</i>	86
<i>Ширина, (м)</i>	27
<i>Высота борта (м)</i>	11.5
<i>Осадка (м)</i>	8.4
<i>Мощность ГЭУ (кВт)</i>	825
<i>Автономность (сут)</i>	365

Экипаж 14 чел.
Экспедиция 34 чел.

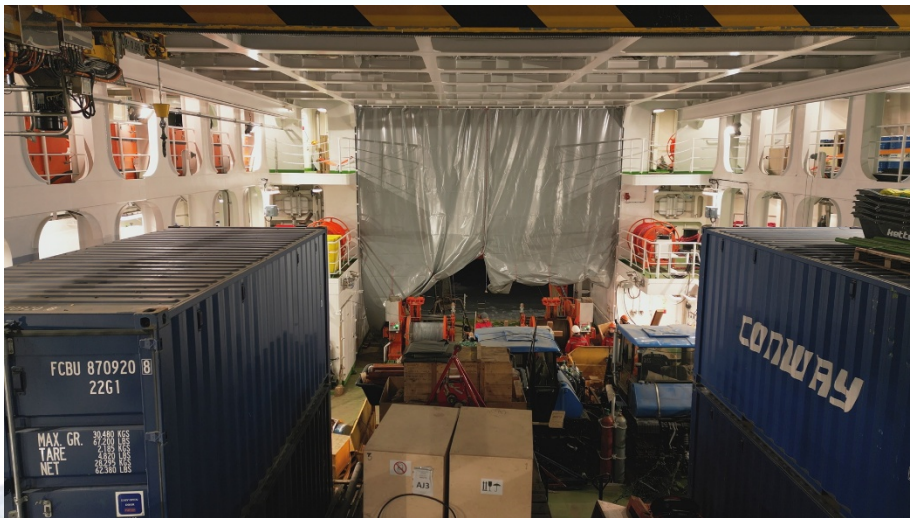
Практическая реализация дрейфующих станций типа «судно-лед» началась после ввода в эксплуатацию судна «Северный Полюс» (проект: 00903, класс: КМ Arc5 AUT-1С HELIDECK-F), построенного на Адмиралтейских верфях в Санкт-Петербурге и предназначенного для создания на его основе постоянных дрейфующих станций — аналогично дрейфующим станциям Северный Полюс, размещавшимся на льду. Судно было спущено на воду в 2020 году, ввод в строй состоялся летом 2022 года. Первым применением судна стала экспедиция «Северный полюс-41» (сентябрь 2022 – май 2024).

Дрейфующая станция «судно-лед» СП-42

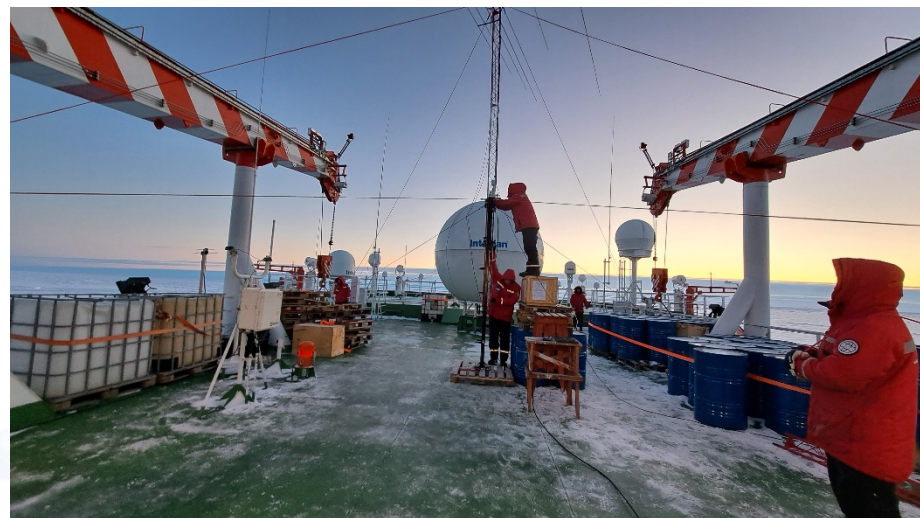


Рабочие площадки на борту ЛСП «Северный Полюс»

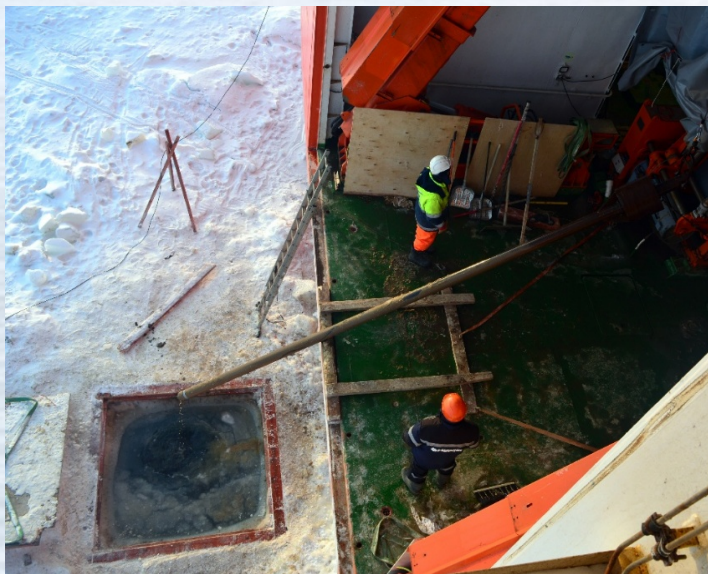
Ангар



Пеленгаторная палуба

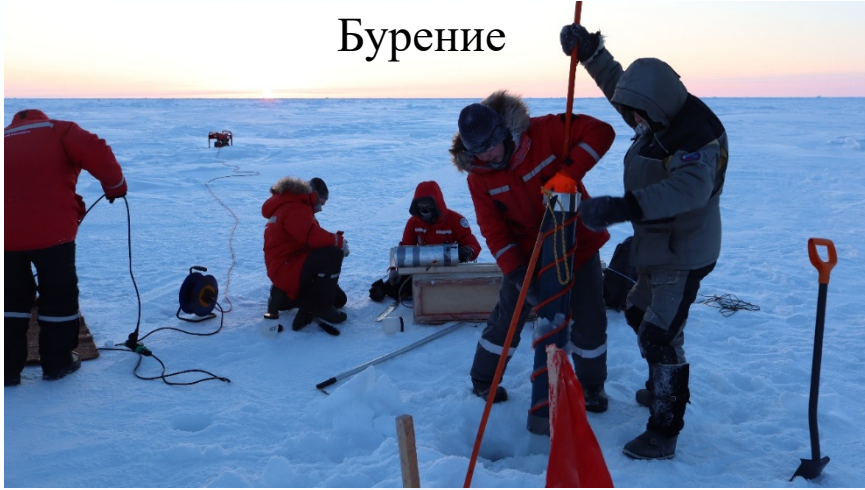


Кормовая зона



Работы на льду

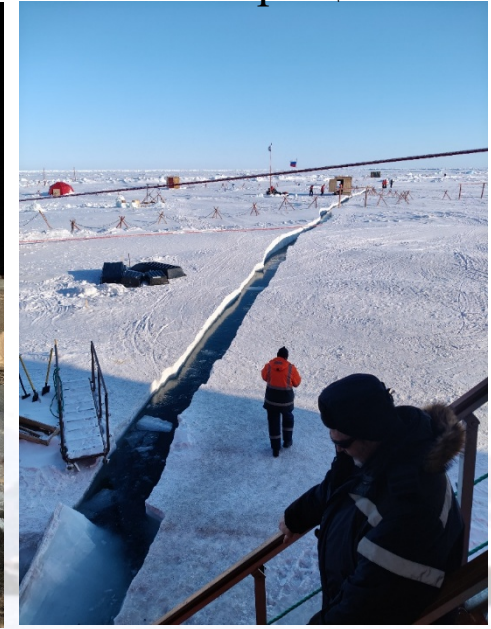
Бурение



Вырубка «кабана»



Исследование новой трещины



Подготовка к выезду на ледовый полигон



Пробоотбор в океанологическом терминале



В лабораториях на судне и на льду...

Гидрохимическая



Ледовая



Океанологическая



Геофизическая



Не лаборатория, но тоже важная работа...

Палатка океанологов

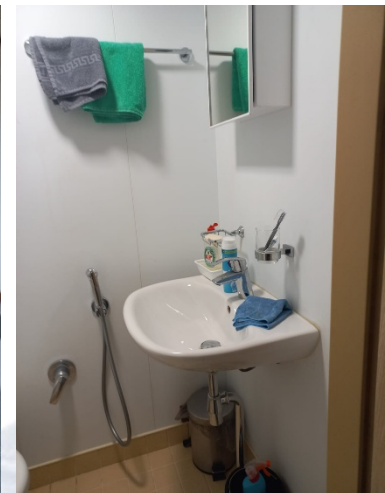


Палатка ледовиков



Быт полярников на ЛСП «Северный Полюс»

Панорама каюты



Столовая



Тренажерный зал



Научные программы экспедиций «СП-41» и «СП-42»

Атмосферные исследования: стандартные (8-ми срочные) метеорологические измерения, аэрологические зондирования (2 раза в сутки). Специальные метеорологических наблюдений за содержанием водяного пара, газовым составом атмосферы, температурно-ветровыми параметрами атмосферы, характеристиками снежного покрова и др. В период полярного дня актинометрических измерения суммарной и отраженной солнечной радиацией и ее спектрального состава.

Ледовые исследования: изучение физико-механических характеристик льда на полигонах ровного льда и грядках торосов. Измерения физических параметров льда и снега на ровном льду, у торосов и на консолидированном слое торосов, а также измерения прочности льда при центральном изгибе круглых пластин. Отслеживание консолидации наслоенного льда с помощью термокосы, мониторинг динамики льда с использованием измерительной системы, состоящей из трех разнесенных сейсмостанций. Специальные эксперименты: исследование внутреннего строения торосов с помощью электротермобурения, изучение расслоения льда при торошении.

Океанологические исследования: изучение структуры водных масс и тонкоструктурных термохалинных неоднородностей по маршруту дрейфа посредством ежедневного STD-зондирования со льда или с борта судна, непрерывная регистрация температуры в верхнем слое воды термокосой, непрерывные АДСП-измерения течений в верхнем 200-метровом слое.

Гидрохимические и экологические исследования: отбор проб морской воды со стандартных горизонтов и горизонтов, определенных согласно STD-профилированию, с последующим проведением гидрохимических анализов. Послойный отбор проб кернов льда и интегральных проб снега на ледовых полигонах с последующим лабораторным анализом. Отбор и консервация проб на органические загрязнители, тяжелые металлы в воде, льду и снегу для последующего анализа на берегу.

Научные программы экспедиций «СП-41» и «СП-42» (продолжение)

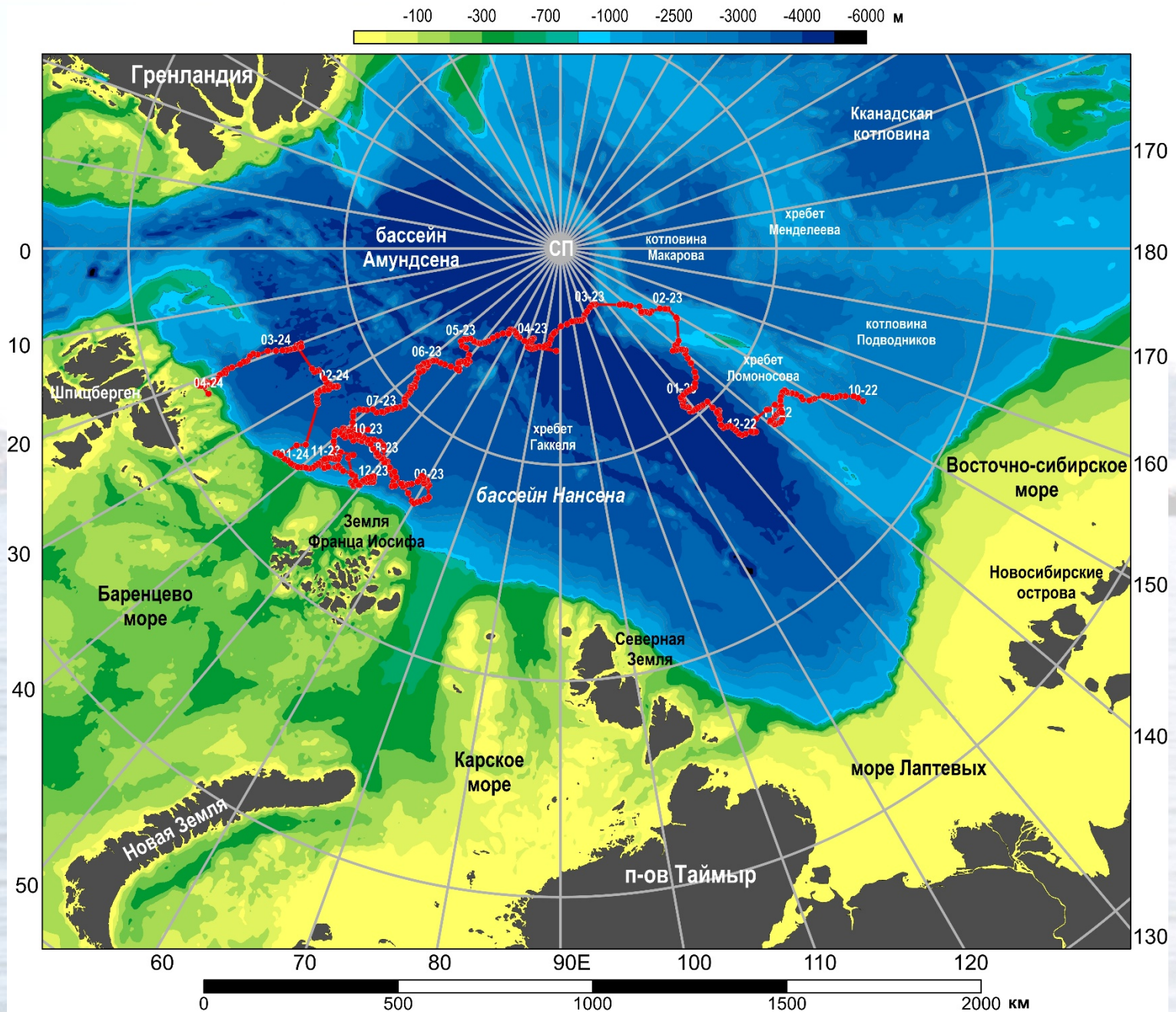
Гидробиологические исследования: отбор проб зоопланктона сетью Джели по маршруту дрейфа – облов поверхностного слоя 0 -100 м чередовался с послойным обловом всей водной толщи от дна до поверхности на стандартных горизонтах. Отбор проб фитопланктона по маршруту дрейфа сетью Апштейна с фиксацией формалином для дальнейшей обработки в стационарных условиях. В дополнение к пробам фитопланктона, отбирались пробы на содержание хлорофилла А. Отбор проб ледовых кернов для исследования криофауны производился 3 раза в месяц.

Геологические исследования: пробоотбор грунтовой трубкой, дночерпателем «Океан» и бокс-корером. Частота точек опробования определялась особенностями рельефа дна и скоростью дрейфа. Извлеченная из трубки колонка частично сохранялась для дальнейшего отбора проб на палеомагнитный анализ, гранулометрический и минералогический анализ и споро-пыльцевой анализ в стационарной лаборатории, а частично использовалась для набортных экспресс-анализов. Из дночерпателя отбирался поверхностный и подповерхностный интервалы на литолого-минералогические и на органо-геохимические исследования. Проводились дозиметрические и радиометрические измерения.

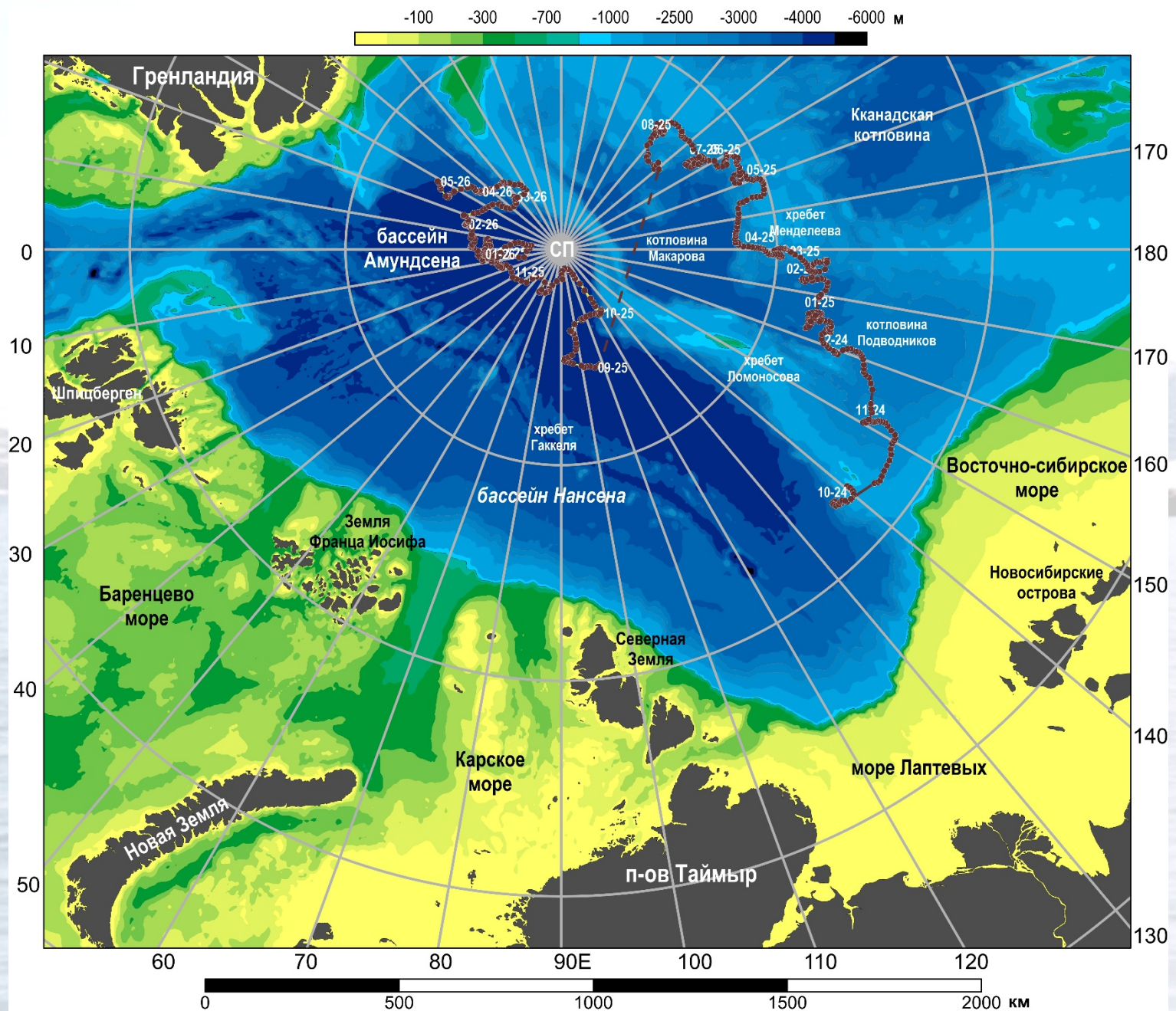
Геофизические исследования: непрерывная регистрация абсолютных значений и вариаций модуля магнитного поля Земли и ее трех составляющих, постоянная регистрация разнесенных датчиков ГЛОНАСС/GPS, тестирование погружного дифференциального магнитометра, наблюдения за пространственной структурой сверхнизкочастотных и особо низкочастотных излучений, наклонное зондирование ионосферы, наблюдения за уровнем ультрафиолетового индекса.

Изучение прочностных характеристик ЛСП: непрерывная регистрация данных о напряженно-деформированном состоянии корпуса при действии ледовых сжатий, сопровождаемых разрушением льда под бортом платформы, испытания образцов по определению прочностных свойств базового ледяного поля, регистрация данных подсистемой мониторинга напряженно-деформированного состояния базового ледяного с помощью выносных вмораживаемых датчиков давления, толщиномерная съемка вокруг бортов судна.

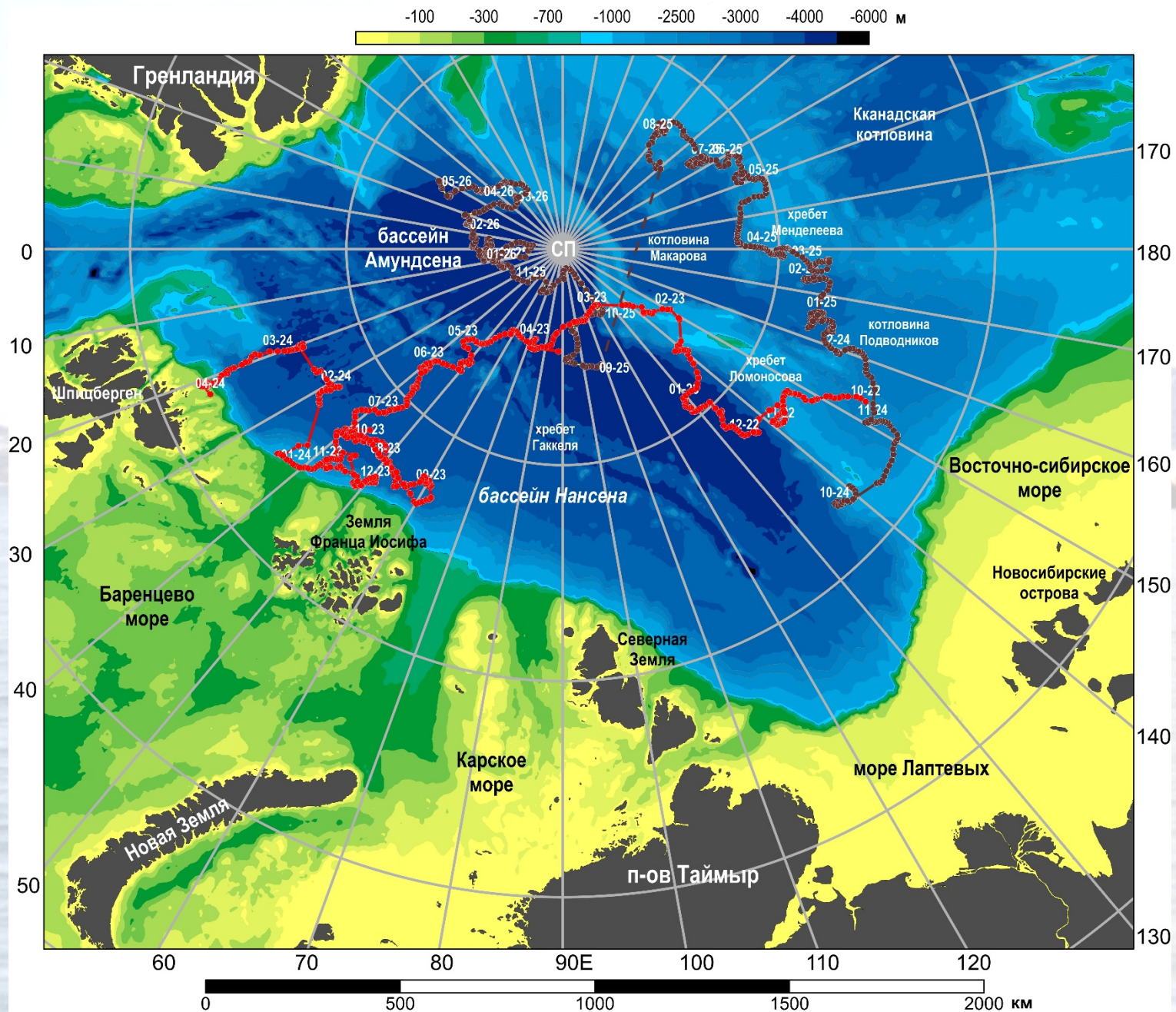
Траектория дрейфа «СП-41» с 10.2022 до 05.2024



Траектория дрейфа «СП-42» с 10.2024 до 05.2026

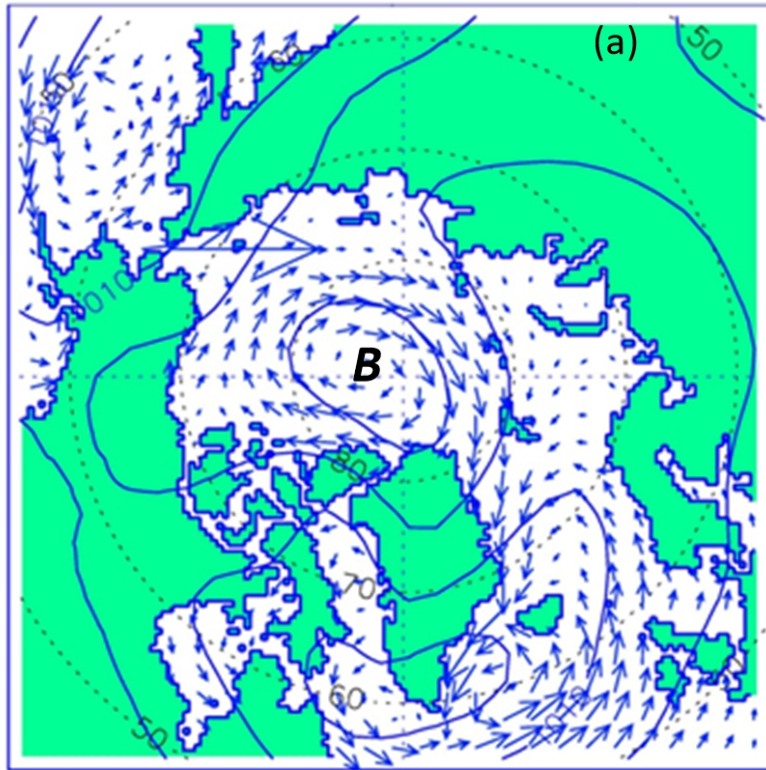


Траектории дрейфа «СП-41» и «СП-42»

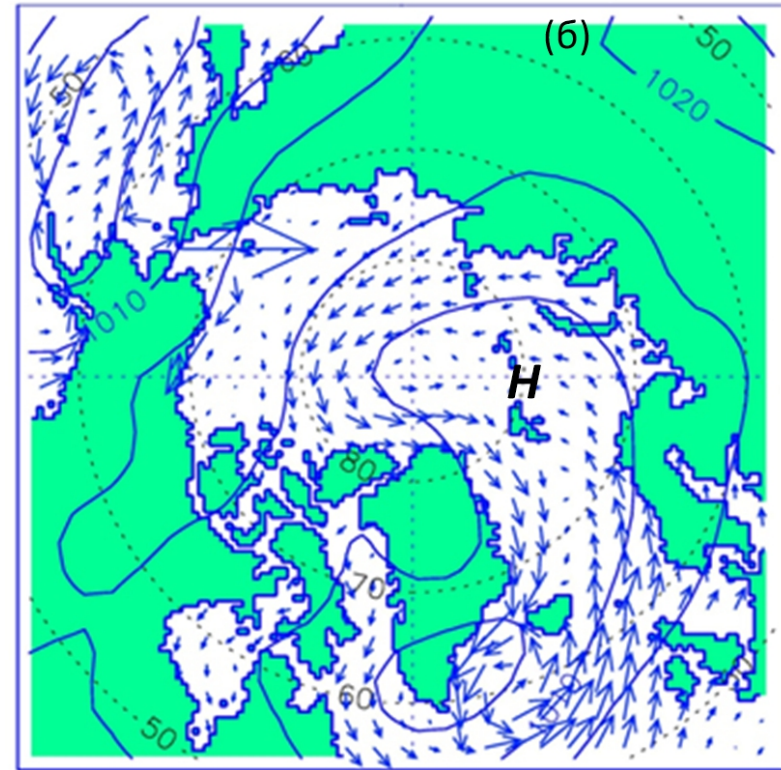


Основные режимы атмосферной циркуляции над СЛО

Антициклонический (А)

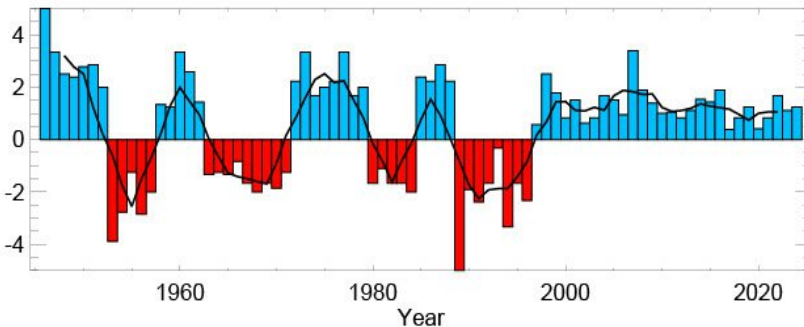


Циклонический (Ц)



[Proshutinsky and Johnson, 1997]

AOO index



Предположительно, летом 2023 года произошла перестройка режима атмосферной циркуляции с «А» на «Ц»? Результатом этого стало смещение СП-41 на юго-восток во второй половине 2023 года и генеральный северо-восточный дрейф СП-42 с октября 2024 до сентября 2025 г.

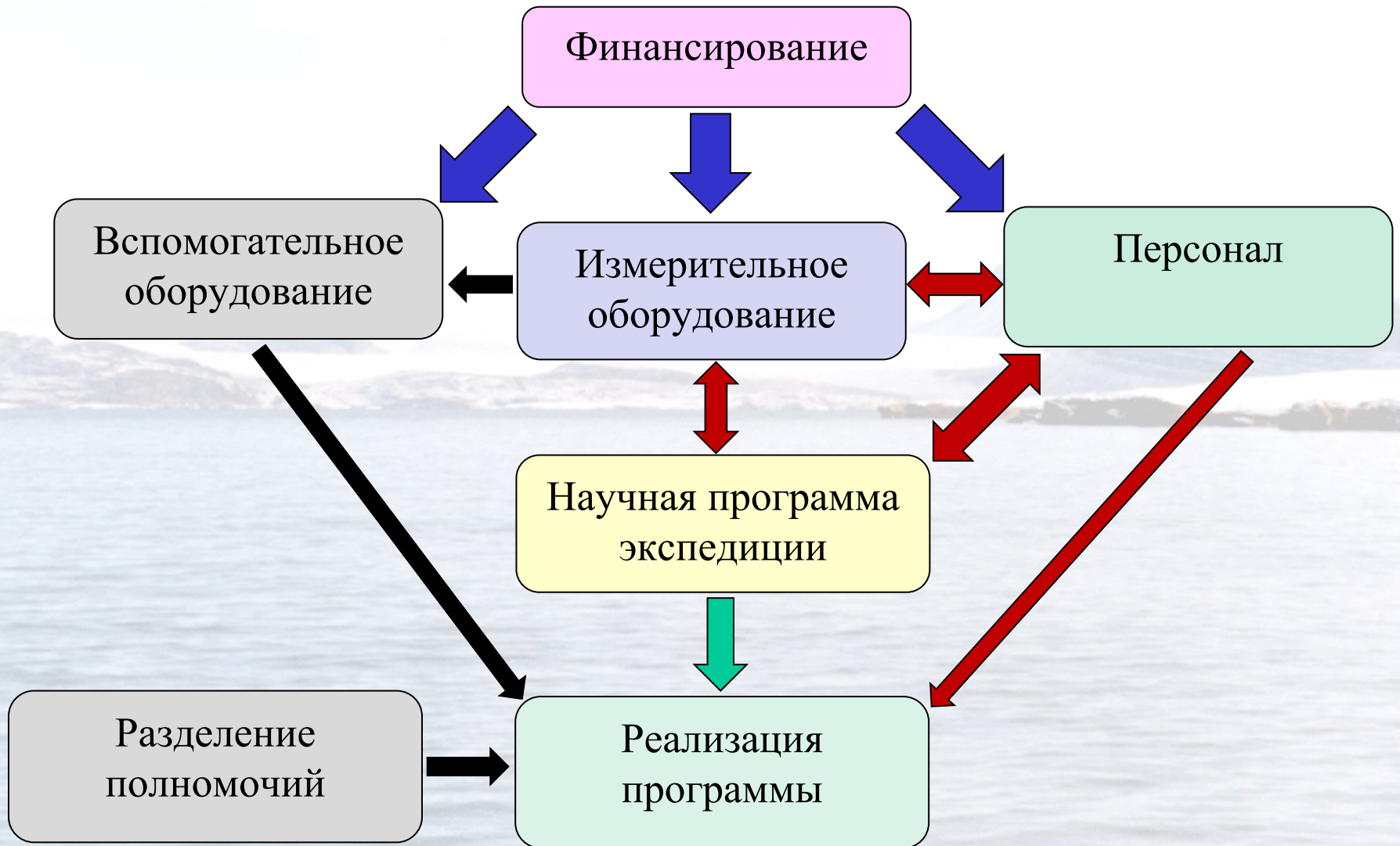
Технология наблюдений с дрейфующих станции в СЛО: достоинства и недостатки

- ✓ Возможность круглогодичного мониторинга гидрометеорологических процессов в труднодоступных районах.
- ✓ Возможность постановки специальных натуральных экспериментов в различные сезоны года.
- Отсутствие контроля за перемещением дрейфующей платформы: измерения проводятся не там, где предпочтительнее, а там, где окажется ледовый лагерь.
- Продолжительное время нахождения участников в экспедиции без возможности ротации – сложность с подбором квалифицированных кадров.
- Значительные финансовые затраты.

Что предпочтительнее: традиционные дрейфующие станции или дрейфующие станции «судно-лед»?

<i>Традиционные дрейфующие станции</i>	<i>Дрейфующие станции «судно-лед»</i>
<i>Отсутствие влияния судна на состояние ледяного поля</i>	<i>Судно существенно влияет на состояние ледяного поля</i>
<i>Отсутствие влияния судна на результаты измерений</i>	<i>Влияние судна возможно на некоторые результаты измерений</i>
<i>Единоначалие – ответственность за безопасность, жизнеобеспечение участников и выполнение научной программы лежит на начальнике экспедиции</i>	<i>Ответственность за безопасность и жизнеобеспечение участников экспедиции лежит на капитане судна. Начальник экспедиции отвечает за выполнение научной программы</i>
<i>Высокий риск для безопасности участников экспедиции при возникновении нештатных ситуаций</i>	<i>При возникновении нештатных ситуаций, работы на льду могут быть прерваны, а участники эвакуированы на борт судна</i>
<i>«Спартанские» условия проживания</i>	<i>Комфортные условия проживания</i>
<i>Необходимость проведения полномасштабной спасательной операции в случае критического разрушения ледяного поля</i>	<i>Перенос дрейфующей станции на другое ледяное поле в случае разрушения исходного</i>

В чем секрет успеха?



Для чего в настоящее время нужны экспедиции в СЛО в формате обитаемой дрейфующей платформы?

1. Для получения новых данных об окружающей среде Арктики
2. Для постоянного присутствия в Северном Ледовитом океане и демонстрации возможностей РФ для изучения/освоения северных территорий
3. Для подтверждения статуса ААНИИ, как ведущего научно-производственного центра РФ, в задачи которого входит изучение природной среды Арктики и информационного обеспечения государственных и коммерческих структур, осуществляющих свою деятельность в арктическом регионе
4. Для реализации личных мотивов участников экспедиции (научный интерес, финансовая поддержка, романтика, уход от обыденности...)

ПЕРСПЕКТИВА....?

В 21-м веке гидрометеорологические исследования в Арктике активизировались благодаря массовому внедрению в практику дистанционных методов зондирования и автономных измерительных приборов. Этому также способствовало, повышение мощности вычислительных комплексов, позволяющих на качественно новом уровне осуществлять обработку и усвоение данных наблюдений.

Означает ли это, что эпоха целенаправленных морских экспедиций в Северный Ледовитый океан на научно-исследовательских судах и дрейфующих обитаемых платформах уходит в прошлое?



**СПАСИБО всем коллегам,
собранным уникальные данные
на «СП-41», продолжающим
свою ежедневную работу на
«СП-42» и экипажу ЛСП
«Северный Полюс»!**

**Немного иллюстраций из истории
СП-42...**



Ледовый лагерь «СП-42» ноябрь 2024

Палатка ледоисследователей и
океанологический терминал

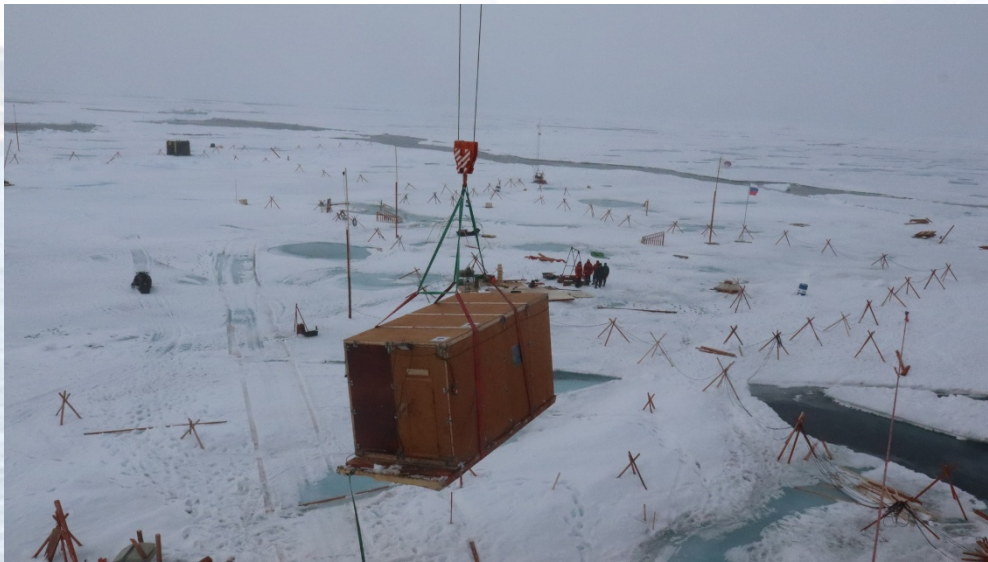


Метеодомик №1 уплыл вместе
с метеоплощадкой



Ледовый лагерь «СП-42» – июль 2025

Пора выносить вещи из
океанологического терминала



Эвакуация метеодомика



Фирменный лифт ЛСП

Зоопарк «СП-42»

Кольчатая нерпа жила в майне океанологического терминала около 2-х зимних месяцев



Пуночка появилась в лагере в апреле и прожила в сделанном для нее домике до конца июля



На «СП-42» медведи своим посещением не баловали (что и к лучшему) и за все время дрейфа посетили лагерь лишь трижды

И праздники тоже были...



Поздравление на 8 марта



Лучшая половина команды «СП-42»



Футбольный матч в День России



Битва титанов