

ИЗУЧЕНИЕ АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ

Арктика

Создание системы гидрометеорологических наблюдений в Арктике, развитие научно-исследовательских работ и использование научных результатов в практике хозяйственного освоения Северного морского пути в послевоенный период являются прямым продолжением мероприятий, начатых в 1930-е годы. Именно в эти годы были сформулированы основные направления изучения Северной полярной области, опробованы методы и средства их реализации, подготовлены кадры, которые могли бы обеспечить успех дела. Не удивительно поэтому, что возобновившиеся прерванные войной исследования увенчались быстрым прогрессом научных знаний об Арктике. Принимая во внимание, что послевоенные исследования Арктического института являются логическим продолжением работ предшествующего периода и могут быть правильно поняты лишь в контексте общего развития событий в Арктике, целесообразно дать краткий обзор последних.

Два события на пороге четвертого десятилетия XX в. послужили мощным толчком к исследованию Арктики и ускорению ее хозяйственного освоения. Первое из этих событий — подготовка и проведение Второго международного полярного года (1932—1933 гг.), когда СССР принял обязательства открыть в зоне своей ответственности на побережье и островах Северного Ледовитого океана ряд наблюдательных станций и развернуть экспедиционные исследования на пространстве от Баренцева до Чукотского моря. И второе — успешное плавание экспедиции Всесоюзного арктического института на ледокольном пароходе „Сибиряков” вокруг Северной Земли и далее вдоль побережья Сибири до Берингова пролива в навигацию 1932 г., послужившее решающим аргументом для принятия Постановления СНК СССР от 20 декабря 1932 г. об организации Главного управления Северного морского пути (Главсевморпути). Начальником Главсевморпути был назначен академик О. Ю. Шмидт, его заместителями — Г. А. Ушаков и С. С. Иоффе. Решение задач научного характера в этом Постановлении, в основном ориентированных на

нужды и запросы арктического мореплавания и быстрейшее освоение морского пути вдоль побережья Сибири, возлагалось на Всесоюзный арктический институт, который передавался из ЦИК СССР в ведение нового главка. В круг первоочередных научных задач входили: детальное изучение арктических морей в физико-географическом отношении, в особенности их ледового режима и факторов, которые его определяют; разработка на этой основе долгосрочных прогнозов состояния льда для планирования навигации по Северному морскому пути (СМП); организация ледовой авиаразведки и обустройство СМП в навигационном отношении. Никогда ранее к решению народнохозяйственной проблемы такой важности и такого масштаба не привлекались такие огромные научные силы. Это было связано с исключительными суровыми природными условиями Арктики, которые ограничивали возможность хозяйственной деятельности и самой жизни человека в полярных районах. Выявить эти возможности, изучить их и научиться использовать для нужд арктического мореплавания — такая задача не могла быть успешно решена без широкого участия науки.

Организация и выполнение этих работ потребовали огромных усилий. Поэтому уже в первые годы работы нового главка одновременно с осуществлением плаваний по Северному морскому пути начали выполняться в невиданных ранее масштабах съемки береговой черты, промеры морских глубин, изучение физического и химического состояния вод, морских течений, приливов, метеорологических и ледовых условий, магнитного поля и т. п. В Главсевморпути передавалась существовавшая в Арктике и на севере страны сеть метеорологических станций. Так как этих станций было недостаточно для обеспечения безопасного мореплавания по всему СМП, то началось расширение сети с таким расчетом, чтобы к концу второй пятилетки довести число полярных станций до 89. До организации в рамках Главсевморпути специального управления строительство полярных станций, их обеспечение, подбор и обучение персонала осуществлял Арктический институт.

И планы эти успешно выполнялись. Если в 1931 г. в пределах Российской Арктики наблюдения проводили 17 полярных станций, то к 1942 г. их число возросло до 75. Из этих станций 32 работали на побережье и островах Баренцева и Карского морей,

16 — в море Лаптевых, 14 — в Восточно-Сибирском море и 13 станций — в Чукотском море и Беринговом проливе. На всех береговых и островных станциях велись метеорологические, прибрежные ледовые и гидрологические наблюдения, наблюдения за колебаниями уровня моря. На 15 станциях производились запуски радиозондов (за одну зимовку 1940/41 г. их было выпущено более 1900), на 6 проводились актинометрические и магнитные наблюдения и на 2 — ионосферные. Часть из этих станций располагалась в удаленных и труднодоступных районах, в частности, на островах Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа, Северной Земли, Новосибирских островах, островах Де-Лонга и Врангеля. Эти вновь построенные станции становились опорными пунктами для проведения разнообразных научно-исследовательских работ. Большой размах в эти годы получили полевые исследования по геологии, геоморфологии, геоботанике, морской биологии, океанографии, геофизике, метеорологии, гидрографии, гидрологии суши, географии и ряду других научных дисциплин. Достаточно сказать, что только Арктический институт в период между 1920-ми и 1940-ми годами осуществил на пространстве от Кольского полуострова до мыса Дежнева свыше 175 морских и сухопутных экспедиций, 85 % которых приходится на 1933—1940-е годы. В их числе такие всемирно известные экспедиции, как экспедиции на „Сибирякове“, экспедиционном судне ГОИН „Н. Книпович“ (1932 г., экспедиция ГОИН), ледокольных пароходах „Челюскин“ (1933—1934 гг.) , „Садко“ (1935, 1936, 1937 гг.), „Г. Седов“ (1937—1940 гг.) и на дрейфующей станции „Северный полюс“ (1937—1938 гг.). О динамике морских исследований в предвоенные годы можно судить по следующим данным: если в течение 1878—1917 гг. в Карском море было выполнено всего 160 глубоководных станций, то в 1918—1932 гг. — уже 674, а в 1933—1943 гг. — 3433. В море Лаптевых за период с 1919 по 1932 г. было сделано 48 таких станций, а с 1933 по 1943 г. — 956. В наименее изученном Восточно-Сибирском море за весь период наблюдений до 1932 г. включительно были выполнены 123 глубоководные станции, а с 1933 по 1943 г. их число достигло 555. В Чукотском море в 1826—1932 гг. число выполненных глубоководных станций составило 118, а в 1933—1943 гг. — 1601. Вместе с тем в течение 1933—1943 гг. в арктических морях было выполнено 955 циклов

ежечасных 15- и 30-суточных наблюдений за колебаниями уровня моря, произведено около 108 тыс. измерений течений, выпущено 1200 дрейфующих буюв и 700 бутылок. Результаты исследований по морской тематике публиковались в сборниках „Советская Арктика“, „Проблемы Арктики“, в „Материалах по изучению Арктики“, „Трудах Арктического института“, „Бюллетенях Арктического института“ и многочисленных монографиях, каталогах и ежегодниках. Общее число публикаций по этой тематике к 1943 г. достигло 150 единиц.

В навигацию 1936 г. приступили к работе экспедиции Ледового патруля, в задачу которых входило слежение за положением кромки дрейфующих льдов, выполнение океанографических и метеорологических наблюдений в открытом море. В августе—сентябре 1936 г. первая такая экспедиция работала в юго-западной части Карского моря на зверобойном боте „Нерпа“ под руководством К. А. Гомоюнова. В июне—октябре следующего, 1937 г., экспедиция патрулировала кромку льдов в Гренландском и Карском морях. В июле—сентябре 1938 г. эти работы были перенесены в северо-восточную часть Карского моря и в пролив Вилькицкого. В навигацию 1940 г. шхуна „Смольный“ приступила к работе по программе Ледового патруля на восточном участке СМП (Чукотское море). Систематические исследования по этой программе в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском начались несколько позже. Три экспедиционных судна ежегодно в навигационный период осуществляли по 2—4 океанографические съемки по всему СМП. Данные Патрулей направлялись в научно-оперативные группы при штабах морских операций, где использовались при разработке прогнозов и навигационных рекомендаций.

Морские льды — главное препятствие для мореплавания в Арктике. Поэтому наблюдению за льдами, изучению их режима придавалось первостепенное значение еще в 1920-е годы при обеспечении плавания судов в устьях Оби и Енисея. Первоначально ледовые наблюдения проводились с береговых станций и судов попутно с выполнением ими своих основных функций. Эти наблюдения не могли даже в малой степени удовлетворить нужды мореплавания. Привлечение авиации, снимавшей ограничения, присущие судовым и прибрежным наблюдениям, и открывавшей широкие возможности для наблюдения за льдами в открытом

море, было лишь вопросом времени. В 1932 г. основным источником сведений о сложившихся ледовых условиях на СМП все еще оставались суда, плавающие в Арктике. Эти сведения носили отрывочный характер и не давали сколько-нибудь полной картины распределения льда на пути следования транспортных судов и ледоколов. Чтобы дать импульс широкому использованию авиации для освещения обстановки в открытом море, в 1933 г. при Главсевморпути было образовано Управление воздушной службы (впоследствии Управление полярной авиации). К этому времени был накоплен некоторый опыт полетов в море для разведки морских льдов. В 1936 г. мореплавание по СМП обеспечивали уже 10 самолетов, при этом ледовую разведку выполняли сами члены экипажа — летчик или штурман. Лишь в самом конце 1930-х годов в связи с возросшими требованиями к качеству авиаразведки льдов к этой работе стали привлекаться подготовленные наблюдатели. С этого времени самолет становится основным средством сбора ледовой информации. На профессиональную основу ставятся также разработка способов количественной оценки характеристик ледяного покрова, картирование результатов авиаразведки и их практическое использование. Пришло осознание и того факта, что решение чисто утилитарных задач только по проводке во льдах транспортных судов и ледоколов крайне ограничивает использование результатов авиаразведок в научном отношении. Это привело к признанию необходимости регулярных авианаблюдений по всему Северному морскому пути и не только в летний период. Уже в 1939 г. была выполнена первая преднавигационная разведка морских льдов по всем арктическим морям. Так в течение одного десятилетия был осуществлен переход от эпизодических наблюдений морских льдов в отдельных пунктах к их регулярной площадной съемке по всей акватории арктических морей.

В конце 1930-х годов, когда проблема „информационного голода” о текущей гидрометеорологической обстановке в арктических морях в первом приближении была решена, остро встал вопрос об эффективном использовании этой информации для нужд флота и в прогностических целях. В 1934 г. при Главсевморпути было создано Межведомственное бюро ледовых прогнозов. В его состав, помимо О. Ю. Шмидта (председатель), вошли Б. П. Мультиановский, В. Ю. Визе, Н. Н. Зубов, Л. Ф. Рудовиц,

В. В. Шулейкин. Ученым секретарем был приглашен С. Д. Лаппо. В состав бюро прогнозов вошли представители флота, Гидрографического управления, Главной геофизической обсерватории, авиации. Бюро должно было в начале декабря представлять предварительный ледовый прогноз, в марте — основной прогноз, в мае — уточненный. Первый ледовый прогноз на предстоящую навигацию 1935 г. был представлен Н. Н. Zubовым. Однако этих мер все же оказалось недостаточно. Среди причин крайне неудачной навигации 1937 г., закончившейся зимовкой в Арктике нескольких десятков транспортных судов и ледоколов, называлось и слабое научное обеспечение мореплавания. Чтобы исправить положение, в августе 1938 г. Правительство СССР принимает решение об изменении структуры Главсевморпути и организации навигаций. Функции, не свойственные Главсевморпути, были переданы в другие ведомства. Его основные усилия отныне направлялись на превращение Северного морского пути в нормально действующую транспортную магистраль. Изменения затронули и Арктический институт, который до этого выполнял исследования по всему кругу научных дисциплин по арктическому региону. Теперь он стал называться Арктическим научно-исследовательским институтом Главсевморпути, главными задачами которого стали изучение гидрометеорологического режима арктических морей и разработка методов ледовых прогнозов. Вместо Межведомственного бюро ледовых прогнозов в Москве в Арктическом институте был открыт отдел ледовой службы, который занимался сбором, обобщением знаний о морских льдах и разработкой методов ледовых прогнозов, в том числе долгосрочных. При штабах морских операций в западном, центральном и восточном районах СМП стали работать группы специалистов по морской гидрологии и синоптике. На основе текущей, исторической и прогностической гидрометеоинформации они совместно с моряками разрабатывали навигационные рекомендации по зонам своей ответственности и осуществляли проводку транспортных судов и ледоколов. Принятые меры оказались своевременными, эффективными и сыграли важную роль в организации научно-оперативного обеспечения морских операций на СМП в военные годы и в послевоенный период.

Предвоенный период завершился тремя выдающимися экспедициями, проведенными в самом „сердце” Северного Ледовитого

океана и оказавшими сильное, можно сказать определяющее, влияние на всю последующую стратегию исследований в Арктике. Это дрейфующая станция „Северный полюс” (начальник И. Д. Папанин), экспедиция на полюс относительной недоступности на самолете „СССР Н-169” (командир И. И. Черевичный, начальник экспедиции Я. С. Либин) в 1941 г. и экспедиция на ледокольном пароходе „Г. Седов” (капитан К. С. Бадигин). Значение двух первых экспедиций (инициаторами их были О. Ю. Шмидт и В. Ю. Визе) состояло не только в том, что были получены ценные научные результаты, но и в том, что они были получены новым способом. Ранее недоступное для исследований околополюсное пространство было покорено с помощью авиации. Долгое время считалось, что посадка самолетов на неподготовленные ледяные поля, тем более тяжелых самолетов, невозможна из-за сильной неровности их поверхности, наличия ропаков и торосов. Успешный опыт посадок во время челюскинской эпопеи (1934 г.) и эвакуации людей с судов, застрявших во льдах на севере моря Лаптевых (1938 г.), мужество и мастерство полярных летчиков позволяли надеяться на возможность таких посадок и в центре Арктики.

Необходимость исследований центральной части Северного Ледовитого океана становилась все более очевидной по мере того, как накапливались знания об окраинных морях. Эти моря широко открыты в Арктический бассейн и подвержены его влиянию. Выяснение этого влияния на гидрометеорологические процессы на СМП становится первоочередной задачей полярной науки. Центральная Арктика была слабо изучена и в чисто географическом отношении. Ее западная часть, лежащая к северу от Гренландии, Канадского Арктического архипелага и Аляски до географического полюса, вообще была не исследована. Изучение мелких географических объектов на самой окраине океана с их закономерностями не позволяло получить полное представление об Арктическом бассейне.

Успешное завершение высокоширотных экспедиций, новизна и значимость полученных результатов давали надежду на скорое продолжение работ на дрейфующих станциях и на выполнение съемок с помощью самолетов-лабораторий. Однако началась Великая Отечественная война, и надеждам не суждено было осуществиться. Финансовые и материальные ресурсы теперь на-

правлялись на поддержание наблюдательной сети, производство ледовых авиаразведок, обеспечение нужд военно-морского флота и транспортных перевозок по СМП. Военные действия распространились на Баренцево и Карское моря. Немецкие подводные лодки и надводные корабли топили суда, разрушали полярные станции. Летом 1941 г. подверглась нападению и была разрушена полярная станция Малые Кармакулы (Новая Земля), подверглись обстрелу порт и полярная станция на острове Диксон. В навигацию 1943 г. подводными лодками противника были разрушены станции на острове Правды и в заливе Благополучия, а летом 1944 г. — на мысе Стерлегова. Полярные станции на мысе Желания (Новая Земля) и в бухте Тихой (Земля Франца-Иосифа) были закрыты из-за невозможности их снабжения. Несмотря на это, вывести из строя метеорологическую сеть, прервать транспортные перевозки на западном участке СМП немцам так и не удалось. Напротив, в годы войны были открыты 9 новых станций. Среди них станции на мысе Медвежье в проливе Санникова, острове Андрея, озере Таймыр, острове Малый Таймыр. Большую работу за годы войны провела ледовая авиаразведка. В 1941—1945 гг. было выполнено 173 облета арктических морей и 469 навигационных ледовых авиаразведок, сопровождаемых проводкой отдельных судов и караванов. Напряженную работу провели научно-оперативные группы Арктического института в штабах морских операций на западе, в центре и на востоке Северного морского пути. Не прекращали свою работу и научные сотрудники Арктического института, эвакуированного из блокадного Ленинграда в Красноярск. Они разрабатывали новые методы прогнозов погоды и ледовой обстановки, навигационные пособия и справочники, выполняли научно-исследовательские работы. В 1944 г. вышла из печати книга В. Ю. Визе „Основы долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей”, обобщившая опыт прогнозирования ледовых условий в Арктике. Накануне войны увидела свет его монография „Климат морей Советской Арктики” (1940 г.), а также коллективный капитальный труд „Климат Советского сектора Арктики”. К этому времени относится и публикация книги Н. Н. Зубова „Льды Арктики”.

В середине 1940-х годов в связи с широким использованием авиации для ледовой разведки патрулирование судами внешней границы льдов стало неактуальным. С этого времени главными

задачами этих экспедиций становятся океанографические съемки, метеорологические наблюдения в открытом море, наблюдения за волнением, цветом и прозрачностью морской воды, измерение морских течений. Собранные ими многочисленные и разнообразные материалы за более чем 40-летний период явились надежным фундаментом для исследований гидрологического режима арктических вод. Общее число глубоководных гидрологических станций, выполненных в арктических водах Ледовыми патрулями, составляет более 5700. Этот обширный фактический материал о физико-химических характеристиках вод в навигационный период нашел широкое применение при подготовке очерков для лоций арктических морей, пособий, атласов, монографий и статей. Кроме того, Ледовые патрули были хорошей школой для практической подготовки молодых специалистов, составлявших, как правило, основу наблюдательского состава этих экспедиций. К сожалению, в начале 1980-х годов экспедиции Ледового патруля прекратили свою работу, и регулярные наблюдения в морях в летний период, данные которых очень важны для изучения климата океана, более уже не проводились.

Экспедиционные исследования в послевоенный период

После окончания Великой Отечественной войны изучение Арктики в гидрометеорологическом отношении получило дальнейшее развитие. Первые научные результаты, полученные еще в 1930-е годы, были востребованы и основные направления гидрометеорологических исследований были продолжены в новых условиях. В структуре Арктического института появляются отдел ледовых прогнозов, прогнозов погоды, ледоисследовательская лаборатория, морской отдел. Вместе с тем возобновляются работы по геологии, геоморфологии морского дна, географии, истории исследования. Институт вновь становится научным учреждением, проводящим комплексные исследования. Была расширена, укреплена и оснащена новыми приборами наблюдательная стационарная сеть на побережье Северного Ледовитого океана и на арктических островах. В 1957 г. работали уже 103 полярные станции, 23 из которых, в дополнение к обычной программе, вели аэрологические наблюдения (с 1948 г. эти стан-

ции перешли на регулярный выпуск двух радиозондов в сутки) и 15 — актинометрические наблюдения. Непрерывно увеличивался объем выполняемых наблюдений. Об этом можно судить хотя бы по числу выпущенных радиозондов. Если в период 1943—1948 гг. число запусков составило 5433, то в 1948—1952 гг. — 27 880, а в 1953—1957 гг. — уже 58 288.

В настоящее время арктическая наблюдательная сеть состоит из 53 станций, что в 2 раза меньше, чем в 1980-е годы. На 12 из этих станций проводятся аэрологические наблюдения, на 6 — геофизические, на 9 — наблюдения за актинометрическими величинами.

В связи с расширением институтом работ в Центральной Арктике в 1953 г. по инициативе Главсевморпути на острове Диксон, в бухте Тикси, в Певеке и Баренцбурге (Шпицберген) были открыты научно-исследовательские обсерватории. Расположенные на побережье и островах Северного Ледовитого океана, эти обсерватории осуществляли методическое руководство наблюдениями на полярных станциях, научно-оперативное обеспечение мореплавания на СМП, участвовали в работах экспедиций Ледового патруля, в ледовой авиаразведке, а также вели научно-исследовательскую работу по своим регионам. В 1955 г. обсерватории вошли в состав Арктического научно-исследовательского института. Укомплектованные в основном молодыми специалистами, обсерватории послужили для них хорошей школой организации и постановки наблюдений в полевых условиях, анализа и обобщения полученных данных, участия в научной тематике. Многие из этих специалистов в дальнейшем продолжили работу в Арктическом институте и других научно-исследовательских учреждениях страны и добились заметных успехов. В середине 1960-х годов все арктические научно-исследовательские обсерватории были переданы в состав территориальных управлений Гидрометслужбы. В 1972 г. был открыт Мурманский филиал института с целью усиления исследовательских работ на акваториях Норвежского, Гренландского и Баренцева морей и более полного обеспечения народнохозяйственных организаций страны гидрометеорологической информацией по этому региону.

На регулярной основе стала проводиться авиационная разведка состояния льдов в навигационный (июнь—октябрь), преднавигационный (март—май) и посленавигационный периоды. В

самом начале октября 1945 г. на двухмоторном самолете „Н-331” (командир М. А. Титлов, научный работник М. М. Сомов) была выполнена авиаразведка по маршруту мыс Челюскин—Северный полюс—Чокурдах (низовье р. Индигирки). В полете без посадки в течение 15,5 часа впервые были собраны сведения о состоянии льдов в Центральной Арктике в осеннее время. За пять послевоенных лет (1946—1950 гг.) сотрудниками Арктического института было выполнено 1697 авиаразведок льдов, а за 1951—1959 гг. — 5749. Это обеспечивало нужды развивающегося арктического мореплавания. Вместе с тем авиаразведки выполняли мониторинг распределения и состояния льдов от Баренцева до Чукотского моря, материалы которого использовались для исследования ледового режима. Временные рамки наблюдений постепенно раздвигались и вскоре достигли 3/4 года (с марта по октябрь). Совершенствовалась методика ледовых наблюдений, система условных обозначений для ледовых карт, расширялась номенклатура наблюдаемых ледовых характеристик. Большой вклад в развитие авиационной ледовой разведки на этапе ее становления внесли летчики полярной авиации. В 1962 г. вышло в свет „Руководство по производству ледовой авиационной разведки”, в котором закреплялся накопленный опыт ее организации и проведения.

В 1960—1970-е годы произошли серьезные изменения как в организации ледовой разведки, так и в средствах и методах ледовых наблюдений. В практику ледовой авиаразведки внедрялись новое оборудование и приборы. Все более широкое применение находят дистанционные методы наблюдений (радиолокационная станция бокового обзора — РЛС БО, ИК-аппаратура, РЛС „Лед”) и ИСЗ. Обычными становятся плавания в Дудинку и на Ямал в условиях полярной ночи. Это заметно осложнило производство ледовых разведок. С учетом всех этих и некоторых других изменений потребовалась переработка „Руководства”. Это было сделано в 1981 г. С целью унификации ледовых наблюдений во всем мире была принята и опубликована новая „Номенклатура морских льдов”.

Однако в конце 1980-х годов начался закат визуальной ледовой разведки. Парк самолетов старел, нового пополнения не поступало. Это привело к сокращению, а затем и полному прекращению полетов. Наступили новые времена — ИСЗ становятся

главным средством наблюдений за распределением и состоянием морских льдов в Арктике.

Ледовая авиаразведка сыграла выдающуюся роль в изучении и освоении Северного морского пути, в организации рационального мореплавания в ледовитых водах, в исследовании ледяного покрова. Достаточно сказать, что собранные на регулярной основе сведения о распределении и состоянии полярных льдов послужили ценнейшим научным материалом для изучения ледового режима, динамики природной среды (в сезонном цикле, от года к году, от эпохи к эпохе) и разработки методов ледовых прогнозов.

В 1946 г. состоялась Восточная высокоширотная экспедиция на ледоколе „Северный полюс” под руководством И. В. Максимова. В соответствии с планом работ экспедиция должна была выйти из Владивостока, войти в Чукотское море, по меридиану 170° з.д. подняться до материкового склона и далее двигаться вдоль него на запад, проводя научные исследования. Восточная экспедиция должна была продолжить исследования по изучению природных условий и условий плавания по высокоширотной трассе СМП, начатые в середине 1930-х годов на ледокольном пароходе „Садко”. Предложение о плавании по этой трассе (севернее Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа, Северной Земли, Новосибирских островов и острова Врангеля) исходило от капитана экспедиционного судна „Н. Книпович” С. В. Попова. После успешных плаваний 1932 г. он направил в Правительство СССР „Записку об использовании северного варианта Северо-восточного прохода”. Речь шла, в сущности говоря, о реанимации так называемой теории открытого полярного моря, казалось бы, окончательно отвергнутой после многочисленных полярных экспедиций XVIII и XIX вв. В Записке обосновывалось мнение, что ледовые условия за северными границами окраинных морей должны быть более благоприятными для плавания, чем вдоль берегов Сибири. Совнарком поручил Главсевморпути срочно разработать программу экспедиции для обследования высокоширотного варианта Северного морского пути. На расширенном совещании сотрудников Арктического института и Гидрографического управления Главсевморпути летом 1933 г. по вопросу высокоширотного плавания было принято решение о необходимости выполнения научных исследований в районах предполагаемой трассы, прежде чем выносить решение о целесообразности ее использова-

ния. С этой целью в 1935—1937 гг. были предприняты плавания по западному участку предполагаемой высокоширотной трассы на „Садко”. Хотя сама идея о высокоширотной трассе как основной для плавания по Северо-восточному проходу оказалась несостоятельной, научные результаты экспедиции на „Садко” были весьма впечатляющими. Особенно успешным в научном отношении был рейс 1935 г. (начальник экспедиции Г. А. Ушаков, капитан Н. М. Николаев). Экспедиция на „Садко”, с очень сильным научным составом из разных научных учреждений страны, выполнила широкий комплекс наблюдений по океанологии, морской биологии, астрономии, геологии, гидрографии, геофизике на северных границах Гренландского, Баренцева и Карского морей с Арктическим бассейном. Экспедиция обогнула с севера Шпицберген, на севере Карского моря открыла остров Ушакова и достигла $82^{\circ} 41'$ с.ш. в северо-восточной части этого моря. Выполненная здесь гидрологическая станция показала глубину 2365 м, т. е. судно находилось за пределами материковой отмели. Важными результатами экспедиции явились уточнение глубин северной части Карского моря, открытие в материковой отмели глубоководных желобов, по которым теплая атлантическая вода из Арктического бассейна проникает в море. Наблюдения на 107 станциях в малоизученных районах Гренландского и Карского морей существенно дополнили знания об особенностях их гидрологического режима.

Вторая экспедиция на „Садко” состоялась в следующем году. В программу работ этой экспедиции входило исследование северной части моря Лаптевых, в особенности материковой отмели в районе Новосибирского архипелага, представлявшей большой интерес в геологическом отношении. К сожалению, экспедиция была прервана — судно было направлено на проводку транспортных судов. Работы возобновились в 1937 г. „Садко” вышел из Архангельска 26 июля и проливом Вилькицкого проследовал в море Лаптевых, где экспедиция приступила к выполнению основной части программы научных наблюдений. Измерения на глубоководных станциях, расположенных на северной окраине материковой отмели, зафиксировали под холодным верхним слоем воды атлантического происхождения с температурой выше 0°C (на горизонте 300 м температура воды достигала $1,35^{\circ}\text{C}$). Большие работы были выполнены по морской биологии и геоло-

гии. При плавании и промере глубин на материковой отмели к северу от Новосибирских островов не было обнаружено каких-либо признаков Земли Санникова, легенда о которой в течение многих лет будоражила умы полярных исследователей.

Экспедиция 1946 г. на ледоколе „Северный полюс” имела широкую научную программу, включающую исследования в области океанологии, геофизики, морской биологии, гидрохимии, геологии моря, метеорологии, актинометрии и аэрологии. Географически она привязывалась к евразийскому материковому склону, ограниченному меридианами 170° з.д. и 70° в.д. Предполагалось выполнить целую серию секущих разрезов для изучения геологических и биологических условий на склоне, физических явлений и процессов, обусловленных резким изменением глубины океана, а также тепловой напряженности прослойки атлантических вод. Плавание ледокола давало возможность проверить справедливость предположений о некотором разрежении льда в области материкового склона. К большому сожалению, из-за неблагоприятных ледовых условий, сложившихся на восточном участке СМП в это лето, ледокол „Северный полюс” был отозван на 25-й день работы экспедиции. За это время удалось выполнить лишь небольшую часть научной программы. В Чукотском море экспедиция продвинулась до 73° 45' с.ш., вышла на окраину материковой отмели, но из-за сплоченных многолетних льдов не смогла продвигаться далее. Обойдя с севера остров Врангеля, она впервые проникла в центральную часть Восточно-Сибирского моря и, выполнив там исследования, вынуждена была прекратить работы.

После окончания войны исследования Арктического бассейна стали проводиться в беспрецедентных масштабах и сопровождались быстрым прогрессом знаний. Этот прогресс стал возможен благодаря широкому использованию метода, предложенного О. Ю. Шмидтом. В 1937 г., после того как самолеты совершили успешную посадку на многолетние льды в районе Северного полюса без предварительной их подготовки, он писал: „Возможность самолета как орудия исследования значительно выше, чем предполагалось. Наряду с возможными повторными высадками на лед такой станции, как папанинская, на полюсе или в другом месте Центральной Арктики можно будет широко применять временные посадки на лед для производства научных работ

в течение нескольких дней или недель. Такая переносная обсерватория сможет в один сезон поработать в разных местах Арктики. Выгода этого метода состоит в том, что самолет можно послать в ту именно точку, изучение которой особенно нужно для данной конкретной научной задачи". В экспедиции на полюс относительной недоступности (1941 г.) этот метод был успешно реализован для выполнения кратковременных наблюдений в заранее намеченных пунктах. Первая послевоенная Высокоширотная воздушная экспедиция (ВВЭ) „Север" состоялась весной (март—май) 1948 г. и сразу же сделала географическое открытие, радикально изменившее представление о глубинах, рельефе и строении дна Северного Ледовитого океана. Изображаемая до этого на картах глубоководная впадина с монотонным рельефом, занимавшая все околополюсное пространство, в действительности оказалась расчлененной хребтами и поднятиями. По числу занятых в экспедиции людей (в ней принимали участие 72 члена летно-подъемного состава и 28 научных работников), самолетов, по объему и научным результатам работ, имевших важное значение для дальнейшего изучения Арктического бассейна, ее, несомненно, можно отнести к выдающимся полярным экспедициям. Научная программа была разработана в Арктическом институте и предусматривала проведение исследований в районах, которые ранее не посещались человеком. Это приполюсное пространство севернее Новосибирских островов и острова Врангеля. Для этого предполагалось широко использовать метод, успешно зарекомендовавший себя в экспедиции на самолете „СССР Н-169" и предусматривавший доставку экспедиционных групп в заранее намеченные пункты и выполнение в них в течение нескольких суток серии научных наблюдений.

В экспедиции участвовали восемь самолетов полярной авиации: шесть ЛИ-2 на лыжах (командиры И. И. Черевичный, И. С. Котов, М. И. Козлов, Б. Н. Агров, М. Н. Каминский, В. И. Масленников), один ИЛ-12 (командир М. А. Титлов) и переоборудованный для перевозки авиабензина четырехмоторный бомбардировщик ПЕ-8 (командир В. Н. Задков). Научный состав экспедиции, подобранный в основном из сотрудников Арктического института, включал: А. Ф. Трешникова, М. М. Сомова, Я. Я. Гаккеля, В. Т. Тимофеева, П. А. Гордиенко, Н. А. Волкова, М. М. Никитина, И. С. Песчанского, П. К. Сенько,

Б. Е. Брюнелли, Н. А. Миляева, К. К. Федченко и др. Возглавлял экспедицию начальник Главного управления Северного морского пути А. А. Кузнецов. Его заместителем по научной программе был участник экспедиции на полюс относительной недоступности 1941 г. М. Е. Острекин.

Экспедиция была не только тщательно спланирована, но и обеспечена всем необходимым для работы на дрейфующем льду. Для проживания экипажей и экспедиционного состава была сконструирована легкая и вместительная палатка КАПШ. Для обогрева и приготовления пищи впервые предполагалось использовать природный газ. В практику экспедиционных исследований внедрялась новая научная аппаратура: портативная магнитно-вариационная станция, маятниковый прибор для определения силы тяжести, приборы для изучения физико-механических свойств льда и др.

В конце марта — начале апреля подготовительные этапы были завершены и воздушная экспедиция приступила к работе. Самолеты с экспедиционным составом и многочисленными грузами стали покидать подмосковный аэродром и брать курс на арктический поселок Тикси. Отсюда, с побережья моря Лаптевых, должен был начаться штурм высоких широт. На припае в бухте Темп на острове Котельный была подготовлена взлетно-посадочная полоса для посадки самолетов с целью дозаправки перед полетом далее на север. Вскоре сюда прибыли первые самолеты и среди них ЛИ-2 (командиры И. И. Черевичный и И. С. Котов). Им предстояло выполнить наиболее ответственную задачу экспедиции — найти в океане льдины, пригодные для посадки самолетов и организации дрейфующих баз.

9 апреля они совершили посадку на дрейфующие льды севернее Новосибирских островов в точке с координатами $80^{\circ} 32' \text{ с. ш.}$, $150^{\circ} 10' \text{ в. д.}$ Находившиеся на борту этих самолетов научные сотрудники приступили к выполнению программы научных наблюдений. Между тем географическое положение льдины позволяло использовать ее в качестве промежуточного пункта для полетов еще дальше на север, в „сердце” Арктики. Вскоре на этой льдине сел и четырехмоторный ПЕ-8 В. Н. Задкова, который доставил авиабензин для заправки.

13 апреля самолеты И. И. Черевичного и И. С. Котова покинули уже обжитую льдину, чтобы открыть следующую базу (№ 2)

на пути к Северному полюсу. В точке с координатами $86^{\circ} 38'$ с.ш., $157^{\circ} 22'$ в.д. они благополучно совершили посадку. Океанологи В. Т. Тимофеев и Я. Я. Гаккель, метеоролог А. А. Ледохович, магнитологи В. П. Орлов и Н. А. Миляев приступили к выполнению научной программы в этой части Арктического бассейна. 27 апреля в точке $86^{\circ} 26'$ с.ш. и $154^{\circ} 53'$ в.д. океанологи зафиксировали резкое поднятие дна океана. Глубина с 2700 м уменьшилась до 1290 м, т. е. почти на 1,5 км. Это могло означать, что под толщей воды в данном месте находится поднятие с крутым склоном.

Хотя единичное измерение глубины океана, как показывает весь опыт исследовательских работ, является весьма шаткой основой для суждения о рельефе дна, однако оно все же дает повод для размышлений. Один из участников этого события (В. Т. Тимофеев) также не исключал того, что в центральной части Арктического бассейна могут быть сравнительно небольшие глубины. Он исходил из различий в физическом состоянии глубинных вод на горизонтах свыше 2000 м в районе полюса относительной недоступности и в районе дрейфа „Фрама” и высказал предположение, что различие может быть связано с подъемом рельефа дна между меридианами 140 и 175° в.д.

К специалистам, которые допускали по тем или иным соображениям возможность существования поднятия дна к северу от Новосибирских островов, следует также отнести Э. В. Толля. Опираясь на результаты своих полевых исследований в 1885—1886 гг., он пришел к убеждению, что „Новосибирские острова представляют собой продолжение горной страны материка Сибири на восток от Лены или отторженную часть Верхоянской дуги. Вся тектоника этой дуги обуславливается двумя системами тектонических линий, разбивающих эту часть Сибири на ряд горстов и грабен. Мы имеем основание думать, что эти тектонические линии могут быть прослежены подобно тому, как на Новосибирских островах и на неоткрытом до сих пор архипелаге, лежащем, вероятно, к северу от них...” Сами Новосибирские острова, острова Де-Лонга и Земля Санникова, по его мнению, это лишь небольшая часть древнего материка („страны мамонтов”), который, соединяясь с нынешним материком, достигал, быть может, через полюс американского архипелага.

Серьезные аргументы в пользу существования преграды, разделяющей Арктический бассейн по линии Новосибирские острова — Гренландия, были представлены также Е. Ф. Гурьяновой на основе биологических данных.

17 апреля на $80^{\circ} 15'$ с.ш. и $175^{\circ} 40'$ в.д. летчики М. И. Козлов и М. Н. Каминский создали самую восточную базу в Арктическом бассейне. Научную часть программы на этой базе выполнял отряд А. Ф. Трешникова. Глубина океана в этой точке оказалась 2410 м. 23 апреля три самолета ЛИ-2 (командиры И. И. Черевичный, И. С. Котов, В. И. Масленников) совершили посадку на ледяное поле вблизи Северного географического полюса. Научный персонал отряда — М. М. Сомов, П. А. Гордиенко, М. Е. Острекин и П. К. Сенько — в течение нескольких суток впервые выполнял наблюдения на вершине земного шара. Измеренная тросом глубина в точке географического полюса оказалась равной 4039 м; распределение температуры в толще океана указывало на прослойку теплых вод атлантического происхождения.

По окончании работ в районе полюса самолеты совершили посадку вблизи 86° с.ш. и 180° д., где, по предположениям некоторых геофизиков, находился второй магнитный полюс северного полушария. Изучение магнитного поля в Центральной Арктике ранее проводилось в экспедициях Ф. Нансена на „Фраме” (1893—1896 гг.), Р. Амундсена на „Мод” (1918—1925 гг.), на станции „Северный полюс” (1937—1938 гг.) и на „Седове” (1937—1940 гг.). Однако все эти наблюдения выполнялись на значительном удалении от гипотетического полюса. Теперь же появилась возможность произвести магнитные измерения в точке, максимально приближенной к этому полюсу. Измерения, которые выполнялись на протяжении трех суток, показали, что такого полюса не существует, но есть явное сгущение магнитных меридианов, сжатие их в узкий направленный пучок, идущий через Арктический бассейн к магнитному полюсу северного полушария.

При выполнении программы научных наблюдений в различных районах Арктического бассейна проводились метеорологические наблюдения и запуски радиозондов с дрейфующего льда. Этот опыт был использован в следующем году и позднее, на дрейфующей станции „Северный полюс-2”, где в течение полугода дважды в сутки проводилось температурно-ветровое зондирова-

ние атмосферы. С 1954 г. радиозондирование атмосферы вошло в программы наблюдений всех дрейфующих станций.

В мае участники Высокоширотной воздушной экспедиции возвратились в Москву и Ленинград. Экспедицией были выполнены измерения глубины океана, температуры и химического состава водной толщи, течений, толщины льда, его прочностных характеристик и структуры, составляющих магнитного поля Земли в 10 точках Арктического бассейна. В течение всего времени полевых работ велись метеорологические наблюдения, маршрутная ледовая разведка. Был также произведен отбор проб донного грунта и отлов сетками живых организмов в толще океана. Успешный опыт полетов в сложных метеорологических условиях, первичных посадок на дрейфующие льды, жизни и работы в экстремальных условиях можно было использовать при проведении исследований в Арктическом бассейне в будущем.

Подводя итоги экспедиции, ученый совет Арктического института высказался за продолжение и расширение исследований в высокоширотной Арктике. Весной 1949 и 1950 гг. эти исследования были продолжены. При этом основное внимание уделялось изучению околорайонного района и западной части Арктического бассейна, о которой известно все еще было мало. За эти два весенних сезона были выполнены наблюдения на 80 глубоководных гидрологических станциях — измерены глубина места, толщина льда, физическое состояние вод по всей толще, отбирались пробы на химический анализ. В местах посадок самолетов велись также метеорологические и геофизические наблюдения, а во время перелетов — наблюдения за состоянием льда. Океанологи А. Ф. Трешников и Л. Л. Балакшин в конце апреля 1949 г. на $87^{\circ} 07'$ с.ш. и $147^{\circ} 55'$ в.д. обнаружили глубину 1005 м, подтвердив тем самым серьезность заявок на открытие хребта в центральной части Арктического бассейна. Прямые измерения глубин, выполненные Высокоширотными воздушными экспедициями 1948—1950 гг., позволили составить первую батиметрическую карту Арктического бассейна. Эта карта была подготовлена в Арктическом институте и опубликована в 1951 г. На ней нанесен подводный хребет, правда, пока еще в первом приближении, протянувшийся от Новосибирских островов к Земле Элсмира и разделивший Арктический бассейн на два суббассейна. По

предложению Арктического института Президиум Академии наук СССР присвоил ему имя М. В. Ломоносова.

После открытия хребта в результате интенсивных исследований в 1950-е, а затем и 1960-е годы был сделан еще ряд открытий в строении дна глубоководной части Северного Ледовитого океана, что позволило создать детальные карты подводного рельефа всего околополюсного пространства. Выявились новые важные особенности этого рельефа, и его изученность поднялась до уровня, характерного для наиболее доступных районов Мирового океана. Было установлено, что, кроме хребта Ломоносова, в Арктическом бассейне простираются еще два трансокеанических хребта: срединно-океанический хребет Гаккеля, являющийся частью планетарной системы срединно-океанических хребтов, и хребет Менделеева и орографически единое с ним поднятие Альфа. Эти хребты отделены друг от друга и от континентальных окраин глубоководными котловинами Нансена, Амундсена, Макарова и Канадской, максимальные глубины которых составляют 3975, 4485, 4007 и 3909 м соответственно, а также глубоководными впадинами. Таким образом, реальная батиметрия Арктического бассейна оказалась довольно сложной и не похожей на батиметрию как мелководного бассейна, так и глубокой чашей с монотонным рельефом дна.

Важным итогом работы ВВЭ 1950 г., помимо выполнения научной программы, явилась организация дрейфующей станции „Северный полюс-2” под руководством М. М. Сомова. Планом работ экспедиции, вообще говоря, предусматривалось создание в околополюсном районе на меридианах Новосибирских островов еще одной дрейфующей станции. Однако льдина, на которой эта станция должна была размещаться, в последний момент раскололась и создание станции пришлось отложить на будущее. Надо отметить, что организации постоянных наблюдений с дрейфующего льда в центральных районах океана придавалось большое значение, так как это позволяло изучать явления и процессы в океане и атмосфере во времени непрерывно в течение продолжительного периода. ВВЭ, имея другое важное преимущество — изучать их в пространстве, таких возможностей не давали. Поэтому исследования природных условий тем и другим способом дополняли друг друга.

Станция СП-2 приступила к работе 1 апреля 1950 г. в точке с координатами $76^{\circ} 00'$ с.ш., $166^{\circ} 30'$ з.д. В ее состав входило 16 человек — специалистов в разных областях науки о Земле. Программа работ включала метеорологические, аэрологические, актинометрические, геомагнитные, гравиметрические, океанологические наблюдения и исследования морского льда. Сведения о погоде в центре Арктики теперь регулярно появлялись на синоптических картах и служили хорошим дополнением к уже имеющимся данным. Несмотря на тяжелые условия дрейфа, бытовую неустроенность (персонал станции круглый год жил в палатках), разломы льдины и перемещения на другую льдину, наблюдения были выполнены в полном объеме. В апреле 1951 г. персонал станции, которая находилась в это время в точке с координатами $81^{\circ} 45'$ с.ш. и $167^{\circ} 48'$ в.д., был эвакуирован самолетами на Большую землю. Но история льдины, на которой размещался лагерь станции, на этом не закончилась. Спустя 3 года она была обнаружена Высокоширотной воздушной экспедицией примерно в том же месте, откуда начинала свой дрейф в 1950 г. Двигаясь по часовой стрелке, льдина описала почти замкнутый круг. Таким образом, была поставлена точка в споре о существовании круговорота льдов в западной части Арктического бассейна. Впервые на существование этого круговорота обратил внимание А. В. Колчак. Опираясь исключительно на косвенные признаки, он писал в 1909 г. в своей книге „Лед Карского и Сибирского морей”: „Рассматривая в совокупности все движения арктического пака в различных районах, можно допустить существование известного круговорота его около центра, расположенного в области под 83° — 85° N-ой широты и 170° W-м — 180° меридианами. Как я уже выше упомянул, нет никакого основания предполагать, что этот круговорот имеет определенную скорость и направление, но его следует рассматривать как возможное движение масс льда, не попавших в Гренландские течения, не вынесенных на юг в какие-либо моря, прилегающие к Ледовитому океану, и могущих через некоторый промежуток времени, пройдя через все меридианы, оказаться приблизительно в одном и том же месте. Вследствие этого массы льда могут находиться неопределенно долгое время в полярном бассейне, претерпевая обуславливаемые свойствами этого бассейна метаморфозы...” Позднее Н. Н. Zubov и М. М. Сомов, изучавшие дрейф льдов в Северном Ледовитом оке-

ане в зависимости от распределения атмосферного давления, указали на высокую вероятность существования круговорота в области локализации арктического антициклона. Сомнения, как видим, окончательно рассеялись, когда появились сообщения об обнаружении лагеря дрейфующей станции „Северный полюс-2”. Стало ясно, что в западной части Арктического бассейна, между географическим полюсом, с одной стороны, и северным побережьем Гренландии, островов Канадского Арктического архипелага и Аляски, с другой, плавучие льды находятся в антициклоническом круговом дрейфе. Центр круговорота, как было показано в дальнейшем, располагается примерно на 78° с.ш. и 150° з.д. Полный оборот льды совершают в нем за 5—10 лет в зависимости от расстояния траектории дрейфа от центра круговорота и могут непрерывно находиться в нем в течение нескольких десятков лет. Ледяной остров Т-3, открытый в марте 1950 г. на 74° с.ш. и 169° з.д., совершил не менее трех оборотов, прежде чем оказался в трансарктическом дрейфе. Последний раз его видели в июне 1983 г. на меридиане 180° примерно в 150 морских милях от географического полюса. Позднее несколько советских дрейфующих станций „Северный полюс”, в том числе станции под индексами 8, 11, 12, 16, 22 и др., были вовлечены в этот круговорот. Станция „Северный полюс-22” с научным персоналом совершила полный круговой дрейф (радиус около 300 миль) за 5,5 года.

С открытием антициклонического круговорота в западной части Северного Ледовитого океана (круговорот Бофорта) появилась возможность представить картину крупномасштабной циркуляции поверхностных вод и льдов в этом океане, что явилось крупным достижением полярной океанографии.

В 1954 г. работы дрейфующих станций в Центральной Арктике благодаря настойчивости руководителя Главсевморпути В. Ф. Бурханова, поддержавшего планы дальнейшего исследования Севера, были возобновлены. С этого времени они не прерывались до 1991 г., когда последняя станция „Северный полюс-31” была эвакуирована со льдины (табл. 1). Станции „Северный полюс-3” (начальник А. Ф. Трешников) и „Северный полюс-4” (начальник Е. И. Толстиков) были созданы в районах $86^{\circ} 00'$ с.ш., $178^{\circ} 00'$ з.д. и $75^{\circ} 48'$ с.ш., $178^{\circ} 25'$ з.д. соответственно. „Прыгающие” отряды ВВЭ продолжили измерения глубин, океанографические, ледовые, аэрометеорологические, геофизи-

ческие и другие исследования на всем околополюсном пространстве. В течение трех лет, с 1954 по 1956 г., одних только океанографических станций, впервые покрывших весь Арктический бассейн, было выполнено 208. Массовое измерение глубин позволило существенно расширить представления о подводном рельефе этого бассейна, особенно западной его части. Материалы глубоководных измерений этих экспедиций послужили основой для монографии В. Т. Тимофеева „Водные массы Арктического бассейна” (1960 г.).

Разнообразные и во многих отношениях новаторские исследования в области акустики, оптики и тонкой структуры вод Арктического бассейна были выполнены с дрейфующих льдов в 1956—1990 гг. Эти исследования проводились с использованием последних достижений в области радиопизики, электроники, радиотехники, сейсмоакустики. Они включали изучение гидролого-акустических характеристик водных масс, характеристик подледных шумов, особенностей распространения акустических сигналов, акустических характеристик льда, а также оптических характеристик воды, льда и снега, влияющих на перенос излучения в системе атмосфера—лед—океан.

Таблица 1

**Сведения о российских дрейфующих станциях
в Северном Ледовитом океане**

Дрейфующая станция	Начало дрейфа	Окончание дрейфа	Координаты	
			в начале дрейфа	в конце дрейфа
Северный полюс	21.05.1937	19.02.1938	89° 24' с.ш., 78° 40' в.д.	70° 03' с.ш., 20° 00' в.д.
Северный полюс-2	02.04.1950	11.04.1951	76° 02' с.ш., 166° 30' в.д.	81° 45' с.ш., 167° 48' в.д.
Северный полюс-3	15.04.1954	19.04.1955	86° 00' с.ш., 178° 00' з.д.	86° 00' с.ш., 31° 42' з.д.
Северный полюс-4	03.04.1954	19.04.1957	75° 48' с.ш., 178° 25' з.д.	85° 22' с.ш., 00° 00' д.
Северный полюс-5	21.04.1955	08.10.1956	82° 10' с.ш., 156° 51' в.д.	84° 23' с.ш., 63° 19' в.д.
Северный полюс-6	15.04.1956	14.09.1959	74° 27' с.ш., 177° 04' в.д.	82° 06' с.ш., 03° 56' в.д.

Продолжение табл. 1

Дрейфующая станция	Начало дрейфа	Окончание дрейфа	Координаты	
			в начале дрейфа	в конце дрейфа
Северный полюс-7	23.04.1957	11.04.1959	82° 06' с.ш., 164° 11' з.д.	85° 14' с.ш., 33° 00' з.д.
Северный полюс-8	19.04.1959	19.03.1962	75° 42' с.ш., 163° 10' з.д.	83° 15' с.ш., 132° 30' з.д.
Северный полюс-9	21.04.1960	28.03.1961	77° 23' с.ш., 163° 00' в.д.	86° 36' с.ш., 176° 00' з.д.
Северный полюс-10	17.10.1961	29.04.1964	75° 27' с.ш., 177° 10' в.д.	88° 32' с.ш., 90° 30' в.д.
Северный полюс-11	12.04.1962	20.04.1963	77° 10' с.ш., 165° 58' з.д.	81° 10' с.ш., 139° 34' з.д.
Северный полюс-12	30.04.1963	25.04.1965	76° 50' с.ш., 165° 34' з.д.	81° 06' с.ш., 145° 47' з.д.
Северный полюс-13	22.04.1964	17.04.1967	73° 50' с.ш., 166° 00' з.д.	87° 52' с.ш., 02° 00' з.д.
Северный полюс-14	01.04.1965	11.02.1966	74° 20' с.ш., 175° 20' в.д.	77° 00' с.ш., 154° 48' в.д.
Северный полюс-15	29.03.1966	22.03.1972	78° 50' с.ш., 168° 43' в.д.	85° 45' с.ш., 10° 30' з.д.
Северный полюс-16	09.04.1968	22.03.1972	74° 58' с.ш., 171° 40' з.д.	86° 00' с.ш., 85° 27' з.д.
Северный полюс-17	29.04.1968	16.10.1969	80° 28' с.ш., 165° 23' в.д.	86° 48' с.ш., 24° 47' в.д.
Северный полюс-18	09.09.1968	24.10.1971	75° 10' с.ш., 165° 02' з.д.	86° 06' с.ш., 152° 36' в.д.
Северный полюс-19	07.11.1969	14.04.1973	74° 34' с.ш., 161° 48' в.д.	83° 09' с.ш., 15° 17' з.д.
Северный полюс-20	11.04.1970	10.05.1972	75° 35' с.ш., 179° 04' в.д.	81° 44' с.ш., 165° 47' з.д.
Северный полюс-21	01.05.1972	25.05.1974	74° 42' с.ш., 175° 58' в.д.	86° 16' с.ш., 143° 36' в.д.
Северный полюс-22	13.09.1973	08.04.1982	76° 16' с.ш., 168° 31' з.д.	86° 10' с.ш., 00° 00' д.
Северный полюс-23	05.12.1975	01.11.1978	73° 51' с.ш., 178° 25' з.д.	87° 40' с.ш., 22° 31' з.д.

Дрейфующая станция	Начало дрейфа	Окончание дрейфа	Координаты	
			в начале дрейфа	в конце дрейфа
Северный полюс-24	23.06.1978	19.11.1980	76° 45' с.ш., 163° 00' в.д.	86° 03' с.ш., 29° 40' в.д.
Северный полюс-25	16.05.1981	20.04.1984	75° 01' с.ш., 168° 35' в.д.	85° 50' с.ш., 122° 15' з.д.
Северный полюс-26	21.05.1983	09.04.1986	78° 30' с.ш., 174° 46' в.д.	82° 46' с.ш., 170° 31' з.д.
Северный полюс-27	02.06.1984	20.05.1987	78° 31' с.ш., 160° 30' в.д.	86° 28' с.ш., 09° 02' з.д.
Северный полюс-28	21.05.1986	21.01.1989	80° 40' с.ш., 168° 29' в.д.	79° 40' с.ш., 03° 09' в.д.
Северный полюс-29	10.06.1987	19.08.1988	80° 23' с.ш., 12° 59' в.д.	84° 43' с.ш., 56° 34' в.д.
Северный полюс-30	09.10.1987	04.04.1991	74° 18' с.ш., 171° 24' з.д.	82° 48' с.ш., 146° 00' з.д.
Северный полюс-31	22.10.1988	25.07.1991	76° 35' с.ш., 153° 10' з.д.	73° 33' с.ш., 161° 04' з.д.
Северный полюс-32	25.04.2003	06.03.2004	85° 52' с.ш., 148° 03' з.д.	84° 41' с.ш., 03° 33' з.д.
Северный полюс-33	09.09.2004		85° 05' с.ш., 156° 31' з.д.	

Собранные дрейфующими станциями и экспедициями материалы наблюдений по метеорологическому режиму Арктического бассейна позволили более точно описать поля давления, температуры, условия циркуляции в тропосфере и нижней стратосфере, оценить радиационный баланс Арктики. Надо заметить, что за время работы дрейфующих станций было выполнено свыше 200 тыс. срочных метеорологических измерений, свыше 100 тыс. измерений потоков прямой, суммарной, рассеянной, эффективной радиации и радиационного баланса. Выпущено около 33 тыс. радиозондов. В результате были получены новые данные о температурном и ветровом режиме тропосферы и стратосферы, о распределении влажности на высотах, о состоянии облачности. Было установлено, что атлантические циклоны, особенно зимой,

нередко вторгаются в Центральную Арктику вплоть до Северного полюса. Результаты исследований публиковались в статьях, монографиях и справочниках, число которых превысило 700.

По данным магнитной съемки Арктического бассейна были построены более достоверные (на эпоху 1955 г.) магнитные карты. На основе всего массива данных наблюдений на дрейфующих льдах и в стационарных пунктах на побережье Северного Ледовитого океана, в том числе полученных с помощью магнитно-вариационных станций, были изучены особенности постоянного геомагнитного поля в Арктике, его вековые изменения, короткопериодные (утренние, дневные и вечерние) вариации, а также связи между геомагнитным полем и рельефом дна. На 12 дрейфующих станциях на протяжении 31 года проводились также ионосферные наблюдения, которые включали вертикальное зондирование, определение поглощения радиоволн в ионосфере и напряжения поля сигналов коротковолновых радиостанций.

Большие исследования на станциях „Северный полюс” были выполнены по изучению физических свойств снега и льда, акустике и оптике океана. Получен большой объем информации о физико-механических свойствах льдов, характеристиках динамики, напряженно-деформационного состояния и морфологических особенностях строения морских льдов. Вообще станции служили отличной базой для организации и постановки широкого комплекса оригинальных исследований в разных областях науки, углубленного изучения природных явлений и процессов в толще вод, ледяном покрове, атмосфере. Здесь отрабатывались новые методы исследования, испытывались приборы и аппаратура для измерения физических параметров среды.

Необходимость осмысления собранных данных привела к некоторому спаду полевых исследований в Центральной Арктике. Там по-прежнему работали по 2—3 дрейфующие станции, но выполнение широкомасштабных съемок „прыгающими” отрядами, подобных съемкам 1955 и 1956 гг., было приостановлено. Высокоширотные воздушные экспедиции ограничили свою деятельность жизнеобеспечением дрейфующих станций, расстановкой дрейфующих автоматических радиометеорологических станций (ДАРМС) и радиовех, проведением океанологических, ледовых и других исследований в меньших масштабах. С 1957 по 1974 г. на дрейфующих льдах было установлено в общей сложности

350 ДАРМС и радиовех. Они давали информацию о дрейфе льда и о погоде в районах, потенциально опасных для судоходства.

В апреле—августе 1976 г. Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ) принимал участие в проведении национального комплексного натурного эксперимента „ПОЛЭКС-Север-76”, инициированного Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Целью этого масштабного эксперимента являлась количественная оценка относительного вклада океана и атмосферы в тепловой баланс океанической внетропической части северного полушария. В реализации программы принимали участие около десяти научных институтов и управлений Гидрометслужбы. Головной организацией по подготовке и проведению эксперимента был определен ААНИИ. Вся область эксперимента была разделена на три региона: Североевропейский, Арктический и Северотихоокеанский. В Североевропейском регионе в течение апреля—июня были выполнены: три океанологические съемки (1100 глубоководных станций), четырехразовое аэрологическое зондирование, в том числе с наземных станций, срочные метеорологические наблюдения, радиолокационные измерения облачности, измерения содержания озона, наблюдения за спектральной прозрачностью атмосферы и измерения течений. В Арктическом регионе с дрейфующего льда были выполнены океанологические съемки (143 глубоководные станции), 38 полетов летающих обсерваторий с проведением специальных наблюдений, натурный эксперимент по изучению тепловых и динамических процессов в ледяном покрове (эксперимент „Яна”). В Северотихоокеанском регионе была произведена океанологическая съемка с дискретностью 2° по широте и 5° по долготе (1063 глубоководные станции); программа исследования атмосферы была такой же, как в Североевропейском регионе. Для сбора и оперативной обработки большого объема разнообразных данных наблюдений было создано три региональных центра: на НИС „Профессор Визе”, в обсерватории Амдерминского УГМС и в ДВНИГМИ.

В 1968 г. Арктический и антарктический научно-исследовательский институт провел исследования Североевропейского бассейна (Гренландское, Норвежское, Баренцево и Белое моря) и районов Северной Атлантики с помощью экспедиционных судов „Профессор Визе” и „Профессор Зубов”. В 1981—1985 гг. вместе

с другими научными учреждениями страны институт активно включился в выполнение национальной программы СССР „Разрезы”, направленной на изучение роли энергоактивных зон океана (Норвежской, Ньюфаундлендской, Гольфстрим, Атлантической тропической и Кюросио) в короткопериодных колебаниях климата. Для решения задач, поставленных этой программой (изучение физических механизмов формирования аномалий температуры поверхности океана, физических механизмов отклика общей циркуляции атмосферы на аномалии этой температуры и разработка моделей крупномасштабного взаимодействия океана и атмосферы), институт провел исследования Норвежской энергоактивной зоны. В течение пяти лет здесь было выполнено 19 океанографических съемок, поставлена серия натурных экспериментов в зонах развития активных океанических структур и процессов, проводились метеорологические, актинометрические, аэрологические наблюдения, а также наблюдения за течениями на буйковых станциях. Собранные материалы пополнили базу данных крупномасштабных океанологических съемок, проводившихся в этой части океана в 1976—1979 гг., и послужили основой для научно-исследовательских разработок. Эти же научно-исследовательские суда принимали участие в выполнении программы „Перелив”, направленной на изучение водообмена в Мировом океане.

В связи с выполнением программы ПОЛЭКС, которая была разработана ААНИИ как часть международной Программы исследований глобальных атмосферных процессов (ПИГАП), в марте—мае 1973—1979 гг. были возобновлены широкомасштабные ежегодные океанографические съемки Арктического бассейна. Станции наблюдений располагались, по возможности, в узлах регулярной сетки, покрывающей всю глубоководную часть океана и северные части арктических морей. Программой работ экспедиции на каждой такой станции предусматривался широкий комплекс океанографических измерений и отбор проб воды на химический анализ (содержание солей, растворенного кислорода, кремния, фосфора, водородный показатель). Предусматривались также измерение глубин, определение характеристик льда, отбор проб грунта, измерения радиофизических, гидрооптических параметров, составляющих магнитного поля Земли. Кроме того, в экспедициях выполнялись оригинальные наблюдения по

специальным программам. В течение 7 весенних сезонов были выполнены измерения на 1229 глубоководных гидрологических станциях. Тяжелые условия жизни и работы (полеты в сложных условиях, рискованные „первые посадки” на дрейфующие льды, разломы и торошения, экстремальные условия погоды, большие физические нагрузки и отсутствие нормальных условий отдыха) не помешали выполнению запланированных исследований. Сказались смелость, ответственность, самоотверженность и опыт, приобретенные за многие годы совместной работы экипажей самолетов и научного персонала. Обязанности руководителей этих выдающихся экспедиций исполняли начальники ВВЭ Н. И. Блинов и М. Н. Красноперов, начальники отрядов М. Я. Затонский, И. П. Романов, Н. П. Артеменко, Л. А. Тигунцев, В. В. Лукин, А. В. Чирейкин, В. А. Волков.

В период 1980—1993 гг. основные усилия ВВЭ „Север” были направлены на исследования морей Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. В отличие от летнего, зимний режим этих морей, как уже отмечалось, все еще оставался слабо изученным. Между тем необходимость изучения природных процессов в эту часть года диктовалась не только научными интересами. Технические достижения в судостроении, в средствах наблюдений и передачи информации открывали новые перспективы для мореплавания.

На западном участке СМП (Карское море) уже стала реальностью круглогодичная навигация. С 1970 г. плавание транспортных судов и ледоколов в порт Дудинка (на Енисее) происходило не только летом, но также глубокой осенью и зимой, в сплошных толстых льдах и в условиях полярной ночи. С 1978 г. суда стали заходить в Дудинку круглогодично.

В августе 1977 г. атомоход „Арктика” (капитан Ю. С. Кучиев), обладавший мощностью 75 тыс. л. с., впервые в свободном плавании достиг Северного полюса, наглядно продемонстрировав возможности новой техники. Ему потребовалось всего 3 суток, чтобы пройти путь от кромки льда до географического полюса! Приближалось время круглогодичных плаваний по всему Северному морскому пути.

Первая попытка такого плавания была предпринята в конце мая — начале июня (в сроки, когда морские льды достигают пика в сезонном цикле развития) 1978 г. Атомоход „Сибирь” и

дизель-электроход „Капитан Мышевский” за 18 суток прошли по высокоширотной трассе из Мурманска до Берингова пролива, обогнув с севера архипелаг Северная Земля, в условиях, максимально приближенных к зимним. Успешный опыт этого предприятия доказал, что круглогодичные плавания по Северному морскому пути технически вполне осуществимы. Вместе с тем он еще раз показал, что даже при наличии такой могучей техники тактика плавания „напролом” неприемлема. Успех достигается там, где широко используются возможности, которые предоставляет нам сама арктическая природа. Речь в данном случае идет об использовании заприпайных полыней, разводий и других разрывов в ледяном покрове. При планировании совместного похода ледокола „Сибирь” и дизель-электрохода „Капитан Мышевский” именно эти соображения были решающими при выборе маршрута плавания. Успех плавания в немалой степени был обеспечен четкой работой ледовой авиаразведки и научно-оперативной группы, снабжавших корабли разнообразной текущей, прогностической и режимной информацией о состоянии льда и о погоде по пути следования.

В 1987 г. состоялась комплексная высокоширотная экспедиция на атомоходе „Сибирь” (капитан З. А. Вибак) в район Северного географического полюса под руководством А. Н. Чилингарова. В отличие от первого плавания „Арктики” к Северному полюсу, во время которого решались в основном практические задачи, экспедиция на „Сибири” имела главным образом научную направленность. В экспедиции принимали участие ученые из десяти министерств и ведомств: океанологи, метеорологи, геофизики, морские геологи, геодезисты. Решение о проведении экспедиции принималось в директивных органах по предложению Госкомгидромета СССР, ее организация была возложена на ААНИИ. Научная программа предусматривала широкий комплекс наблюдений в области гидрометеорологии, геофизики, морской геологии, загрязнения окружающей среды, топографо-геодезические исследования. Наряду с этим экспедиция должна была эвакуировать станцию СП-27, которая дрейфовала в пролив Фрама, и создать новую дрейфующую станцию СП-29 на северной границе моря Лаптевых. Экспедиция продолжалась с 8 мая по 19 июня, т. е. в наиболее трудный по ледовым условиям период. Поэтому попутно изучались возможности работы ледоко-

ла в Центральной Арктике в это время года и отрабатывалась система его научно-оперативного обеспечения. Экспедиция успешно справилась с поставленными задачами, достигла Северного полюса и в полном объеме выполнила программу исследований на околополюсном пространстве.

В течение последних десяти лет XX столетия ледоколы совершили 26 плаваний, закончившихся покорением географического полюса. В летние периоды 1990—1998 гг. в шести случаях (1991, 1992, 1993, 1994, 1996 и 1998 гг.) из девяти было возможно плавание ледоколов из Атлантического океана в Тихий через Северный полюс. В 1970-е годы таких случаев было четыре, а в 1980-е — только три. Показательным оказался 1996 г., когда благоприятная ледовая обстановка в Центральной Арктике позволила ледоколу „Ямал” во второй половине июля покорить в свободном плавании не только географический полюс, но и полюс относительной недоступности. Этот успех в немалой степени был связан с образованием к моменту плавания широкого (сотни километров) пояса льдов пониженной сплоченности — от Шпицбергена через полюс и далее к острову Врангеля.

Океанографические съемки арктических морей Высокоширотными воздушными экспедициями продолжались в 1980—1993 гг. За это время было совершено 2867 первичных посадок на дрейфующие льды и проведены океанологические и другие наблюдения. Работы выполнялись преимущественно с использованием нескольких самолетов АН-2. 1993 г. оказался последним в деятельности Высокоширотной воздушной экспедиции из-за полного прекращения финансирования работ.

Исследования, выполненные этой экспедицией и дрейфующими станциями „Северный полюс”, существенным образом изменили наши представления о природных условиях в Центральной Арктике. Они развеяли миф о ее недоступности, безжизненности, помогли освоить ее отечественным мореплавателям, внесли заметный вклад в дело хозяйственного освоения ее окраин. Благодаря их работе Арктический бассейн стал наиболее изученной частью Мирового океана. Разнообразные данные наблюдений, собранные ими, служили и продолжают служить основой научных знаний об Арктике. С одних только дрейфующих станций было выполнено свыше 47 тыс. измерений глубин, взято более 700 проб грунта.

Новым направлением в деятельности ААНИИ в последние десятилетия стал геохимический мониторинг природной среды Арктики, включающий наблюдение и контроль за загрязнением морей, устьев рек и объектов вод суши тяжелыми металлами, пестицидами и нефтяными углеводородами.

Беспрецедентный по своей разрушительной силе системный кризис, охвативший страну в 1990-е годы, привел к почти полной остановке экспедиционных исследований, резкому сокращению наблюдательной сети, почти полному прекращению хозяйственной деятельности в Арктике и оттоку населения. В этих условиях оставалась одна возможность продлить исследования в Арктике — международная кооперация.

Начиная с 1993 г. в рамках проекта „Система моря Лаптевых” стали проводиться морские и сухопутные российско-германские экспедиции. Этот проект, входящий в соглашение между Россией и Германией о сотрудничестве в полярных и морских исследованиях и объединяющий усилия около 40 российских и зарубежных научно-исследовательских организаций, направлен на изучение климатической изменчивости природных процессов и реакций среды. Национальными координаторами проекта являлись: от России — Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, а от Германии — Институт морских и полярных исследований им. Альфреда Вегенера в Бременхафене. В результате исследований по этому проекту были реконструированы изменения среды в течение последних 10 тыс. лет.

В 1994 г. ААНИИ совместно с Российской и Шведской академиями наук провел экспедицию „Экология тундры-94” на научно-экспедиционном судне „Академик Федоров” по изучению экосистемы побережья Сибири от Кольского полуострова до острова Врангеля и сибирских арктических морей. Наблюдения проводились за животным, растительным миром и состоянием их среды обитания.

В 1998 г., объявленном ЮНЕСКО „Международным годом океана”, в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации в период с 26 сентября по 31 октября состоялась комплексная национальная экспедиция „Арктика-98” на научно-экспедиционном судне „Академик Федоров” под руководством И. Е. Фролова. Программа научных исследований была нацелена на изучение материкового склона и особенностей про-

цессов, которые здесь развиваются. Программа включала: глубокое зондирование, отбор проб грунта и воды для гидрохимических, геологических, гидробиологических анализов, изучение структуры и загрязненности морского льда, распространения и состояния атлантических вод в желобе Франца-Виктории.

В соответствии с решениями коллегии Росгидромета от 12 марта 2003 г. в составе ААНИИ была образована Высокоширотная арктическая экспедиция (ВАЭ) для организации оперативных и научно-исследовательских работ в высоких широтах Арктики. Основными целями ВАЭ являются: выполнение комплекса научных исследований для решения задач гидрометобеспечения хозяйственной деятельности в арктическом регионе, изучение региональных и глобальных изменений климата, осуществление мониторинга загрязнения природной среды.

С организацией Высокоширотной арктической экспедиции (дрейфующих станций „Северный полюс” и высокоширотных морских и воздушных экспедиций) возобновляются национальные экспедиционные исследования Мирового океана и, в первую очередь, Северного Ледовитого океана, важность которых отмечена в Морской доктрине Российской Федерации на период до 2020 г. (27.07.2001 г. Пр-1387, раздел 2), Президентом Российской Федерации В. В. Путиным (письмо от 25.04.2003 г. № Пр-692 в связи с открытием станции СП-32), Советом по проблемам Крайнего Севера и Арктики при Правительстве Российской Федерации (г. Якутск, протокол от 08.07.2003 г. № 2, пункт V.3), поддержана Правительством Российской Федерации (поручение от 22.07.2003 г. № МК-П9-8703) и Межведомственной комиссией по обеспечению своевременного и качественного формирования проекта федерального бюджета на 2004 г. при рассмотрении вопроса о финансировании работ дрейфующих станций СП-32 и СП-33 в 2004 г. В соответствии с этими решениями работа Высокоширотной арктической экспедиции была профинансирована в 2004 г. в объеме 70,9 млн. рублей.

Работы ВАЭ в 2004 г. состояли из нескольких масштабных блоков и включали:

- обеспечение работ СП-32 на завершающем этапе и ее эвакуацию;
- подготовку, организацию и сопровождение работ научно-исследовательской дрейфующей станции „Северный полюс-33”;

— подготовку и проведение морской экспедиции — высокоширотного арктического рейса НЭС „Академик Федоров”;

— осуществление работ летного океанографического отряда ВАЭ.

Все вышеперечисленные задачи были успешно выполнены, что позволило получить уникальные данные по высокоширотным районам Арктического бассейна СЛО.

Отдельно следует отметить работу морской экспедиции и летного океанографического отряда на борту НЭС „Академик Федоров”. Комплексная экспедиция на НЭС „Академик Федоров” в Арктический бассейн в августе—октябре 2004 г. проводилась в соответствии с приказом Росгидромета № 107 и разрешением Федерального агентства по науке и инновациям № 92 от 30.07.04.

Основной задачей экспедиции являлась организация дрейфующей станции „Северный полюс-33”, доставка грузов и личного состава экспедиции. Научная программа рейса выполнялась в рамках Федеральной целевой программы „Мировой океан” (подпрограмма „Исследования природы Мирового океана”) и ФЦНТП „Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники” 2002—2006 гг., раздел „Исследования и разработки, выполняемые Государственными научными центрами Российской Федерации”. Экспедиция выполнялась в период с 10.08 по 04.10.2004 г. Головной организацией, проводившей экспедицию, являлся ГНЦ РФ „Арктический и антарктический научно-исследовательский институт”, 24 сотрудника которого работали в составе морского и летного отрядов экспедиции.

В ходе экспедиционных работ было выполнено 95 океанографических станций, в том числе: 32 глубоководные с использованием судового CTD-зонда с розеткой батометров SBE 911+; 16 глубоководных океанографических станций с использованием твердопамятного CTD-зонда SBE19+; 47 станций с использованием ХВТ-зондов марок Т-5 и Т-7. Одна станция была выполнена с помощью ХВТ-зонда марки ХСТД-1. На всех судовых глубоководных океанографических CTD-станциях и станциях океанографического полигона, выполненных с помощью CTD-зонда-профилографа, производился полный комплекс стандартных метеорологических наблюдений.

Океанологические данные, полученные в рейсе, позволят в первую очередь пополнить наши знания о структуре, характеристиках и динамике вод в интересных и мало изученных районах СЛО, каковыми являются два основных района работ данной экспедиции — север Карского моря и район хребта Ломоносова.

Научные результаты

Наблюдения полярных станций, наземных, морских и воздушных экспедиций обеспечили быстрый прогресс научных знаний о природе Арктики и заложили надежный фундамент ее хозяйственного освоения. Объединенные единой волей ученые, моряки и летчики сумели за короткий исторический отрезок, начиная практически с нуля, решить важнейшую государственную проблему — изучить, освоить и превратить морской путь вдоль побережья Сибири в нормально действующую транспортную магистраль. Это послужило толчком для развития производительных сил на северных окраинах нашей страны. Решающий вклад в исследование Арктики в научном отношении внесли Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Институт геологии Арктики и Гидрографическое управление Главсевморпути. Вместе с тем необходимо признать, что развитие полярной гидрометеорологии должно было идти тем же путем, проходить те же стадии, что и все другие естественные науки — от наблюдений за природными явлениями к изучению факторов, контролирующих их поведение, далее к созданию моделей, воспроизводящих их развитие, и, наконец, к разработке прогноза будущего состояния.

Исследования ААНИИ, проводившиеся в течение многих десятилетий, были направлены на изучение закономерностей формирования и развития природных процессов различного пространственно-временного масштаба, а также их возможных изменений. На различных этапах этих исследований были получены научные результаты фундаментального и прикладного значения, изложение которых, не входя в излишние подробности, приведем ниже.

Рельеф и строение дна Северного Ледовитого океана. Результаты, достигнутые в этой области с начала освоения Северного

морского пути, коренным образом изменили существовавшие ранее представления о глубинах и рельефе дна окраинных морей и особенно Арктического бассейна. Сведения о глубинах морей в начале 1930-х годов основывались на немногочисленных судовых измерениях при плаваниях вдоль побережья Сибири и ограничивались преимущественно южными частями морей. Северные районы Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского и других арктических морей редко или совсем не посещались судами. В самом Арктическом бассейне редкие измерения глубин были сделаны во время экспедиции на „Фраме”. Они разбили миф о мелководности центральной части Северного Ледовитого океана в его евразийском секторе. К моменту начала освоения СМП Северный Ледовитый океан все еще продолжал оставаться огромным „белым пятном” на географических картах. С 1930-х годов началось интенсивное изучение подводного рельефа. Измерения глубин, произведенные при выполнении экспедиционных плаваний, а также в результате планомерной работы полярных гидрографов, позволили уже к началу Великой Отечественной войны составить достаточно полное представление о характере подводного рельефа на сибирском шельфе, установить северную его границу. Были открыты подводные хребты и желоба, врезающиеся в материковую отмель, определены в самом первом приближении особенности континентального склона. На материковой отмели были открыты и нанесены на карту новые острова (Визе, Исаченко, Воронина, Длинный, Домашний, Шмидта, Сидорова, острова Известий ЦИК, Ушакова и др.). Экспедиция Института по изучению Севера (позднее Арктический институт) Г. А. Ушакова и Н. Н. Урванцева в течение 1930—1932 гг. исследовала и описала Северную Землю, открыла ряд новых островов в составе этого архипелага.

Исследования глубоководной части Северного Ледовитого океана привели к открытию хребта Ломоносова, срединно-океанического хребта Гаккеля, хребта Менделеева и орографически единого с ним поднятия Альфа. Эти хребты отделены друг от друга и от континентальных окраин глубоководными котловинами Нансена, Амундсена, Макарова и Канадской. Из всех открытий рельефа дна Арктического бассейна, пожалуй, наиболее сенсационным после хребта Ломоносова было открытие хребта Гаккеля. Обнаружение нескольких конусообразных гор вулканичес-

кого происхождения, вздымающихся над ложем океана на 1000—3000 м, позволило Я. Я. Гаккелю высказать предположение о продолжении срединно-океанического хребта из Атлантики через Исландию, остров Ян-Майен в Арктический бассейн и далее к устью реки Лены. Промеры глубин полностью подтвердили это предположение.

Океанологические исследования. Накопление знаний о физических процессах в водах Северного Ледовитого океана приобрело резкое ускорение уже в конце 1920-х—начале 1930-х годов.

Первые сведения о вертикальной структуре вод Северного Ледовитого океана были получены Ф. Нансеном во время его знаменитого дрейфа на „Фраме“, обнаружившим под тонким холодным слоем полярной воды слой атлантического происхождения толщиной 400—600 м с положительной температурой. Ниже этого теплого слоя и до дна располагаются глубинные воды с температурой около $-0,8^{\circ}\text{C}$. Позднейшие исследования показали, что трехслойная структура вод характерна только для восточной части бассейна, где дрейфовал „Фрам“. В западной его части между горизонтами 50—100 м Высокоширотные воздушные экспедиции обнаружили тихоокеанские воды, которые по своим физико-химическим характеристикам отличаются как от поверхностных арктических, так и от глубинных атлантических вод. Область распространения этих вод простирается от Берингова пролива до Северного полюса. Глубинные воды в восточной и западной частях Арктического бассейна, как показали исследования, неоднородны по температуре ($-0,8$ и $-0,4^{\circ}\text{C}$ соответственно). Первые формируются в результате притока холодных и соленых глубинных вод Гренландского моря, вторые — вследствие трансформации проникающих сюда глубинных атлантических вод.

В процессе анализа обширных материалов наблюдений были установлены границы распространения водных масс в Северном Ледовитом океане, изучены их морфологические особенности, физико-химические характеристики, временная и пространственная изменчивость их состояния. Особое внимание было уделено изучению атлантических вод, поступающих в Северный Ледовитый океан в системе Северо-Атлантического течения и являющихся основным источником океанского тепла в Центральной Арктике. Оценен приток тепла с этими водами на границе

Северного Ледовитого океана с Атлантикой, его межгодовые и многолетние изменения, а также теплоотдача в атмосферу в процессе вертикального обмена. Материалы наблюдений позволяют говорить о заметном повышении температуры атлантических вод в Арктическом бассейне в течение XX в. Выявлены причины и оценен вклад дрейфовой, стоковой и термохалинной циркуляции в водообмен Северного Ледовитого океана с Атлантическим и Тихим океанами. Изучены характеристики устойчиво стратифицированного (из-за пониженной солености) слоя поверхностных арктических вод и их роль в регулировании потоков атлантического тепла к поверхности океана, в образовании, распространении и устойчивости арктического морского ледяного покрова. Изучены течения, волнение, приливы, непериодические колебания уровня, акустические и оптические характеристики вод. Материалы этих исследований нашли широкое применение при хозяйственном освоении Арктики. На основе обширного фактического материала изучен гидрохимический режим окраинных морей и Арктического бассейна. Подготовлены карты распределения кислорода, pH, кремния и фосфора на стандартных горизонтах до глубин 4000 м. Проведен анализ гидрохимической структуры вод Северного Ледовитого океана, установлены закономерности пространственной и временной изменчивости гидрохимических показателей. Использование этих показателей в качестве индикаторов позволило более уверенно судить о происхождении и возрасте водных масс. На основе натурных данных получены сведения о химическом составе морских льдов разного возраста, что позволяет учитывать количество солей и других веществ в толще льда в балансовых расчетах. Выполнена оценка выноса солей со льдами из Арктического бассейна в Гренландское море.

Разработана теория формирования гидрологического режима Северного Ледовитого океана, заложены основы следящей и прогнозирующей автоматизированной системы мониторинга океана. Созданы феноменологические модели формирования типов структур вертикального распределения гидрологических полей в подледном слое. Разработаны численные гидродинамические и физико-статистические методы прогноза сгонно-нагонных колебаний уровня с заблаговременностью 5—6 суток, ветрового волнения на 1—3 суток, комплексных ледово-гидрологических прогнозов на 5—7 суток. Подготовлены режимно-справочные и на-

учно-прикладные пособия, атласы и нормативные справочники по гидрологическому режиму Северного Ледовитого океана. В рамках соглашений Российско-американской комиссии по экономическому и технологическому сотрудничеству завершены работы по созданию электронного климатического атласа Северного Ледовитого океана на компакт-дисках для зимнего и летнего периодов.

С учетом особенностей подледного распространения акустических колебаний в годовом цикле выполнено гидролого-акустическое районирование Северного Ледовитого океана как основы для моделирования условий распространения звука в задачах обнаружения гидроакустических сигналов. Результаты анализа пространственно-временных и спектрально-энергетических характеристик подледного шумового поля позволили не только разработать новые методы изучения ледовых образований, динамических и термических процессов в ледяном покрове, но и стимулировали развитие новых направлений исследований, которые позволяют объяснять и прогнозировать вариации сигналов в зависимости от гидрометеорологических условий. При исследовании флуктуаций амплитуды, фазы и времени распространения акустических сигналов на расстоянии до 1000 км обнаружались их зависимости от океанологических параметров среды. Это позволяет ставить вопрос о практической реализации акустического мониторинга климатической изменчивости Арктического бассейна. В результате изучения тонкой структуры верхнего слоя океана с помощью термокос, термозондов и циклических измерителей скорости звука получены новые данные о мелко- и мезомасштабной изменчивости гидрофизических полей в Центральной Арктике.

Крупные научные результаты достигнуты в изучении процессов взаимодействия атмосферы и океана при наличии ледяного покрова и в оценке их влияния на климатическую систему.

В начале 1970-х годов, когда загрязнение окружающей среды стало проявляться повсеместно, начались исследования химического загрязнения морской среды полярных районов в морских, воздушных и наземных экспедициях. В результате анализа собранных данных был выявлен ряд закономерностей распределения загрязняющих веществ и их фоновый уровень в морской воде и снежно-ледяном покрове. Обнаружен дальний атмосферный перенос этих веществ в центральную часть Арктического

бассейна. Установлено, что антропогенное воздействие проявляется вокруг промышленных районов, отдельных поселений, устьевых областей крупных рек и водных акваторий портов. При этом загрязнено лишь несколько процентов общей площади арктического региона. Оценка степени загрязненности природной среды веществами, поступающими от промышленных предприятий умеренных широт и в самой Арктике, показала, что в наибольшей мере загрязнена атмосфера. Высокая эффективность процессов самоочищения, характерная для воды и снежно-ледяного покрова, обеспечивает относительную чистоту экосистемы Северного Ледовитого океана.

Морские льды. Эти льды оказывают сильное и большей частью негативное воздействие на жизнь и хозяйственную деятельность человека в замерзающих районах Мирового океана. Их образование осложняет, а нередко делает невозможным мореплавание, строительство и эксплуатацию морских инженерных сооружений, поиск и добычу полезных ископаемых, прокладку по дну кабелей и трубопроводов, рыболовный, зверобойный промыслы и многое другое. Так как все моря, омывающие берега нашей страны, в большей или меньшей степени зимой покрываются льдом, то рациональное хозяйственное их освоение невозможно представить без научных знаний о морских льдах. Особенно это важно для полярных вод, где тяжелые льды сохраняются большую часть года. Велика роль морских льдов и в формировании климата Арктики. Ко всему этому, морские льды — чувствительный интегральный индикатор состояния природной среды. Это значит, что, наблюдая за развитием морских льдов во времени с помощью ИСЗ, мы можем осуществлять мониторинг климатической системы в целом.

Исследование ледового режима Северного Ледовитого океана и его окраинных морей шло параллельно с совершенствованием системы наблюдений за льдами. На основании данных о распространении морских льдов, их толщине, сплоченности, возрастном составе, торосистости, разрушенности, сроках наступления ледовых фаз, собранных за последние 70—75 лет, выполнен детальный анализ морского ледяного покрова в северном полушарии, изучена его пространственно-временная динамика в сезонном, межгодовом и внутривековом плане. Исследованы процессы образования, нарастания, дрейфа, деформации, таяния и разруше-

ния льда. Установлены факторы, контролирующие их развитие. Разработаны методы расчета и прогноза состояния льда различной заблаговременности. Освоены пути внедрения режимной, текущей и прогностической информации в практику хозяйственной деятельности в Арктике.

Большие исследования были проведены по изучению циркуляции поверхностных вод и льдов в Северном Ледовитом океане. Помимо трансарктического течения, открытого еще Ф. Нансеном, другим важным звеном крупномасштабной циркуляции оказался антициклонический круговорот в западной части Арктического бассейна с центром на 78° с. ш. и 150° з. д. Трансарктический поток начинается на севере Чукотского моря и, постепенно расширяясь, направляется в район географического полюса, а оттуда в пролив между Гренландией и Шпицбергенем. Справа поток постоянно подпитывается за счет многолетних льдов, захваченных с периферии антициклонического круговорота, а слева — за счет однолетних льдов, выносимых из сибирских арктических морей. Благодаря этому вдоль побережья Сибири формируются сравнительно благоприятные ледовые условия. Площадь льдов, вовлеченных в антициклонический круговорот, занимает около половины всего Арктического бассейна и изменяется со временем на 2,5—3,5 млн. км². Причины дрейфа, его количественные характеристики, пространственно-временные изменения, вынос льда через пролив Фрама в Гренландское море, ледообмен Арктического бассейна с окраинными морями, влияние дрейфа на состояние льдов в этих морях были и остаются предметами исследования ААНИИ. В последнее время большое внимание в исследовании динамики морских льдов было уделено изучению тонкой структуры полей дрейфа. Выявлена сложность поля скорости дрейфа — обнаружены мезомасштабные зоны повышенных и пониженных скоростей дрейфа, вихревые циклонические и антициклонические возмущения размером в десятки километров. Изучено влияние берегов и рельефа дна на структуру полей дрейфа сплоченного льда в арктических морях. Установлена связь между разрывами в ледяном покрове с пространственной неравномерностью дрейфа льда, обусловленной полем ветра и влиянием берегов.

Большая межгодовая изменчивость ледовой обстановки у побережья Сибири и условий мореплавания по СМП потребовали от Арктического института концентрации усилий на изучении гидрометеорологического режима прежде всего окраинных арктических морей (Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского) и разработке для них прогнозов состояния льда. Результаты этих усилий нашли отражение в монографии В. Ю. Визе „Основы долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей” (1944 г.). Касаясь базового принципа долгосрочного прогнозирования, автор указывает, что в основе его должна лежать зависимость состояния ледяного покрова морей от теплового и динамического воздействия атмосферы. Поскольку долгосрочные прогнозы циркуляции атмосферы для Арктики в то время еще не разрабатывались, создание методов ледовых прогнозов пошло по пути поиска прогностических закономерностей без учета метеорологического прогноза. На этой основе были созданы физико-статистические методы прогноза ледовитости, толщины льда, вскрытия и установления припая. Надо сказать, что и после того как стали даваться долгосрочные прогнозы циркуляции атмосферы, эти физико-статистические методы не потеряли своего значения. В их основе лежат устойчивость, преемственность и цикличность в развитии природных процессов.

В результате расширения эмпирической базы в послевоенное время появились новые виды прогнозов, увеличились их заблаговременность и надежность. Этот уровень знаний в изучении морских льдов и прогнозировании ледовых условий был обобщен в монографии коллектива авторов „Основы методики ледовых прогнозов для арктических морей” (1972 г.). Совершенствование знаний о процессах в ледяном покрове, в атмосфере и океане привело также к развитию математического моделирования процессов в ледяном покрове и разработке методов расчета и прогноза. Обзор исследований по моделированию процессов в ледяном покрове приведен в монографии И. Л. Апеля и З. М. Гудковича „Численное моделирование и прогноз эволюции ледяного покрова арктических морей в период таяния” (1992 г.).

Большое развитие в эти годы получили также работы по созданию методов краткосрочных прогнозов ледовых условий, необходимых для планирования и обеспечения морских операций небольшой продолжительности. Весьма перспективным оказался

здесь комплексный ледово-гидрологический прогноз, основанный на закономерностях режима арктических морей в естественных гидрологических периодах (продолжительностью 2—10 суток).

Исследования морского льда как физического тела были начаты Арктическим институтом в 1944 г., когда была создана специальная ледоисследовательская лаборатория. Первые работы были направлены на изучение статического давления морского льда, его грузоподъемности и на разработку методов активной борьбы со льдами. Позднее стали проводиться также исследования физико-механических свойств льда, его структуры, тепловых потоков на нижней и верхней поверхностях ледяного покрова, его теплового баланса. Оказалось, что поток тепла из глубины океана к нижней поверхности льда в центральных районах Арктического бассейна составляет всего $2,5 \text{ ккал/см}^2$ в год. Поток тепла через лед (за счет потока тепла из воды и теплоты кристаллизации на нижней поверхности льда) равен $4,5 \text{ ккал/см}^2$ в год. Исследования свойств льда, его структуры и температурного режима позволили изучить распределение прочности льда по толщине в сезонном аспекте. Выявлена роль гидрометеорологических факторов в формировании различных генетических типов льда, изучены механизмы, контролирующие пространственно-временную изменчивость строения ледяного покрова. Крупные научные результаты получены в изучении кристаллического строения и фазового состава арктических льдов. Разработана структурно-генетическая классификация льдов, позволяющая подойти к районированию ледяного покрова по преобладающему типу льдов, их кристаллической структуре и прочностным характеристикам. Сведения о толщине и прочности льда на изгиб позволили судить о потенциальной сопротивляемости ледяного покрова движению судов. Разработаны новые методы расчета несущей способности льда, а также разрушения льда (взрывной, радиационный, аэрации и другие методы). Изучено такое особо опасное явление, как обледенение судов и морских инженерных сооружений, рассмотрены условия его возникновения, предложены средства борьбы с ним, разработан метод прогноза обледенения.

Изучение физических характеристик льда и снега получило сильный импульс в результате использования более совершенных средств измерений, основанных на достижениях радиофизики, электроники, радиотехники, гидроакустики и сейсмоакустики. Получили развитие новые направления исследования (акустика и оптика льда и океана); разработаны новые методы и технические средства активного и пассивного дистанционного зондирования ледяных покровов, применена лазерная техника для изучения динамики морских льдов. На основе материалов натуральных и лабораторных работ выявлена роль гидрометеорологических факторов в формировании генетических типов льда, установлены особенности пространственной неоднородности и сезонной изменчивости в строении ледяного покрова. Разработан метод расчета характеристик прочности, упругости и несущей способности ледяного покрова по известным температуре воздуха, температуре и солености приледного слоя воды, температуре верхней поверхности льда и толщине снежного покрова.

Характеристики акустического поля в полярном океане в некоторой степени зависят от напряженного состояния льдов, вызванного воздействием атмосферных процессов и дрейфом льда. На использовании этой зависимости были разработаны новые акустические методы изучения динамических и термических процессов во льду, его дрейфа и изменения толщины льда. Установлена также связь между физическими характеристиками льда, с одной стороны, скоростью распространения и затухания акустических колебаний, распространяющихся в ледяном покрове, с другой стороны, позволяющая качественно оценить наличие напряжений, превышающих предел длительной ползучести при воздействии динамических и статических нагрузок. С целью разработки теоретических и методических основ радиолокации ледяных покровов ААНИИ проводил исследования электрических свойств пресноводного и морского льда. Были изучены зависимости электрических параметров льда от температуры, физико-химических характеристик, возраста и структуры льда. Результаты этих исследований нашли практическое применение в радиолокационном зондировании морских льдов и ледниковых покровов.

Исследования полярной атмосферы. Расширение сети метеорологических, аэрологических и актинометрических станций в

Арктике накануне и после Второй мировой войны сопровождалось быстрым развитием знаний о физических явлениях и процессах в полярной атмосфере, ее метеорологическом режиме, циркуляции, вертикальном строении тропосферы и нижней стратосферы, элементах радиационного баланса. Организация дрейфующих станций, расстановка дрейфующих автоматических радиометеорологических станций (ДАРМС) в районах Центральной Арктики позволили лучше понять ее роль в формировании климата Земли. Большой объем разнообразной метеорологической информации, поступающей из Арктики, ее использование в оперативных целях были бы невозможны без разработки и внедрения автоматизированных систем сбора и обработки гидрометеорологической информации с использованием ЭВМ. Эта необходимость остро ощущалась также в связи с разработкой физико-статистических численных методов гидрометеорологических прогнозов. По инициативе директора института В. В. Фролова, проф. Г. Я. Вангенгейма и под руководством проф. Е. П. Борисенкова в Арктическом институте был создан вычислительный центр, который был лидером в использовании новых технических средств в Ленинграде и сыграл огромную роль в автоматизации сбора, обработки, обобщения гидрометеорологической информации. Вместе с тем вычислительный центр ААНИИ стал хорошей школой подготовки не только технических специалистов, но и программистов, которые в дальнейшем были востребованы в научных учреждениях и разных отраслях народного хозяйства города. Большой вклад в подготовку таких специалистов, во внедрение новых методов обработки и анализа с помощью ЭВМ внесли К. Е. Чернин, Ю. П. Доронин, Ю. В. Николаев.

Первой итоговой работой по изучению метеорологических условий в Арктике была изданная накануне Великой Отечественной войны монография В. Ю. Визе „Климат морей Советской Арктики” (1940 г.). В ней приводятся описания климатических условий и количественные характеристики важнейших метеорологических величин на полярных станциях, полученные по результатам наблюдений. Исследовано документально зафиксированное климатическое колебание 1920—1930-х годов (потепление Арктики), рассмотрены его пространственные проявления, реакция на него природной среды и причины, вызвавшие его развитие. В послевоенные годы изучение метеорологического ре-

жима было продолжено и распространено на центральные районы Арктики. Результаты опубликованы в виде многочисленных справочников, карт, атласов, монографий и статей. Взятые вместе, они достаточно полно раскрывают характер и особенности метеорологического режима Северной полярной области, его изменчивость в годовом и суточном циклах. Изучена роль атмосферной циркуляции, подстилающей поверхности, в частности, морских льдов, морфологических особенностей островов и материковых районов в распределении метеорологических величин, их пространственной и временной изменчивости. Проведено климатическое районирование. Эти и другие результаты изучения метеорологического режима нашли широкое применение не только в науке, но и в хозяйственной деятельности, в обеспечении безопасности и жизнедеятельности человека в Арктике. Были разработаны комплексные характеристики состояния атмосферы, учитывающие совокупное воздействие ряда метеорологических величин на хозяйственные объекты.

Большие работы были выполнены по исследованию климата и физики свободной атмосферы Арктики. Оказалось, что вертикальная термическая структура атмосферы в Арктике совсем не похожа на структуру атмосферы умеренных широт. Отличие состоит в том, что в приземном слое полярной атмосферы до высоты 150—350 м часто наблюдается „холодная пленка” воздуха. Ее образование связано с разрушением приземной инверсии в процессе динамической турбулентности. Выше этой пленки располагаются инверсионные слои, образование которых связывают с радиационным выхолаживанием подстилающей поверхности в зимнее время. Анализ колебаний нижней границы тропопавзы показал, что эти колебания связаны с характером воздушных переносов: при перемещении воздушных масс с юга на север наблюдается более высокая и холодная тропопавза, при перемещении их с севера на юг — более низкая и теплая. Большое внимание было уделено изучению ветра, влажности и плотности атмосферы на высотах. Максимальные скорости ветра в Арктике наблюдаются на 1—2 км ниже тропопавзы. В результате сравнительного анализа вертикальной структуры барических образований в Арктике и в умеренных широтах был обнаружен закономерный рост повторяемости высоких циклонов с увеличением географической широты. На 70° с.ш. повторяемость циклонов,

достигающих поверхности 500 гПа и выше, составляет 80 % их общего количества. Малоподвижные антициклоны в Арктике могут распространяться до поверхности 100 гПа. Изучались также повторяемость, траектории и скорость перемещения барических образований в Арктике в зависимости от времени года. Интересные результаты получены при изучении озона в Арктике. Оказалось, что максимум его содержания приходится на март—апрель, а минимум — на август—ноябрь. При этом от весны к осени содержание озона уменьшается почти вдвое. Установлена тесная связь между содержанием озона и условиями циркуляции в атмосфере. По материалам наблюдений „Летающей метеорологической обсерватории” выполнены исследования микрофизической структуры облаков, их радиационных и оптических свойств. Актинометрические наблюдения, проведенные в этой экспедиции, позволили получить значения альбедо тундры в зависимости от заснеженности ее территории, а также альбедо поверхности моря, покрытого льдом разной сплоченности, разрушенности и возраста в период таяния.

На основе измерений прямой и рассеянной солнечной радиации, альбедо, эффективного излучения и радиационного баланса подстилающей поверхности на полярных станциях были выявлены главные особенности радиационного климата Арктики. При этом из-за слабого развития арктической актинометрической сети, помимо прямых измерений, привлекались методы расчета составляющих радиационного баланса, опирающиеся на связи радиационных потоков с облачностью, температурой, характером подстилающей поверхности и температурой атмосферы. Это позволило получить расчетные значения характеристик радиационного режима для большого числа метеорологических станций, а следовательно, и пространственно-временные характеристики элементов радиационного баланса.

Анализ данных наблюдений показал, что радиационный режим Арктики определяется географическим положением, характером подстилающей поверхности и метеорологическими условиями. Большая прозрачность арктической атмосферы является причиной того, что интенсивность прямой солнечной радиации при одних и тех же высотах солнца здесь примерно на 20 % выше, чем в умеренных широтах. Однако из-за большой облачности и высоких отражательных свойств снега и льда пря-

мая радиация в Арктике составляет всего 20—30 % суммарной, годовые значения которой достигают 60—80 ккал/см². Несмотря на сравнительно большой приток суммарной радиации, годовое значение поглощенной радиации в полярных районах составляет всего 17—20 ккал/см² из-за высокого альбеда (50—75 %). Исследования проникновения солнечной радиации в снег, лед и верхний слой моря позволили получить данные о поглощении радиации в зависимости от плотности снега, толщины, сплоченности и разрушенности льда.

Среди элементов метеорологического режима Арктики, изучению которых уделялось внимание с самого начала освоения Северного морского пути, особое место занимала циркуляция атмосферы. Это связано с тем, что циркуляция во многом определяет условия погоды, климата и состояния льда на СМП. Изучение атмосферной циркуляции в Арктике началось с анализа ее режима, выявления особенностей развития и связи с атмосферными процессами за пределами арктической области. Оно проводилось целенаправленно, на основе принципов макроциркуляционного метода, сформулированных Г. Я. Вангенгеймом, а позднее развитых А. А. Гирсом и последователями их научной школы. Важнейший из этих принципов состоит в том, что атмосферные процессы в конкретных физико-географических условиях Арктики являются результатом проявления общей циркуляции атмосферы. В практическом отношении это означает, что изучение и предсказание атмосферных процессов в Арктике следует проводить с учетом макросиноптических процессов всего северного полушария — типов атмосферной циркуляции *W*, *C* и *E* или девятью их разновидностями на полушарии. При этом процесс общей циркуляции атмосферы можно представить в виде закономерно сменяющихся стадий развития. Прогноз атмосферной циркуляции должен строиться, исходя из особенностей ее предшествующего развития.

С учетом этих принципов была изучена специфика проявления форм атмосферной циркуляции *W*, *C*, *E* в Арктике, произведена их классификация, изучены закономерности преобразования этих форм и связанные с этими преобразованиями изменения режима погоды в Северной полярной области. Все это явилось основой метода долгосрочного прогноза атмосферного давле-

ния и температуры, преобладающих направлений береговых ветров и воздушных потоков с большой и малой заблаговременностью (от 3—12 дней до нескольких месяцев). Прогнозы на основе макроциркуляционного метода нашли широкое применение в практике обеспечения мореплавания и хозяйственной деятельности на море и на суше в Арктике. Работы по развитию и совершенствованию метода не прекращались и во все последующие годы. Они были ориентированы на расширение и укрепление теоретической базы прогнозирования, использование расчетных физико-статистических методов анализа и предвычисления метеорологических полей, повышение качества и увеличение заблаговременности прогнозов, распространение прогнозов на Южную полярную область. Изучение внутривековых колебаний форм атмосферной циркуляции и причин, их вызывающих, позволило судить о возможных климатических условиях в Арктике в будущем.

Изменения в климатической системе. Первые отечественные исследования по проблеме изменения арктического климата были посвящены феномену 1920—1930-х годов, известному в научной литературе как потепление Арктики. Описание этого феномена, особенностей его проявления и реакции природной среды в той мере, в какой это было возможно на материалах тех лет, было дано В. Ю. Визе еще накануне Великой Отечественной войны. Причину, вызвавшую потепление, он видел в усилении общей циркуляции атмосферы под влиянием изменения солнечной активности. В послевоенный период интерес к проблеме изменения климата не угас, а, напротив, еще более усилился. Этому способствовали широкие обсуждения проектов преобразования природы на основе тепловой мелиорации северных широт, публикации о неустойчивости арктических льдов и о возрастающем влиянии парниковых газов на термическое состояние атмосферы. Поскольку при реализации проектов, направленных на изменение климата, последствия для природы Арктики могут оказаться не просто большими, а катастрофическими, ААНИИ принимал самое деятельное участие в их обсуждении. Наряду с этим продолжалось изучение межгодовых и многолетних изменений всех компонентов климатической системы в Северной полярной области. Некоторые результаты этих исследований представлены ниже.

Наблюдения за морскими льдами в Северном Ледовитом океане в XX столетии позволили обнаружить значительные межгодовые и многолетние изменения в их распространении. Характер этих изменений дает основания выделить четыре внутривековые стадии в их развитии: две стадии разрастания (1900—1918 и 1938—1968 гг.) и две стадии сокращения (1918—1938, 1968—1996 гг.) ледяного покрова, происходящие на фоне векового сокращения их площади. Параметры линейных трендов составили: для стадий разрастания 169 и 122 тыс. км² /10 лет соответственно, а для стадий сокращения —200 и —122 тыс. км² /10 лет, в целом за период 1900—1996 гг. — 56 тыс. км² /10 лет. Анализ причин, вызвавших эти изменения в распространении морских арктических льдов, показал, что они обусловлены в основном не колебаниями термических условий в атмосфере, а структурными перестройками в верхнем слое океана (экспансией и отступанием поверхностных арктических вод). Дело в том, что образование морского льда зависит от соотношения потоков тепла на поверхности моря. Лед образуется в том случае, если отток тепла в атмосферу с поверхности моря превышает приток из глубины океана. Интенсивность притока (вертикального потока тепла в океане) в холодное время года зависит от конвекции, а та, в свою очередь, — от распределения плотности воды по глубине. При низких температурах воды (условия, характерные для полярных вод) плотность в основном зависит от солености. В Арктическом бассейне, с устойчивой стратификацией поверхностной водной массы, обусловленной пониженной соленостью, развитие конвекции ограничено (50—75 м) тонким слоем. Ее развитию препятствует галоклин, формирующийся на границе между поверхностными арктическими и теплыми атлантическими водами. Галоклин в полярном океане играет ту же роль, что и задвижка в печи, — препятствует выносу тепла к поверхности океана и таким образом создает необходимые предпосылки для образования льда. Так как за пределами галоклина отток тепла в атмосферу компенсируется его поступлением из глубин океана, то распространение морских льдов ограничено областью галоклина. Достигнув внешней границы этой области, ледяной покров прекращает свое развитие в горизонтальном направлении.

Вертикальная структура вод в Северном Ледовитом океане обеспечивает высокую устойчивость морских льдов к изменениям внешних климатообразующих факторов. В условиях дефицита энергии, который характерен для областей стока энергии, ледяной покров зимой всегда восстанавливается, даже в случае его полного исчезновения в летнее время. Только изменив эту структуру, открыв „задвижку”, можно обеспечить возврат к безледному режиму океана.

Таким образом, существует связь между образованием и распространением льдов в глубоком море и строением его верхнего слоя. Связь эта предполагает возможность двух характерных режимов в Арктике: безледного и ледового. Переход от безледного режима к ледовому и обратно происходит в результате перестройки вертикальной структуры водной толщи, сопровождающейся формированием или вырождением галоклина вблизи поверхности океана.

С другой стороны, изменения площади галоклина во времени, вызванные нарушениями пресноводного баланса Северного Ледовитого океана, должны сопровождаться соответствующими изменениями площади морских льдов. Чтобы зимой льды полностью покрыли, скажем, Гренландское и Баренцево моря, совсем не обязательно понижать температуру атмосферы. Достаточно распространить в моря опресненные арктические воды и перекрыть поток океанического тепла из глубин. Сокращение размеров галоклина, напротив, будет сопровождаться уменьшением площади арктических льдов. Поэтому представление, что морские льды лишь „откликаются” на изменения в атмосфере, справедливо только отчасти. Климатически обусловленными в основном можно считать изменения площади морского льда летом, когда решающее значение в таянии ледяного покрова имеют радиационные и термические факторы.

Важные результаты были получены в отношении внутривековой динамики термического состояния атлантического слоя в Арктическом бассейне (с конца XIX столетия, т. е. с момента первых глубоководных измерений температуры на околополюсном пространстве до наших дней). Эта динамика отражает реакцию океана на изменения в климатической системе, происходившие за это время. Эти результаты указывают на разогрев атлантического слоя. Так, максимальная температура атлантических

вод в точке 80° 46' с.ш., 125° 09' в.д. повысилась с 0,3 °С в 1894 г. до 1,34 °С в 1955 г., 1,39 °С в 1966 г. и 1,83 °С в 1995 г. За столетний период эта температура поднялась в 6 раз. Все это позволяет говорить о вековом усилении влияния Атлантического океана на состояние льдов, погоды и климата в Арктике. Повышение температуры сопровождалось увеличением объема атлантических вод, толщины их слоя и подъемом их верхней границы. Есть основания считать, что эти изменения в состоянии атлантического слоя не были монотонными, а носили скачкообразный характер. Первый скачок с низкого уровня теплового состояния на более высокий произошел с 1918 на 1919 г., второй — с 1989 на 1990 г. После каждого из этих скачков новый уровень теплового состояния с небольшими вариациями продолжает сохраняться. Последний скачок, в отличие от первого, хорошо зафиксирован документально. Его последствия сказались на большей части Арктического бассейна.

Большие усилия традиционно были направлены на изучение изменений климатического масштаба в арктической атмосфере. Известно, что именно в полярной области эти изменения выражены наиболее ярко. Уже одно это делало Арктику особенно притягательной для исследования не только динамики климата, но и факторов, ее определяющих. Первые шаги в этих исследованиях были направлены на выявление пространственно-временных изменений термического режима приземной атмосферы с начала инструментальных наблюдений. Было установлено, что эти изменения имеют сложную пространственно-временную структуру, о чем свидетельствуют результаты климатического районирования Северной полярной области. Выделено шесть однородных районов: Западно-Европейский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Чукотский, Аляскинский и Канадский. Различия между районами проявились особенно заметно в положении главных очагов повышения температуры в период 1980—1990 гг. Для Северной полярной области изменение среднегодовой температуры в XX столетии характеризовалось положительным линейным трендом. На фоне этого роста температуры происходили колебания меньшего, внутривекового масштаба (потепление 1920—1930-х годов, сменившее его похолодание и новое потепление в последние десятилетия XX в.). Причиной, вызвавшей эти колебания, признаются изменения в циркуляции

атмосферы, контролирующей переносы тепла и влаги в высокие широты.

Исследования геофизических процессов. Исследования проводились на основе данных сети геофизических наблюдений и включали: вариации геомагнитного поля, состояние высокоширотной ионосферы и условия распространения радиоволн.

Начало первых магнитных наблюдений, осуществляемых на постоянной основе в Арктике, относится к 1923 г., когда в проливе Маточкин Шар на Новой Земле вошла в строй магнитная обсерватория. В период проведения Второго международного полярного года (1932—1933 гг.) такого рода наблюдения стали проводиться еще в двух пунктах: в бухте Тихой на Земле Франца-Иосифа и на острове Диксон. В 1956—1957 гг. (Международный геофизический год) к этому списку добавились: бухта Тикси, мыс Челюскин, острова Хейса, Уэлен. Как отмечалось ранее, магнитные измерения уже в конце 1930-х годов были распространены и на районы Центральной Арктики. Послевоенные Высокоширотные воздушные экспедиции и дрейфующие станции позволили выполнить площадную съемку и подготовить магнитные карты Арктики. На основе материалов магнитных измерений было развито представление о спиральности изохрон максимумов утренних магнитных возмущений и показано существование второй зоны максимума магнитных возмущений, расположенной в приполюсной области. Обнаружена зависимость интенсивности утренних, дневных и вечерних возмущений от географического положения пункта наблюдения. Впервые было обнаружено и доказано влияние толщи океана на вариации Z -компоненты геомагнитного поля. Построены синоптические карты магнитной активности разных сезонов и времени суток для эпох максимума и минимума солнечной активности. Проведены исследования природы „гигантских” микропульсаций геомагнитного поля РС-5. В 1980—1990-х годах большое внимание было уделено изучению связи геофизических процессов в полярных шапках с параметрами солнечного ветра и возможности прогнозирования магнитосферных суббурь. Разработан метод расчета специального диагностического индекса РС, характеризующего глобальное состояние магнитосферы, по магнитным данным одной околополюсной станции. Этот индекс признан мировой научной общественностью и включен в перечень оперативных ха-

рактистик, используемых в ряде спутниковых проектов. По данным наблюдений за полярными сияниями на станции Восток была изучена морфология и физика специфических форм сияний, наблюдающихся в полярных шапках только в периоды северной ориентации межпланетного поля. В эти же годы проводилось исследование тонкой структуры и динамики геофизических процессов в авроральной зоне. Одним из наиболее важных результатов этого направления исследования являются разработка метода и расчет электрических полей и токов, генерируемых в высокоширотной ионосфере продольными электрическими токами магнитосферного происхождения, и разработка эмпирической модели продольных магнитосферных токов как функции вертикального и северного компонентов межпланетного магнитного поля.

Первые же наблюдения за ионосферой и условиями распространения радиоволн показали, что появление полярных сияний и возмущения геомагнитного поля значительно ухудшают качество радиосвязи. Поскольку эти явления с наибольшей частотой и интенсивностью проявляются в высоких широтах, то это и определило необходимость организации здесь регулярных ионосферных наблюдений сначала в окраинной, а затем и в центральной части Арктики, на дрейфующих станциях. Отечественная сеть риометрических наблюдений к 1970-м годам оказалась самой разветвленной в мире. Наиболее существенные результаты исследований высокоширотной ионосферы сводятся к следующему. Проведены фундаментальные исследования физики, морфологии и природы аномального поглощения радиоволн в ионосфере высоких широт. Исследована морфология и природа крупномасштабных структурных особенностей верхней высокоширотной ионосферы полушарий Земли. Составлены карты распределения электронной концентрации в слое F для различных уровней солнечной и геомагнитной активности. Исследованы закономерности распределения спорадической ионизации в слое E высокоширотной ионосферы различных видов. Построены карты распределения E_s в высоких широтах для различной солнечной и магнитной активности. Исследованы общие закономерности поведения ионосферы в приполюсных областях. Проведены исследования природы и динамики регулярного поглощения радиоволн в высокоширотной ионосфере, природы и

динамики главного ионосферного провала. Выполнен ряд основополагающих работ по физике взаимодействия солнечных космических лучей с высокоширотной ионосферой.

Антарктика

В 1951 г. бюро Международного совета научных исследований при Организации Объединенных Наций призвало страны провести в рамках предстоящего Международного геофизического года (1957—1958 гг.) наблюдения в Антарктике — одной из наименее изученных областей нашей планеты. Академия наук СССР изъявила готовность направить экспедицию для геофизических исследований на самом континенте и в водах Южного океана. Была создана комиссия по антарктическим исследованиям под председательством академика Д. И. Щербакова. Уже осенью 1955 г. СССР направил к берегам шестого континента на дизель-электроходах „Обь” и „Лена” Комплексную антарктическую экспедицию под руководством М. М. Сомова, которая должна была построить на берегу моря Дейвиса научную базу (обсерватория Мирный) для наблюдений по программам этого года. Предполагалось также создание станции в районе Южного геомагнитного полюса. Программы исследований предусматривали организацию и проведение наблюдений по аэрометеорологии, геофизике, аэрофотограмметрии, гляциологии, геологии и физической географии, океанологии, гидрографии, биологии и химии океана. Вместе с СССР в работе по программам МГГ в Антарктике принимали участие Австралия, Англия, Аргентина, Бельгия, Новая Зеландия, Норвегия, США, Франция, Япония, Чили и ЮАР. Первый год работы на шестом континенте оказался наиболее трудным, так как помимо наблюдений приходилось строить и обустраивать саму станцию, привыкать к капризам антарктической погоды. Зимовка прошла успешно, запланированные работы к началу Международного геофизического года (1 июля 1957 г.) в основном были выполнены. Второй комплексной антарктической экспедиции предстояло продолжить начатые и организовать новые научные наблюдения. Самой сложной задачей, стоявшей перед этой экспедицией, было создание внут-

риконтинентальной станции в районе геомагнитного полюса (станция Восток, открыта в декабре 1957 г.).

По окончании Международного геофизического года государства-участники согласились продолжить исследования и заключили Договор об Антарктике, который с 23 июня 1961 г. вступил в силу. Этот Договор провозглашал использование Антарктики исключительно в мирных целях и запрещал любые мероприятия военного характера, такие как создание военных баз и укреплений, проведение военных маневров и испытаний любых видов оружия. Он также замораживал статус-кво в Антарктике в отношении территориальных претензий и основ для будущих претензий, провозглашая в то же время принцип свободы научных исследований в Антарктике.

По распоряжению Совета Министров СССР от 25 июня 1958 г. была организована Межведомственная комиссия по изучению Антарктики. Вся работа по организации и координации исследований на шестом континенте и в Южном океане была возложена на ААНИИ. С 1959 г. экспедиция стала называться Советской антарктической экспедицией. В ее работе принимают участие специалисты Гидрометслужбы России, Российской академии наук, Министерства транспорта, Главного управления геодезии и картографии, Комитета по геологии и использованию недр и ряда других ведомств. Для выполнения научных программ круглогодичных и сезонных исследований в разное время было создано 14 круглогодично действующих станций (табл. 2) и 11 сезонных станций, предназначавшихся для выполнения геолого-геофизических наблюдений. Часть станций после выполнения программ работ, а также из-за недостатка финансовых средств была закрыта. В настоящее время продолжают работать российские станции Мирный, Новолазаревская, Восток и Беллинсгаузен. На антарктическом континенте и в водах Южного океана проводятся разнообразные экспедиционные и стационарные исследования, включая и исследования гидрометеорологического характера. В лучшие времена на самом континенте одновременно работали до 7 наших круглогодичных станций наблюдений, расположенных по всему периметру континента (Мирный, Восток, Молодежная, Новолазаревская, Ленинградская, Русская, Беллинсгаузен), не считая сухопутных и морских экс-

педиционных наблюдений, проводимых в летнее время. Наша страна внесла большой вклад в исследование Антарктики. Правовое обеспечение российского присутствия в Антарктике и представительство России в системе Договора об Антарктике осуществляет Министерство иностранных дел Российской Федерации.

В настоящее время в связи с возросшими требованиями по охране окружающей среды осуществляется модернизация российских антарктических станций. С ее окончанием продолжают свои работы обсерватория Мирный, станции Прогресс, Новолазаревская, Беллинсгаузен и Восток.

Таблица 2

Основные сведения о российских круглогодичных научных станциях в Антарктиде

Название	Дата открытия	Координаты		Высота над уровнем моря	Численность персонала
		Широта, южная	Долгота		
Мирный	13.02.56	66° 33'	93° 01' в.	35	43—145
Пионерская	27.05.56	69° 44'	93° 30' в.	2741	4—5
Оазис	15.10.56	66° 16'	100° 45' в.	29	2—14
Восток-1	12.04.57	72° 08'	96° 35' в.	3252	8
Комсомольская	12.04.57	74° 06'	94° 30' в.	3500	2—7
Восток	16.12.57	78° 28'	106° 48' в.	3488	12—27
Советская	16.02.58	78° 23'	87° 32' в.	3662	6
Лазарев	10.03.59	69° 59'	12° 55' в.	24	7—11
Новолазаревская	18.01.61	70° 40'	11° 50' в.	99	12—28
Молодежная	23.02.62	67° 40'	45° 50' в.	42	11—147
Беллинсгаузен	22.02.68	62° 12'	58° 54' в.	14	11—23
Ленинградская	25.02.71	69° 30'	159° 24' в.	304	7—17
Русская	9.03.80	74° 43'	137° 07' з.	100	11—13
Прогресс	1.04.88	69° 24'	76° 24' в.	64	15—24

Научные результаты

Научные материалы, собранные отечественными антарктическими экспедициями, являются основой существующих знаний о природных условиях Антарктики. Они широко используются при решении разнообразных научных проблем, изучении океанологических, метеорологических, геофизических, геологических, биологических явлений и процессов, в физической географии антарктического региона и при научно-оперативном обеспечении рыболовства и судоходства в Южном океане.

Метеорологический режим, климат и палеоклимат. Материалы наблюдений отечественных и зарубежных станций послужили базой для изучения современного метеорологического и радиационного режима антарктической атмосферы, атмосферной циркуляции, изменений современного климата и условий формирования над Антарктикой так называемой „озоновой дыры”. На основе обобщения данных наблюдений создана модель циркуляции атмосферы над Антарктидой, изучено взаимодействие этой циркуляции с глобальной атмосферой. Оценка трендов температуры приземной атмосферы за последние 30—40 лет показала неоднородность современных климатических изменений на континенте. В Восточной Антарктиде наряду с районами, где тренд приземной температуры воздуха положительный, существуют районы с отрицательным трендом. Одним из наиболее значимых научных проектов, выполняемых в настоящее время международным сообществом, является проект по исследованию глобальных изменений климата и причин этих изменений. Антарктика представляет в этом отношении особый интерес в силу того, что является своеобразным природным архивом, хранящим информацию о палеоклимате не только Антарктиды, но и всей нашей планеты. Фундаментальный вклад в исследования глобальных изменений климата в прошлом дали работы по глубокому бурению ледникового щита на станции Восток. Достигнутая в 1998 г. глубина ледовой скважины 3623 м, при общей толщине льда 3740 м, позволила получить информацию об изменчивости характеристик атмосферы за последние 420 тыс. лет, что соответствует 5 периодам глобального потепления и 4 периодам похолодания климата. Палеоклиматические данные, полученные при анализе ледниковых кернов и донных отложений антар-

ктических озер, показали, что на протяжении предшествующих 250 тыс. лет колебания температуры атмосферы, концентрация в ней парниковых газов и аэрозоля происходили синхронно с колебаниями орбитальных параметров движения нашей планеты в солнечной системе. Обнаруженное в районе станции Восток крупное подледниковое озеро, соизмеримое по размерам своего зеркала с озером Онтарио, хранит в себе информацию о климатической ситуации на протяжении более 1 млн. лет назад. Полученные данные дают исчерпывающие сведения об изменчивости климата под действием планетарных процессов и необходимую информацию для прогнозирования этих процессов в будущем.

Результаты, достигнутые российскими учеными в изучении ледникового покрова Антарктиды, представляют огромный интерес для мировой науки.

Океанографические исследования. Изучены основные закономерности крупномасштабной изменчивости антарктического морского льда и контролирующие эту изменчивость физико-географические факторы, сформулирована рабочая гипотеза эволюции морского ледяного покрова. Колебания ледовитости Южного океана проявляются в виде полициклических автоколебаний в системе взаимодействующих сред Южной полярной области. При этом распространение и морфология циркумполярного ледового пояса определяются термохалинной структурой и циркуляцией вод. В свою очередь, структура гидрофизических полей деятельного слоя антарктической зоны океана во многом зависит от ее пресноводного баланса, решающий вклад в который вносит жидкий и айсберговый сток с континента.

Подготовлена наиболее полная (37 тыс. станций) база океанографических данных и на ее основе издан российско-германский „Океанографический атлас Южного океана“. С помощью созданной прогностической 24-уровневой модели рассчитана циркуляция вод Южного океана с учетом реальной топографии дна. Исследована циркумполярная система течений Южного океана. Установлены ее пространственные границы, определены средние климатические расходы течений, выявлены основные потоки, соответствующие фронтальным разделам. Найденные закономерности позволили дифференцированно подходить к определению наиболее продуктивных районов для промыслового использования биологических ресурсов Южного океана. Изучено

распределение полей гидрохимических элементов во всей толще вод Южного океана, определено содержание приоритетных загрязняющих веществ (нефтяные, хлорированные и полиароматические углеводороды, тяжелые металлы). Выполнен уникальный российско-американский эксперимент на дрейфующей станции „Уэдделл-1” в Южном океане (начальник станции В. В. Лукин): проведен анализ водных масс в ранее неисследованной части моря Уэдделла, выявлены особенности их структуры и степень трансформации. Проведены измерения и получены количественные оценки потока тепла из океана в атмосферу через ледяной покров в этом море.

В рамках Международного года океана Российской антарктической экспедицией в Южном океане с борта научно-экспедиционного судна „Академик Федоров” в марте 1998 г. были проведены исследования по физической океанографии залива Прюдс и моря Содружества. Они были нацелены на изучение процессов формирования холодных шельфовых вод в районе прибрежной полыньи и у барьера шельфового ледника Эймери.

Геофизические исследования. Материковое положение геомагнитного полюса в Антарктиде и возможность проведения постоянных наземных наблюдений в области южнополярного капса предоставляют прекрасную возможность исследовать механизм взаимодействия „солнечного ветра” с магнитосферой Земли и подойти к разработке методов диагностики и прогнозирования состояния магнитосферы и ионосферы. Магнитное поле Земли, которое простирается в космическое пространство, играет основную роль в захвате энергии солнечного ветра, трансформируя энергию в количество движения и направляя ее в атмосферу Земли. Хаотические изменения в межпланетном поле приводят к крупномасштабной перестройке всех процессов на границе магнитосферы и вызывают высыпание авроральных частиц, генерацию полярных сияний и формирование трехмерных токовых систем, ответственных за возмущение магнитного поля Земли. Совокупность этих факторов, объединенных общим термином „космическая погода”, существенным образом влияет на функционирование ряда инженерных систем.

Биологические исследования. Исследования в Антарктике установили видовой состав флоры и фауны региона, а также остатков микроскопических диатомовых водорослей и радиоля-

рий в донных осадках Южного океана и в антарктических морях. Была обоснована гипотеза трансокеанского расселения вторично-глубоководных видов бореально-тихоокеанского происхождения через область пролива Дрейка до абиссальных районов Северной Атлантики и Арктики. Открыта новая эндемичная фауна глубоководных (до 5500 м) липаровых рыб, представленная 37 видами, из которых 28 являются новыми для науки видами. Установлено систематическое положение ископаемой рыбы из эоцена Западной Антарктики, которая оказалась предковой формой — новый род и вид подотряда нототеноидных рыб, составляющих основу коренной ихтиофауны Антарктики. Изучены распределение, запасы и возможности промыслового использования антарктических придонных (нототеноидных) и мезопелагических рыб, антарктического криля и кальмаров. Даны подробные рекомендации по рациональному использованию этих биоресурсов как российским, так и международным организациям — Научному комитету по изучению Антарктики (СКАР) и Комиссии по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (АНТКОМ).

Геологические исследования. Особую ценность для интересов России представляют комплексные геолого-геофизические исследования. Геолого-геофизическое изучение Антарктиды и ее шельфа позволило не только выявить фундаментальные закономерности геологического строения и разработать новые модели геодинамической эволюции земной коры региона, но и подойти к оценке его перспектив в отношении полезных ископаемых. По ряду районов (Земля Королевы Мод, Земля Эндерби, горы Принс-Чарльз, шельфы морей Уэдделла и Содружества) решающий вклад в эту оценку был сделан именно российскими специалистами. Ими обнаружены крупные скопления железных руд и каменного угля, проявления полиметаллов, золота, алмазов, признаки присутствия других металлоносных геологических формаций, выполнено предварительное минерагеническое районирование Антарктического щита. Крупномасштабные съемки в практически неисследованных осадочных бассейнах морей Уэдделла и Содружества внесли существенные уточнения в представления о нефтегазоносности окраинных морей антарктического материка. Осуществлено структурно-нефтегеологическое районирование главных осадочных бассейнов на континенталь-

ной окраине Антарктиды, общая площадь которых сопоставима с крупнейшими нефтегазоносными провинциями арктического шельфа.

Топографо-геодезические, картографические и гидрографические работы. Для обеспечения геолого-геофизических работ и других исследований на значительной части антарктического континента с помощью отечественных космических аппаратов была проведена фотосъемка, с использованием которой были разбиты обширные фотограмметрические сети. Это позволило создать большой объем топографических и тематических карт разнообразнейших масштабов и областей применения.

Создан фундаментальный Атлас Антарктики и подготовлено его второе издание. С целью обеспечения безопасности мореплавания в Главном управлении навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации были созданы многочисленные навигационные карты и пособия по районам работ отечественного флота в Антарктике.

Информационное обеспечение. В настоящее время в России имеются почти сорокалетние ряды непрерывных наблюдений за большинством исследуемых параметров окружающей среды. Для некоторых из них отработана технология хранения и обработки информации и созданы архивы и базы данных на современных компьютерных носителях. Однако резолюции Консультативного совещания стран—участниц Договора об Антарктике требуют создания компьютерных национальных информационных баз по всем объектам исследований, доступных для свободного международного обмена. Эти базы должны содержать только метаданные о месте и времени проведения исследований, их структуре и объемах, объеме полученной информации, ее характере и виде представления, а также реквизиты тех госфондов, где хранится эта информация. Непосредственно сами базы данных, архивы или коллекции будут доступны мировому сообществу после заключения специальных договоров с этими госфондами.



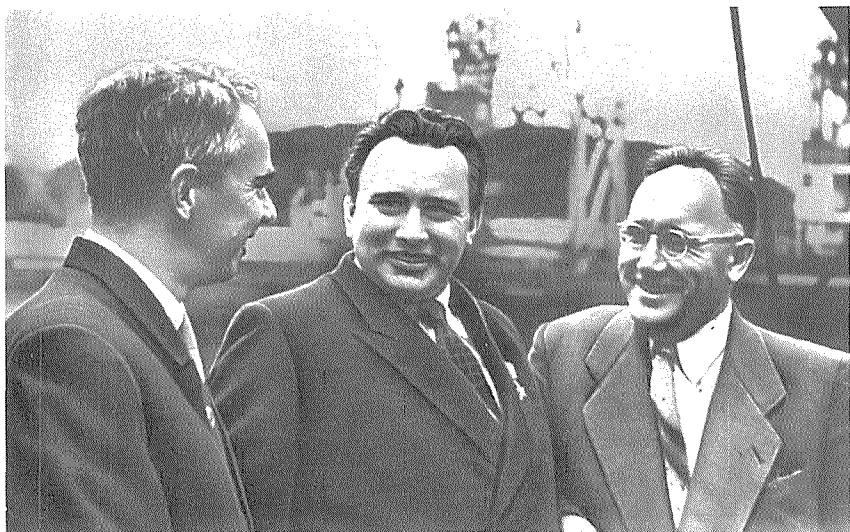
Семинар по контролю выбросов в атмосферу. Ленинград, октябрь 1986 г. Ю. С. Цатуров
(на трибуне), в президиуме (слева направо): М. Е. Берлянд, И. М. Марковец,
Е. П. Борисенков, А. С. Зайцев.



Пункт наблюдений за состоянием атмосферного воздуха в городе.



Передвижная микролаборатория контроля качества воды.



Начальники Советских антарктических экспедиций М. М. Сомов, А. Ф. Трешников и А. Г. Дралкин.

Георгий Яковлевич Вангенгейм — основоположник и руководитель научной школы макрометеорологических исследований, позволивших разработать макроциркуляционный метод долгосрочных прогнозов применительно к полярным районам Арктики и задачам гидрометеорологического обеспечения мореплавания на трассе Северного морского пути.



Александр Александрович Гирс. Вел научные работы по изучению вертикальной структуры форм атмосферной циркуляции и совершенствованию макроциркуляционного метода долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов погоды в Арктике.





Павел Афанасьевич Гордиенко — один из основоположников изучения ледяного покрова как среды судоходства; основные научные интересы — ледовый режим Северного Ледовитого океана, ледовые условия плавания в замерзающих морях.



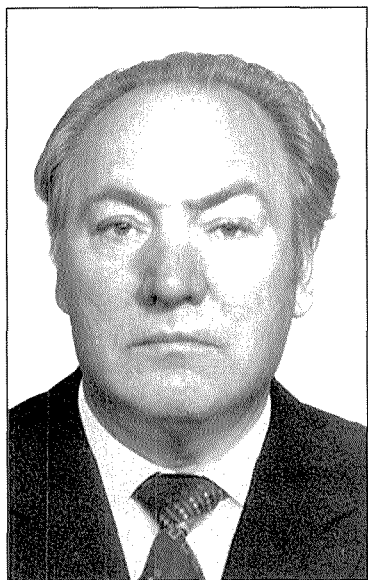
Юрий Васильевич Николаев. Внес большой вклад в развитие и применение математических методов в гидрометеорологии, в частности в области ледовых прогнозов, в исследования процессов взаимодействия океана и атмосферы и их влияния на климат высоких и умеренных широт.

Владимир Тимофеевич Тимофеев.
Основное направление научных исследований — структура и циркуляция вод Северного Ледовитого океана и их взаимодействие с водами Атлантического и Тихого океанов.

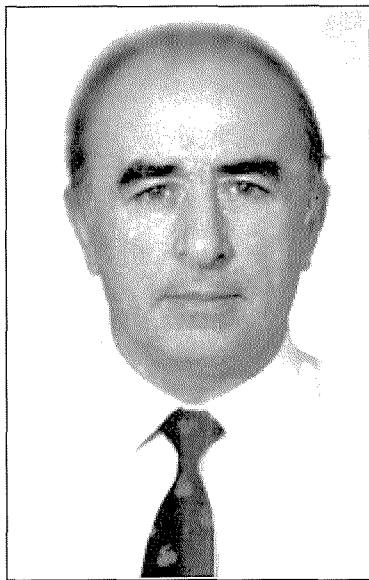


Николай Иванович Блинов —
начальник станций СП-8, СП-17, СП-26,
начальник шести экспедиций „Север”.

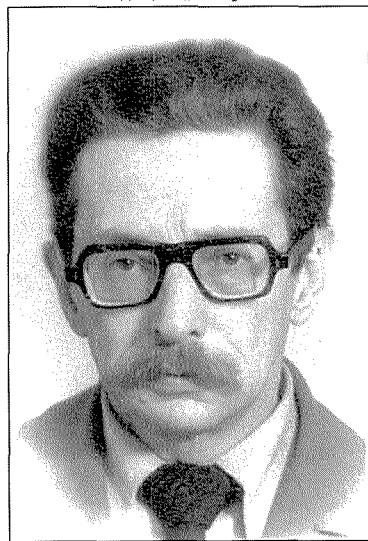




Илья Павлович Романов—
начальник станций СП-5, СП-8, СП-18,
начальник трех экспедиций „Север”,
начальник летных отрядов двух экспе-
диций „Север”.



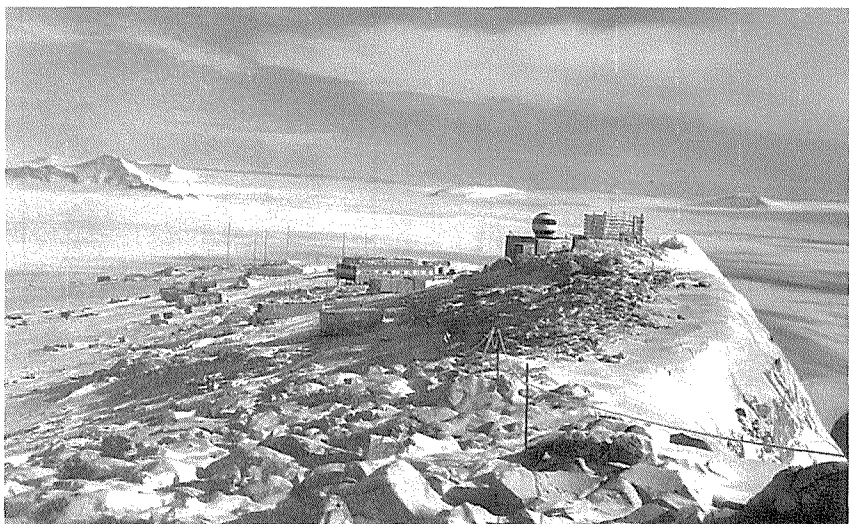
Павел Кононович Сенько—
начальник двух сезонных и двух зимо-
вочных САЭ.



Александр Вульфович Чирейкин.
Многokратно был начальником летного
отряда экспедиции „Север”.



Ветераны-полярники ААНИИ у здания Росгидромета. Май 2002 г. (65 лет СП-1).



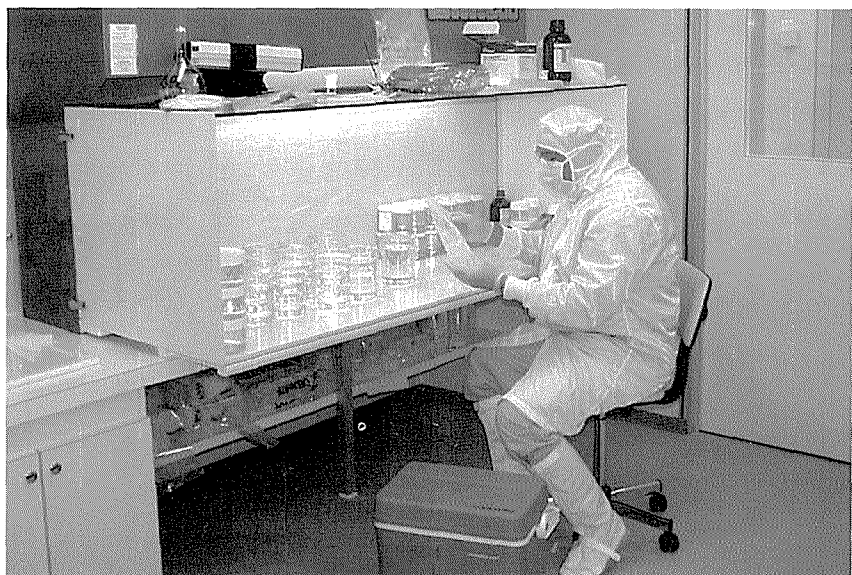
Станция Ленинградская в Антарктиде. 1980-е годы.



Атомный ледокол „Арктика” в приполюсном рейсе.



Керн льда из буровой на станции „Восток” в Антарктиде.



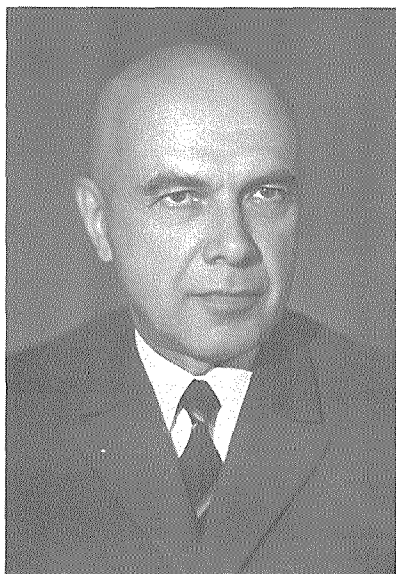
Микробиологическая лаборатория, где исследуется керн льда со станции „Восток”.



Станция СП-32. 2003 г.



На открытии СП-33. Сентябрь 2004 г.



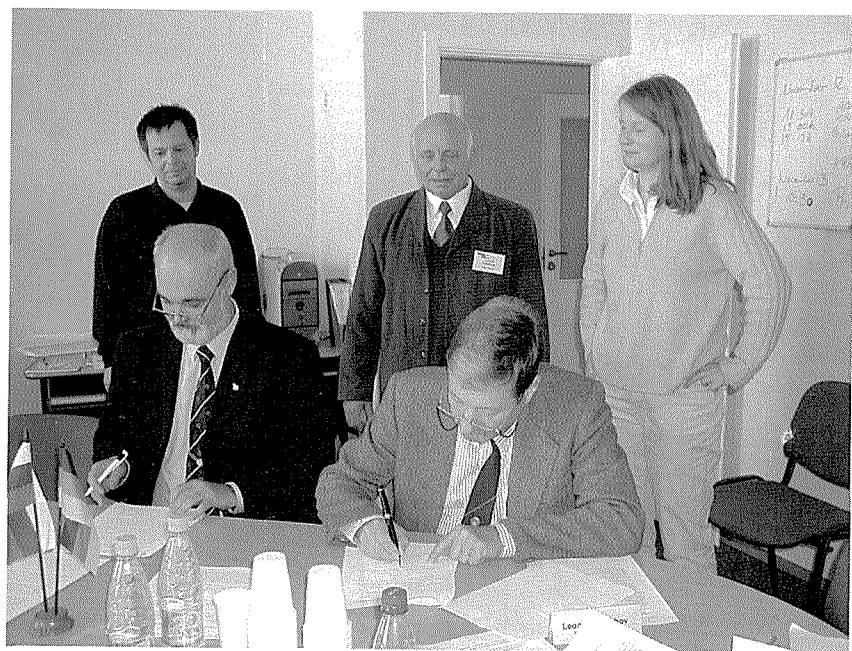
Директор Гидрометеониздата
Артемий Николаевич Михайлов
(с 1963 по 1976 г.).



Директор Гидрометеониздата
Юлия Владимировна Власова
(с 1976 по 1989 г.).



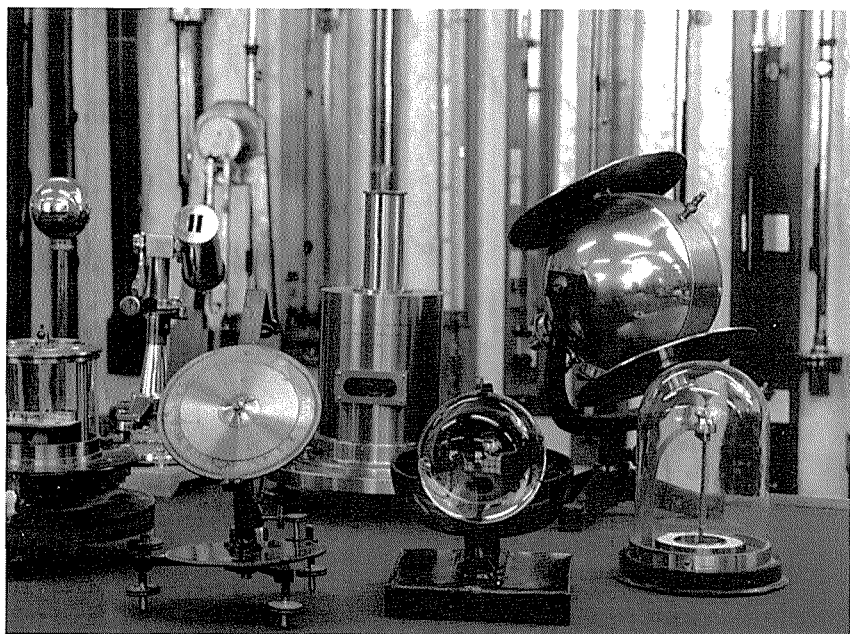
Книги, выпущенные издательством „Гидрометеиздат“ в 1999—2004 гг.



Подписание российско-германского договора о создании в ААНИИ лаборатории морских полярных исследований им. О. Ю. Шмидта. Директор ААНИИ И. Е. Фролов (слева) и директор Института полярных и морских исследований (Германия) И. Тиде.



Тринадцатая сессия Комиссии ВМО по основным системам. Санкт-Петербург, 1 марта 2005 г.



Одна из экспозиций в Музее метеорологических приборов ГГО.