

История организации отдела Ледового режима и прогнозов ААНИИ

Содержание

1. Образование и развитие отдела (В.Ф. Дубовцев, З.М. Гудкович).....	2
2. Возникновение и совершенствование системы научно-оперативного гидрометеорологического обеспечения судоходства (В.Ф. Дубовцев, З.М. Гудкович).....	6
3. Становление и развитие методики ледовых прогнозов (З.М. Гудкович, А.В. Юлин).....	11
4. Исследования влияния ледяного покрова на судоходство и другую деятельность (В.Ф. Дубовцев).....	15
5. Климатические исследования в ОЛРП (З.М. Гудкович).....	18
6. Создание банка данных по морскому льду (В.М. Смоляницкий).....	22
7. Разработка аппаратуры для бурения льда и освобождения от него вмерзших судов и сооружений (В.А. Морев).....	25
Литература.....	26
Приложение 1 - Сотрудники отдела – участники дрейфующих станций Северный полюс [92]..	32
Приложение 2 – Сотрудники Отдела, руководившие научно-оперативным обеспечением судоходства в составе Штабов морских операций на трассе СМП, в качестве главных гидрологов, их заместителей и прогнозистов [25].....	33
Приложение 3 – Сотрудники Отдела, принимавшие участие в Высокоширотных воздушных экспедициях «Север» в качестве начальников экспедиций, начальников отрядов, океанологов, гидрологов-разведчиков, астрономов [70].....	35
Приложение 4 – Сотрудники отдела – участники Антарктических экспедиций (КАЭ, САЭ, РАЭ).....	37

1 Образование и развитие отдела (В.Ф. Дубовцев, З.М. Гудкович)

Превращение Северного морского пути (СМП) в нормально действующую магистраль, помимо строительства ледоколов, транспортных судов ледового класса, а также портов, радиостанций и навигационно-технического оснащения трасс, требовало решения следующих задач:

- 1) выполнения комплексных исследований ледяного покрова и физических процессов, приводящих к изменениям состояния морских льдов на разных этапах их формирования и разрушения;
- 2) разработки методов ледовых расчетов и прогнозов разной заблаговременности;
- 3) изучения влияния ледяного покрова на мореплавание и другую хозяйственную деятельность в ледовитых морях;
- 4) организации системы научно-оперативного гидрометеорологического обеспечения судоходства и народного хозяйства.

Для успешного решения указанных задач было необходимо создание специального центра. Такой центр был постепенно создан в Ленинграде (Санкт-Петербурге) в рамках научно-исследовательского института, организация которого прошла несколько этапов. Уже в 1920 г. решением Высшего Совета Народного Хозяйства (ВСНХ) была организована Северная научно-промысловая экспедиция, которая в 1925 г. была реорганизована в Институт по изучению Севера, а в 1930 г. – во Всесоюзный арктический институт (ВАИ). В 1939 г. ВАИ переименовывается в Арктический научно-исследовательский институт (АНИИ), а в 1958 г. – в Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ).

Расширение транспортных операций на отдельных участках СМП (Карские, Колымские и Ленские операции) в 20-х годах потребовало использования ограниченной информации о метеорологических и ледовых условиях для выбора пути следования судов [5, 20]. С созданием в конце 1932 г. Главного управления Северного морского пути (ГУСМП), начальником которого был назначен О.Ю. Шмидт, развивается и реконструируется сеть полярных станций. Всесоюзный арктический институт расширяет экспедиционную и научно-исследовательскую деятельность. С 1933 г. изучение арктических льдов становится систематическим [21, 54]. Полярные капитаны и ученые приходят к мысли о необходимости научно обоснованного подхода к организации судоходства в Арктике, для чего ставится вопрос о разработке методики ледовых прогнозов.

В 1935 г. для решения этого вопроса, создается *Межведомственное бюро ледовых прогнозов (МБЛП)*, которое явилось комплексной организацией, объединившей представителей морского флота, Гидрографического управления, авиации и Главной геофизической обсерватории. В Бюро вошли крупные ученые в области ледовых и синоптических прогнозов: Н.Н. Зубов, Б.Л. Дзержевский, сотрудники Всесоюзного арктического института В.Ю. Визе, Д.Б. Карелин, Я.Я. Гаккель и др. У руководства этой организации стояли начальник ГУСМП О.Ю. Шмидт и ученый секретарь С.Д. Лаппо. Бюро координировало работу отдельных лиц и учреждений, проработало 4 года, безусловно, сыграло положительную роль, но не могло взять на себя разработку методики прогнозов и обслуживание морских операций в Арктике. Эти задачи были возложены на Всесоюзный арктический институт, имеющий фонды научных наблюдений и опытных сотрудников.

В 1937 г. в этом институте создается *Ледовый отдел*, для целенаправленного изучения арктических льдов. Начальником отдела назначается Л.И. Черныш, а с 1938 г. – А.Ф. Лактионов. Таким образом, ныне существующий отдел Ледового режима и прогнозов СЛЮ берет свое начало в 1937 г. В первые два года своего существования Ледовый отдел состоял из 2-3 научных сотрудников.

В дальнейшем структура института многократно подвергалась реорганизациям, при которых изменялось название отдела, а также состав внутренних подразделений и их руководители. В 1939 г. Ледовый отдел преобразуется в *сектор Ледовой службы*, входящий в

Морской отдел. В нем создаются специальные научные группы: группа по изучению ледового режима в составе Я.Я.Гаккеля, А.Ф.Лактионова, А.Н.Петриченко., Ю.М.Барташевича и других специалистов и группа методики ледовых прогнозов в составе М.М.Сомова, И.Г.Овчинникова, В.С.Назарова, Д.Б.Карелина, Д.А.Дрогайцева и др., а также Гидрохимическая лаборатория. В конце 1940 г. основные бюро погоды в Арктике передаются в ведение Арктического института.

С августа 1940 г. сектор Ледовой службы вновь выделяется в самостоятельный отдел, позже (с 1941 по 1945 гг.) получивший название *отдел Службы льда и погоды*, возглавлявшийся А.Н.Петриченко (1941-43 гг.), затем В.Н.Кошкиным (1944-45 гг.).

В 1941 г., в связи с началом Великой Отечественной войны, Арктический институт эвакуируется в г. Красноярск, где продолжает работу по обеспечению судоходства на Северном морском пути. В отделе Службы льда и погоды организуются секторы Тематических работ (рук. А.Ф.Лактионов) и Устьевых участков рек (рук. В.С.Антонов, с 1942 г. М.И.Зотин). На время навигации отделом выделялись оперативные группы, направлявшиеся на Диксон, мыс Шмидта и в Тикси. С 1943 г. эти группы были включены в сектор Научно-оперативного обслуживания трассы СМП (с 1945 г. – Оперативный сектор), возглавлявшийся С.Д.Лаппо (с 1944 г. Д.А.Дрогайцевым). В состав отдела вошли также секторы Информации (рук. Д.Б.Карелин) и Камеральных работ (рук. А.Н.Смесов), а также лаборатории Аэрофотосъёмки (рук. В.И.Авгиевич) и Физико-механических свойств льда (рук. И.С.Песчанский).

В 1944 г. Арктический научно-исследовательский институт возвратился из Красноярска в Ленинград. По окончании войны отдел Службы льда и погоды был разделен на три самостоятельных отдела: *Изучения льдов* (рук. А.Ф.Лактионов), *Долгосрочных ледовых прогнозов* (рук. В.Т.Тимофеев) и *отдел Погоды*. Научное руководство работами отдела Долгосрочных ледовых прогнозов поручается непосредственно председателю Ученого Совета Арктического института члену-корреспонденту АН СССР В.Ю.Визе.

При дальнейшем совершенствовании структуры института в 1946 г. происходит укрупнение подразделений. *Отделение Ледоведения*, которое возглавляли М.М.Сомов (1946г.), А.Ф.Трешников (1947-1948 и 1950 гг.), Д.Б.Карелин (1949г.) и А.Ф.Лактионов (1951 г.), объединило отделы:

- Общего ледоведения во главе с Д.В.Брановицким (1946 г.), А.Ф.Лактионовым (с 1947 г.);
- Долгосрочных ледовых прогнозов (с 1947 г. – Отдел ледовых прогнозов) во главе с Д.Б.Карелиным, П.А.Гордиенко (с 1949 г.);
- Научно-оперативного обслуживания во главе с А.А.Кухарским (с 1947 г.);
- Аэрофотосъёмки во главе с И.З.Самбуренко (с 1950 г.) и
- Ледоисследовательскую лабораторию во главе с И.С.Песчанским; эта лаборатория с 1948 г. была выделена в самостоятельное подразделение института.
- *Отделение Метеорологии* объединило два отдела:
- Краткосрочных прогнозов погоды во главе с С.И.Хромовым;
- Долгосрочных метеорологических прогнозов во главе с Г.Я.Вангенгеймом.

С 1952 г. все подразделения отделения Ледоведения вместе с отделами гидрологического профиля вошли в *Отдел №3*, а с 1953 г. – в *Отдел Океанологии* (отдел № 2) в качестве секторов Гидрологических и ледовых прогнозов (№35, начальник П.А.Гордиенко), и Научно-оперативного обслуживания (№38, начальник С.И.Петров). В том же году в состав этого отдела были включены секторы Режимов морей и морских прогнозов (№ 21, начальник Н.А.Волков.), Ледовой разведки и аэрофотосъёмки (№ 24) и Радиолокации и телевидения (№ 25). Общее руководство отделом, объединившим все подразделения ледового и океанологического профиля, осуществлял А.Ф. Лактионов, заместитель Петров С.И.

В октябре 1955 г. состоялось разделение отдела Океанологии на два независимых подразделения: *Отдел Гидрологических и ледовых прогнозов* (без разделения на внутренние подразделения), начальник отдела В.Н. Степанов, (с 1956 г. Н.А.Волков), заместитель И.С.Петров, и *Отдел Океанологии*. В 1957 г. в первом из них выделяются секторы: Научно-исследовательский, руководитель А.А.Кирилов, и Научно-оперативный, руководители

Л.Л.Балакшин, А.Л.Соколов (с 1958 г.). В 1958 г. отделу придается картографическая группа, возглавляемая К.В.Сидоровым.

В 1959 г. отдел Гидрологических и ледовых прогнозов был преобразован в *Отдел Ледовых прогнозов*, а входящий в его состав Научно-исследовательский сектор в Сектор Прогнозов. В таком составе и при тех же руководителях Отдел Ледовых прогнозов сохранился до 1965 г., когда прогностические секторы получили наименования Долгосрочных и Краткосрочных ледовых прогнозов, соответственно, и возник сектор Ледовой разведки во главе с Н.И.Тябиным, В.Н.Купецким (с 1972 г.) и В.Е.Бородачевым (с 1974 г.).

В 1967 г. входящая в состав отдела группа аэрофотосъемки была преобразована в Лабораторию инструментальной ледовой разведки, (с 1973 г. – Лаборатория спутниковых и инструментальных методов ледовых наблюдений, руководитель А.В.Бушуев). В 1975 г. Сектор ледовой разведки преобразован в Научно-оперативный сектор, руководитель В.Е.Бородачев, затем В.Н.Купецкий (с 1977 г.). При этом В.Е.Бородачев назначается заместителем руководителя отдела.

В 1979 г. Отдел Ледовых Прогнозов возглавил В.Ф. Захаров, заместитель В.К.Кривошеин. Научно-оперативный сектор преобразован в Лабораторию ледового режима, руководитель В.Е.Бородачев, а лаборатория Спутниковых и инструментальных ледовых наблюдений – в Лабораторию аэрокосмических ледовых наблюдений, руководитель А.В. Бушуев. В 1982 г. в отдел включена Лаборатория изучения ледового плавания и научно-оперативного обеспечения, преобразованная из отдела Изучения ледового плавания, созданного в ААНИИ в 1960 г., руководитель П.А.Гордиенко (с 1986 г. А.Я.Бузуев, с 1990 г. В.Е.Федяков, с 1991 г. В.И.Смирнов, с 1992 г. А.И.Бровин).

В 1984 г. Отдел Ледовых прогнозов преобразуется в отдел *Ледового режима и прогнозов*. Лаборатория аэрокосмических ледовых наблюдений выводится из состава отдела и преобразуется в самостоятельный отдел Совершенствования системы и методов ледовых наблюдений.

В 1986 г. в составе Отдела Ледового режима и прогнозов сформированы две новые лаборатории:

- Численных методов ледовых прогнозов, руководитель З.М.Гудкович (с 1992 г. И.Л.Аппель), с группой автоматизированной обработки данных наблюдений;
- Ледового режима и прогнозов Южного океана, руководитель Романов А.А.

Лаборатория краткосрочных ледовых прогнозов переведена в Центр ледовой информации ААНИИ.

В октябре 1989 г. в связи с переходом на новую систему хозяйствования, изменяется штатное расписание ОЛРП, заведующим которого назначается А.А.Романов, заместитель Е.У.Миронов. При этом входящие в отдел секторы получают наименование лабораторий. Заведующими лабораториями Долгосрочных ледовых прогнозов, Ледового режима и Ледового режима и прогнозов Южного океана стали соответственно В.Ф.Захаров, И.Е.Фролов и А.И.Коротков.

В 1992 г. в ОЛРП были выделены отдельные группы: Прикладных исследований под руководством ведущего научного сотрудника Ю.А.Горбунова и Научно-оперативного обеспечения под руководством главного специалиста А.В.Дорофеева (с 1993 г. – вед. научного сотрудника В.В.Измайлова). Заведующим лабораторией Долгосрочных ледовых прогнозов (с 1994 г. лабораторией Ледового режима и долгосрочных ледовых прогнозов *СЛО*), был назначен И.Д.Карелин. В 1993 г. Лаборатория ледового режима (Режимных пособий) выводится из состава отдела и получает статус независимого подразделения, под руководством директора института И.Е.Фролова.

В 1994 г. заведующим ОЛРП был назначен Е.У.Миронов. Лаборатория Численных методов ледовых прогнозов в 1994 г. преобразована в лабораторию Численных прогнозов и автоматизированной обработки ледовой информации, заведующий С.В.Бресткин. (до 01.04.1994 г., затем С.П.Позднышев, а с 01.12. 1995 – С.В.Клячкин). В конце 1995 г. лаборатория Ледового режима и прогнозов Южного океана преобразована в группу, а

заведующим лабораторией Изучения ледового плавания стал А.В.Юлин (с апреля 1999 г. – С.В.Фролов).

В 1999 г. ОЛРП было присвоено название отдела Ледового режима и прогнозов Северного Ледовитого океана (СЛО). А.В.Юлин стал заведующим лабораторией Ледового режима и долгосрочных ледовых прогнозов СЛО. В 2005 г. лаборатория Режимных пособий, заведующий И.Е.Фролов, была вновь включена в ОЛРП СЛО. В 2006 г. отдел пополнился также группой Термобурения, заведующий В.А.Морев, а в 2007 г. место лаборатории Режимных пособий заняла лаборатория Режимных пособий – МЦД морской лед, заведующий В.М.Смоляницкий

Кроме упомянутых выше руководителей отдела и его подразделений, активное участие в исследованиях ледового режима арктических морей, разработке методики ледовых прогнозов различной заблаговременности, в обеспечении судоходства по СМП принимали старшие научные сотрудники Н.Т.Черниговский, Т.П. Морозова, Т.И. Санцевич, М.С.Хромцова, А.В.Сметанникова, В.М.Иванов, Н.С.Уралов, В.П.Мелешко, Н.П.Шестериков, В.Ф.Дубовцев, И.М.Кузнецов, А.А.Лебедев, Е.Г.Ковалев, Ю.В.Николаев, В.А. Спичкин, В.П.Карклин, С.М.Лосев, Б.А.Слепцов-Шевлевич, А.В.Проворкин, В.С.Лошилов, А.Г.Егоров, В.С.Порубаев, научные сотрудники Б.И. Иванов, В.И.Улитин, С.В.Молькентин, А.Я.Николаева, Н.А.Чуркина, Т.Н.Москаль, И.П.Романов, Е.М.Гущенков, П.В.Колбатов, А.Б.Тюряков, Е.И.Макаров и др. Достойный вклад в исследования ледового режима арктических морей, разработку методики ледовых прогнозов, обеспечение судоходства по СМП внесли многие инженеры, техники и гидрологи.

Из вышеизложенного следует, что Ледовая служба, созданная в 30-х годах для решения задач научно-оперативного обеспечения судоходства по СМП, исследования морей Сибирского шельфа и СЛО, в поисках оптимального состава научных подразделений претерпевала существенные преобразования. Естественно, менялись и названия службы и ее подразделений:

1937-1939 – Ледовый отдел,

1939-1940 – Ледовая служба,

1940-1946 – Служба льда и погоды,

1946-1951 – Отделение Ледоведения,

1952-1954 – Отдел Океанологии,

1955-1960 – Отдел гидрологических и ледовых прогнозов,

1961-1983 – Отдел ледовых прогнозов,

1984-1998 – Отдел ледового режима и прогнозов,

1999-2007 – Отдел ледового режима и прогнозов Северного Ледовитого океана.(?)

В составе Ледовой службы возникали новые подразделения, которые в последующем становились самостоятельными научными подразделениями института. Таковы отделы Устьевых участков рек, Океанологии, Метеорологии, Изучения ледового плавания, Совершенствования методов ледовых наблюдений, Центр ледовой и гидрометеорологической информации, лаборатория Физико-механических свойств льда и др. В ряде случаев они формировались из личного состава Ледовой службы или под руководством ее ведущих сотрудников. Например, первым руководителем Центра ледовой и гидрометеорологической информации был назначен А.Л.Соколов, руководителем отдела Совершенствования и методов ледовых наблюдений – А.В.Бушуев, оба были до этого руководителями лабораторий отдела Ледового режима и прогнозов.

Ледовая служба, по существу, стала методическим центром, в котором отрабатывалась структура подразделений института, связанных с обеспечением судоходства по Северному морскому пути. За все годы существования Ледовой службы в ее состав (в той или иной форме) входили научные подразделения: Исследования ледового режима, Разработки методики долгосрочных и краткосрочных ледовых прогнозов, Научно-оперативные подразделения, обеспечивающие судоходство по СМП.

В настоящее время функцию Ледовой службы, по обеспечению судоходства в арктических и антарктических морях, выполняют ряд научных подразделений ААНИИ. Среди

них первое и ведущее место занимает отдел Ледового режима и прогнозов, Центр Север, являющийся центром сбора и распространения ледовой и гидрометеорологической информации, отделы: Долгосрочных метеорологических прогнозов, Океанологии, Совершенствования ледовой информационной системы, Взаимодействия океана и атмосферы. В ведение последнего в основном отошли и вопросы изучения ледяного покрова Южного океана [77].

Сотрудники отдела Ледового режима и прогнозов, с момента его организации в 1937 г. и до настоящего времени, принимали и принимают активное участие в натуральных исследованиях ледяного покрова арктических и антарктических морей. Они принимали непосредственное участие в обеспечении судоходства по СМП в составе Штабов морских операций, на ледоколах и транспортных судах, в организации и работе Арктических научно-исследовательских обсерваторий (Приложения 1-4).

2. Возникновение и совершенствование системы научно-оперативного гидрометеорологического обеспечения судоходства (В.Ф. Дубовцев, З.М. Гудкович)

Рациональная организация ледового научно-оперативного обеспечения (НОО) – необходимое условие эффективности судоходства и другой (хозяйственной, научно-исследовательской, оборонной) деятельности в ледовитых морях. Организация НОО создавалась и совершенствовалась вместе с развитием сети наблюдений, технических средств и расширением области использования НОО, что было органически связано с преобразованиями, происходившими в структуре ОЛРП. Поэтому «Трудно назвать определенную дату, когда научно-оперативное обслуживание в Арктике приняло ясные формы» [54].

До 1917 г. наблюдения за ледовой обстановкой в ограниченных районах Арктики велись, в основном, с отдельных экспедиционных и транспортных судов. Однако уже в 1914 году в Карском море появились первые полярные и радиометеорологические станции. С 1919 года стали ежегодно проводиться морские экспедиции в устья рек Оби и Енисея, получившие название Карских. В них участвовали десятки судов. Руководство Карских экспедиций начало активно использовать информацию о погоде и льдах. Для этого, по инициативе начальника экспедиций Н.И. Евгенова, приглашаются синоптики и гидрологи. На ведущем ледоколе создается небольшая гидрологическая группа и бюро погоды, составляются синоптические карты. Капитаны транспортных судов получают сведения о синоптической и ледовой обстановке, а также синоптические прогнозы и ледовые консультации. Основным источником ледовой информации, служили попутные наблюдения с судов, полярных станций и редкие ледовые авиаразведки. Несмотря, на сравнительно ограниченный объем гидрометеорологической информации, деятельность этих групп, безусловно, была положительной.

В последующие годы экспедиционная деятельность продолжала расширяться. Подробно история развития мореплавания в Арктике изложена в книгах М.И.Белова [5, 6], а история НОО освещена в сборнике [25].

С этого времени быстро расширяется сеть полярных станций на материковом побережье и высокоширотных островах. Строятся районные радиометцентры на о. Диксон, в б. Тикси и на м. Шмидта, где создаются бюро прогнозов погоды, возглавляемые опытными синоптиками В.В.Фроловым, Н.В.Шацилло, Е.И.Толстиковым, К.И.Чуканиным. Эти бюро собирали и распространяли ледовую и метеорологическую информацию всем заинтересованным потребителям.

Огромное значение в изучении морских льдов и совершенствовании НОО имела авиаразведка. История ее возникновения и развития подробно рассмотрена в книге В.Е.Бородачева и В.И.Шильникова [8]. Первую в мире ледовую авиаразведку выполнил 9 августа 1914 г. на гидросамолете пилот Я.И.Нагурский к западу от побережья северного острова Новой Земли во время поисков пропавших арктических экспедиций В.А.Русанова и

Г.Л.Брусилова. В 1924 г. пилот Б.Чухновский произвел несколько разведывательных полетов и обследовал состояние льдов на пути движения судов Карской экспедиции. Это можно считать началом зарождения полярной авиации. С 1929 г. ледовая авиационная разведка в Карском море становится регулярной, а с 1932 г. она была распространена и на другие арктические моря.

В связи с проведением в 1932-1933 годах Второго Международного полярного года расширяется строительство полярных станций, на базе которых создаются радиоцентры и Арктические бюро погоды – основа системы сбора гидрометеорологической информации для будущей оперативной ледовой службы. В 1934 году создаются бюро погоды на о. Диксон и м. Шмидта, в 1935 году – в б. Тикси, в 1937 г. – в Амдерме. С 1936 года в арктических бюро погоды, кроме метеорологических прогнозов, стали составлять ледовые прогнозы с заблаговременностью до недели. В 1937 и 1938 гг. гидролог полярной станции о. Диксон Б.И. Иванов успешно обслуживает ледовой информацией и краткосрочными ледовыми прогнозами Карские морские операции.

В конце 1930-х годов в навигационный период в Арктике создаются Штабы морских операций, которые занимаются сбором и анализом ледовой и метеорологической информации для обеспечения судоходства, пытаются составлять обзорные карты и ледовые прогнозы. Однако гидрометеорологическая информация была весьма ограниченной. Ледовая авиационная разведка, как система сбора информации, только зарождалась. Отсутствовала методика сбора и анализа информации о ледовых условиях, определения параметров ледяных образований. Возможность составить ледовые карты, отражающие положение кромки льда 1-2 раза за лето, считалась приемлемой. При попытках определить развитие ледовых условий вперед, часто приходилось прибегать к предположениям и догадкам [54].

В 1938 году функции Межведомственного бюро ледовых прогнозов были переданы Арктическому институту. Ему была поручена и организация оперативного ледового обслуживания судоходства в Арктике, для чего, как было выше отмечено, в состав Ледовой службы, а затем – Ледового отдела, входило научно-оперативное подразделение, обеспечивающее судоходство по СМП. В 1939 году Арктический институт впервые, направляет своих сотрудников в Арктику для непосредственного обеспечения навигации. В западный район Арктики, на о. Диксон были направлены гидрологи И.Г. Овчинников, Б.И. Иванов, М.М. Сомов, в восточный район на м. Шмидта – Д.Б. Карелин и Н.А. Волков. Гидрологи ледовой службы впоследствии направлялись в крупные радиоцентры и порты для обслуживания морских судов ледовой и метеорологической информацией. Такие группы специалистов получили название научно-оперативных групп. В задачи этих групп входило обеспечение руководства морскими операциями ледовой, метеорологической информацией, краткосрочными ледовыми прогнозами, различного рода консультациями. Арктический институт предлагает гидрологам при штабах морских операций и гидрологам местных групп Ледовой службы на трассе, составлять краткосрочные ледовые прогнозы в опытном порядке с заблаговременностью до декады. Сложность работы заключалась в отсутствии методики краткосрочных ледовых прогнозов, поэтому ее приходилось создавать в ходе практической деятельности.

Одновременно развивается и совершенствуется система сбора и обработки ледовой информации, появляются ледоисследовательские работы, расширяется применение ледовой авиационной разведки [93], организуется работа ледовых патрулей. При этом совершенствуется и мастерство специалистов института. Они принимают активное участие в работе экспедиционных судов, ледоколов, зимуют на полярных станциях, летают на самолетах ледовой разведки, участвуют в работе штабов морских операций. Так накапливается опыт и реальное представление о природных условиях, в которых осуществляется судоходство на СМП.

В это время быстро расширяется сеть полярных станций на материковом побережье и высокоширотных островах. К 1941 г. количество их достигло 75. Строятся районные радиометцентры на о. Диксон, в Тикси и на м. Шмидта, где создаются бюро прогнозов погоды, возглавляемые опытными синоптиками В.В. Фроловым, Н.В. Шацилло, Е.И. Толстиком, К.И.

Чуканиным. Гидрологи радиометцентров о. Диксон, б. Тикси, м. Шмидта (Б.И. Иванов, В.С. Назаров и П.А. Гордиенко) и небольших бюро погоды в Амдерме и Крестах Колымских (Г.Волков, С.Т. Серлапов). собирали и распространяли всем заинтересованным потребителям ледовую и метеорологическую информацию [29].

Неуклонно растет роль авиационной разведки в сборе информации о ледовых условиях [8, 54]. В 1938 году Н.Н. Зубов предлагает включить гидрологов-наблюдателей в экипажи самолетов ледовой разведки (ранее ледовые наблюдения вели пилоты или штурманы). К этим наблюдениям были привлечены наиболее опытные гидрологи полярных станций Ю.М. Барташевич, Н.Т. Субботин, А.Шумский, П.А. Гордиенко. Последний вместе с гидрологом Ю.М. Барташевичем предлагает свои условные обозначения для ледовых карт [8]. Существенно совершенствуются при этом методы ведения ледовой разведки, Вместо полетов по пути судна и между полярными станциями, выполняются площадные съемки, позволяющие определить распределение льдов на акватории морей.

П.А. Гордиенко, совместно с известным штурманом полярной авиации В.П. Падалко, предлагает при картировании ледовых условий отделять зоны различной сплоченности с помощью специальных линий, получивших название изобалл. Этими линиями выделяют зоны сплоченных льдов, опасных для мореплавания, и разреженных льдов, пригодных для судоходства. В 1940 году П.А.Гордиенко разрабатывает шкалу торосистости льда.

С 1940 года начинает выполняться зимняя ледовая авиационная разведка, освещающая не только арктические моря, но и высокоширотные районы. Результаты этой разведки служили одним из главных исходных материалов при составлении долгосрочных ледовых прогнозов. С 1940-1941 годов начинает также практиковаться преднавигационная ледовая разведка в июне – начале июля, с целью определения генерального расположения сплоченных и разреженных льдов и выбора пути движения первых караванов судов.

В 1941 году Н.А.Волковым, П.А.Гордиенко, Д.Б.Карелиным и В.П.Падалко была разработана таблица цветных условных обозначений для ледовых карт. С 1942 года эта система прочно входит в практику ледовой авиационной разведки. По инициативе пилота Л.Крузе и наблюдателей В.Падалко и П.Гордиенко стала также выполняться осенняя ледовая авиационная разведка для определения генерального расположения льдов в начале замерзания и вывода судов из Арктики.

В 1942 году при участии Н.А. Волкова для непосредственного обеспечения выхода судов из сплоченных льдов впервые стал практиковаться сброс с самолета на борт ледокола ледовой карты с рекомендацией оптимального пути движения. В 1943-1944 годах с учетом требований безопасного судоходства во льдах перерабатываются инструкции по ледовым наблюдениям. На ледовой карте теперь требовалось изображать не только количество льдов, но их навигационные характеристики, четко обозначать зоны льда разного характера, сплоченности и возраста [54].

Немаловажным средством получения гидрометеорологической информации, в те годы, служила работа Ледовых патрулей. Задачей ледового патруля являлось определение положения кромки льда и выполнение гидрологических и метеорологических наблюдений. Первая экспедиция ледового патруля состоялась летом 1937 г. на э/с «Нерпа». Тогда впервые была выполнена гидрологическая съемка юго-западной части Карского моря. В январе-феврале 1938 года для патрулирования кромки льда в Гренландском море во время снятия с дрейфующего льда станции «Северный полюс-1» был впервые использован зверобойный бот «Мурманец». В последующем работа ледовых патрулей распространяется на остальные моря Сибирского шельфа. Так, летом 1938 г. в Карском море работает ледовый патруль на судне «Мурманец» (начальник экспедиции В.Т. Тимофеев). Зимой 1939-1940 года, на том же судне, обследуется северная часть Гренландского моря во время вывода из дрейфа ледокольного парохода «Г.Седов» (начальник экспедиции А.Смесов). В 1940, 1941, 1943 годах Ледовый патруль, на зверобойной шхуне «Смольный», работает в Чукотском море, под руководством А.А. Кухарского. В 1943 году Ледовым патрулем на судне «Мурманец» (начальник экспедиции А.Ф. Трешников) впервые был выполнен комплексные наблюдения в море Лаптевых. В том же году

Ледовый патруль под руководством Г.П. Смирнова обследовал район к северу от о. Врангеля и восточную часть Восточно-Сибирского моря.

В предвоенные годы на основе исследования ледовых и гидрометеорологических процессов совершенствуется методика составления краткосрочных прогнозов, о чем свидетельствует публикация ряда статей по этому вопросу [18, 22, 52, 53, 88, 96, 97]. В западном районе Арктики краткосрочные ледовые прогнозы составляли И.Г. Овчинников, Б.И. Иванов, М.М. Сомов, в восточном районе – Д.Б. Карелин, Н.А. Волков. Попытку краткосрочного прогнозирования льдов в море Лаптевых делает В.С. Назаров. С 1940 года сотрудниками речного сектора ледовой службы В.С. Антоновым, М.И. Зотиным и др., разрабатывается методика краткосрочных ледовых прогнозов для *устьев сибирских рек*, впадающих в арктические моря.

Неотъемлемой составляющей научно-оперативного обеспечения мореплавания по СМП являются долгосрочные ледовые прогнозы, необходимые для планирования морских операций (история их создания и развития освещена в разделе 3). С 1939 года прогнозы на осень (сроки замерзания и окончания судоходства) составляются в середине лета. С 1943 г. прогнозы на летний период (август) составляются в феврале–марте.

В 1939-1940 годах во время Финской военной кампании сотрудники ледовой службы принимали участие в проведении зимних морских операций в Белом море. В годы Великой отечественной войны снабжение северо-западных районов нашей страны и Северного флота частично осуществлялось с Дальнего Востока и из тихоокеанских портов США. В течение трех военных лет 1942–1944 г.г. Западный район Российской Арктики (восточная часть Баренцева моря и все Карское море) был зоной военных действий. Фашистское командование старалось ликвидировать деятельность всех служб, обеспечивающих мореплавание, прервать судоходство на СМП и остановить поток грузов, необходимых фронту. Отряды немецких подводных лодок и тяжелый крейсер «Адмирал Шеер» наносили удары по транспортным судам и полярным станциям. Так были потоплены ледокольный пароход «Сибиряков», пароходы «Марина Раскова», «В.Куйбышев», э/с «Академик Шокальский», гидрографическое судно «Норд», буксирное судно «Медвежонок» и др. 27 августа 1942 г. совершено нападение на полярную станцию Диксон, отраженное силами моряков-североморцев, моряков ледокольного парохода «Дежнев» и полярниками станции. Артиллерийским обстрелом разрушено здание полярной станции о. Уединения. Погиб самолет ледовой разведки, следовавший из Усть-Таймыры на Диксон (пилот-командир И. Черенков, гидролог И.Г. Овчинников). В 1943 г., подводной лодкой фашистов уничтожена полярная станция «Правда». В 1944 г. совершено нападение двух немецких подводных лодок, (с высадкой десанта), на полярную станцию м. Стерлегова, взято в плен 4 сотрудника станции. Транспортные суда и ледоколы, хотя и слабо вооруженные, давали достойный отпор нападавшим гитлеровцам. Тральщики Беломорской флотилии, сопровождавшие караваны судов, потопили несколько подводных лодок. Большинство из разрушенных станций было восстановлено и вошло в строй.

Обязанность по метеорологическому и ледовому обеспечению судоходства, естественно, легла на соответствующие службы Главсевморпути, Арктический научно-исследовательский институт и коллективы полярных станций. Военные действия чрезвычайно осложняли научно-оперативное обеспечение судоходства, особенно, в морях Карском и Баренцевом. В течение всей войны, в Западном штабе морских операций, работали синоптики полярных станций В.В. Фролов, Н.В. Шацилло, В.В. Аристов, гидрологи М.М. Сомов, А.Г. Дралкин, Б.И. Иванов, в восточном штабе – синоптик Е.И. Толстиков, гидролог полярной станции П.А. Гордиенко. [29]. В 1941-1944 гг. гидрометеорологическое обеспечение зимних навигаций в Белом море, осуществляли синоптики Д. А. Дрогайцев, В.В. Фролов, О. Комова и гидрологи М.М. Сомов, Б.И. Иванов под руководством профессора Н.Н. Зубова. В 1943-1944 гг. сотрудники ледовой службы Н.А. Волков и В.Аристов обслуживали зимние морские операции в Японском и Охотском морях.

Попытки немецких фашистов блокировать морские операции в Арктике были сорваны. В этом, безусловно, есть заслуга научных сотрудников Арктического научно-

исследовательского института и полярных станций. Северный морской путь продолжал действовать. За арктические навигации 1941-1944 г.г. было проведено 199 транспортных судов, доставивших более 755 тыс. тонн грузов, необходимых фронту, прифронтовым областям, и перевезено 14360 пассажиров.

Таким образом, за 25 лет деятельности Арктического института (1920-1945 гг.) была создана принципиальная основа научно-оперативного обеспечения судоходства на СМП. Она включает в себя обеспеченную соответствующими методиками систему сбора, обработки, картирования и анализа ледовой и метеорологической информации, составление краткосрочных и долгосрочных ледовых и метеорологических прогнозов [54].

После окончания Великой отечественной войны резко увеличивается интенсивность судоходства на СМП, разворачиваются широкие исследования в арктических морях и в Арктическом бассейне, где с 1948 г. стали работать экспедиции «Север», а с 1950–1953 гг. дрейфующие станции «Северный полюс». В 1953 году создаются Арктические научно-исследовательские обсерватории (АНИО) на о. Диксон, в б. Тикси и в Певеке, на базе которых формируются научно-оперативные группы, придаваемые Штабам морских операций. В течение многих лет руководителями этих групп были сотрудники Отдела Ледового режима и прогнозов. В западном районе Арктики в разные годы эту работу выполняли Иванов Б.И., Сомов М.М., Дралкин А.Г., Дубовцев В.Ф., Иванов В.М., Бородачев В.Е., Ковалев Е.Г., Бузуев А.Я., Шестериков Н.П., Кузнецов И.М., Фролов И.Е., Арикайнен А.И., Сергеев Г.Н., Колбатов П.В., Макаров Е.И., Карелин И.Д., Абрамов В.А.; в центральном районе – Петров С.И., Карелин Д.Б., Ермак К.И., Тябин Н.И., Мелешко В.П., Мурзин А.И., Карелин И.Д., Неукисов А.А., Миронов Е.У.; в восточном районе – Волков Н.А., Гордиенко П.А., Соколов А.Л., Горбунов Ю.А., Петров С.И., Крутских Б.А., Купецкий В.Н., Арикайнен.А.И., Дорофеев А.В. Непременными участниками этих групп были опытные синоптики Арктического института и бюро погоды арктических радиометцентров. Подробный перечень состава научно-оперативных групп, за все годы, представлен в [25]. На головных ледоколах и экспедиционных судах создавались небольшие оперативные группы (состоящие из гидролога и синоптика), в задачи которых, кроме обеспечения капитана ледокола гидрометеорологической информацией, входил сбор натуральных данных о ледовых условиях на пути движения ледоколов и судов.

В послевоенное время произошло постепенное обновление ледокольного и транспортного флота, предназначенного для использования в Арктике и других ледовитых морях. На место ледоколов с паровыми энергетическими установками пришли более мощные ледоколы типа «Москва» с дизель-электрическими установками, обладающие повышенной маневренностью и автономностью. В 1959 году вступает в строй первый в мире атомный ледокол «Ленин» мощностью 44 тыс. л.с., а позже еще более совершенные атомоходы «Арктика» (1974), «Сибирь» (1977), «Россия» (1985), «Советский Союз» (1989) и «Ямал» (1992) мощностью 75 тыс. л.с. Активно пополняется транспортный флот, строятся суда повышенной ледовой проходимости класса УЛА, УЛ и Л1.

В 1970-1973 гг. были проведены экспедиционные исследования, направленные на изучение возможности продления навигации в юго-западной части Карского моря, Енисейском заливе и реке Енисей (до портов Дудинка и Игарка). В этих исследованиях принимали участие и осуществляли ее научно-оперативное обеспечение сотрудники ААНИИ. В дальнейшем продленная навигация в этом районе перешла в стадию планового завоза грузов и вывоза продукции Норильского горнометаллургического комбината и экспортного леса из Игарки в течение круглого года [25].

Эффективность судоходства в Арктике в значительной степени зависит от качества и своевременности получения информации о текущих и ожидаемых ледовых и гидрометеорологических условиях. Краткосрочные ледовые прогнозы, составляемые в научно-оперативных группах, позволяют определить наиболее благоприятные условия выполнения тех или иных морских операций, способствуют повышению эффективности и безопасности судоходства.

К 1980 году накопилось большое количество приемов и методов краткосрочного (с заблаговременностью до 30 суток) прогнозирования различных элементов ледового режима, используемых в научно-оперативных группах. Краткосрочные ледовые прогнозы основывались на эмпирических формулах и физико-статистических связях (В.А. Спичкин, Ю.В. Тарбеев, Б.А. Крутских, Н.П. Шестериков и др.). Прогнозы распределения льда базировались на методе аналогов, основанные на типизации ледовых условий и расчетах изобарического дрейфа (А.Л. Соколов, Ю.А. Горбунов). Прогнозы ледообразования и нарастания льда основывались на районировании морей по однородным гидрологическим условиям теплообмена (Б.А. Крутских, Е.М. Гущенков). Обобщение и критический анализ этих методов был сделан в 1983 году коллективом авторов – сотрудников отдела: Горбуновым Ю.А., Карелиным И.Д., Кузнецовым И.М., Лосевым С.М., Соколовым А.Л. [27]. Дополнительная информация по этому вопросу содержится в разделе 3.

Важный шаг в развитии НОО был сделан в конце 1980-х годов, когда оформилась Автоматизированная ледово-информационная система для Арктики – система «Север». Более подробно содержание этой системы и история ее разработки рассмотрены в разделе 4. Совершенствование Автоматизированной системы позволит адаптировать процесс мониторинга состояния природной среды к региональным физико-географическим условиям и специфическим запросам потребителей [25].

Таким образом, во второй половине XX века судоходство в Арктике осуществлялось при непосредственном активном участии ученых ААНИИ и УГМС. Трасса СМП постепенно превращалась в активно действующую транспортную магистраль с годовым грузооборотом в миллионы тонн. К сожалению, по известным политическим и экономическим причинам в начале 1990-х годов этот процесс временно прервался. Резко снизился объем грузоперевозок в арктические порты. Если в 1987 г. 1306 рейсами судов сюда было завезено 6,6 млн. тонн грузов, то спустя 10 лет объем перевозок уменьшился почти в пять раз, число участвующих судов – почти в семь раз, а число рейсов – в девять раз. В наиболее тяжелом положении оказалась сеть полярных станций, число которых сократилось в 2,5 раза – до 42 станций [25]. На 12 лет приостановилась работа дрейфующих станций «Северный полюс» и экспедиций «Север». В 1991 г. прекращается визуальная ледовая разведка. В результате, ранее отработанная система научно-оперативного обеспечения судоходства по СМП, практически, прекратила существование.

Все это потребовало определенной модернизации ледово-информационной системы [25, 103]. Намечившееся в начале XXI в. оживление хозяйственной деятельности в Арктике, в значительной степени обусловленное перспективой добычи углеводородного топлива на шельфе арктических морей, привело к возрождению научных исследований. Вновь стали работать станции «СП», экспедиции «Север», участились высокоширотные рейсы научно-исследовательских экспедиций, интенсифицировались исследования изменений климата, разработки спутниковых систем наблюдений за ледяным покровом и т.п. В 2006 г. был достроен атомоход «50 лет Победы».

3. Становление и развитие методики ледовых прогнозов (З.М. Гудкович, А.В. Юлин)

По мере накопления опыта мореплавания в арктических морях к середине XIX века стало ясно, что ледовые условия в этих морях сильно меняются от года к году. Поэтому для обеспечения нормального судоходства необходимо заблаговременное предвидение этих условий.

Первые специальные исследования по ледовому прогнозированию в арктических морях Евразийского шельфа относятся к двадцатым годам XX века и принадлежат В.Ю.Визе. В 1923 г. им был разработан первый долгосрочный ледовый прогноз для Баренцева моря. Для морей Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского такой прогноз впервые был составлен

в 1932 г. в связи с плаванием «Сибирякова», осуществившем переход по Северному морскому пути за одну навигацию [13].

Основой для разработки методов ледовых прогнозов послужили результаты исследований ледового режима арктических морей, использующих материалы наблюдений на судах «Седов», «Сибиряков», «Садко», «Малыгин», «Нерпа», «Мурманец», «Смольный», «Академик Шокальский» и др. Такие исследования были выполнены в различных арктических морях в течение 1930-х – 1940-х годов. Сотрудниками Арктического института Д.Б.Карелиным, Н.А.Волковым, А.Ф.Лактионовым, М.М.Сомовым, П.А.Гордиенко, С.Д.Лаппо и другими были получены эмпирические зависимости различных элементов ледового режима от гидрометеорологических факторов. Краеугольным камнем, на котором строилась методика долгосрочных ледовых прогнозов, служила связь ледового режима с циркуляцией атмосферы и ее тепловым состоянием, от которых зависят тепловые и динамические процессы, формирующие состояние ледяного покрова.

Главнейшими элементами ледового режима, которые прогнозировались в Арктическом институте на два месяца вперед и более, были: толщина льда, становление и вскрытие припая, ледовитость морей, распределение льдов в море [21]. Итог исследованиям этих лет, посвященным разработке методики ледовых прогнозов, был подведен в монографии В.Ю.Визе [19]. Эта фундаментальная работа не только обобщала опыт многих прогнозистов за истекшие годы, но и формулировала основные принципы, которые должны использоваться при разработке методики ледовых прогнозов. К ним относится использование корреляции (уравнений регрессии) для поиска и количественного выражения эмпирических связей, а также для оценки качества методов прогнозов; выявление наиболее информативных показателей предшествующих атмосферных (и отчасти – гидросферных) процессов, определяющих тепловое и динамическое их воздействие на состояние ледяного покрова к моменту разработки прогноза; учет явления ледовой инерции.

В качестве полезной информации В.Ю.Визе предложил использовать также барические шаблоны, явления барической циркумполярной волны, тепловой атлантической волны. Для учета, начавшегося в 1920-е годы потепления Арктики, было предложено определять площадь полярного антициклона (в пределах изобары 1020 мб) в марте–мае. От этой площади зависит географическая широта преобладающих траекторий циркумполярных циклонов, а, следовательно, и адвекция тепла в атмосфере над арктическими морями. С другой стороны, реакция атмосферы на ледовитость морей (обратная связь) объясняет характерную для Арктики устойчивость аномалий гидрометеорологического режима. Была предпринята попытка выявления и объяснения связей ледовитости арктических морей с солнечной активностью (числами Вольфа и другими индексами).

Важнейшим признаком качества методики ледовых прогнозов, по мнению В.Ю.Визе, является не только формальные статистические показатели (коэффициент корреляции, обеспеченность, оправдываемость прогнозов), но и *ясный физический смысл*. Его обоснованием могут служить результаты исследования физических (тепловых и динамических) процессов, происходящих в ледяном покрове при его взаимодействии с окружающими средами – атмосферой и морем. Важные закономерности этих процессов могут быть получены при изучении теплового и ледового баланса (включая нарастание и таяние, дрейф льда, ледообмен с соседними бассейнами и т.п.) на разных этапах формирования и разрушения ледяного покрова.

В послевоенный период было выполнено много работ, направленных на исследование различных физических процессов в ледяном покрове арктических морей. В их основе – результаты наблюдений на полярных и дрейфующих станциях [92], в морских экспедициях, специальные наблюдения на льду в Воздушных высокоширотных экспедициях в Арктическом бассейне и окраинных морях [70], наблюдения за дрейфом радиоавтоматов. Их результаты обобщены в монографиях [39, 40, 86, 98, 113] и многочисленных статьях.

Обобщение исследований, касающихся методики долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей, выполнено в монографии [31]. В ней рассмотрены методы ледовых наблюдений, оценена их точность, дана разносторонняя характеристика ледяного покрова

морей Евразийского шельфа (от Баренцева моря до Чукотского) в осеннее-зимний и весенне-летний периоды. Большое внимание уделено анализу физических процессов, оказывающих существенное влияние на состояние ледяного покрова в указанные периоды. Это позволило выявить наличие факторов, определяющих действие «механизмов заблаговременности», которые дают возможность предвидеть состояние ледяного покрова в будущем. К таким факторам были отнесены: толщина льда и ее распределение; сплоченность льда и площадь молодых льдов в начале таяния; сроки начала таяния, положение кромки льда и границ ледяных массивов в конце первой половины навигации (середина августа).

В решении вопроса о предсказуемости тех или иных характеристик ледяного покрова большое значение имеет разделение упомянутых факторов на *предшествующие* и *последующие*. Действие первых заканчивается к моменту составления прогноза. Вторые действуют в течение промежутка времени между моментом составления прогноза и моментом (периодом), на который дан прогноз. От соотношения роли тех и других должна зависеть заблаговременность прогнозов.

В работе рассмотрена проблема возможности предвидения последующих процессов в атмосфере, которая может решаться как методами метеорологических прогнозов [16, 26], так и на основе эмпирических связей, отражающих влияние внешних (космико-геофизических) и внутренних факторов [55–59, 78, 95]. Приведены также сведения об оправдываемости физико-статистических прогнозов разной заблаговременности и сделан вывод о неэффективности (для большинства морей) методов долгосрочных ледовых прогнозов, в которых для учета последующих процессов используются метеопрогнозы.

Основам физико-статистических методов *краткосрочных и среднесрочных* ледовых прогнозов посвящена книга [27]. В ней дан анализ относительно кратковременных изменений различных характеристик состояния ледяного покрова: сроков начала ледообразования, роста толщины льда, разрушения припая, скорости дрейфа льда, а также разрушенности, интенсивности сжатий и изменений сплоченности ледяного покрова. Основой методики таких прогнозов служат типизация, использование аналогов и ледовой инерции. В работе рассмотрены конкретные методы, применявшиеся в прогностической практике, и приведены данные об оправдываемости прогнозов. В работе Б.А.Крутских [71] подведены итоги изучения и прогнозирования морских льдов на конец XX века.

В начале XXI века содержание краткосрочных и малой заблаговременности статистических прогнозов изменилось. Для обеспечения плавания судов и ледоколов в Арктическом бассейне возникла необходимость в создании методики прогнозов нарушений сплошности льда (НСЛ), именуемых также «разрывами». Системы НСЛ характеризуются ориентацией разрывов, их плотностью, положением зон, в которых преобладает образование разрывов или их закрытие. Для их прогноза был разработан *метод комплексных аналогов* [28, 76]. В основу метода положен архив осредненных по пятидневкам барических полей и соответствующих полей дивергенции скорости дрейфа льда и деформации, которые рассчитаны путем аппроксимации данных о дрейфе автоматических буев. Учтена также спутниковая информация о разрывах в ледяном покрове. Все характеристики отнесены к узлам сетки квадратов размером 200×200 км² и разбиты по типам-аналогам барических полей. Прогнозы НСЛ представлялись пользователям в картированном виде с передачей его непосредственно на автоматизированное рабочее место ледокола или НЭС. В процессе научно-оперативного обеспечения плаваний такими прогнозами выяснилось, что скорость движения судна во льдах в зимне-весенний период сильно зависит от ориентации разрывов относительно генерального курса [109, 110]. Поэтому прогностическая информация о НСЛ способствует успешности рейса.

В последней трети XX века теория и практика ледовых расчетов и прогнозов обогатилась развитием *математических моделей и соответствующих численных методов*, учитывающих динамику и термодинамику ледяного покрова (уравнения баланса импульса и массы). Основа таких моделей была заложена исследованиями российских [40, 73, 85, 98, 100] и иностранных ученых [117, 119, 122, 123]. Более подробный обзор моделей ледяного покрова и проблем, с которыми связано их создание, приведен в работе [102]. Описание соответствующих

численных методов, которые использовались в практике долгосрочных и краткосрочных ледовых расчетов и прогнозов для российских арктических морей, дано в работах [1 – 4, 34, 51, 67, 90, 101].

В последние годы, численные методы ледовых прогнозов использовались преимущественно в краткосрочных и среднесрочных прогнозах распределения льда [34] и сроков разрушения припая [62]. География их применения была распространена на Японское и Охотское моря. При этом прогностическая информация обычно передается потребителям в электронном виде с использованием «терминала конечного пользователя».

Большой интерес представляют попытки использовать динамико-термодинамические модели ледяного покрова для вычисления ожидаемого его состояния в связи с изменениями климата. Авторы работы [114] на основе, разработанной в ААНИИ модели [79] пришли к выводу, что даже при глобальном потеплении климата, прогнозируемом на основе парниковой теории [121 и др.], «к концу текущего столетия не следует ожидать возможности безледного плавания, особенно Северо-Западным проходом» [114]. «Это обусловлено слабой чувствительностью ледяного покрова к изменениям температуры приземного слоя воздуха в зимний период вследствие наличия отрицательных обратных связей между физическими процессами, ответственными за нарастание льда» [там же].

Разработка численных методов ледовых расчетов и прогнозов сопровождалась дальнейшим совершенствованием и физико-статистических методов [32, 50, 74, 81, 82]. Как было выше упомянуто, рост количества аргументов в уравнениях регрессии, используемых в методике ледовых прогнозов, увеличивает величину случайного коэффициента корреляции, что приводит к неустойчивости вычисляемых статистических параметров. Для того, чтобы уменьшить число аргументов, стали применять методы, позволяющие выделять из исходных данных высокоинформативные показатели. Один из таких методов основан на использовании дискриминантного анализа [64, 86, 87].

Проблема поиска и отбора оптимальных информативных предсказателей позже была решена в рамках Автоматической прогнозирующей системы (АПС) на основе использования линейных комбинаций с применением ЭВМ [65, 66, 83, 115].

Другим направлением развития методологии физико-статистических методов ледовых прогнозов является типизация ледовых условий и определение вероятности типа развития ледовых процессов. При этом типизация осуществляется для однородных по ледовому режиму районов (метод локально-генетической типизации [45 –47]) с учетом автокорреляционных функций [82].

Несмотря на значительные усилия многих ученых, которые были приложены к проблеме совершенствования методологии долгосрочных ледовых прогнозов, коренного улучшения их эффективности не было получено. Основным недостатком методики является невысокая оправдываемость крупных аномалий ледовых условий в большинстве арктических морей. Это объясняется тем обстоятельством, что формирование крупных аномалий, как правило, происходит под сильным влиянием последующих атмосферных процессов. Едва ли существенный прорыв в этом направлении может быть достигнут при учете нелинейности выявленных связей [7], а также взаимокорреляционных функций, связывающих ледовые условия в конкретном районе с предшествующими условиями в других районах. Обычно такие приемы сопровождаются многократным увеличением числа предикторов в уравнениях регрессии.

Представляется перспективным предложение В.А. Спичкина [рукописное сообщение, 2008] использовать при разработке методики ледовых прогнозов системный анализ, на основе которого можно создать экспертную систему (ЭС). Эта система объединяет возможности компьютера со знанием и опытом эксперта [84]. На ее основе, по мнению автора предложения, может быть разработан более совершенный метод прогноза вероятности типа ледовых условий в конкретных однородных районах.

В настоящее время совершенствование методики и разработка долгосрочных ледовых прогнозов ведется в основном в лаборатории ОЛРП, возглавляемой А.В. Юлиным. Ежегодно

здесь составляются несколько бюллетеней, содержащих более 300 долгосрочных прогнозов по основным элементам ледового режима:

- «Мартовский бюллетень ледовых прогнозов на первую половину навигационного периода», который содержит прогнозы весенних ледовых явлений: взлом припая, ледовитость и площадь ледяных массивов в первой половине навигации (июнь-август);
- «Июньское уточнение ледовых прогнозов», которое содержит уточнение ранее составленных прогнозов с учетом интенсивности начавшихся весенних процессов;
- «Августовский бюллетень ледовых прогнозов на вторую половину навигационного периода», который содержит прогнозы по осенним ледовым явлениям, ледообразование, достижение льдом критических толщин, ледовитость и площадь ледяных массивов в второй половине навигации (август-октябрь);
- «Сентябрьское уточнение ледовых прогнозов», которое содержит уточнение ранее составленных прогнозов с учетом интенсивности начавшихся осенних процессов.

Эти прогнозы предназначены для федеральных органов, пароходств и других организаций, осуществляющих планирование операций и реальную коммерческую и исследовательскую деятельность в Арктике.

4. Исследования влияния ледяного покрова на судоходство и другую деятельность (В.Ф. Дубовцев)

В связи с обновлением транспортного и ледокольного флота меняется тактика ледового плавания, возникает необходимость плавания в припайных районах (Енисейский залив, пролив Б. Вилькицкого, Чаунская губа и др.), расширения сроков навигации, увеличения скоростей проводки судов и пропускной способности трассы. Ледовая информация общего пользования уже не удовлетворяет обеспечение эффективности и безопасности судоходства. Все это предъявило новые требования к НОО, для удовлетворения которых понадобилось создание специализированной ледовой информации о состоянии ледяных образований, непосредственно влияющих на судоходство.

Для решения этих задач было необходимо исследование ледяного покрова непосредственно на путях плавания, разработка приемов количественной оценки влияния льдов на судоходство. Анализ материалов натуральных наблюдений показал, что ледовые условия на пути плавания судов и ледоколов часто отличаются от ледовых условий, оцениваемых по какому-либо региону или морю в целом.

Первые попытки количественно оценить влияние ледяных образований на движение судов были предприняты еще в первой половине прошлого века [24, 41]. Специальные исследования ледяных образований, находящихся непосредственно на пути плавания, и поиски способов оценки их влияния на движение судов возобновились только в 1961г., когда по инициативе П.А. Гордиенко, в институте создается Отдел Изучения ледового плавания, сформированный из сотрудников Отдела Ледового режима и прогнозов. В задачи отдела входило исследование ледяного покрова, как среды судоходства, выявление количественных показателей влияния параметров ледяных образований на условия плавания, установление количественных критериев начала и окончания различных этапов арктической навигации.

В течение почти 20 лет сотрудниками этого отдела проводятся специальные натурные наблюдения за характеристиками ледяных образований непосредственно на пути движения судов и в районе плавания, а также определяются эксплуатационные показатели работы судов и ледоколов во льдах. Определенный вклад в сбор, обработку и анализ материалов наблюдений внесли П.А. Гордиенко, А.Я. Бузуев, Г.Н. Сергеев, В.И. Смирнов, Н.А. Чуркина, В.Ф. Дубовцев, Решеткин В.И., Мелешко В. П., Федяков В.Е., А.А. Романов, Н.М. Адамович, А.И. Бровин, Е.И. Макаров и др.

Научная концепция изучения природных условий плавания во льдах представлена в [30]. Исследования выполнялись на основе учета состояния ледяных образований на пути движения, а также данных о ледовых качествах судов и ледоколов с учетом их мощности. Вопросы

сопротивления льда движению судов и ледоколов изучались также путем натуральных, лабораторных экспериментов и теоретических исследований специалистами отдела Ледовых качеств судов: Н.П. Шандриковым, А. Я Сухоруковым, Ю.А. Шиманским, Л.М. Ногидом, Ю.Н. Поповым, Д.Д. Максutowым, В.И. Каштеляном, А.Я. Рывлиным, И.И. Позняком, Д.Е. Хейсиным, В.А. Лихомановым. и др. [75].

Сочетание физико-географического и технического подходов, к оценке влияния ледяных образований на мореплавание во льдах, позволило количественно оценить зависимость судоходства от ледовых условий на пути движения судов. Наиболее полное систематизированное обобщение результатов многолетних исследований влияния ледяных образований на судоходство сделано А.Я Бузуевым [9]. Основные положения, изложенные в этой работе, не потеряли своего значения и в настоящее время. Количественными показателями (характеристиками), отражающими влияние ледовых условий на судоходство, являются скорости движения судов, затраты времени на преодоление ледовой зоны, коэффициенты трудности ледового плавания (отношение скоростей или затрат времени при плавании по чистой воде к тем же характеристикам при плавании во льдах). Указанные показатели, выражая ледовые условия судоходства, являются эксплуатационными характеристиками работы флота и могут служить критериями эффективности и безопасности судоходства. Анализ многолетних материалов натуральных наблюдений позволил получить зависимости эксплуатационных показателей движения ледоколов и судов от различных ледовых условий.

После преобразования Отдела изучения ледового плавания в одноименную лабораторию в составе ОЛРП (1982 г.) эти исследования были продолжены. В 80-х годах А.Я Бузуев и В.Е. Федяков разработали эмпирико-статистическую модель количественной оценки трудности плавания во льдах [10]. Метод, разработанный на основе этой модели, позволяет:

- перейти от общего распределения характеристик ледяных образований в районе плавания, которое отражено на ледовых картах, к распределению этих характеристик непосредственно на пути плавания;
- оценить влияние характеристик ледяных образований, с которыми взаимодействует судно, на успешность его движения;
- рассчитать затраты времени на преодоление ледовой зоны на каком-либо участке трассы СМП.

С помощью метода количественной оценки трудности плавания было определено положение оптимальных вариантов ледовых трасс. Получена также нормативно-справочная информация о распределении характеристик ледяных образований и расчетных эксплуатационных показателях для различных типов судов. На ее основе разработано пособие по использованию метода количественной оценки трудности плавания судов во льдах [99].

Известно, что при плавании судов во льдах особые трудности возникают в тяжелых ледовых условиях, которые нередко приводят к повреждениям и аварийным ситуациям. Исследование таких условий на оптимальных вариантах ледовых трасс в Восточном районе СМП было выполнено А.Я. Бузуевым и В.Е. Федяковым [11]. Авторы разделили указанные условия на две группы: опасные условия плавания (ОУП), когда возникает возможность ледовых повреждений, и чрезвычайные условия плавания (ЧУП), связанные с аварийными ситуациями. Для каждой группы были сформулированы критерии для их оценки и определена продолжительность соответствующих ситуаций за летний период 1960-1995 гг.

Аналогичное исследование тяжелых ледовых условий для западного района СМП была выполнена Бузуевым А.Я. и Дубовцевым В.Ф. на материалах специальных наблюдений за 1986, 1996-2004 гг. с учетом результатов, полученных А.И. Мурзиным по материалам 1954-1980 гг. В них рассматривалась зависимость повторяемости ледовых повреждений и аварийности судов различных ледовых классов (УЛА, УЛ и Л₁) в летнее время (по месяцам) от типа ледовых условий и характера движения (самостоятельно или под проводкой ледокола).

Методика количественной оценки трудности плавания была использована для разработки сценариев морских операций на этапе их планирования [12] При этом сведения о состоянии ледяного покрова, полученные методами дистанционного зондирования (данные

ИСЗ), дополняются информацией, полученной с учетом эволюции ледовых условий на конкретных трассах судоходства по ретроспективным материалам. Использование такой информации достигается на основе метода аналогового подбора ситуаций (МАПС), суть которого заключается в автоматизированном подборе из базы данных аналогичных ситуаций реального плавания судов с учетом ледовых условий и типа судна. Количественная оценка трудности плавания (скорости движения судна или каравана и соответствующие затраты времени) осуществляется с помощью эмпирико-статистической модели движения судна во льдах. На последнем этапе составляется сценарий проведения конкретной морской операции, включающий в себя выбор оптимального варианта плавания, оценку затрат времени и план-график операции.

Объем и качество ледовой информации существенно возрастают при использовании данных численных расчетов и прогнозов, основанных на динамико-термодинамическом моделировании процессов в океане и ледяном покрове [1]. Для этого создан автоматизированный алгоритм выбора оптимального пути плавания, использующий результаты численного прогноза [108]. Данные численного прогноза заблаговременностью до 7 суток освещают распределение общей и частной сплоченности, толщины льда по отдельным возрастным градациям, дрейф, а также сжатия, торошения и преобладающие направления нарушений сплошности ледяного покрова. Эффективность методики составления сценариев морских операций подтверждается опытом многих навигаций на СМП.

Наряду с разработкой методов количественной оценки ледовых условий плавания на трассах СМП, велись поиски новых нетрадиционных маршрутов, исследовались ледовые условия на путях к труднодоступным полярным станциям и на транзитных высокоширотных трассах [42 – 44, 80, 94, 109]. С 1970-х годов в свете эффективного использования таких трасс внимание ученых стали привлекать разрывы в ледяном покрове, образующие характерные системы нарушений сплошности льда (НСЛ). Изучению закономерностей их распределения, преобладающего направления, причин возникновения, а также расчетам и прогнозам этих образований посвящены работы В.Н. Купецкого [72], Ю.А. Горбунова, И.Д. Карелина, С.М. Лосева, Л.Н. Дымент, Н.М. Адамовича [28], С.В. Фролова, С.В. Клячкина [110] и других авторов. В настоящее время прогнозирование НСЛ на основе эмпирических исследований и динамических моделей (см. раздел 3) входит в Систему специализированного гидрометеорологического обеспечения (СГМО) арктического судоходства:

При создании СГМО большое внимание было уделено автоматизации всех блоков системы. Еще в 1975 г., по инициативе сотрудников Лаборатории спутниковых и инструментальных ледовых наблюдений, была разработана концепция, принципиальная схема и эскизный проект Автоматизированной ледово-информационной системы для Арктики [14]. В процессе эксплуатации, по мере появления новых технологий, система совершенствовалась и в XXI веке была преобразована в систему «Север». Появление компьютерных и ГИС технологий позволило автоматизировать обработку большого объема ледовой и гидрометеорологической информации [91].

На основе совместного использования геоинформационной системы и численной модели эволюции ледяного покрова разработана технология составления композитной ледовой карты, приведенной к единому моменту времени [61]. С.В. Фролов и В.Ю. Третьяков на основе использования ГИС-технологий, разработали метод диагностики ледяного покрова как среды судоходства [111]. Метод позволяет рассчитать статистические характеристики ледяного покрова по любому маршруту движения, протяженности пути с различными характеристиками ледяных образований, определить эксплуатационные характеристики движения, произвести выбор оптимального пути плавания. Авторами разработан алгоритм, позволяющий автоматизировать обработку материалов наблюдений за прошлые годы. Предложенная методика совмещает традиционные методы обработки ледовой информации и возможности ГИС-технологий. По существу, она представляет новый качественный уровень компьютерного анализа ледовых условий.

Специализированная ледовая и гидрометеорологическая информация вырабатывается в подразделениях ААНИИ (в отделе Ледового режима и прогнозов и в Центре гидрометеорологической информации) и через сеть ИНТЕРНЕТ в режиме реального времени доставляется на борт судна для непосредственного использования судоводителями. Ледовая информация визуализируется на компьютере и совмещается с электронной навигационной картой, что повышает ее восприятие и эффективность использования. В настоящее время в рамках действующей ледово-информационной системы созданы автоматизированные рабочие места (АРМ) специалистов-экспертов для выпуска информационной продукции в базовом центре (ААНИИ), а также АРМ, расположенные на удаленных объектах, задачей которых является прием и передача потребителям ледовой и гидрометеорологической информации [25].

Таким образом, информационное обеспечение нестандартных и экспериментальных морских операций в системе «Север» осуществляется из ААНИИ, являющегося базовым научным центром, и научно-оперативной группой, находящейся на борту судна [112]. Убедительным примером эффективности применения этой системы СГМО является успешное обеспечение рейсов НЭС «Академик Федоров» в 2000, 2004, 2005, 2008 гг. по проведению организации и эвакуации дрейфующих станций «Северный полюс» и выполнению геофизических работ на границе континентального шельфа. Система используется и при отсутствии специалистов института на борту судна при обеспечении регулярных рейсов транспортных судов повышенной проходимости во льдах (типа «Норильский Никель») на участке Баренцево море – Диксон (включая район пункта Варандей) в течение всего ледового периода. На Дальнем Востоке с 2006 г. успешно осуществляется СГМО ледокольной проводки супертанкеров, вывозящих сахалинскую нефть, а в Финском заливе – для обеспечения судоходства в зимнее время.

Известно, что наибольшее воздействие на транспортные суда и ледоколы оказывают опасные ледовые явления, такие как сжатия льдов, интенсивный их дрейф, сужение судоходного канала, облипание корпуса судна, обледенение и др. Описанию таких явлений, а также факторов и физических механизмов, их формирующих, посвящена монография [89].

В связи с предстоящим использованием арктического шельфа для добычи полезных ископаемых в системе СГМИ должны быть учтены специфические требования, выдвигаемые перед ААНИИ проектировщиками и эксплуатационниками добывающих сооружений и коммуникаций [103].

5. Климатические исследования в ОЛРП (З.М. Гудкович)

Вскоре после организации ледовой службы одной из ее задач стали исследования происходящих в природе изменений климата. Пионером этого направления стал В.Ю.Визе, который в начале 20-х годов прошлого века в изменениях преобладающих ветров на побережье Баренцева моря обнаружил признаки начавшегося потепления Арктики [17]. Позже существенные изменения различных климатических параметров, связанные с потеплением, были выявлены при сравнении результатов наблюдений дрейфовавших в Арктическом бассейне экспедиций на «Фраме» (1893-1896 гг.) и на л/п «Г.Седов» (1937-1940 гг.) [19].

Различные аспекты проблемы климатических изменений в арктических морях и других регионах Земли всегда интересовали ученых разных подразделений ААНИИ. Помимо ОЛРП успешные исследования этой проблемы ведутся в отделах Взаимодействия атмосферы и океана, Долгосрочных прогнозов погоды, Метеорологии, Океанологии, Устьевых участков рек, Геофизики.

В 1960-х – 1970-х годах интересные результаты, касающиеся циклических колебаний ледовитости арктических морей, были получены в ОЛРП [23, 31, 57, 59, 60, 63 и проч.]. В этих работах получили дальнейшее развитие идеи И.В.Максимова и его школы о влиянии различных геофизических и гелиофизических воздействий на климат Земли [78 и др.]. Существенный вклад в изучение климата нашей планеты внес В.Ф.Захаров, исследовавший взаимосвязь

климат – ледяной покров и указавший на зависимость состояния ледяного покрова от характеристик поверхностного распресненного слоя океана [48, 49 и др.].

Новый шаг в исследование климатических изменений на Земле и их проявлениях в состоянии ледяного покрова арктических морей был сделан коллективом сотрудников ОЛРП, возглавлявшимся директором ААНИИ И.Е.Фроловым. Основным материалом для исследования послужили многолетние ряды значений площади ледяного покрова (ледовитости) арктических морей. Ледяной покров арктических морей, являясь продуктом взаимодействия атмосферы и океана, – важная составляющая климатической системы Земли. Результаты этих работ опубликованы в монографиях [104; 118] и статьях [35 – 37, 105 – 107].

Статистический анализ рядов ледовитости Евразийских арктических морей (от Гренландского моря на западе до Чукотского на востоке) показал, что изменения этой характеристики во времени носят полициклический характер. Преобладают циклы продолжительностью около 60, 20, 10 и менее лет. Наиболее энергоёмкий для Арктики 60-летний цикл определяет чередование эпох потепления и похолодания, проявляющихся не только в Арктике, но и в других регионах планеты. Циклические колебания происходят на фоне однонаправленных трендов ледовитости и температуры воздуха, которые в XX веке имели отрицательный знак (для ледовитости арктических морей) и положительный (для температуры воздуха). Позже выяснилось, что наличие линейного тренда может быть связано с присутствием более продолжительного цикла, средний период которого составляет около 200 лет.

Были выявлены региональные особенности климатических изменений ледовитости арктических морей. Спектральный анализ соответствующих временных рядов показал, что в изменениях ледовитости морей западного региона (моря Гренландское, Баренцево и Карское) преобладают относительно низкочастотные колебания (средний период 60, 20 лет, а также долговременный тренд), тогда как для восточного региона (моря Лаптевых, Восточно-сибирское и Чукотское) характерны более высокочастотные колебания ледовитости со средними периодами 10 и менее лет.

Климатические колебания ледовитости арктических морей сопряжены с изменениями ряда других ледовых характеристик (толщина, сплоченность ледяного покрова и проч.), а также с изменениями показателей гидрометеорологического и океанологического режимов Северного Ледовитого океана (температура воздуха, распределение аномалий средних барических полей, объем речного стока, температура глубинных атлантических вод и др.).

Важным результатом исследования стала обнаруженная закономерность: в эпохи потепления климата атмосферное давление над Арктикой понижается, а в эпохи похолодания возрастает. Данные об изменении во времени значений индекса высокоширотной зональности (средняя величина разности высоты изобарической поверхности АТ-500 между параллелями 60 и 80° с.ш.) [38] показали, что аналогичные изменения охватывают всю толщу тропосферы. 10-летние и 20-летние колебания, выявленные в этом индексе, характеризуют явление «арктического колебания», достаточно подробно исследованное отечественными и зарубежными учеными.

Было показано, что наиболее общие изменения климата проявляются в состоянии северного циркумполярного вихря. Этот вихрь углубляется в эпохи *потеплений* и частично *заполняется* в эпохи *похолоданий*, то есть связь его климатических изменений с температурой воздуха отличается от закономерностей сезонных колебаний, которые характеризуются *углублением* вихря в *холодный* сезон (зимой) и *частичным заполнением* в *теплый* (летом).

Помимо отмеченных выше колебаний глубины северного циркумполярного вихря в 60-летнем цикле, были обнаружены значительные изменения его средних горизонтальных размеров, что связано с более продолжительным 200-летним циклом. Эта закономерность проявляется в соответствующих изменениях величины индексов зональных переносов в атмосфере (средняя разность атмосферного давления и высоты поверхности АТ-500 между параллелями 40 и 65-70° с.ш.).

От аномалий северного циркумполярного вихря зависит состояние Арктического антициклона, которое, согласно В.Ю.Визе [19], тесно связано с ледовитостью арктических морей. В холодные эпохи, когда полярный вихрь частично заполняется, Арктический антициклон усиливается, в теплые эпохи, когда полярный вихрь углубляется, Арктический антициклон ослабевает.

Состояние Арктического антициклона сказывается и на распределении аномалий атмосферного давления и континентальности климата в умеренных широтах, в частности, над восточной Европой и европейской территорией России. Зимой повышение здесь атмосферного давления, что характерно для холодных эпох, сопровождается уменьшением осадков и понижением температуры воздуха. Однако летом при положительной аномалии атмосферного давления температура воздуха повышается, что сочетается с дефицитом осадков. В этом проявляется роль облачности, зависящей от преобладающего типа барических систем.

Особо большие положительные аномалии температуры воздуха летом возникают в упомянутом регионе, когда здесь формируется блокирующий антициклон, по южной периферии которого происходит адвекция теплого и сухого воздуха с юго-востока – из Казахстана и Средней Азии, а также с юга – с Северного Кавказа, Причерноморья и Средиземного моря. Такие ситуации обычно возникают в эпохи похолодания, а также в теплые эпохи, когда Северный циркумполярный вихрь углублен, но размеры его сокращены. Они нередко сопровождаются засухами, лесными пожарами, кратковременными усилениями ветра, наносящими большой ущерб хозяйственной деятельности и приводящими к людским жертвам. Об этом свидетельствует и тот факт, что наиболее трагические периоды в истории нашей страны происходили в эпохи, отличавшиеся отмеченной выше ситуацией («смутное время» начала XVIII в., голодные годы конца XIX в., 20 – 40-х годов XX века).

Как отмечено выше, непосредственной причиной наиболее существенных зафиксированных колебаний климата масштаба от десятилетий до столетий были изменения в состоянии северного циркумполярного вихря. К настоящему времени аналогичные изменения выявлены в соответствующих характеристиках южного циркумполярного вихря, о чем свидетельствуют значения индексов зонального переноса в атмосфере умеренных широт обоих полушарий, изменяющихся квази-синхронно.

Циркумполярные вихри – характерная особенность земной атмосферы. Их состояние определяет интенсивность и положение пояса западно-восточного переноса в атмосфере высоких и умеренных широт – важной составляющей общей циркуляции атмосферы (ОЦА). Углубление северного циркумполярного вихря усиливает зональную адвекцию тепла и влаги, а его расширение приводит к смещению стресса зонального потока из высоких в умеренные широты. Соответственно смещаются и преобладающие траектории атлантических и тихоокеанских циклонов. В северном полушарии это приводит к ослаблению зимних континентальных антициклонов – Сибирского и Канадского, формированию в этих регионах больших положительных аномалий температуры воздуха и осадков, увеличению речного стока. Понижается давление и повышается температура воздуха в Гренландском и Арктическом антициклонах.

Смещение пояса зональных переносов в атмосфере северного полушария к югу создает условия для понижения температуры воздуха в Арктике. Именно этим объясняется тот факт, что в эпоху второго потепления Арктики зимой температура воздуха в обширном регионе – от Баренцева моря до Восточно-Сибирского, а также в море Баффина – была заметно ниже, чем в эпоху первого потепления. Это сказалось и на ледовитости Баренцева моря в зимний период, климатические изменения которой во второй половине XX века характеризовались значимым положительным трендом. В силу отмеченных выше сезонных особенностей зависимости температуры воздуха от типа барических полей, а также региональных особенностей арктических морей аномалия температуры воздуха зимой мало сказалась на ледовитости этих морей в последующий летний сезон. Поэтому до первого десятилетия XXI века здесь сохранился отрицательный тренд ледовитости.

Аналогичные изменения состояния южного циркумполярного вихря также привели к понижению средней температуры воздуха и повышению ледовитости антарктических морей, исключая сильно выступающий к северу Антарктический полуостров и прилежащие к нему акватории. Однако, в отличие от умеренных широт северного полушария, существенного повышения температуры воздуха в умеренных южных широтах при этом не произошло. Причина – в отсутствии здесь, в зоне «ревуших сороковых», характерных для северного полушария континентальных антициклонов. В результате климатические изменения ледовитости арктического и антарктического региона происходили в противофазе. В Арктике среднегодовая площадь ледяного покрова на протяжении второй половины XX века постепенно уменьшалась, а в Антарктике она росла. В 2008 г. среднегодовая ледовитость антарктических морей достигла максимальных за весь ряд наблюдений значений, превысив соответствующую величину в СЛО [106].

В ряде работ российских и зарубежных ученых обосновывается естественное происхождение изменений климата Земли. В этих изменениях решающая роль отводится колебаниям поступающей к Земле суммарной солнечной радиации (Total Solar Irradiation – TSI), включающей как обычное электромагнитное излучение разных частот, так и поток заряженных частиц солнечного ветра, который входит в понятие «солнечная активность» (СА). Этот поток представляет особый интерес в проблеме климата, поскольку заряженные частицы, выбрасываемые Солнцем, под влиянием магнитного поля Земли отклоняются к приполюсным регионам, то есть к регионам, где формируются упомянутые выше циркумполярные вихри. При этом плотность энергии, поглощаемой атмосферой в этих регионах, повышается на порядок по сравнению с энергией солнечного ветра вне земной магнитосферы.

Действительно, измерения TSI, выполнявшиеся в течение последних 30 лет с помощью специальной аппаратуры, установленной на ИСЗ, показали довольно тесную связь между TSI и климатическими изменениями в Арктике [124]. Статистическая связь этой энергии с пятнообразовательной деятельностью на Солнце, в частности, с числами Вольфа, позволила реконструировать изменения TSI не только за последние 130 лет, но и за более продолжительный период [37].

Возможной причиной изменений СА по-видимому является взаимодействие гравитационных полей Солнца и планет и влияние этих процессов на расстояние между Землей и Солнцем [35]. Циклические колебания в климатической системе Земли могут вызываться также долговременными приливами [78] и автоколебаниями в этой системе. [33]

Таким образом, изложенная выше гипотеза позволила объяснить выявленные из наблюдений наиболее существенные закономерности изменений климата в масштабе десятков и сотен лет: их временные и пространственные особенности, связь с колебаниями ОЦА и солнечной энергии, поступающей к Земле. Эти закономерности не вытекают из наиболее распространенной в настоящее время «парниковой теории», согласно которой основной причиной современных изменений климата Земли является накопление в атмосфере парниковых газов антропогенного происхождения.

Предложенная концепция изменений климата Земли под влиянием в основном естественных причин позволила составить фоновые прогнозы на XXI век суммарной ледовитости арктических морей. Эти прогнозы, основанные на учете естественных климатических циклов, существенно отличаются от результатов численных экспериментов с моделями климата МОЦАО. Вместо повышения температуры воздуха и уменьшения ледовитости Арктики эти прогнозы указывают на понижение температуры к 2030 – 2040-м гг. и повышение ледовитости (наиболее заметное в Приатлантических арктических морях). В дальнейшем ожидается продолжение циклических колебаний, характерных для XX века.

Большой интерес для проблемы изменений климата Арктики представляют исследования А.Г. Егорова пространственных особенностей климатических изменений ледяного покрова арктических морей [47]. Эти особенности касаются закономерного чередования – на фоне смены теплых и холодных эпох – периодов «однородности» и «оппозиции» в ходе ледовитости морей западного и восточного регионов российской Арктики.

Причиной этих закономерностей автор считает влияние солнечной активности на барические поля арктического региона.

6. Создание банка данных по морскому льду (В.М.Смоляницкий)

Использование в климатических исследованиях пространственно-распределенных ледовых данных, подготовленных в стандартных единых цифровых форматах хранения и охватывающих климатически значимые временные промежутки, является важной научно-прикладной задачей [116]. В ОЛРП данная проблематика успешно решается с 1989 года в лаборатории ледового режима (с 1994 года - режимных пособий – Мирового центра данных по морскому льду – ЛРП-МЦДМЛ) под руководством заведующих лабораторией В.Е.Бородачева, И.Е.Фролова, В.И.Абрамова и (с 1996 года) - В.М.Смоляницкого.

Стержневой идеей при разработке аппаратно-программного комплекса для подготовки указанных ледовых данных явилась необходимость поддержки в ААНИИ проекта Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) «Глобальный банк цифровых данных по морскому льду» (ГБЦДМЛ). Проект ГБЦДМЛ инициирован в 1989 году Технической комиссией ВМО по морской метеорологии (КММ) в поддержку Всемирной Климатической программы. В основу ведения и хранения архива данных ГБЦДМЛ заложена концепция представления ледовых карт от различных национальных ледовых служб мира, имеющих различные периоды обобщения и покрывающие различные акватории, в единых форматах (разработана В.Е.Бородачевым и И.Е.Фроловым). С 1989 года для сбора и поддержки проекта ГБЦДМЛ образовано два центра архивации и обработки данных – ААНИИ (<http://wdc.aari.ru/datasets>) и Национальный Центр Данных США по Снегу и Льду (НЦДСЛ) (<http://nsidc.org/noaa/gdsidb>).

Источниками информации для центров архивации являются участники проекта – национальные ледовые службы России (ААНИИ), Канады (Канадская ледовая служба), США (Национальный ледовый центр), Швеции (Шведский метеорологический и гидрологический институт), Финляндии (Финский метеорологический институт), Японии (Японское метеорологическое агентство). Поставка ледовых данных выполняется в оба центра ГБЦДМЛ (одновременно или в задержанном режиме – после проверки качества). Методическое сопровождение проекта ГБЦДМЛ выполнялось в 1989-2001 гг. Руководящей группой проекта, а с 2001 года по настоящий момент – Группой экспертов Совместной технической комиссии ВМО/МОК по океанографии и морской метеорологии (СКОММ) по морскому льду (ГЭМЛ) [68]. Полная информация по проекту ГБЦДМЛ на настоящий момент может быть получена из отчетов сессий ГЭМЛ СКОММ [120].

Основным форматом хранения данных в 1989 году был выбран формат СИГРИД (разработан экспертом Швеции Томми Томпсоном в 1985 году, утвержден КММ в 1989). Он обеспечивает хранение параметров морского льда, снятых с ледовой карты (сплоченность, возрастные градации, формы, разрушенность и т.д.) в гридированном виде в узлах регулярной географической сетки (рекомендуемый шаг – $0.25^\circ \times 0.25^\circ$). При этом, ледовая информация для отдельного узла сетки кодируется в форме строки символов – в соответствии с кодовыми таблицами, основанными на Номенклатуре ВМО по морскому льду [69]. Таким образом, в центре архивации карт достигается, во-первых, стандартизация данных различных источников (цифровое содержание отделено от представления), во-вторых, простота дальнейшей обработки массивов данных и получения различных климатических характеристик.

Отметим, что формат СИГРИД в своей полной, канонической версии, обеспечивает, во-первых, кодирование всех ледовых параметров, формализованных в Номенклатуре ВМО по морскому льду и имеющих количественные характеристики; во-вторых, наличие механизма сжатия информации; в-третьих, ограничение шага сетки от 1 географической минуты и выше, что вплоть до настоящего времени соответствует научно-прикладным потребностям. Наконец, этот формат предполагает как растровое, так и векторное кодирование границ зон. Кодирование выполняется в коде ASCII, т.е. карта формата СИГРИД читается всеми текстовыми редакторами.

С Российской стороны, для передачи в ГБЦДМЛ были выбраны исторические 10-30-дневные обзорные ледовые карты ААНИИ для Арктического региона за 1933-1992 годы и Антарктического региона – за 1971-1991 годы. Одновременно, при подготовке национальной части архива (для ограниченного обмена в рамках ГБЦДМЛ) были также отобраны 10-30-дневные поэлементные карты торосистости, разрушенности и раздробленности за 1940-е – 1980-е годы. Все исходные карты подготовлены на бумажном носителе на бланках полярной стереографической или конической проекций и являются частью исторического архива карт ледовой авиаразведки ОЛРП [8].

Для включения в архив ГБЦДМЛ цифровых массивов, т.е. формирования цифрового банка ледовых карт, и последующего климатического обобщения данных в ЛРП-МЦДМЛ В.М.Смоляницким была разработана специальная технология, имеющая следующие этапы:

- 1) Интерактивная оцифровка экспертом ледовой карты с сохранением необходимой информации в национальном векторном формате КОНТУР;
- 2) Автоматическое конвертирование (с экспертным контролем и возможностью редактирования) ледовой карты из векторного формата КОНТУР, или, начиная с 2007 года, растеризация ледовых карт из векторного формата СИГРИД-3, в географическую сетку растрового формата СИГРИД;
- 3) Визуализация, экспертный синтаксический контроль и редактирование ледовых карт в формате СИГРИД;
- 4) Автоматическое послойное конвертирование временных серий ледовых карт из формата СИГРИД в массивы прямоугольных матриц заданной проекции;
- 5) Статистическая обработка массивов прямоугольных матриц, включающая получение гистограмм распределения и расчет набора статистик (базовых, квантильных) для всех узлов матриц;
- 6) Трансформация результатов статистической обработки в заданную пользователем географическую проекцию и сохранение результатов в графических (GIF, PNG), текстовых (CSV, TXT) и обменных форматах ГИС (ASC, BIL, netCDF).

Наиболее трудоемкими этапами обработки, требующими от специалиста, как знаний ледовой проблематики, так и компьютерной подготовки, являлись этапы 1 и 2. Интерактивная оцифровка ледовым экспертом обзорной или поэлементной карты на бумажном носителе выполнялось в 1990-1997 годы сотрудниками ЛРП-МЦДМЛ Т.В.Петровским, И.А.Ревко и Е.Шведовым на дигитайзере формата А0 с помощью разработанного по договору с ААНИИ специализированного программного обеспечения. Информация сохранялась в векторном формате КОНТУР, разработанном экспертом ААНИИ А.В.Бушуевым [15]. Этот формат предусматривает хранение ледовой карты в виде набора информационных блоков, характеризующих географический район, соответствующий интервал времени, источники информации, использованные при построении карты, границы сбора информации, а также контуры однородных ледовых зон и информационные точки, включающие характеристику ледовых условий зоны с помощью набора идентификаторов. Следует отметить, что формат КОНТУР предполагает отсутствие избыточного кодирования контуров границ зон, записываемых практически всегда в незамкнутом виде. Таким образом, несмотря на внешнее сходство формата КОНТУР с векторными форматами, принятыми в ГИС, автоматическое конвертирование или импорт данных в формате КОНТУР в такие ГИС, как ArcInfo, невозможен.

Программное обеспечение для следующих этапов технологии (2 – 6) было разработано В.М.Смоляницким в 1992 году, и частично совершенствуется до настоящего времени. Конвертирование полученных массивов ледовой карты из векторного формата КОНТУР в растровый формат СИГРИД выполнялось в 1992-1997 гг. также сотрудниками ЛРП-МЦДМЛ.

В таблице 1 суммированы сведения по ледовым картам формата СИГРИД, архивированным в ГБЦДМЛ (центр ААНИИ). Как уже было выше указано, массивы 1а – 1г были подготовлены в ЛРП-МЦДМЛ. Отметим, что большая часть информации проекта ГБЦДМЛ доступна в настоящее время в цифровом виде через Интернет

(<http://wdc.aari.ru/datasets>) и в форме электронного атласа морского льда Арктики [Arctic Climatology Project, 2000].

Таблица 1 – Состав ледовых карт архива ГБЦДМЛ ААНИИ на 2011 год

№	Название массива	Период (годы), периодичность	Наличие пропусков	Параметры	Кол-во карт
1а	Исправленные и уточненные 10-дневные ледовые карты ААНИИ по акватории Северного Ледовитого океана	1933-1992, 10-30 дней	есть	CT, SD, FI	2372
1б	Ледовые карты ААНИИ по акватории Южного Океана	1971-1991, 10 дней	есть	CT, SD, FI	495
1в	Обзорные 7-дневные ледовые карты ААНИИ Евразийской Арктики	1997 – 2008	нет	CS, FI	612
1г	Поэлементные карты ААНИИ торосистости, разрушенности и раздробленности по Евразийской Арктике	1949 – 1989	да	TR, SM, RZ	~350
1д	Обзорные 7-дневные ледовые карты Северного Ледовитого океана за гг.	2008- по настоящее время	нет	CS, FI	> 203
1е	7-дневные ледовые карты арктических и замерзающих морей России (Балтийское, Каспийское, Охотское, Берингово) и Гренландского моря	2000- по настоящее время	нет	CT, SD, FI	> 4410
2а	Исправленные и уточненные 7-дневные ледовые карты НЛЦ по Северной Полярной Области севернее 45° с.ш.	1972-1994, 7 дней	нет	CT, SD, FI	1197
2б	7-дневные ледовые карты НЛЦ по Южной Полярной области южнее 50° с.ш.	1973-1994, 7 дней	нет	CT, FI	1150
2в	Исправленные и уточненные 7-дневные поля распределения общей сплоченности и частной сплоченности старых и однолетних льдов НЛЦ по Северной Полярной области севернее 45° с.ш.	1972-2007, 7 дней	нет	CT, FY, MY, FI	2796
2г	14-дневные циркумполярные ледовые карты Северной полярной области и Южного Океана	2003 - по настоящее время	нет	CT, SD, FI	> 488
3а	7-дневные ледовые карты КЛС по 4 регионам Канадской Арктики	1968-1998, 7 дней	есть	CT, SD, FI	3437
3б	7-14 дневные ледовые карты КЛС по 4 регионам Канадской Арктики и Великим озерам	2006 - - по настоящее время	нет	CT, SD, FI	> 1313
4	Ледовые карты Банка Данных по Льду Балтийского моря БСИМ	1960-2007, 1-4 дня	нет	CT, SV, FI	2653
5	5-дневные ледовые карты общей сплоченности по Охотскому морю ЯпМА	1970 – 2010, 5 дней	нет	CT	2203

Сокращения:

БСИМ – Совещание по Льду Балтийского моря (Швеция, Финляндия);

КЛС – Канадская ледовая служба;

НЛЦ – Национальный Ледовый Центр США;

ЯпМА – Японское Метеорологическое Агентство;

CT – общая сплоченность;

CS – обобщенная градация общей сплоченности (летний период) или возраста (зимний период);

FY – частная сплоченность однолетних льдов;

MY – частная сплоченность старых льдов;

SD – частная сплоченность и возрастная градация;

SV – толщина льда;
FI – признак наличия припая
SM – разрушенность
TR – торосистость
RZ – раздробленность

7. Разработка аппаратуры для бурения льда и освобождения от него вмерзших судов и сооружений (В.А. Морев)

Разностороннее исследование ледяного покрова требует использования бурения как способа измерения его толщины, внутреннего строения, распределения физико-механических и химических свойств. Ранее применявшиеся для этих целей механические буры требовали больших затрат времени. Поэтому в ААНИИ была создана специальная лаборатория, в которой в 1980-х–1990-х гг. были разработаны электротермобур ЭТИ-3 с аппаратурой для регистрации скорости бурения и паровые ледорезы ГТР-1000 для освобождения ото льда вмерзшей техники и различных сооружений. Электротермобуры широко использовались в экспедициях ААНИИ в замерзающих морях. В дальнейшем потребовалось создание более производительной буровой установки.

В 2000 г. такая установка, в которой для бурения используется подогретая морская вода, была разработана, а в 2001 г. успешно апробирована в Каспийской экспедиции. Эта установка получила название УВБЛ-1 (установка для водяного термобурения льда одним буровым постом).

В 2003 г. лаборатория Термобурения была включена в ОЛРП в качестве группы Термобурения. В 2005 г. на основе накопленного опыта установка УВБЛ-1 была усовершенствована. В результате бурение стало выполняться двумя постами (установка УВБР-2). Ее использование позволило значительно увеличить объем бурения при увеличении численности обслуживающего персонала всего на одного человека. Опыт эксплуатации этой установки выявил потребность и возможность усовершенствования аппаратуры для записи дополнительных параметров (прозрачность и температура талой воды), что позволит более уверенно определять глубину пропахивания донного грунта ледяным образованием.

В дальнейшем, по мере накопления опыта эксплуатации, производится модернизация отдельных узлов электротермобуров ЭТИ-3. Разрабатываются технология и оборудование для бурения торосов, сложенных из крупных холодных ледяных блоков. Их испытания проводились на нескольких дрейфующих станциях «Северный полюс».

Опыт разработки и эксплуатации термобуров, работающих на подогретой морской воде, позволяет разработать и новые ледорезы (вместо ГТР-1000) для использования их при очистке судна от обледенения. Эксперименты по резанию наледей и сосулек подогретой водой были проведены в ААНИИ в 2010 и 2011 годах. Они показали возможность создания на этом принципе оборудования, пригодного для практического применения.

В настоящее время успешная работа группы термобурения сдерживается отсутствием постоянного финансирования, рабочего помещения для сборки и испытания макетов оборудования и моделирования процессов бурения и резания, а также экспериментальных мастерских.

Литература

1. *Аппель И.Л., Гудкович З. М.* Численное моделирование и прогноз эволюции ледяного покрова. СПб, Гидрометеоиздат, 1992, 142 с.
2. *Аппель И.Л. и Гудкович З.М.* Численная модель перераспределения ледяного покрова в летний период//Тр. ААНИИ. –1977. –Т. 346. С. 4-28.
3. *Ашик И.М.* Численные расчеты и прогнозы колебаний уровня, течений и дрейфа льда на шельфе морей западного сектора Арктики. Навигация и гидрография, 1997. –№ 4. –С. 85-94.
4. *Ашик И.М.* Численные расчеты и прогнозы колебаний уровня моря и сплоченности льдов в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском. В сб. «Научные результаты экспедиции ЛАПЭКС-93». СПб: Гидрометеоиздат, 1994. –С. 199-209.
5. *Белов М.И.* История открытия и освоения Северного морского пути. Т. III. – Л.: Морской транспорт, 1959. – 510 с.
6. *Белов М.И.* История открытия и освоения Северного морского пути. Т. IV. – Л.: Морской транспорт, 1969. – 616 с.
7. *Бенземан В.Ю.* Пространственно-временная изменчивость гидрофизических полей океана. – СПб.: ААНИИ. – 2004. – 278 с.
8. *Бородачев В.Е. Шильников В.И.* История ледовой авиационной разведки. Гидрометеоиздат, СПб 2002, 441 с.
9. *Бузуев А.Я.* Влияние природных условий на судоходство в замерзающих морях. Л., Гидрометеоиздат, 1981, 200 с.
10. *Бузуев А.Я., Федяков В.Е.* Комплексный учет характеристик состояния ледяного покрова при разработке рекомендаций для судоходства. Вопросы прочности и надежности морских портовых сооружений.- М.: Транспорт, 1983, с. 89-97.
11. *Бузуев А.Я., Федяков В.Е.* Количественная оценка ледовых условий, опасных и чрезвычайных для судоходства, Отчет о работе отдела Ледового режима и прогнозов за 1998 г.
12. *Бузуев А.Я., Федяков В.Е., Фролов С.В., Юлин А.В.* Труды шестой международной конференции по судам и морским конструкциям в холодных регионах. ICETECH 2000, С.26-30
13. *Буйницкий В.Х.* 25 лет Арктического института. XXУ лет научной деятельности Арктического института, Изд-во Главсевморпути, М.-Л. 1945, с.5–22.
14. *Бушуев А.В., Волков Н.А., Гудкович З.М., Новиков Ю.Р., Прокофьев В.А.* Автоматизированная ледово-информационная система для Арктики (АЛИСА) – Труды ААНИИ, 1977, т.343, с. 6-16.
15. *Бушуев А.В.* Составление комплексных ледовых карт для судоходства и их автоматизированная обработка (описание методов, практические рекомендации). Диксон, 1987.
16. *Вангенгейм Г.Я.* Основы макроциркуляционного метода долгосрочных метеорологических прогнозов для Арктики.//Тр. АНИИ. –1952. –314 с.
17. *Визе В.Ю.* О возможности предсказания состояния льдов в Баренцевом море. – Изв. Центральное гидрометеорологическое бюро, 1923, №1.
18. *Визе В.Ю.* По поводу статьи М.М. Сомова О путях развития ледовых прогнозов, Проблемы Арктики. 1940, № 1, с.19-23.
19. *Визе В.Ю.* Основы методики долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей. Изд-во Главсевморпути, М., 1944, 274 с.
20. *Визе В.Ю.* Моря Советской Арктики. Изд-во Главсевморпути, М., Л., 1948. – 416 с.
21. *Визе В.Ю. и Лактионов А.Ф.* Изучение ледяного покрова и ледовые прогнозы. В кн. «25 лет научной деятельности Арктического института», Изд. Главсевморпути Л-М., 1945

22. Волков Н.А. «О приближении ледовых прогнозов к требованиям практики», Проблемы Арктики. 1940, № 1, с. 29-35
23. Волков Н.А., Слепцов-Шевлевич Б.А. О цикличности в колебаниях ледовитости арктических морей. // Тр. ААНИИ. 1971. Т. 303. С.5–305.
24. Гаккель Я.Я. Опыт оценки проходимости льдов на трассе Северного морского пути за навигацию 1933-1935 гг. Проблемы Арктики, 1937, вып.1.
25. Гидрометеорологическое обеспечение арктического мореплавания в XX – начале XXI века (ред. И.Е.Фролов, Б.А.Крутских). СПб., 2008. 208 с.
26. Гирс А.А. Основы долгосрочных прогнозов погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. 560 с.
27. Горбунов Ю.А., Карелин И.Д., Кузнецов И.М., Лосев С.М., Соколов А.Л. Основы физико-статистических методов ледовых прогнозов и расчетов для арктических морей заблаговременностью до 30 суток., 1983, 288 с.
28. Горбунов Ю.А., Лосев С.М., Дымент Л.Н. Метод диагностики и среднесрочного прогноза разрывов в ледяном покрове Карского моря. Труды ААНИИ, 2001, Т. 443. С. 94-102
29. Гордиенко П.А. Полярные гидрометеорологические станции. В Великой Отечественной войне 1941-1945 гг. Метеорология и гидрология, 1975, № 8, с.110-113
30. Гордиенко П.А., Сергеев Г.Н., Бузуев А. Я. Изучение ледяного покрова как среды судоходства. Проблемы Арктики и Антарктики, 1967, вып. 27, с.93-104.
31. Гудкович З.М., Кириллов А.А., Ковалев Е.Г., Сметанникова А.В., Спичкин В.А. Основы долгосрочных ледовых прогнозов для арктических морей. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 348 с.
32. Гудкович З.М., Ю. Кано. Методы ледовых прогнозов. В кн. Морской лед (справочное пособие), СПб, Гидрометеиздат, 1997. – Гл. 4. –С. 275-316.
33. Гудкович З.М., Ковалев Е.Г. О некоторых механизмах циклических изменений климата в Арктике и Антарктике. //Океанология, 2002. Т.42. № 6. С. 1–7.
34. Гудкович З.М. и Клячкин С.В. Методика среднесрочного ледового прогноза для Печерского моря на основе численной динамико-термодинамической модели.//Информационный сборник ГМЦ РФ, 2005, № 31. –С. 104-119.
35. Гудкович З.М, Карклин В.П., Фролов И.Е. Внутривековые изменения климата, площади ледяного покрова Евразийских арктических морей и их возможные причины. //Метеорология и гидрология. 2005. № 6. С. 5–14.
36. Гудкович З.М, Карклин В.П., Ковалев Е.Г. ,Смоляницкий В.М., Фролов И.Е. Изменения морского ледяного покрова и других составляющих климатической системы в Арктике и Антарктике в связи с эволюцией полярных вихрей // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. № 78. С. 48-58.
37. Гудкович З.М, Карклин В.П., ,Смоляницкий В.М., Фролов И.Е. О характере и причинах изменений климата Земли // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. № 1 (81). С. 15-23.
38. Дмитриев А.А. Динамика атмосферных процессов над морями российской Арктики. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 234 с.
39. Доронин Ю.П. Тепловое взаимодействие атмосферы и гидросферы в Арктике. – Л.: Гидрометеиздат, 1969, – 299 с.
40. Доронин Ю.П. и Хейсин Д.Е. Морской лед. – Л.: Гидрометеиздат, 1975, – 318 с.
41. Дремлюг В.В., Лактионов А.Ф. Анализ скорости движения судов во льдах арктических морей. Проблемы Арктики , 1944, вып.1.
42. Дубовцев В.Ф. Природные условия и возможности плавания в высоких широтах Северного ледовитого океана, , Фонды, 1968
43. Дубовцев В.Ф. Условия плавания к труднодоступным пунктам в Арктике, 1973, Фонды
44. Дубовцев В.Ф. Первые плавания проливом Красной Армии. Труды ААНИИ, 1967 110, с. 247-259
45. Егоров А.Г. Спичкин В.А. Метод локально-генетической типизации ледовых условий.//Тр. ААНИИ. – 1994. –Т. 432. – С. 146-163.

46. *Егоров А.Г., Спичкин В.А.* Снижение размерности при анализе и прогнозе ледовых условий в юго-западной части Карского моря//Тр. ААНИИ. – 1998. – Т. 438. – С. 83-99.
47. *Егоров А.Г.* Многолетние особенности пространственного распределения ледовых аномалий по акватории арктических морей России в течение 1930–2000 гг.//Проблемы Арктики и Антарктики. – 2008. – № 1 (78). – С. 143-150.
48. *Захаров В.Ф.* Поверхностные арктические воды как фактор устойчивости ледяного покрова // Тр. ААНИИ. 1977. Т. 346. С. 122–134.
49. *Захаров В.Ф.* Морские льды в климатической системе. СПб. : Гидрометеиздат. 1996. 213 с.
50. *Зубакин Г.К.* Крупномасштабная изменчивость состояния ледяного покрова морей Северо-Европейского бассейна. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 160 с.
51. *Зуев А.Н.* Численная модель для расчета скорости дрейфа и перераспределения льда в море//Тр. ААНИИ. – 1983. – Т. 385. –С. 19-26.
52. *Карелин Д.Б.* Служба ледовых прогнозов, М., Изд-во Главсевморпути, 1940, 59 с.
53. *Карелин Д.Б., Овчинников И.Г.* «Краткосрочные ледовые прогнозы», Проблемы Арктики. 1940, № 3. с. 55-68
54. *Карелин Д.Б., Дрогайцев Д.А.* Служба льда и погоды в Советской Арктике. 25 лет научной деятельности Арктического института. Л-М, 1945, с. 86-110.
55. *Карклин В.П.* 22-летний цикл солнечной активности и поле атмосферного давления умеренных и высоких широт северного полушария//Известия ВГО, 1973, № 3, с.275-280.
56. *Карклин В.П.* Роль солнечной активности в многолетних изменениях положения и интенсивности исландского минимума атмосферного давления//Проблемы Арктики и Антарктики, 1975. – Вып.46. – С. 79-83.
57. *Карклин В.П.* Квазидвухлетние колебания в изменениях ледовитости арктических морей//Тр. ААНИИ. – 1977. Т. 341. – С.103-113.
58. *Карклин В.П.* Изменения поля атмосферного давления в высоких и умеренных широтах северного полушария в 11-летних циклах солнечной активности//Проблемы Арктики и Антарктики. – 1978. – Вып. 54. – С. 62 – 68.
59. *Карклин В.П.* К вопросу о причинах 6-7-летних колебаний ледовитости арктических морей//Труды ААНИИ – 1987. – Т. 402. – С 67-80.
60. *Карклин В.П., Юлин А.В., Карелин И.Д., Иванов В.В.* Климатические колебания ледовитости арктических морей сибирского шельфа. // Тр. ААНИИ. 2001. Т. 443. С. 5–11.
61. *Клячкин С.В., Щербаков Ю.А., Гудкович З.М., Гузенко Р.Б.* Разработка технологии функционирования ГИС «Композитная оперативная ледовая карта» с использованием фактических и расчетных данных. Труды ААНИИ, Т. 445, 2002 с. 69-79.
62. *Клячкин С.В.* Моделирование эволюции припая в арктических морях. //Метеорология и гидрология. 2011. № 1. С. 92–101.
63. *Ковалев Е.Г.* Цикличность в колебаниях ледовитости района Новосибирских островов и возможность ее использования для прогноза // Доклады АН СССР. 1960. Т.135. № 2. С. 439–442.
64. *Ковалев Е.Г и Николаев Ю.В.* Применение дискриминантного анализа для долгосрочного прогноза ледовитости арктических морей//Тр. ААНИИ. – 1976. – Т. 320. – С. 4-26.
65. *Ковалев Е.Г., Николаев Ю.В., Прямиков С.А.* Автоматизация поиска оптимальных предсказателей и построения прогностических схем // Тр. ААНИИ. – 1980. – Т. 372. – С. 44-52.
66. *Ковалев Е.Г., Третьяков В.Ю., Юлин А.В.* Опыт использования модернизированного метода анализа ледовых процессов на основе совмещения ГИС-технологий с АПС «Пегас» на примере морей Северной Атлантики.//Тр. ААНИИ. – 2002. – Т. 445. – С. 24-30.
67. *Колесов С.А.* Реологическая модель процессов торошения.//Проблемы Арктики и Антарктики, 1981 –№ 56. –С. 39-45.
68. Комиссия ВМО по морской метеорологии. Формат для архивации данных по морскому льду и обмена ими в цифровой форме (СИГРИД). Пособие по морской метеорологии.

Часть II. Рекомендация II, КММ-Х, ВМО, Женева, 32 стр., сентябрь 1989.

69. Номенклатура по Морскому Льду. ВМО/ТД, 1989-2010 – Но. 259.
70. *Константинов Ю.Б., Грачев К.И.* Высокоширотные воздушные экспедиции «Север» 1937-1993 гг.», СПб, Гидрометеиздат, 2000, 176 с.
71. *Крутских Б.А.* Основные итоги изучения и прогнозирования морских льдов в Арктике. Проблемы Арктики и Антарктики, Юбилейный выпуск 70, 1995, с. 58-83
72. *Купецкий В.Н.* О креотектонических линеаментах. Труды ААНИИ., Т. 318, 1973, с.160-166
73. *Лайхтман Д.Л.* О дрейфе ледяных полей//Тр. Ленинградского гидромет. ин-та, 1958. – вып. 7. –С. 129-137.
74. *Лебедев А.А., Уралов Н.С.* Прогнозирование ледовитости Гренландского моря в связи с особенностями теплового состояния Атлантического океана и атмосферной циркуляции. \ \ Проблемы Арктики и Антарктики . – 1977. – Вып. 50 с.
75. *Лихоманов В. А, Ильчук А.Н.* Ледокольный флот России – этапы и пути совершенствования его качеств. – В кн. Гидрометеорологическое обеспечение арктического мореплавания в 20 и начале 21 века, (Ред. Фролов И.Е., Крутских Б.А.) СПб, 2008. 208 с
76. *Лосев С.М и Горбунов Ю.А* Диагностика и среднесрочный прогноз нарушений сплошности морского ледяного покрова//Тр. ААНИИ, 1998. – Т. 438. – С. 13-25
77. *Лукин В.В. Корнилов Н.А., Дмитриев Н.К.* Советские и Российские антарктические экспедиции в цифрах и фактах (1995-2005 гг.), СПб, ААНИИ, 2006.
78. *Максимов И.В.* Геофизические силы и воды океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. 447 с.
79. *Махитас А.П., Назаренко Л.С., Шутилин С.В.* Модель морского ледяного покрова Арктического бассейна. Математические модели в исследовании динамики океана. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1988. – С. 96-116.
80. *Мелешко В.П.* Возможные сроки плавания в высокоширотные пункты снабжения в Арктических морях, 1969, Фонды
81. *Миронов Е.У., Иванов В.В., Клячкин С.В.* Современное состояние и основные направления развития методов ледовых и метеорологических прогнозов в Арктике.//Проблемы Арктики и Антарктики. – 2000. – Вып. 72. – С.26-41.
82. *Миронов Е.У.* Ледовые условия в Гренландском и Баренцевом морях и их долгосрочный прогноз. – СПб, 2004. – 320 с.
83. *Миронов Е.У., Бресткин С.В., Смирнов В.Г.* Ледово-информационная система для Арктики и развитие технологий гидрометеорологического обеспечения. – Доклады научно-практического совещания «Гидрометеорологическое обеспечение хозяйственной деятельности в Арктике и замерзающих морях», СПб, 27-29 марта 2002 г., – СПб: Гидрометеиздат. – 2002. – С. 130-135.
84. *Нейлор К.* Как построить свою экспертную систему. М.: Энергоатомиздат, 1991. 285 с.
85. *Никифоров Е.Г.* Об изменении сплошности ледяного покрова в связи с его динамикой.// Проблемы Арктики. – 1957.–№ 2. –С. 59-72.
86. *Николаев Ю.В.* Преобразование информации в приложении к задачам гидрометеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 64 с.
87. *Николаев Ю.В. и Ковалев Е.Г.* Возможность использования дискриминантного анализа для долгосрочного прогноза ледовитости арктических морей//Тр. ААНИИ. – 1971. – Т. 303. – С. 61-71
88. *Овчинников И.Г.* К вопросу о краткосрочных ледовых прогнозах, Проблемы Арктики. 1940, № 1, с. 24-28
89. Опасные ледовые явления для судоходства в Арктике. (Ред. Е.У.Миронов). СПб, ААНИИ, 2010. 320 с.
90. *Петров В.М. и Фролов И.Е.* Моделирование осеннее-зимних ледовых явлений//Тр. ААНИИ. – 1990. – Т. 420. – С. 53-61.

91. *Порубаев В.С., Саперштейн Е.Б.* Технология усвоения данных о распределении ледяного покрова с использованием геоинформационных систем. Труды ААНИИ, Т. 445, 2002 с. 113-128
92. *Романов И.П., Константинов Ю.Б., Корнилов Н.А.* Дрейфующие станции «Северный полюс» (1937-1991 гг.), Гидрометеиздат, 1997, 225 с.
93. Руководство по производству ледовой авиаразведки. Л. Гидрометеиздат. 1981. 240 с.
94. *Седов О.К.* Условия плавания при снабжении островных пунктов Северо-восточной части Карского моря. Фонды ААНИИ, 1966.
95. *Слепцов-Шевлевич Б.А.* Геофизические основы морских гидрологических прогнозов. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1991. – 103 с.
96. *Сомов М.М.* «О путях развития ледовых прогнозов», Проблемы Арктики. 1940, № 1, с. 13-18.
97. *Сторожев Н.М.* «Дрейф льдов в море Лаптевых под влиянием приливо-отливных явлений, Проблемы Арктики 1940 № 3 с. 69-83.
98. *Тимохов Л.А. и Хейсин Д.Е.* Динамика морских льдов. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 272 с.
99. Указания по применению метода количественной оценки трудности плавания судов во льдах при составлении специализированных ледовых прогнозов (навигационных рекомендаций) для судоходства. Л., 1986, Ротопринт, ААНИИ, 88 с.
100. *Фельзенбаум А.И.* Теория установившегося дрейфа льдов и расчет среднего многолетнего дрейфа в центральной части Арктического бассейна//Проблемы Севера, 1958. – Вып.2. –С. 16-48.
101. *Фролов И.Е.* Численная модель осенне-зимних ледовых явлений//Тр. ААНИИ, 1981. –Т. 372. –С. 73-81.
102. *Фролов И.Е., Колесов С.А., Макитас А.П.* Математическое моделирование ледяного покрова. В кн. Морской лед (справочное пособие), СПб, Гидрометеиздат, 1997. –Гл. 3. – С. 227-274.
103. *Фролов И.Е., Данилов А.И., Бресткин С.В., Миронов Е.У.* Автоматизированная ледово-информационная система для Арктики и ее использование при освоении углеводородных месторождений на шельфе // Труды 6-ой Международной конференции РАО-03, СПб, 16-19 сентября 2003 г. – С.304-307.
104. *Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Ковалев Е.Г., Смоляницкий В.М.* Научные исследования в Арктике. Т.2. Климатические изменения ледяного покрова морей Евразийского шельфа. – СПб, «Наука», 2007, 136 с.
105. *Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М.* Шестидесятилетняя цикличность в изменениях климата полярных регионов // Материалы гляциологических исследований. 2008. № 105. С. 158-165.
106. *Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М.* Изменения климата Арктики и Антарктики – результат действия естественных причин // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 2 (85). С. 52-61.
107. *Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М.* Изменения климата Земли – результат действия естественных причин // Экологический вестник России. 2010. №1. С. 59-64.
108. *Фролов С.В., Клячкин С.В.* Методика выбора оптимального пути плавания на основе численного прогноза ледовых условий. Труды шестой Международной конференции по судам и морским конструкциям в холодных регионах, ICETECH 2000. СПб, 2000. с.118-124.
109. *Фролов С.В.* Основные закономерности распределения характеристик ледяного покрова и их влияние на движение ледокола в Арктическом бассейне в летний период (по данным высокоширотных плаваний). Труды ААНИИ 1997, Т. 437 с. 83-97
110. *Фролов С.В., Клячкин С.В.* Учет влияния ориентации разрывов на скорость движения судна во льдах. Труды ААНИИ 2001, Т.443, с. 103-111

111. *Фролов С.В, Третьяков В.Ю.* Анализ и диагноз ледовых условий плавания с применением ГИС-технологий. Труды ААНИИ, т.445, 2002, с.137-144
112. *Фролов С.В.* Основные принципы организации и современные технологии специализированного гидрометеорологического обеспечения судоходства в замерзающих морях». Северный морской путь состояние, проблемы, перспективы. 2007, СПб, 173 с.
113. *Шулейкин В.В.* Физика моря. М.. Изд-во АН СССР, 1953, 990 с.
114. *Шутилин С.В., Макитас А.П., Алексеев Г.В.* Модельные оценки ожидаемых изменений ледяного покрова СЛО при антропогенном потеплении в XXI веке.//Проблемы Арктики и Антарктики. – 2008. – № 2 (79). – С. 101-110.
115. *Юлин А.В.* Автоматизированный программный комплекс по обработке и обобщению гидрометинформации, используемой в системе «Пегас»//Тр. ААНИИ. – 1990. – Т.418. – С.25-36.
116. Arctic Climatology Project, 2000. Environmental Working Group Joint U.S. Russian Sea Ice Atlas. Edited by F. Tanis and V. Smolyanitsky. Boulder, CO: National Snow and Ice Data Center. CD.
117. *Campbell W.J.* The wind-driven circulation of ice and water in a Polar ocean//J. Geophys. Res. 1965. –Vol. 70. –P. 3279-3301.
118. *Frolov I.E., Gudkovich Z.M., Karklin V.P., Kovalev E.G., Smolyanitsky V.M.* Climate change in Eurasian Arctic Shelf Seas. Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK, 2009. 164 p.
119. *Hibler III W.D.* A dynamic-thermodynamic sea ice model//J. Phys. Ocean., 1979. –Vol. 9. – P. 815-846.
120. JCOMM Expert Team on Sea Ice (ETSI), Fourth Session - Steering Group for the Global Digital Sea Ice Data Bank (GDSIDB), Twelfth Session – St.Petersburg, Russian Federation, 1-5 March 2010 - Final Report. JCOMM Meeting Report No 74 – WMO Secretariat, Geneva. – 2010.
121. *Johannessen O.M., Miles M.W., Bengtsson L., Bobylev L.P., Kuzmina S.I.* Arctic climate change// Arctic environment variability in the context of global change (Ed. L.P. Bobylev, K.Ya. Kondratyev, O.M. Johannessen). Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK, 2003. –P. 1-14.
122. *Maykut G.A. & Untersteiner N.* Some results from a time-dependent thermodynamic model of sea ice//J. Geophys. Res., 1971. –Vol. 76. – P. 1550-1575.
123. *Parkinson C.L. & Washington W.M.* A large scale numerical model of sea ice// J. Geophys. Res., 1979. –Vol. 84. –P. 311-337.
124. *Soon, W.* Variable solar irradiance as a plausible agent for multidecadal variations in the Arctic-wide surface air temperature record of the past 130 years. Geophysical Research Letters, 32 (L16712), doi: 10.1029/2005GL023429.

Приложения

Приложение 1 - Сотрудники отдела – участники дрейфующих станций Северный полюс [92]

Дрейфующая станция	Фамилия И.О.	Должность
СП-2 1950-1951 г.г	Сомов М.М.	Начальник
СП-3 1954-1955 г.г.	Гудкович З.М.	Гидролог-метеоролог
СП-4 1955-1956 г.г.	Трешников А.Ф.	Начальник
	Гордиенко П.А.	Начальник
	Шильников В.И.	Океанолог
СП-5 1955-1956 г.г.	Волков Н.А.	Начальник
	Гудкович З.М.	Рук. отряда
	Шестериков Н.П.	Океанограф
	Спичкин В.А.	Океанограф
СП-5 1956 г.	Соколов А.Л.	Начальник
СП-6 1956-1957 г.г.	Гущенков Е.М.	Океанолог
СП-6 1957-1958 г.г.	Харитонов В.А.	Океанолог
СП-6 1959 г.	Сергеев Г.Н.	Гидролог-астроном
СП-8 1961-1962 г.г.	Романов И.П.	Начальник
СП-10 1963-1964 г.г.	Захаров В.Ф.	Начальник
СП-12 1963-1964 г.г.	Углев В.Д.	Гидролог
СП-13 1964-1965 г.г.	Бузуев А.Я.	Начальник
	Улитин В.И.	Гидролог-астроном
СП-13 1965-1966 г.г.	Дубовцев В.Ф.	Начальник
СП-13Ф 1965-1966 г.г.	Бушуев А.В.	Ледоисследователь
	Лоцилов В.С.	Океанолог
СП-13 1966-1967 г.г.	Карелин И.Д.	Океанолог-астроном
СП-14 1965-1966 г.г.	Романов И.П.	Океанолог
СП-15Ф 1966 г.	Романов И.П.	Начальник
СП-16 1970-1971 г.г.	Бузуев А.Я.	Начальник
СП-17 1968-1969 г.г.	Углев В.Д.	Океанолог
СП-18 1969-1970 г.г.	Романов И.П.	Начальник
СП-18 1970-1971 г.г.	Дубовцев В.Ф.	Начальник
СП-19 1969-1970 г.г.	Саруханян Э.И.	Океанолог
	Углев В.Д.	Океанолог
СП-22 1974-1975 г.г.	Углев В.Д.	Океанолог
	Грищенко В.Д.	Океанолог
	Кадачигов Г.А.	Гидролог
СП-24 1978-1979 г.г.	Бровин А.И.	Океанолог
СП-24Д 1980 г.	Комаровский В.А.	Океанолог
СП-28 1980 г.	Романов И.П.	Ледоисследователь
СП-31 1991 г.	Бресткин С.В.	Ледоисследователь
	Порубаев В.С.	Ледоисследователь
СП-32 2003-2004 гг.	Гузенко Р.Б.	Ледоисследователь
СП-34 2005-2006 гг.	Петровский Т.В.	Начальник
СП-36 2008-2009 гг.	Петровский Т.В.	Ледоисследователь
СП-38 2010-2011 гг.	Петровский Т.В.	Начальник
	Харитонов В.В.	Зам. начальника

Приложение 2 – Сотрудники Отдела, руководившие научно-оперативным обеспечением судоходства в составе Штабов морских операций на трассе СМП, в качестве главных гидрологов, их заместителей и прогнозистов [25]

Год	Западный район	Центральный район	Восточный район
1937	Б.И.Иванов, п\ст. Диксон	-	Д.Б. Карелин Н.А. Волков Н.И. Евгенов
1938	Б.И.Иванов, п\ст Диксон	-	Д.Б. Карелин
1939	М.М.Сомов И.Г.Овчинников Б.И.Иванов, п\ст Диксон	С.И. Петров	Д.Б. Карелин Н.А. Волков П.А. Гордиенко
1940	И.Г.Овчинников А.Г. Дралкин М.М. Сомов	Я.Я.Гаккель А.Ф. Трешников	Н.А. Волков
1941	М.М. Сомов	Д.Б. Карелин	Н.А. Волков П.А. Гордиенко
1942	М.М. Сомов	-	Н.А. Волков
1943	М.М. Сомов	-	Н.А. Волков
1944	М.М. Сомов А.Г. Дралкин	-	П.А. Гордиенко
1945	А.Г. Дралкин	К.И. Ермак	П.А. Гордиенко
1946	А.Г. Дралкин	К.И. Ермак	Н.А. Волков П.А. Гордиенко
1947	А.Г. Дралкин		П.А. Гордиенко
1948	А.Г. Дралкин		П.А. Гордиенко
1949	А.Г. Дралкин		Н.А. Волков А.Л. Соколов
1950	А.Г. Дралкин В.Ф. Дубовцев		Н.А. Волков
1951	В.Ф. Дубовцев		А.Л. Соколов
1952	В.М. Иванов		П.А. Гордиенко
1953	В.М. Иванов		А.Л. Соколов Ю.А. Горбунов
1954	В.Ф. Дубовцев	Н.И. Тябин	Ю.А. Горбунов Г.Н. Сергеев
1955	В.В. Панов А.П. Козырев		С.И. Петров
1956	В.Ф. Дубовцев В.Е. Бородачев		С.И. Петров
1957	В.Ф. Дубовцев В.Е. Бородачев		А.Л. Соколов Ю.А. Горбунов
1958	В.Ф. Дубовцев В.Е. Бородачев		Ю.А. Горбунов
1959	В.Ф. Дубовцев В.Е. Бородачев		Ю.А. Горбунов
1960	В.Е. Бородачев		А.Л. Соколов Г.Н. Сергеев

1961	В.Е. Бородачев Е.Г. Ковалев		С.И. Петров Б.А. Крутских
1962	Е.Г. Ковалев А.Я. Бузуев		Б.А. Крутских В.М. Попов
1963	А.Я. Бузуев		Б.А. Крутских Л.А. Тигунцев, океанолог
1964	Е.Г. Ковалев		Ю.А. Горбунов Г.Н. Сергеев
1965	Н.П. Шестериков Н.А. Чуркина В.М. Климович		Б.А. Крутских В.Н. Купецкий
1966	Н.П. Шестериков В.А. Спичкин	Н.И. Тябин	В.Н. Купецкий Б.А. Слпцов-Шевлевич
1967	Е.Г. Ковалев И.М. Кузнецов	Н.И. Тябин	В.Н. Купецкий В.И. Смирнов В.П. Карклин
1968	И.М. Кузнецов А.Я. Бузуев	Б.А. Слепцов-Шевле вич	Ю.А. Горбунов В.П. Карклин
1969	И.М. Кузнецов А.И. Мурзин		В.Н. Купецкий В.П. Карклин
1970	В.Е. Бородачев А.И. Мурзин	И.Д. Карелин	В.Н. Купецкий А.И. Арикайнен
1971	Е.Г. Ковалев А.А. Романов	И.Д. Карелин	Ю.А. Горбунов З.М. Гудкович С.М. Лосев
1972	В.Е. Бородачев Н.А. Чуркина	И.Д. Карелин	В.Н. Купецкий А.И. Арикайнен
1973	И.М. Кузнецов В.П. Карклин		Ю.А. Горбунов С.М. Лосев
1974	Е.Г. Ковалев А.Я. Бузуев	И.Д. Карелин	В.Н. Купецкий А.И. Арикайнен
1975	Е.Г. Ковалев А.И. Мурзин		А.И. Арикайнен А.В. Дорофеев
1976	И.Е. Фролов А.И. Мурзин	И.Д. Карелин С.М. Лосев	В.Н. Купецкий
1977	А.И. Арикайнен И.М. Кузнецов А.И. Мурзин		В.Н. Купецкий А.В. Дорофеев
1978	А.И. Арикайнен И.Д. Карелин А.И. Мурзин		В.Н. Купецкий А.В. Дорофеев
1979			В.Н. Купецкий
1980	И.Е. Фролов В.П. Карклин	И.Д. Карелин Е.У. Миронов	А.В. Дорофеев
1981	Г.Н. Сергеев	И.Д. Карелин	А.В. Дорофеев
1982	И.Е. Фролов П.В. Колбатов	Е.У. Миронов А.И. Бровин	
1983	П.В. Колбатов Е.И. Макаров В.А. Абрамов	Е.У. Миронов А.И. Бровин	А.В. Дорофеев
1984	П.В. Колбатов		В.Е. Федяков

	Е.И. Макаров	А.И. Бровин
	В.А. Абрамов	
1985	Е.И. Макаров	-
	А.Б. Тюрjakов	
	А.И. Бровин	
1986	И.Д. Карелин	В.Е. Федяков
	А.И. Бровин	
1987	В.А. Абрамов	В.П. Карклин
1988	Е.И. Макаров	
	А.Б. Тюрjakов	
1989	Е.И. Макаров	
1990	Е.И. Макаров	
1991	Е.И. Макаров	
1992	Е.И. Макаров	
1993	Е.И. Макаров	
1994	Е.И. Макаров	
1995	Е.И. Макаров	
1996	Е.И. Макаров	

Приложение 3 – Сотрудники Отдела, принимавшие участие в Высокоширотных воздушных экспедициях «Север» в качестве начальников экспедиций, начальников отрядов, океанологов, гидрологов-разведчиков, астрономов [70]

№№ п/п	Название экспедиции	Год	Фамилия Имя Отчество
1	Север-1	1941	Черниговский Н.Т.
2	Север-2	1948	Волков Н.А. Гордиенко П.А.
4	Север-4	1949	Волков Н.А. Карелин Д.Б..
5	Север-5	1950	Соколов А.Л.
6	Торос	1951	Горбунов Ю.А. Романов И.П. Ковалев Е.Г. Шестериков Н.П. Бирюков В.В
7	А-128	1952	Углев В.Д. Задорожный П.П.
8	А-129	1952	Бушуев А.В.
9	Север-6	1954	Волков Н.А. Соколов А.Л. Гудкович З.М. Бушуев А.В. Шакиров Н.М.
10	Север-7	1955	Романов И.П. Гущенков Е.М. Михайлов К.Н. Шакиров Н.М.
11	Север-8	1956	Ковалев Е.Г. Лоцилов В.С. Тябин.Н.И.

			Романов И.П. Щербинин В.В. Задорожный П.П. Субботин Н.Т. Шакиров Н.М.
12	Север-9	1957	Романов И.П. Козырев А.П. Щербинин В.Н. Субботин Н.Т. ГAUDIS А.И.
13	Север-10	1958	Лоцилов В.С. Харитонов В.А. Гущенко Е.М.
14	Север-11	1959	Романов И.П. Гущенко Е.М.
15	Север-13	1961	Гудкович З.М. Спичкин В.А. Бушуев А.В. Лоцилов В.С. Углев В.Д. Гущенко Е.М.
16	Север-14	1962	Волков Н.А. Гущенко Е.М. Гудкович З.М. Черниговский Н.Т.
17	Север-18	1966	Гудкович З.М. Кумачев К.М.. Углев В.Д.
18	Север-19	1967	Тябин Н.И. Романов И.П. Лосев В.М. Белов В.П.
19	Север-20	1968	Романов И.П. Криницын А.Ф.
20	Север-21	1969	Криницын А.Ф. Борисов Р.А.
21	Север-22	1970	Романов И.П. Харитонов В.А. Борисов Р.А.
22	Север-23	1971	Кумачев К.М.
23	Север-24	1972	Крутских Б.А. Романов И.П. Углев В.Д. Кумачев К.М.
24	Север-25	1973	Романов И.П. Углев В.Д. Кадачигов Г.А.
25	Север-26	1974	Романов И.П. Харитонов В.А. Углев В.Д. Проворкин А.В.

26	Север-27	1975	Романов И.П.
27	Север-28	1976	Романов И.П. Кадачигов Г.А
28	Север-29	1977	Романов И.П.
29	Север-30	1978	Романов И.П. Федяков В.Е.
30	Север-31	1979	Романов И.П. Федяков В.Е. Дорофеев А.В.
31	Север-32	1980	Романов И.П.
32	Север-33	1981	Романов И.П.
33	Север-36	1984	Висневский А.А. Кумачев К.М.
34	Север-37	1985	Висневский А.А.
735	Север-38	1986	Петровский Т.В.
36	Север-39	1987	Петровский Т.В.
37	Север-40	1988	Петровский Т.В.
38	Север-41	1989	Петровский Т.В.
39	Север-42	1990	Петровский Т.В.

Приложение 4 – Сотрудники отдела – участники Антарктических экспедиций (КАЭ, САЭ, РАЭ)

Фамилия Имя Отчество	Экспедиция	Срок Работы	Полярная ст., судно	Должность
Сомов М.М.	1-я КАЭ 1955-1957	Зимовка	Мирный	Начальник
Булавкин В.М.	1-я КАЭ 1955-1957	Сезон	Д\э Обь	Гидролог-разведчик
Трешников А.Ф.	2-я КАЭ 1956-1958	Зимовка	Мирный	Начальник
Шестериков Н.П.	2-я КАЭ	Зимовка	Мирный	Гидролог
Шакиров Н.М.	1956-1958	Зимовка	Мирный	Фотограф
Шильников В.И		Сезон	Море	Гидролог-разведчик
Шестериков Н.П.	3-я КАЭ	Сезон	д\э Обь	мнс
Шильников В.И	1957- 1959	Сезон	д\э Обь	Гидролог-разведчик
Тябин Н.И.	8-я САЭ 1962-1964	Зимовка	Мирный	Начальник
Спичкин В.А.	9-я САЭ 1963-1965	Зимовка	Мирный	Океанолог
Захаров В.Ф.	11-САЭ 1965-1967	Зимовка	Новолазаревская	Начальник
Сергеев Г.Н.	14-САЭ 1968-1970	Зимовка	Новолазаревская	Начальник
Спичкин В.А.	16-я САЭ 1970-1972	Зимовка	Новолазаревская	Начальник
Дубовцев В.Ф.	19-я САЭ 1973-1975	Зимовка	Новолазаревская	Начальник
Саруханян Э.И.	20-я САЭ 1974-1975	Сезон	НИС «Проф.» Зубов	Океанолог
Лебедев А.А.	21-я САЭ 1975-1977	Зимовка	Беллинсгаузен	Начальник

Тябин Н.И.	22-я САЭ	Сезон	НЭС М.Сомов	Начальник
Воеводин В.А.	1976-1978	Сезон	НЭС М.Сомов	М.Н.С.
Кумачев К.М.		Сезон	НЭС М.Сомов	Океанолог
Дубовцев В.Ф.	23-я САЭ	Зимовка	Беллинсгаузен	Начальник
	1977-1979			
Кузнецов И.М.	23-я САЭ	Сезон	НЭС М. Сомов	Океанолог
Проворкин А.В.	1977-1979	Сезон	НИС Проф. Зубов	Океанолог
Тябин Н.И.	25-я САЭ	Зимовка	Молодежная	Начальник
Спичкин В.А.	1979-1980	Зимовка	Беллинсгаузен	Начальник
Проворкин А.В.		Зимовка	Молодежная	Фотодешифровщик
Кадачигов Г.А.	28-я САЭ	Сезон	Молодежная	Инженер
Проворкин А.В.	1982-1984	Сезон	Беллинсгаузен	Океанолог
Тябин Н.И.	29-я САЭ	Сезон	НЭС «М.Сомов»	Начальник
	1983-1985			
Сергеев Г.Н.	30-САЭ	Зимовка	Новолазаревская	Начальник
Шильников В.И.	1984-1986	Сезон	НЭС «М.Сомов»	Океанолог
Юлин А.В.		Сезон	НЭС «М.Сомов»	Гидролог
Тябин Н.И.	31-САЭ	Сезон	НЭС «М.Сомов»	Начальник
Дубовцев В.Ф.	1985-1987	Зимовка	Молодежная	Начальник
Дорофеев А.В.	33-я САЭ	Сезон	НЭС Ак. Федоров	Нач. отряда
Шильников В.А.	1987-1989	Сезон	НЭС Ак. Федоров	Инженер
Колбатов П.В.		Зимовка	Молодежная	Зам. начальника
Федяков В.Е.	34-я САЭ	Сезон	НЭС Ак. Федоров	мнс
	1988-1990			
Колбатов П.В.	35-я САЭ	Зимовка	Беллинсгаузен	Начальник
Козловский А.М.	1989-1991	Сезон	НЭС М.Сомов	Зам. Нач. Эксп.
Леонтьев Е.Б.		Сезон	Молодежная	СНС
Коротков А.И.		Сезон	НЭС Ак. Федоров	СНС
Монахов Л.В.		Сезон	Оазис	Гидролог
Подморин В.Г.		Зимовка	Ленинградская	Инженер
Чурун В.Н.		Сезон	НЭС Ак. Федоров	Инженер
Шильников В.И.		Сезон	НЭС Ак. Федоров	Инженер
Козловский А.М.	37-я РАЭ	Сезон	НЭС Ак. Федоров	Нач.морск.отряда
Монахов Л.В.	1991-1993	Зимовка	Молодежная	Н.С.
Чурун В.Н.		Сезон	Уэддел	Инженер
Шильников В.И.		Сезон	НЭС Ак. Федоров	Нач. отряда
Козловский А.М.	38-я РАЭ	Сезон	НЭС Ак. Федоров	С.Н.С.
	1994-1996			
Подморин В.Г.	39-я РАЭ	Зимовка	Беллинсгаузен	Фотодешифровщик
	1993-1995			
Козловский А.М.	40-я РАЭ	Сезон	НЭС Ак. Федоров	С.Н.С.
Измайлов В.В.	1994-1996	Сезон	НЭС Ак. Федоров	Н.С.
Козловский А.М.	41-я РАЭ	Зимовка	Мирный	Начальник
	1995-1997			
Подморин В.Г.	42-я РАЭ	Зимовка	Молодежная	Океанолог
	1996-1998			
Подморин В.Г.	46-я РАЭ	Зимовка	Беллинсгаузен	Океанолог
	2000-2002			
Мочнова Л.П.	48-я РАЭ	Сезон	НЭС Ак. Федоров	Н.С.
	2001-2003			
Петров А.С.	53-я РАЭ	Сезон	Прогресс	Океанолог
	2007-2008			

Тюряков А.Б.

57-я РАЭ
2007-2008

Сезон

Прогресс

Океанолог