

## ОТДЕЛ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛЕДОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

### ГРУППА АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Согласно распоряжению директора АНИИ В.Х. Буйницкого с 25 января 1944 года в Красноярске в структуре института создается лаборатория аэрофотосъемки в составе двух человек. Ее возглавляет В.И. Авгевич. После эвакуации лаборатория продолжает работу в Ленинграде. Весной 1946 года было принято решение о создании отдела аэрофотосъемки в составе Московского отделения АНИИ. Штаты отдела утверждены в сентябре 1946 года в количестве 5 человек, его возглавил В.И. Авгевич.

В сентябре 1948 года отдел аэрофотосъемки был переведен из Москвы в Ленинград, где на его основе в отделении ледоведения был организован отдел ледовой аэрофотосъемки во главе с К.П. Константиновым.

В конце 1951 года отдел аэрофотосъемки был разделен на общеинститутскую фотолабораторию и группу аэрофотосъемки в составе научно-оперативного сектора отдела ледовых прогнозов отделения ледоведения. В группе было 6 сотрудников: А.И. Гаудис, Н.М. Шакиров, В.С. Лоцилов, А.В. Бушуев, Р.А. Борисов, В.Д. Углев. Группа до середины 1960-х годов выполняла аэрофотосъемку для непосредственной проводки судов. По данным аэрофотосъемки было проведено измерение относительной площади торосов и стереофотограмметрическое измерение высот гряд торосов, был выявлен блочный характер распределения льдов, периодичность трещин и каналов, закономерности динамики и деформации льдов.

В 1960-е годы в СССР была разработана новая аппаратура для наблюдения в ИК- и СВЧ-диапазонах за состоянием окружающей среды со средств авиационного базирования, что позволяло обеспечить в Арктике всесезонность и всепогодность наблюдений. Специалисты группы участвовали в разработке и испытаниях этой аппаратуры.

В НПО «Ленинец» с 1964 года разрабатывался радиолокатор бокового обзора (РЛС БО) «Торос», предназначенный для ледовой разведки. Группа аэрофотосъемки, как представитель заказчика, участвовала в составлении технического задания, испытаниях макета, опытных образцов, государственных испытаниях.

В 1966 году были запущены первые спутники с оптическими радиометрами на борту (ESSA-2 в США и «Космос-122» в СССР). АНИИ впервые получил от Гидрометеорологического центра СССР телевизионные снимки ESSA и «Космос-122» летом 1966 года, по ним был получен первый опыт дешифрирования морских льдов по спутниковым снимкам.

С 1952 года группа аэрофотосъемки стала применять полигонный метод исследования ледяного покрова, предусматривающий комплексные дистанционные и контактные наблюдения (регулярная площадная и маршрутная аэрофотосъемка, астрономические определения координат, съемка рельефа поверхности, снегомерные съемки, измерения замерзания и стаявания в характер-

ных точках и т.д.) на одном и том же участке в течение длительного периода. В 1958 году В.С. Лоциловым был разработан, а в экспериментальных производственных мастерских АНИИ изготовлен фототеодолит для подводной стереофотограмметрической съемки нижней поверхности ледяных полей и торосов. Впервые были получены данные о строении, формах, размерах подводной части торосов, по условиям подледной освещенности только на молодых и тонких однолетних льдах.



А.В. Бушуев

### ЛАБОРАТОРИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ЛЕДОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

В 1967 году на базе группы аэрофотосъемки была создана лаборатория инструментальной ледовой разведки (с 1973 года — лаборатория спутниковых и инструментальных ледовых наблюдений, а с 1976 года — лаборатория аэрокосмических ледовых наблюдений). Руководил лабораторией Андрей Васильевич Бушуев.

В 1983 году в районе о. Жохова впервые были проведены комплексные полигонные исследования для испытания и опытной эксплуатации авиационных и спутниковых средств дистанционного зондирования. На базе полигона была установлена станция приема спутниковой информации, рядом базировался самолет Ан-2, на котором выполнялись АФС, визуальные ледовые наблюдения, полеты с посадками на характерных участках ледяного покрова. Сотрудники лаборатории выявляли дешифро-

Коллектив отдела в саду Шереметевского дворца. 1960-е годы



А.В. Проворкин перед вылетом



вочные признаки льдов на ИК-снимках. Для валидации информации использовались измерения толщин льда РЛ-толщиномерами, данные визуальных наблюдений, СВЧ-радиометров, которые, в свою очередь, сравнивались с данными АФС и измерений толщин в местах посадок.

С середины 1960-х годов лаборатория участвовала в разработке предложений СССР по новой Единой международной ледовой номенклатуре. На основании международной «Номенклатуры ВМО по морскому льду» в 1974 году издано пособие А.В. Бушуева, Н.А. Волкова «Номенклатура морских льдов, условные обозначения для ледовых карт». В качестве дополнения к отечественной Номенклатуре А.В. Бушуевым, Н.А. Волковым и В.С. Лоциловым в 1974 году был подготовлен «Атлас ледовых образований».

#### **Участие в разработке космического аппарата «Океан»**

В 1979 году КБ «Южное» приступило, как головное предприятие, к разработке океанографического спутника «Океан», оснащенного РЛС БО, оптическими сканерами, СВЧ-радиометром, системой сбора и передачи данных. Лаборатория участвовала в разработке методов обработки и использования получаемой информации. А.В. Бушуев вошел в Совет главных конструкторов. Лаборатория разработала методику обработки перспективных данных РЛС БО ИСЗ «Океан». Установленные дешифровочные признаки морских льдов на будущих снимках были получены путем моделирования тестовых снимков из уменьшенных снимков авиационных РЛС БО с той же длиной волны (3 см). В результате сразу после запуска «Космос-1500» его снимки стали использоваться для обеспечения судоходства. В октябре–ноябре 1983 года в восточном секторе Арктики сложилась критическая ледовая обстановка, несколько судов оказались затертыми в проливе Лонга. Ледовые разведки на самолете Ан-24 с РЛС БО «Торос» и информация «Космос-1500», принимавшаяся на АППИ Певек, помогли вывести все суда из ледового плена, показав преимущества РЛ-съемки. Опыт этих работ позволил в 1985 году издать в ААНИИ методическое пособие «Определение характеристик ледяного покрова по радиолокационным снимкам ИСЗ «Космос-1500»».

#### **Разработка автоматизированной ледово-информационной системы**

В 1975 году в инициативном порядке, с участием прогнозистов и вычислительного центра, в лаборатории были разработаны концепция, принципиальная схема и эскизный проект Автоматизированной ледово-информационной системы для Арктики (АЛИСА).

С 1976 года разработка системы АЛИСА была включена в план НИР и ОКР Госкомгидромета (как тема «Север»), а затем стала также выполняться по совместным постановлениям Центрального комитета КПСС и Совета Министров СССР. Главным конструктором системы был назначен заместитель директора ААНИИ Е.Г. Никифоров, а его заместителем — А.В. Бу-

шуев. АЛИСА состояла из подсистем сбора информации, обработки, баз данных, распространения информации. Подсистема сбора ледовой информации АЛИСА включала: спутники с РЛС БО, радиометрами видимого, ИК- и СВЧ-диапазонов; самолеты с РЛС БО, СВЧ-радиометрами, РЛ-толщиномерами, лазерными профилографами; вертолеты; дрейфующие и полярные станции; суда и ледоколы; дрейфующие автоматические гидрометеостанции.

Лаборатория выполняла научно-техническое сопровождение ОКР по созданию аэрокосмических средств дистанционного зондирования Земли, участвовала в их приемке и государственных испытаниях.

#### **Подводные ледовые наблюдения**

В 1969 году группой, в которую входили А.В. Бушуев (руководитель), А.В. Проворкин, В.Д. Грищенко и Н.М. Шестаков, на СП-18 были выполнены комплексные наблюдения включающие: крупномасштабную АФС полигона 10×10 км, маршрутную АФС, визуальные ледовые разведки, площадные и профильные нивелировки, снегомерные съемки. Впервые в отечественной и зарубежной практике были выполнены подводные (с использованием легководолазной техники) морфологические ледовые наблюдения. Проводилась фотосъемка ледяных образований и форм рельефа, изучение динамики приледного слоя морской воды. Работы были продолжены на нескольких СП в 1970–1971, 1974–1975, 1977 и 1979 годах. Аквалангисты лаборатории были первопроходцами при проведении подводных работ в Арктике. В.Д. Грищенко стал первым в мире аквалангистом, совершившим погружение в географической точке Северный полюс, в 1992 году он же выполнил программу подводных исследований на первой в мире (и единственной) дрейфующей станции на морском льду Антарктики «Уэдделл-1». Грищенко проводил на станции подводные ледовые морфологические наблюдения с помощью видео- и фотоаппаратуры.

#### **ОТДЕЛ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛЕДОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

1 февраля 1984 года лаборатория была преобразована в самостоятельный отдел совершенствования системы и методов ледовых наблюдений (впоследствии — отдел совершенствования ледовой информационной системы, заведующий Владимир Дмитриевич Грищенко, с 1994 года — Владимир Григорьевич Смирнов).

#### **Ввод в эксплуатацию системы АЛИСА («Север»)**

В 1984 году А.В. Бушуевым и В.Д. Грищенко был разработан технический проект системы «Север» как иерархической двухуровневой структуры. В периферийных центрах – арктических управлениях (УГКС) в Диксоне, Тикси и Певеке) по данным ИСЗ, авиаразведок, полярных станций, судов и ледоколов составлялись ледовые карты по зонам ответственности УГКС. Карты оперативно передавались в Центр «Север», штабы морских операций, на

Аквалангисты на СП-18 перед погружением



В.С. Лоцилов за работой. 2010-е годы



ледоколы, суда и другим потребителям. Разрабатывались краткосрочные метеорологические и ледовые прогнозы и специализированные прогнозы для обеспечения судходства.

В Центре «Север» обрабатывалась первичная информация по его зоне ответственности (Гренландское, Баренцево моря, Канадский сектор), обобщалась информация арктических УГКС, составлялась сводная ледовая карта по всем морям СЛО, разрабатывались среднесрочные метеорологические и ледовые прогнозы. Эта информация оперативно рассылалась потребителям.

В 1985 году при научно-оперативном обеспечении операции по выводу из вынужденного дрейфа в море Росса НЭС «Михаил Сомов» прошла опытная эксплуатация отдельных элементов системы «Север». В спасательной операции на ледоколе «Владивосток» от отдела приняли участие А.В. Проворкин и Г.Г. Баженов. По снимкам «Космос-1500» и «Метеор-2», принимаемым на борту ледокола, осуществлялся выбор пути во льдах, составлялись ледовые карты. Одновременно в ААНИИ по снимкам «Космос-1500» ежедневно составлялись фотомонтажи района дрейфа и ледовые карты, которые в буквенно-цифровом формате передавались на НЭС «Михаил Сомов». По спутниковым снимкам специалисты отдела смогли обнаружить узкую полосу открытого моря, переход туда позволил «Владивостоку» благополучно миновать опасный район.

В феврале 1986 года система «Север» была принята в опытную эксплуатацию, а в 1989 году — в промышленную эксплуатацию. А.В. Бушуеву, возглавлявшему в ААНИИ тематику по созданию системы «Север», Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 31 октября 1989 года была присуждена Государственная премия СССР за работу в области создания и использования космической техники.

#### **Развитие автоматизированных методов обработки спутниковых данных**

С 1990-х годов обзорные и комплексные карты ледовой обстановки, создаваемые в ААНИИ, стали преобразовываться в массивы цифровых данных с использованием разработанного А.В. Бушуевым формата «КОНТУР». В 1997 году ОСЛИС разработал программу автоматизированного построения ледовых карт «VideoBox» (Г.Г. Баженов, А.В. Бушуев, Ю.А. Щербаков), предназначенную для обработки спутниковых изображений морских льдов. Программа обеспечивала интерактивное картирование ледовой обстановки с выделением границ однородных зон, выделение и маркировку ледяных объектов, автоматическое формирование результатов картирования в виде векторного файла в формате КОНТУР с использованием символики Международного кода ледовых обозначений. Широкого распространения на практике этот формат не получил, вместо телеграмм-контуров в обиход вошли ГИС-форматы (файлы dbf и shape).

#### **Подготовка ледовых экспертов — ледовых наблюдателей**

Под руководством В.В. Степанова в 2007 году ОСЛИС организовал в ААНИИ курсы подготовки ледовых экспертов. К 2019 году на курсах прошли обучение 92 специалиста. В отделе было подготовлено учебное пособие «Наблюдение за ледовой обстановкой» (2009 год). Под редакцией В.Г. Смирнова были изданы методические пособия: в 2011 году — «Спутниковые

методы определения характеристик ледяного покрова морей», а в 2017 году — «Обнаружение по спутниковым данным опасных ледяных образований вблизи инженерных объектов хозяйственной деятельности на шельфе арктических морей».

#### **Разработка технологий оценки параметров ледяного покрова по спутниковым данным**

В 2006–2008 годах в ОСЛИС была разработана технология автоматизированной классификации спутниковых ИК-изображений по возрастным стадиям морских льдов. В 2011–2019 годах была разработана и апробирована на материалах экспериментальных работ технология обнаружения опасных ледяных образований в арктических морях (В.Г. Смирнов, И.А. Бычкова, С.Н. Буланов, С.В. Михальцева, Е.В. Платонова и др.). Разработаны автоматизированные методы определения общей и частной сплоченности по спутниковым снимкам с использованием метода нейронных сетей и статистических расчетов (В.Г. Смирнов, С.Р. Буткевич, А.В. Григорьев, Н.Ю. Захваткина и др.). Выполнена классификация данных спутниковых радиолокаторов о морском ледяном покрове Арктики на основе нейросетевых и байесовских алгоритмов (Н.Ю. Захваткина). Разработанная в отделе методика обнаружения опасных ледяных образований на спутниковых снимках и программное обеспечение были использованы при специализированном гидрометеобеспечении ряда экспедиций.

#### **Развитие телекоммуникационных технологий в Арктике**

В 2012 году в отделе было открыто новое направление работ, связанное с организацией космической связи в Арктике. Эту тематику возглавил А.П. Кузьмичев. Под его руководством выполнены НИОКР, связанные с разработкой и созданием информационно-телекоммуникационной инфраструктуры Росгидромета в высокоширотных и труднодоступных районах. Такие работы предполагают организацию связи с удаленными автономными станциями, экспедициями и судами с использованием современных телекоммуникационных технологий для сбора данных наблюдений и обеспечения жизнедеятельности персонала. В 2012 году были проведены экспериментальные работы по обеспечению НЭС «Михаил Сомов» спутниковой связью с установкой системы VSAT Ku-диапазона на борту. В 2013 году выполнено информационное обеспечение работы экспедиции на ледоколе «Капитан Драницын» с использованием морской VSAT.

Во второе столетие ААНИИ отдел СЛИС вступает как ведущее научное подразделение института, занимающееся вопросами дистанционного зондирования ледяного покрова. Исследования ОСЛИС направлены на совершенствование ледовой информационной системы в части, касающейся разработки космических систем наблюдений; создания технологии мониторинга экваторий замерзающих морей; разработки средств и методов обработки данных ДЗЗ; разработки технологий представления информации конечному пользователю; совершенствования подсистемы самообучения; разработки современных телекоммуникационных технологий, основанных на использовании спутниковых систем связи для сбора данных наблюдений и передачи информации потребителям в высокоширотных районах.

*В.Г. Смирнов, И.А. Бычкова, А.П. Кузьмичев, В.В. Степанов*



В.Г. Смирнов,  
руководитель отдела