Развитие РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ в СССР

Сборник статей

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГЛАВНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
им. А. И. ВОЕЙКОВА
ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЭРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

РАЗВИТИЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ В СССР

Сборник статей

Под редакцией
д-ра геогр. наук, проф. Е. С. СЕЛЕЗНЕВОЙ

Ленинград Гидрометеоиздат 1982

УДК 551.508.812

Сборник посвящен крупнейшему событию в развитии исследований атмосферы — 50-летию создания радиозонда и 90-летию со дня рождения его изобретателя профессора П. А. Молчанова (1893—1941).

Статьи сборника освещают историю создания радиозонда, первый в мире выпуск прибора в свободную атмосферу, начало радиозондирования в Арктике и на сети станций, современное состояние и перспективы дальнейшего совершенствования метода радиозондирования. Авторы ряда статей — ученики и сотрудники П. А. Молчанова.

Сборник завершают даты жизни и деятельности П. А. Молчанова и список его научных работ. Эти сведения интересны для характеристики разносторонней и весьма плодотворной деятельности выдающегося ученого.

Рассчитан на специалистов в области метеорологии и широкий круг читателей, интересующихся историей и перспективами развития радиозондирования в СССР.

The collection is dedicated to a greatest event in atmospheric research development — 50 years of invention of radiosonde and 90-year anniversary of its inventor Prof. P. A. Molchanov (1893—1941).

The articles of the collection deal with the history of radiosonde creation, the first in the world launch of the device into the free atmosphere, the beginning of radiosounding in Arctics and in the network of stations, the modern condition and prospects of further modification of radiosounding method. Some of the articles are written by disciples and collaborators of P. A. Molchanov.

The collection ends with «The dates of life and activities of P. A. Molchanov» and with the list of his scientific works. This information is of great interest for characterization of versatile and very fruitful work of this outstanding scientist.

The collection is intended for use of both specialists in meteorology and a wide circle of readers interested in the history and perspectives of further development of radiosounding in the USSR.

Р $\frac{1903040000\text{-}166}{069(02)\text{-}82}$ 25-82(2)

© Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова (ГГО), 1982.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Среди достижений мировой и отечественной науки не так много таких, которые коренным образом и надолго повлияли на ход развития той или иной отрасли знаний. К таким достижениям в области науки и техники вообще и в особенности в области наук об атмосфере относится создание радиозонда и метода радиозондирования атмосферы.

Вдохновителем, организатором и научным руководителем этих работ был выдающийся аэролог, замечательный творец и организатор науки, советский ученый-патриот профессор П. А. Молчанов. Именно по его инициативе и под его руководством в Павловской аэрологической обсерватории ГГО были начаты работы по созданию автоматического метода зондирования атмосферы с передачей данных по радио. Эти работы успешно были завершены созданием и выпуском 30 января 1930 г. первого в мире радиозонда.

Это событие знаменовало собой дальнейшее становление и развитие принципиально нового метода трехмерного анализа атмосферных процессов, без которого в настоящее время немыслима ни практика составления прогнозов и обслуживание народного хозяйства, ни научные исследования в области атмосферных наук.

Однако этим не исчерпывается научное значение создания нового метода, появление которого дало принципиально новые возможности дистанционного зондирования атмосферы и космоса.

Вслед за радиозондом в стратосферу и в космос начали подниматься автоматические стратостаты, уравновешенные баллоны, сбрасываемые радиозонды, управляемые по радио модели самолетов с набором измерительной аппаратуры, ракеты, спутники и т. д.

Все эти измерительные системы используют идею передачи научной информации по радио, на которой основано радиозондирование. Принцип, заложенный П. А. Молчановым в радиозонде, был реализован также при зондировании атмосфер других планет, таких, как Венера и Марс.

Методы вертикального зондирования атмосферы и трехмерного анализа атмосферных процессов непрерывно совершенствуются. Поэтому крайне важно обобщить опыт прошлого и на его базе оценивать перспективы будущего развития.

С этой целью 30 января 1980 г. состоялась объединенная сессия Ученых советов Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова и Центральной аэрологической обсерватории. На ней были заслушаны и обсуждены доклады учеников и со-

ратников П. А. Молчанова, касающиеся истории создания радиозонда и метода зондирования атмосферы, а также доклады, освещающие современное состояние и перспективы развития этого метода. Настоящий сборник включает статьи, составляющие основное содержание прочитанных здесь докладов.

В докладах достаточно много внимания уделено не только научным идеям, но и самой личности П. А. Молчанова, поскольку он внес много нового в науку не только как создатель радиозонда, но и как пытливый и прозорливый специалист в области аэрологии и метеорологии, аэронавтики и аэронавигации, авиационного приборостроения и других областях.

Понять широту и многообразие интересов Молчанова поможет помещенная в сборнике справка об основных этапах жизни и деятельности ученого, а также список его научных работ.

В настоящее время продолжают развиваться методы зондирования атмосферы не только с помощью радиозондов, но и с помощью метеорологических спутников, ракет, уравновешенных аэростатов. Не исключено, что мы находимся на пороге открытия принципиально новых и эффективных методов получения аэрологической информации, ее усвоения и интерпретации.

Цель настоящего сборника — восстановить историю развития научных идей основоположника советской аэрологии П. А. Молчанова и наметить перспективы совершенствования метода радиозондирования атмосферы.

В заключение хотелось бы отметить роль ближайших учеников П. А. Молчанова Героя Социалистического Труда академика С. Н. Вернова и профессора Е. С. Селезневой, явившихся инициаторами выпуска этого сборника.

Доктор физ.-мат. наук, проф. *Е. П. Борисенков*

Е. С. Селезнева

50 ЛЕТ ПЕРВОМУ В МИРЕ СОВЕТСКОМУ РАДИОЗОНДУ

30 января 1930 г.— день запуска в Павловской аэрологической обсерватории первого в мире радиозонда — историческая веха в развитии исследований атмосферы. Создание радиозонда положило начало тем широким исследованиям свободной атмосферы, которые в настоящее время ведутся с помощью радиозондов во всем мире. Без данных радиозондирований мы не мыслим теперь изучение атмосферы и прогноз погоды, построение модели общей циркуляции атмосферы, создание теории климата и т. д.

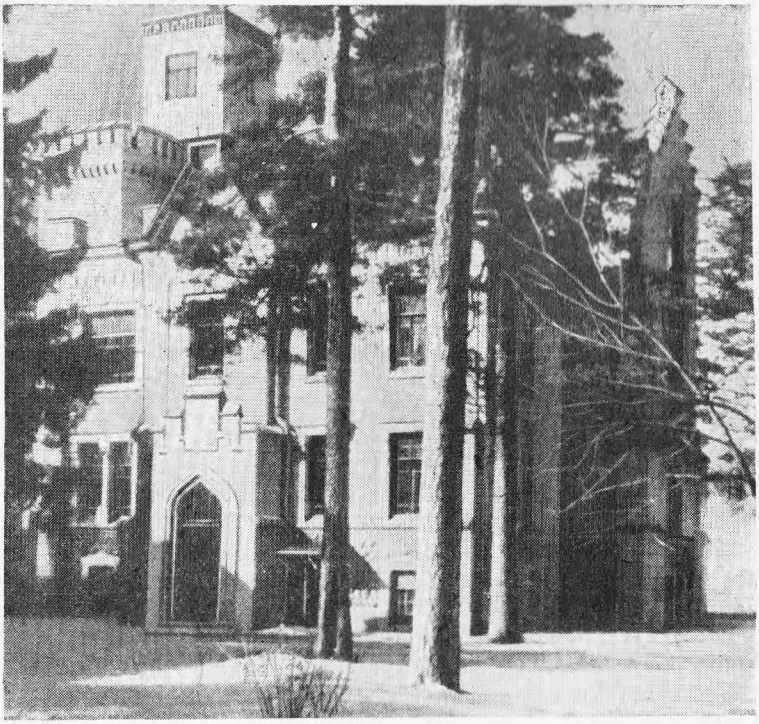
Поэтому отмечаемый юбилей знаменателен для всей метеорологии. Запуск первого радиозонда является также историческим событием для радиотелеметрии: он впервые позволил принять информацию с высоты в несколько километров от свободно летящей автоматической радиостанции. С этого началось развитие радиотелеметрических систем.

Изобретатель радиозонда, широко известный ученый П. А. Молчанов (1893—1941) много сделал для становления и развития отечественной аэрологии. Начиная с 1919 г., когда Молчанов был назначен заведующим Аэрологической обсерваторией, он с небольшим коллективом сотрудников энергично и увлеченно работал над усовершенствованием и обновлением аэрологических приборов и методов. Под его руководством уже в первое десятилетие своего существования Павловская аэрологическая обсерватория заняла одно из ведущих мест в мировой науке. Изобретение радиозонда закрепило это место.

Идею об использовании радио для целей аэрологии П. А. Молчанов, еще молодой ученый, высказал в вышедших в 1923 г. популярных книгах «Атмосфера» и «Воздушный океан». С этого года он и занялся разработкой нового метода. Отметим, что изначальная идея применения радио для изучения атмосферных явлений принадлежит А. С. Попову. Однако предложения Попова относились только к электрическим характеристикам атмосферы и к тому же не были реализованы.

П. А. Молчанов работал одновременно над двумя типами радиозонда, которые впоследствии были названы гребенчатым и хронометрическим.

Разработку принципиальной схемы хронометрического радиозонда Молчанов закончил в 1927 г. и тогда же запатентовал ее. Как показывает название, при передаче данных в радиозонде этой системы фиксировалось время изменения показаний датчиков температуры и давления. На таком же принципе позже был сконструирован французский радиозонд системы Р. Бюро, первый запуск которого состоялся в конце 1930 г., а еще позже — швейцарский и канадский радиозонды (1934—1935 гг.) [5].



Здание Аэрологической обсерватории в Павловске (1920—1941 гг.).

О принципе устройства радиометеорографа (так тогда называли хронометрический радиозонд) Молчанов докладывал на Международной конференции по исследованию высоких слоев атмосферы в Лейпциге (1927 г.). Описание прибора было опубликовано в трудах конференции. Это было первое международное сообщение о радиозонде [10]. Подробное описание радиозонда этой системы автор привел в первом издании курса «Аэрология» [2], а затем и в следующих своих книгах.

Вскоре, в начале 1928 г., опытный экземпляр радиозонда экспонировался на Международной выставке воздушного транспорта в Берлине, а затем в том же году другой образец прибора демонстрировался на Международном съезде общества «Аэроарктика» в Ленинграде [7]. Председатель общества знаменитый полярный исследователь Ф. Нансен и участники съезда проявили большой интерес к новому прибору, который открывал возможность изучать высокие слои атмосферы в арктических условиях. Съезд принял решение применить радиозонд Молчанова в готовившемся научном полете в Арктику дирижабля «Граф Цеппелин» и изготовить для этой цели серию приборов [7]. Полет ди-

рижабля под руководством председателя общества Ф. Нансена намечался на лето 1930 г. Изготовление радиозондов системы Молчанова общество заказало немецкой фирме «Аскания».

Учитывая признание разработанного Молчановым прибора, 1927 г. можно было бы считать годом рождения радиозонда. Однако прибор не был тогда испытан в атмосферных условиях. Окончательно оформленный хронометрический радиозонд системы Молчанова был запущен, как и намечалось, во время арктического рейса дирижабля, состоявшегося не в 1930, а в 1931 г.

«Пионером» стал другой вариант прибора — гребенчатый радиозонд. Хронометрический принцип Молчанов считал универсальным, однако основанный на нем прибор был сложен и его изготовление стоило дорого, а следовательно, такой радиозонд не подходил для широкого применения. Ученый стремился создать предельно простой, недорогой, доступный для массового использования прибор. И это он блестяще осуществил. Гребенчатый радиозонд был любимым детищем Молчанова, его усовершенствованием ученый занимался все следующие годы.

При разработке радиозонда нужно было решить три задачи: подготовить достаточно точные датчики (измерители) метеорологических элементов, создать легкий малогабаритный радиопередатчик, надежно работающий в различных атмосферных условиях, в частности в широком диапозоне температур, разработать систему радиосигналов, передающих показания датчиков.

Наиболее простой задачей для аэрологов была первая, так как имелся уже большой опыт изготовления легких метеорографов для шаров-зондов. Для радиозонда были использованы датчики, которые применялись в зондовом метеорографе. Однако нужно было конструктивно оформить их в соответствии с системой передачи данных.

Систему радиосигналов Молчанов разработал уже в первые годы работы над радиозондом. Эту задачу он решил исключительно остроумно. Созданная система отличалась большой простотой, так что впоследствии ее легко усваивали радиозондисты. Указатели (стрелки) датчиков скользили по системе гребенок, замыкая контакты, при этом в зависимости от того, на какой зубец гребенки они попадали, звучáли те или иные сигналы по типу азбуки Морзе.

Разработка радиопередатчика оказалась делом весьма трудным по тем временам. Молчанов сам занялся радиотехникой и, кроме того, пытался привлечь специалистов.

Вначале к разработке был привлечен инженер отдела поверки ГГО М. Я. Машонкин, но он вскоре ушел из обсерватории. Тогда Молчанов пригласил профессора Электротехнического института И. Г. Фреймана. Фрейман успешно начал разработку и в 1928 г. демонстрировал опытный передатчик участникам съезда общества «Аэроарктика» [7]. Но в начале 1929 г., не успев

закончить работу, проф. Фрейман скончался. Завершать разработку радиопередатчика пришлось своими силами. Ближайшим помощником Молчанова в этом деле стал сотрудник обсерватории А. А. Ершов.

Наконец, все трудности были преодолены, и радиозонд, многократно проверенный, к началу января 1930 г. был готов к подъему в атмосферу. Для первого выпуска радиозонда выжидали ясную погоду, чтобы вести за ним наблюдения с помощью теодолитов. Подходящий день наступил только в конце месяца — 30 января в 13 ч 44 мин над Павловском был выпущен первый в мире радиозонд.

Хотелось бы восстановить обстановку того исторического дня. В полной мере сделать это теперь невозможно: ни одного из участников события уже нет в живых, мне же присутствовать при запуске первого радиозонда не довелось.

Основные моменты можно восстановить по записям в таблицах и слышанным когда-то отрывочным воспоминаниям.

30 января погода с утра складывалась благоприятно: был ясный морозный день (температура утром —14° С, днем —11° С), небольшой северо-восточный ветер. Утром П. А. Молчанов дал указание готовить выпуск. Последние приготовления и выпуск вели А. А. Ершов, А. Б. Васенко и Н. Я. Кораблев. Весь комплект радиозонда весил тогда около 3 кг (очень тяжелыми были батареи), и для подъема потребовалось наполнить водородом три больших шара.

Все торопились, волновались. Молчанов заметно нервничал, все проверял сам. К моменту пуска он сел за радиоприемник, настроил его на волну передатчика радиозонда (около 40 м) и дал команду к выпуску. Радиосигналы звучали отчетливо. Вместе с Молчановым их принимали Ершов и Васенко. Уверенный прием продолжался 35 мин, затем сигналы прервались. Пока их пытались снова поймать, с вышки пришли дежурные наблюдатели (Е. А. Тудоровская и Н. Я. Кораблев), которые вели наблюдения за радиозондом с помщью теодолитов. Они сообщили, что на 35-й минуте один шар лопнул и радиозонд стал медленно снижаться, удаляясь по горизонтали. (Это же было отмечено и на втором пункте базы теодолитных наблюдений.) Снижение радиозонда и вызвало прекращение сигналов. Далее все собрались в кабинете Молчанова и занялись расшифровкой радиосигналов и обработкой базисных теодолитных наблюдений. Все отлично сходилось. Высота подъема радиозонда по всем расчетам оказалась равной 8,9 км. На высоте 7,8 км радиозонд вошел в низкую зимнюю стратосферу и показал температуру —40,7° С. Результаты зондирования сразу же были переданы в Ленинградское бюро погоды и в Москву в Центральный институт прогнозов (ЦИП). Тревожный день, а вернее годы напряженной работы закончились полным успехом.

Через несколько дней выпущенный радиозонд возвратили в Павловскую обсерваторию — его нашли у деревни Горбы Нов-

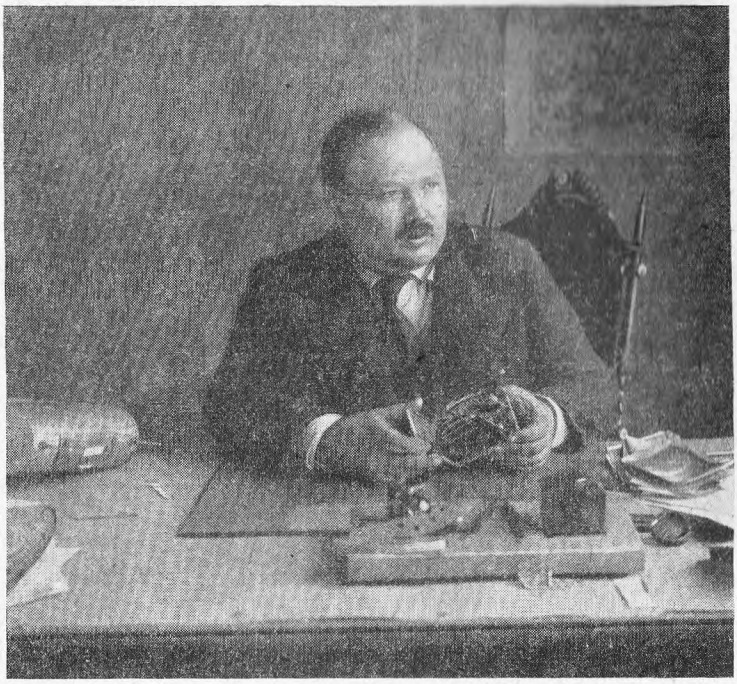
городской области [9]. Доставленный прибор был в полной сохранности, и его использовали для одного из следующих подъемов, о чем теперь можно пожалеть — «пионер» не сохранился до наших дней.

Телеграммы с результатами зондирования, публикации в журналах и трудах Аэрологической обсерватории сообщили метеорологическим организациям и широкой общественности о состоявшемся первом подъеме радиозонда. Впоследствии это оказалось важным для утверждения приоритета советского радиозонда.

Современники Молчанова и научная общественность того времени отнеслись к его достижениям по-разному: одни сдержанно и даже с недоверием, другие с интересом и одобрением. Вот, например, мнение немецкого ученого, председателя Международной аэрологической комиссии проф. Хергезелля. Он написал Молчанову по поводу начатых разработок, что использование радио в аэрологических зондированиях сомнительно, так как радиопередатчик неизбежно будет тяжелым и громоздким. А позже, перед арктическим рейсом дирижабля «Граф Цеппелин», Хергезелль предупредил Вайкмана (ответственного вместе с Молчановым за аэрометеорологические наблюдения в полете), что, «вводя в программу выпуск советских радиозондов, он рискует своим именем» [4], так как, по мнению Хергезелля, в полете такой выпуск невозможен.

Вопреки подобному мнению авторитетного представителя международной аэрологической организации, радиозонды системы Молчанова были с успехом применены в полете дирижабля. Запуск их с движущегося дирижабля действительно представлял большие трудности, но эти трудности были преодолены благодаря изобретательности Молчанова, предложившего ряд приспособлений, которые обеспечили выпуски радиозондов [3]. Позже Хергезелль проявил необъективность в вопросе о приоритете советского радиозонда. Однако впоследствии он вынужден был признать ошибочность своих заявлений [4].

Приведу еще один из первых откликов на известие о запуске в Павловске радиозонда. Известный английский ученый Неппир Шоу в 1930 г. писал в широко распространенном журнале: «Среди многих способных метеорологов России следует назвать П. А. Молчанова, руководителя работ по верхним слоям атмосферы в Павловске... Каждый, кто близок к международной работе по метеорологии, должен признать в Молчанове исключительный талант по разрешению инструментальных трудностей в исследовании высоких слоев атмосферы. Несколько недель тому назад он прислал мне копию записи, полученной им от шара-зонда автоматически, без проводов, и после этого он опубликовал описание прибора» [12]. Далее Шоу замечает, что применение этого метода «откроет новую эру в метеорологии». Такая определенная оценка значения радиозонда для развития метеорологии была высказана впервые, и она, как мы знаем,



П. А. Молчанов в рабочем кабинете. Павловск, 1936 г.

вполне подтвердилась. Введение радиозондирования повлияло на развитие всех разделов метеорологии.

Успехи советской аэрологии побудили ученых других стран форсировать разработку радиозонда. Еще одним стимулом был предстоявший Международный полярный год (2-й МПГ — 1932-33 г.).

Особенно торопился с завершением разработки радиозонда немецкий аэролог Дуккерт, рассчитывая представить свой прибор к арктическому рейсу дирижабля. Первый выпуск своего радиозонда Дуккерт произвел в мае 1930 г., однако результаты были сомнительными, и выпуск был повторен только через год. Примерно в это же время (в конце 1930 г.) во Франции был произведен подъем радиозонда системы Р. Бюро. В других странах радиозондирование началось еще позже: в США — 1936—1937 гг., в Финляндии — 1935—1936 гг. Таким образом, приоритет советского радиозонда является бесспорным.

Интересно привести замечания Молчанова о радиозонде Дуккерта [5]. Последний был основан на «волновом» принципе (регистрировалось изменение длины волны, излучаемой передатчиком, и по нему определялась температура среды). Трудности в разработке и неудачи первых выпусков, а также низкую точ-

ность результатов Молчанов объяснял неудачным использованием принципа. Он занялся этим вопросом и в 1933 г. запатентовал свой вариант прибора на том же волновом принципе. Впоследствии аналогичный принцип был использован в финском радиозонде системы Вяйсяля [5]. Профессор Вяйсяля во время своего посещения ГГО в 1960 г. рассказал любопытную подробность: его работа над радиозондом началась в 1931 г. с изучения советского прибора, который залетел в Финляндию и попал в его руки.

Итак, П. А. Молчанов разработал три системы радиозондов, не считая нескольких модификаций гребенчатого радиозонда.

Как уже было отмечено, большую заинтересованность в разработках Молчанова проявили такие международные организации, как общество «Аэроарктика» и Международная комиссия 2-го Полярного года, а также советские комитеты этих организаций. Они оказывали ученому реальную поддержку. Молчанов неоднократно отмечал в своих публикациях и выступлениях, что благодаря этой поддержке работа успешно продвигалась и была завершена до начала 2-го МПГ. Таким образом, советские аэрологи были наиболее подготовлены к проведению исследований во время Полярного года. Ведь на сессии Полярной комиссии в августе 1930 г. в Ленинграде демонстрировался гребенчатый радиозонд, уже применявшийся на практике в Аэрологической обсерватории, чего не достигла ни одна страна. Поэтому вполне закономерно, что именно наш радиозонд стал пионером в исследованиях арктической атмосферы. Опыт радиозондирования в период 2-го МПГ был учтен советскими метеорологами и геофизиками при подготовке к проведению следующего крупнейшего международного мероприятия — Международного геофизического года (1957-58 г.) [1].

Вспоминая теперь, через полвека, все трудности, которые нужно было преодолеть, мы должны признать, что создание радиозонда было научным подвигом ученого.

Большим подвигом было и внедрение нового метода в аэрологическую практику. Прежде всего нужно было обеспечить применение радиозонда в самой Аэрологической обсерватории. Приборы приходилось изготовлять имеющимися силами здесь же в Обсерватории. Эту работу выполняли механики П. М. Баклунов и И. И. Семенов. Одновременно продолжалась работа по усовершенствованию прибора. Прежде всего добились уменьшения массы радиозонда (к 1932 г. до 2 кг, а в следующие годы до 1,2 кг). Большие трудности были с резиновыми оболочками для подъема радиозондов. Шаропилотные оболочки, которые получали аэрологи, не могли обеспечить высоких зондирований, к тому же выпуск радиозонда на гирлянде (или связке) шаров был крайне неудобен, особенно при сильных ветрах. Было немало затруднений и с другими материалами для изготовления приборов и проведения всех работ, а также с финансовыми средствами.

Все эти трудности преодолевались, и радиозонды взлетали

в Павловске все чаще и чаще. В 1930 г. было выпущено 12 радиозондов, в 1931 — несколько десятков, в 1932 перешли на ежедневное, а в 1934 — на ежедневное двукратное радиозондирование.

Большим достижением было введение в 1933 г. измерения влажности воздуха. Для этой цели Молчанов разработал приспособление для подключения сигналов влажности к общей системе передачи.

В эти же годы развивалось радиозондирование в Арктике. Первые подъемы радиозондов были произведены самим Молчановым в 1931 г.: в январе в Мурманске он выпустил девять радиозондов [11], в июле при полете на дирижабле — четыре [3]. Так были получены первые данные об арктической атмосфере до больших высот (некоторые радиозонды достигли высоты 16—17 км). Сведения о полярной стратосфере, особенно в полярную ночь, представляли в то время исключительный интерес [11].

Далее подъемы радиозондов производились в Арктике в период Полярного года: серию радиозондов выпустил зимовавший на станции Бухта Тихая И. Г. Гутерман (впоследствии известный аэроклиматолог). Всего во время 2-го МПГ в советском секторе Арктики было выпущено 59 радиозондов [1]. Советские радиозонды выпускались также на некоторых зарубежных станциях. Перед началом Полярного года Международная комиссия закупила 100 радиозондов системы Молчанова и распределила их между несколькими странами. Так, нидерландские аэрологи выпустили 20 радиозондов в Исландии (в Рейкьявике) и 10 в своей стране, шведы выпустили 28 радиозондов (на Шпицбергене), датчане — 12 и т. д. После окончания 2-го МПГ, на международной конференции в Фридрихсгафене (1934 г.) Молчанов сделал доклад о работах, проведенных в Советском Союзе. По этому докладу были приняты две резолюции, высоко оценивавшие достижения советских аэрологов и одобрявшие план дальнейшего развития исследований.

В следующую зимовку (1933-34 г.) в советском Заполярье было выпущено более 60 радиозондов, из них наибольшее число (больше 40) — в Бухте Тихой, где зимовал С. И. Соколов. Кроме того, Соколов выпустил 17 оптических зондов, световые сигналы которых давались по типу сигналов радиозонда. В следующие годы в Арктике зимовали опытные радиозондисты А. А. Ледохович, В. Г. Канаки и др. Постепенно радиозондирование было организовано на нескольких полярных станциях и стало методом регулярных исследований арктической, а в настоящее время и антарктической атмосферы.

После проведения Полярного года перед аэрологами встала другая важная проблема — изучение стратосферы. Все выше поднимался потолок самолетов, авиацию стали интересовать условия полета в стратосфере. Готовились к подъему стратостаты. Нужны были физические параметры стратосферы, дать которые могли только аэрологические методы. Такая задача требовала даль-

нейшего совершенствования радиозондирования. Необходимо было поднять высоту зондирования (а для этого облегчить прибор, улучшить качество оболочек и т. д.), устранить радиационные ошибки (которые стали особенно проявляться в стратосфере), выяснить надежность расчета высоты по барометрической формуле.

Каждый из этих вопросов был новой проблемой. Нет возможности остановиться в настоящей статье на том, как они разрешались. Отмечу только, что, например, вопрос о применимости барометрической формулы для аэрологических и авиационных расчетов в стратосфере обсуждался с теоретиками. На всесоюзной конференции по изучению стратосферы в 1934 г. этой теме был посвящен специальный доклад известного ученого в области теоретической метеорологии, впоследствии академика Н. Е. Кочина [8]. Аэрологи, со своей стороны, вели экспериментальную проверку, для чего была оборудована 5-километровая база для теодолитных наблюдений за радиозондами в ясные дни. Это позволяло сравнивать барометрическое определение высот с их тригонометрическими расчетами. На основе опыта метеорологических и аэрологических наблюдений и радиозондирования было подготовлено научное оборудование для советских стратостатов «СССР-1» и «Осоавиахим-1». В этой работе и в деятельности комиссии по изучению стратосферы участвовали все ведущие ученые ГГО: С. И. Савинов, П. А. Молчанов, А. Б. Вериго, Н. Н. Калитин, П. Н. Тверской, М. И. Гольцман, В. Д. Третьяков [8]. Поверку новой аппаратуры, предназначенной для стратостатов, обеспечивала Б. П. Кароль.

В первые же годы применения радиозонда его принцип был использован при разработке других приборов и установок. Одной из них была автоматическая радиометеорологическая станция. Два экземпляра станции были изготовлены в мастерских Института инженеров гражданского воздушного флота. Одну из установок направили на Памир [1], вторую — в Бухту Тихую, где в период зимовки 1933-34 г. ее испытание проводил С. И. Соколов [6]. В соответствии с его замечаниями Молчанов предполагал доработать установку и затем рекомендовать ее как дрейфующую арктическую станцию.

В эти же годы на основе системы радиозонда был создан и первый автоматический стратостат для изучения космических лучей. Истории его разработки в настоящем сборнике посвящена статья академика С. Н. Вернова и д-ра техн. наук Г. И. Голышева.

Как только метод радиозондирования был полностью освоен и введен в ежедневную практику обсерватории, а также проверен в трудных условиях арктических зимовок, был поставлен вопрос о создании сети станций радиозондирования. В 1934 г. шла подготовка к этому новому этапу. Это потребовало крупных организационных мероприятий. Изготовление радиозондов было передано заводу «Гидрогеоприбор», однако за Аэрологической

обсерваторией оставался контроль за изготовлением и поверка готовых приборов. Имевшиеся простейшие установки, на которых обычно осуществлял поверку радиозондов старейший сотрудник обсерватории Н. Я. Кораблев, не могли обеспечить столь возросший объем работы. Потребовалось создать специальную лабораторию поверки, которая могла бы обслуживать сотни приборов. Во главе новой хорошо оборудованной лаборатории Молчанов поставил свою ученицу, молодую энергичную сотрудницу Е. Н. Медникову. Кроме того, необходимо было добиться снабжения открываемых станций оборудованием, резиновыми оболочками и водородом. Все это, а также подготовка кадров лежало на Павловской обсерватории.

Когда станции были открыты, возникли новые трудности. Так, например, оболочки поставлялись только шаропилотные, т. е. небольших размеров, а нужным количеством водорода в баллонах станции, особенно отдаленные, не снабжались. Тогда Молчанов сконструировал газогенератор для добывания водорода из химикатов на местах. Не слишком удобная это была установка (в шутку ее называли «самовар»), немало неприятностей она причиняла работникам, однако выпуск радиозондов обеспечивала. Впоследствии был разработан более удобный газогенератор, которым пользуются и в настоящее время.

Первая сеть радиозондирования, начавшая работать в 1935 г., состояла из 17 станций. Уже в следующем году число станций увеличилось до 30, а к 1940 г. достигло 40.

Открытие станций радиозондирования было сопряжено с организационными, материальными и финансовыми трудностями, которые сдерживали развитие сети. Но в 1936—1937 гг. аэрологи получили поддержку синоптиков, которые стремились перейти к трехмерному анализу атмосферных процессов. В 1937 г. в ЦИП начали составлять первые высотные синоптические карты, что стало возможным с применением радиозондирования. Оперативность этого метода позволяла развивать новые приемы анализа и прогноза процессов погоды.

Нужно отметить, что данные зондирований широко и безотлагательно использовались и самими аэрологами как для обслуживания практических запросов (прежде всего авиационных), так и для исследования атмосферных процессов. Тогда же, в 30-х годах, научными сотрудниками Аэрологической обсерватории велись работы по изучению атмосферной конвекции и грозовых облаков (Д. Л. Лайхтман, А. П. Чуваев, П. Ф. Кондрашов), развивались работы аэросиноптического направления по характеристике воздушных масс и фронтов (И. Б. Срезневский, Е. А. Кропотов, А. Г. Молодецкий и др.) и работы по аэроклиматологии (Т. Н. Кладо, Н. Ф. Накоренко, В. М. Михель, Ф. Г. Токарь и др.), в частности по описанию авиалиний (П. А. Воронцов, Е. С. Селезнева и др.). И для П. А. Молчанова разработка радиозонда не была самоцелью, он всегда занимался физическим анализом результатов зондирования, его статьи и книги по аэро-

логии были насыщены аэрологическими данными и являлись основой физики свободной атмосферы.

В связи с возраставшим спросом на аэрологические данные в 1936 г. на заседании ЦУЕГМС было принято решение о развитии сети зондирований, при этом отмечались успехи и заслуги Павловской аэрологической обсерватории и П. А. Молчанов был премирован автомашиной.

В начале Великой Отечественной войны число постоянных станций радиозондирования резко сократилось, так как перестали существовать станции на временно оккупированной территории. Однако немало передвижных станций действовало в воинских частях на всех фронтах, удовлетворяя важнейшие запросы авиации, артиллерии, службы погоды. Число таких походных станций установить трудно. Одно несомненно — радиозонд служил делу обороны нашей Родины.

С течением времени гребенчатый радиозонд совершенствовался. Например, к нему было подключено приспособление, которое отмечало вход и выход из облака, были опыты определения турбулентности по скорости вращения пропеллера и т. д. В 1935—1936 гг. начаты опыты по радиопеленгации радиозонда для определения ветра за облаками (эти работы вели Н. Ф. Котов и В. А. Плотвинова).

В 1939—1940 гг. Молчанов с сотрудниками лаборатории Института инженеров гражданского воздушного флота (А. А. Ледохович и др.) подготовил облегченный вариант радиозонда массой 560 г, а затем и радиозонд «лилипут» массой 200 г. Однако значительное уменьшение габаритов прибора неблагоприятно сказывалось на точности результатов, так что «лилипут» мог иметь лишь ограниченное применение (для высоких подъемов в стратосферу).

Усовершенствованием радиозонда занимались и другие аэрологи. Так, перед войной Б. М. Лебедев и А. А. Ершов предложили также облегченный вариант радиозонда своей конструкции. Один из вариантов радиозонда, названный коммутаторным, по предварительным испытаниям получил одобрение, и над завершением его разработки для внедрения в производство в 1940—1941 гг. работала бригада специалистов из разных учреждений в составе Б. М. Лебедева (ГГО), М. С. Стернзата (ЛИЭМ) и К. Т. Бенау (завод «Гидрогеоприбор»). Война прервала эти работы.

После Великой Отечественной войны гребенчатый радиозонд был модернизирован в ЦАО и вошел в практику под индексом РЗ-049. В таком виде прибор прошел международное сравнение в Пайерне в 1956 г. и широко применялся в исследованиях в период Международного геофизического года (1957-58 г.).

Простота конструкции и остроумная, удобная система радиосигналов определили долгую жизнь гребенчатого радиозонда. В течение трех десятилетий он был на вооружении аэрологов. Только в 1960 г. в гидрометеорологической службе введена новая система комплексного радиозондирования с применением радио-

локации, что соответствует современному уровню развития радиотехники.

Тысячи радиозондов различных систем ежедневно поднимаются теперь в разных странах, на разных широтах — от полюса до полюса — для исследования атмосферы. Пионером в этих исследованиях был наш юбиляр — гребенчатый радиозонд системы профессора П. А. Молчанова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубов Н. Н., Козицкий Н. И. Участие Советского Союза в проведении Второго международного полярного года (1932—1933).— М.: изд-во АН СССР, 1959.— 35 с.

2. Молчанов П. А. Аэрология.— М.: Гострансиздат, 1931.— 343 с.

3. Молчанов П. А. Первый научно-исследовательский полет дирижабля «Граф Цеппелин» в Арктику.— Природа, 1932, № 3, с. 215—235.

4. Молчанов П. А. Советская аэрология на международной конференции в Фридрихсгафене.— Вестник ЕГМС, 1934, № 5—6, с. 8—11.

5. Молчанов П. А. Методы исследования свободной атмосферы.— 3-е изд.— М., Л.: Военмориздат, 1941.— 339 с.

6. Соколов С. И. Автоматическая радиометеорологическая станция системы профессора П. А. Молчанова.— Советская Арктика, 1935, № 3 с. 31—33.

7. Труды Второй полярной конференции. Ленинград, 18—23 июня 1928 г.— Л., 1928.

8. Труды Всесоюзной конференции по изучению стратосферы. Ленинград, 31 марта — 6 апреля 1934 г.— Л.; М., 1935.

9. Хроника.— Климат и погода, 1930, № 1 (28).

10. Moltchanoff P. Zur Technik der Erforschung der Atmosphäre.— Beitr. zur Physik d. fr. Atmosph., 1928, Bd 14, S. 39—48.

11. Moltchanoff P. Die Methode der Radiosonde und ein Versuch ihrer Anwendung bei der Erforschung der höherem Atmosphärenschichten in Polarregionen.— Gerlands Beitr. z. Geophysik, 1931, Bd 34, s. 36—56.

12. Shaw N. Systematic observations in the Arctic.— Quart. J. R. Meteorolog. Soc., 1930, Vol. 56.

С. Н. Вернов, Г. И. Голышев

ОТ СОЗДАНИЯ РАДИОЗОНДА К ОСВОЕНИЮ СТРАТОСФЕРЫ И КОСМОСА

В истории отечественной науки есть блестящая глава — создание профессором П. А. Молчановым первого в мире радиозонда. Опыты А. С. Попова открыли человечеству век радио. Использование передачи сигналов по радио из верхних слоев атмосферы было естественным следующим шагом. В конце 20-х годов XX в. уровень развития науки и техники в нашей стране был много ниже, чем в таких странах, как Англия, Германия, Франция и США. Советская наука только начала создаваться. Однако ее первые, но уже мощные шаги, обеспеченные деятельностью таких блестящих ученых, как П. А. Молчанов, вызывают восхищение.

Одному из нас (С. Н. Вернову) с самого начала своей научной работы по изучению космических лучей посчастливилось быть учеником П. А. Молчанова.

Открытия Д. В. Скобельцына поставили изучение космических лучей в центр внимания физиков всего мира. Эти открытия состояли в следующем: в 1927 г. Д. В. Скобельцын впервые в мире увидел (в прямом смысле этого слова) пути частиц космических лучей и доказал, что они обладают «небывало» высокой энергией. Естественно, что слово «небывало» следует понимать в исторической перспективе. Тогда, в 1927 г., в мире не было ни одного ускорителя частиц высоких энергий. Единственными «снарядами», с помощью которых можно было «бомбардировать» и, следовательно, изучать микромир (в то время под микромиром понимали ядра атомов) были лучи радия. Но энергия этих лучей была ничтожной по современным понятиям — ниже 7 млн. эВ. И вот оказалось, что в природе существуют более мощные источники энергии, чем радий. Д. В. Скобельцын доказал, что в составе космических лучей имеются частицы с энергией во много раз больше, чем у лучей радия. Так началась физика частиц высоких энергий. Посыпался каскад открытий новых элементарных частиц.

Через два года после своего первого открытия, т. е. в 1929 г., Скобельцын открыл один из законов микромира. Он установил, что частицы космических лучей появляются не в одиночку, а группами. Теперь это явление называется созданием ливней частиц. В настоящее время существуют установки размером 20 км^2, которые улавливают частицы с энергией больше 10^9 млрд. эВ. Такие частицы создают ливни частиц, состоящие из миллиардов частиц, движущихся практически со скоростью света и покрывающих площадь более одного квадратного километра. Изучая эти частицы, так называемые частицы сверхвысоких энергий, ученые устанавливают новые закономерности в микромире (в современном понимании). Размеры изучаемого в настоящее время микромира значительно меньше размеров атомных ядер.

Чтобы обнаружить частицы, обладающие столь высокими энергиями, необходимо было начать изучение космических лучей в стратосфере и в более высоких слоях атмосферы. Что же представляют собой первичные космические лучи, падающие на верхние слои атмосферы Земли? На этот вопрос можно дать исчерпывающий ответ, если представить всю Землю как гигантский измерительный прибор. Магнитное поле Земли простирается на десятки тысяч километров. Хотя это поле довольно слабое, его размеры столь велеки, что оно способно искривлять траектории частиц космических лучей с энергией даже более 1 млрд. эВ.

Но для того чтобы таким образом изучать первичные космические лучи, было необходимо, во-первых, измерить их интенсивности вплоть до больших высот, так как космические лучи сильно поглощаются при прохождении атмосферы Земли, во-

вторых, провести такие измерения на различных широтах, включая и экваториальные районы. Единственным способом получить информацию о космических лучах из стратосферы была передача радиосигналов.

Масса первого прибора для измерения интенсивности космических лучей была весьма велика. Изобретательский талант Молчанова позволил максимально упростить прибор. Однако даже при использовании новейшей техники 30-х годов его масса оставалась значительно больше массы радиозонда. Поэтому, чтобы поднять прибор, необходимо было применять связку большого числа шаров, наполненных водородом, или использовать резиновые оболочки необычно больших размеров. На заводе «Промтехника» были изготовлены специальные оболочки диаметром 2 м.

Для подсчета числа частиц космических лучей на различных высотах в приборе использовался счетчик Гейгера — Мюллера. После усиления сигналов счетчика срабатывало реле, которое включало передатчик радиозонда. Таким образом, для подсчета числа частиц космических лучей было достаточно просто сосчитать число радиосигналов. Использование радиозонда для измерения числа частиц космических лучей было даже проще, чем для измерения метеорологических элементов.

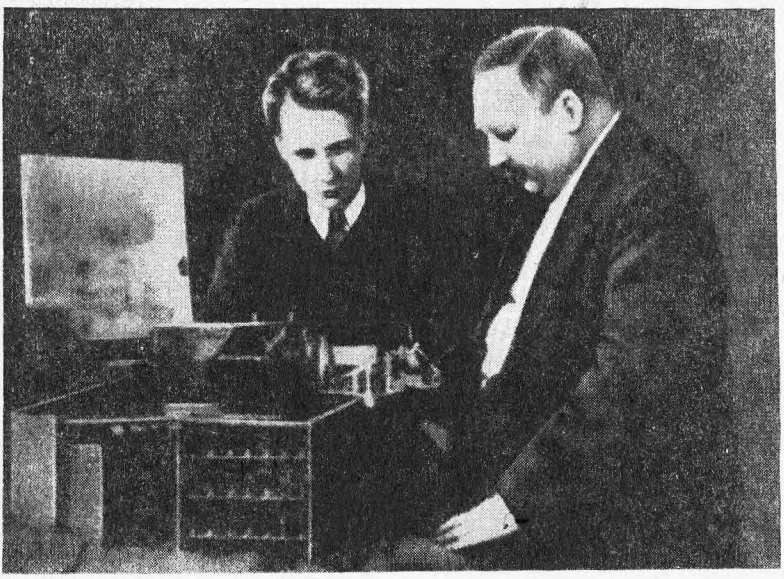
При измерении космических лучей необходимо было знать высоту, на которой производилось измерение. П. А. Молчанов предложил исключительно красивый способ измерения давления, что позволяло определять высоту. Этот метод практически не требовал увеличения веса прибора. В приборе для изучения космических лучей было два счетчика и барограф, который, производя соответствующие переключения, передавал по радио данные о высоте.

Для того чтобы объяснить, насколько был сложен (по тем временам) прибор для изучения космических лучей, достаточно указать, что для питания счетчиков приходилось использовать источник напряжения более 1000 В. Таких мощных преобразователей тогда еще не было, и пришлось в мастерских Института аэрологии Главной геофизической обсерватории изготовить специальные миниатюрные батареи аккумуляторов.

В короткой статье невозможно подробно описать прибор для изучения космических лучей в стратосфере путем передачи сигналов по радио. Интересующихся мы можем отослать к статьям [2—4, 6—7].

Система, предназначенная главным образом для изучения стратосферы и позволившая одновременно проводить аэрологические наблюдения и измерение космических лучей, получила в 1935 г. название автоматического стратостата. Конечно, по сравнению с автоматическим стратостатом, запущенным Г. И. Голышевым в 1950 г., автостратостат 1935 г. был карликом. Но он сделал свое дело.

Запуск первого советского автостратостата вызвал широкий



Профессор П. А. Молчанов и С. Н. Вернов у первого автоматического прибора для изучения космических лучей в стратосфере.

интерес. В апреле в одной из вечерних газет была опубликована статья, посвященная этому событию. В ней, в частности, приводятся слова П. А. Молчанова о значении, которое представляет для науки изучение космических лучей, о том, что это изучение должно проводиться достаточно регулярно и по возможности на различных широтах земного шара.

Эти слова П. А. Молчанова предвосхитили большую программу исследований космических лучей и именно с помощью автоматически действующих приборов.

Измерения интенсивности космических лучей были проведены в Павловске (под Ленинградом), Ереване и в экваториальных районах. Было доказано, что подавляющая часть первичных космических лучей отклоняется в магнитное поле Земли и, следовательно, обладает электрическим зарядом. Изучая значения интенсивности космических лучей, полученные на различных широтах, можно было выделить частицы с энергией более миллиардов электронвольт и исследовать их свойства. (Напомним, что ускорители частиц в то время давали частицы с энергией много меньше 1 млрд. эВ.) Было показано, что при энергии в миллиарды электронвольт частицы небывало сильно взаимодействуют с ядрами атомов, входящих в состав земной атмосферы, и быстро теряют свою энергию.

В 1949 г. на принадлежащем Академии наук СССР научно-исследовательском судне «Витязь» проводилась II экваториаль-

ная экспедиция. Разработанный проф. Н. Л. Григоровым прибор позволил измерить знак заряда первичных космических лучей. Для этой цели прибор автоматически наводился то на восток, то на запад. Значительно больше частиц шло с запада, а это означало, что они имеют положительный заряд [3]. В конце 40-х годов были проведены многочисленные полеты других автоматических приборов в стратосферу для изучения космических лучей. На автоматическом стратостате, разработанном Г. И. Голышевым, были подняты в стратосферу приборы большой массы.

Важные измерения были выполнены при полетах первых советских ракет и спутников. Венцом этих исследований были полеты четырех спутников серии «Протон». Эти спутники были предназначены для изучения частиц высоких энергий, входящих в состав космических лучей. Энергия этих частиц достигала уже 1000 млрд. эВ, а для ее измерения использовался разработанный Н. Л. Григоровым так называемый ионизационный калориметр, масса которого достигала 10 т.

Эти исследования позволили сделать вывод о существовании ранее неизвестных процессов в области высоких энергий, в частности было обнаружено, что размеры ядер как бы растут при особо высоких энергиях. С помощью советских спутников был открыт внешний радиационный пояс Земли и изучены космические лучи в межпланетном пространстве далеко от нашей планеты.

Подтвердилось и мнение П. А. Молчанова о большом значении регулярности измерений. Академик С. И. Вавилов одним из первых настаивал на проведении поисков космических лучей, рожденных на Солнце. Долгое время солнечные космические лучи были неуловимы. Затем, когда их обнаружили, оказалось, что путем измерений на Земле их можно поймать лишь один раз в четыре года, из чего заключили, что они не возникают во время большинства тех бурных процессов, которые происходят на Солнце. Дело коренным образом изменилось, когда после разработки в 1957 г. А. Н. Чарахчьяном портативного радиозонда для изучения космических лучей стало возможным проводить ежедневно в Москве, Мурманске, Алма-Ате и в Антарктиде измерения космических лучей в стратосфере. Тогда выяснилось, что фактически все интенсивные хромосферные вспышки на Солнце приводят к ускорению частиц, т. е. к созданию солнечных космических лучей.

Таким образом, радиозонд Молчанова положил начало интенсивному изучению стратосферы и космоса. Напомним некоторые основные этапы этого пути.

Важнейшим событием был созыв в 1934 г. Всесоюзной конференции по изучению стратосферы, проходившей под председательством С. И. Вавилова и при активном участии П. А. Молчанова. В работе конференции участвовали представители 140 организаций из 19 городов СССР. Были охвачены наиболее актуальные проблемы аэрологии, акустики, оптики и актиномет-

рии, атмосферного электричества, изучения космических лучей, астрономии, биологии и медицины, техники.

После всесоюзной конференции большая работа проводилась комиссией по изучению стратосферы, председателем которой был С. И. Вавилов, а заместителем председателя П. А. Молчанов. С. И. Вавилов оказывал большое содействие развитию аэрологии. Встречи ученых с конструкторами летательных аппаратов и летчиками (например, В. К. Коккинаки), возглавлявшиеся С. И. Вавиловым и П. А. Молчановым, положили начало дружной работе ученых, инженеров и летчиков по освоению стратосферы, а затем и космоса.

Для наглядности путь, пройденный наукой и техникой от изобретения радио А. С. Поповым и радиозонда П. А. Молчановым до наших дней, можно представить в виде некоторой схемы, освещающей основные этапы освоения стратосферы и космоса (рис. 1).

Рис. 1. Основные этапы освоения стратосферы и космоса.

Рисунки 2—5 показывают, как возрастало удаление от Земли приборов для изучения стратосферы и космоса, увеличивалась продолжительность их полетов, масса и получаемая информация.

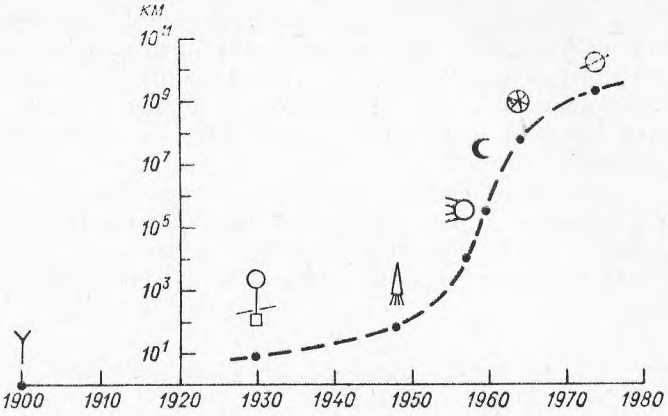


Рис. 2. Удаление от Земли различных приборов для исследования стратосферы и космоса.

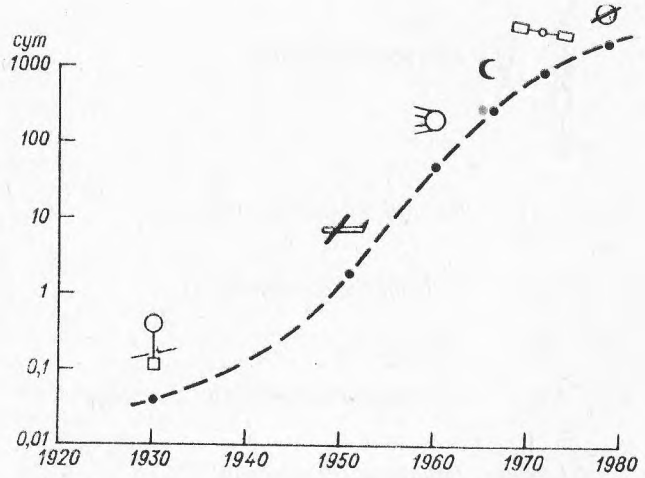


Рис. 3. Продолжительность полетов различных приборов для исследования стратосферы и космоса.

Таковы современные масштабы исследований космических лучей в высоких слоях атмосферы и околоземном пространстве. У истоков этих исследований был радиозонд системы П. А. Молчанова.

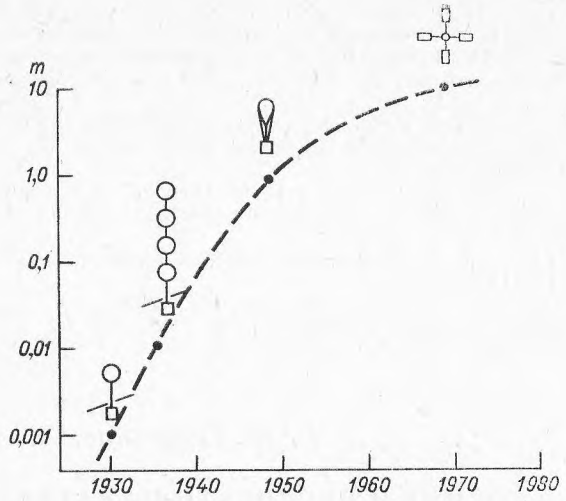


Рис. 4. Масса аппаратуры для исследования стратосферы и космоса.

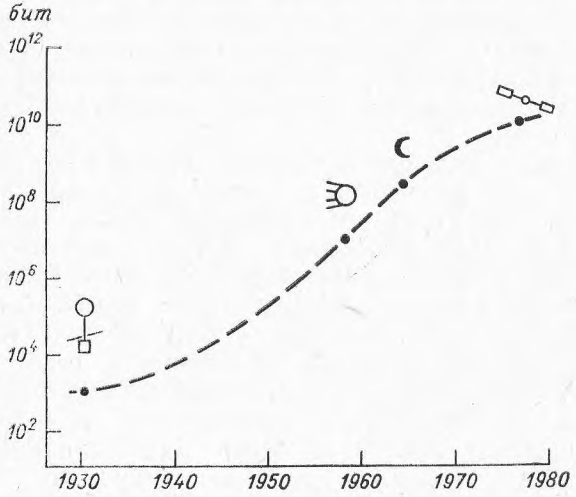


Рис. 5. Объем информации, получаемой от различных приборов для исследования стратосферы и космоса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернов С. Н. Применение счетчиков Гейгера — Мюллера для изучения космических лучей.— В кн.: Труды Всесоюз. конф. по изучению стратосферы 31 марта — 6 апреля 1934 г. Л.; М., 1935, с. 423—428.

2. Вернов С. Н. Широтный эффект космических лучей в стратосфере и проверка каскадной теории.— Труды ФИАН, 1940.

3. Вернов С. Н., Григоров Н. Л., Чарахчьян А. Н. Исследование космических лучей в стратосфере.—Изв. АН СССР, 1950, т. 14, сер. физ., № 1.
4. Вернов С. Н., Чудаков А. Е. Исследование космических лучей и зеленого корпускулярного излучения при полетах ракет и спутников.—УФН, 1960, т. 70, вып. 4.
5. Молчанов П. А. Современные представления о строении стратосферы. В кн.: Труды Всесоюз. конф. по изучению стратосферы 31 марта — 6 апреля 1934 г. Л.; М., 1935, с. 11-38.
6. Молчанов П. А., Вернов С. Н. Полеты двух автоматических стратостатов для изучения космических лучей.— Метеорология и гидрология, 1935, № 1—2, с. 167—169.
7. Молчанов П. А. Радио в исследовании атмосферы.— Наука и жизнь, 1938, № 3, с. 10—15.
8. Vernov S. N. Phys. Rev., 1934, vol. 46, p. 822.
9. Vernov S. N. Nature, 1935, vol. 135, p. 1072.

Г. П. Трифонов, А. А. Черников

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ В СССР

Широко известна историческая дата 30 января 1930 г., когда в Павловской аэрологической обсерватории профессор П. А. Молчанов осуществил запуск созданного им первого в мире радиозонда. С этого крупнейшего события в истории аэрологии и начинается развитие радиозондирования атмосферы в СССР, а затем и в других странах.

После первого успешного подъема прибора в том же 1930 г. в Павловске было выпущено еще несколько радиозондов, а в следующем 1931 г. радиозондирование стало здесь основным методом исследования атмосферы. Вскоре радиозонды системы Молчанова были использованы для изучения арктической атмосферы: первые выпуски произведены во время международного арктического рейса дирижабля «Граф Цеппелин», затем при проведении 2-го Международного полярного года (1932-33 г.) радиозонды выпускались на четырех советских станциях. К проведению этих международных исследований ни одна из стран еще не располагала вполне готовыми радиозондами, хотя разработки успешно велись в Германии и Франции. Поэтому во время 2-го МПГ советские радиозонды нашли применение также и на некоторых зарубежных станциях.

В 1935 г. в Советском Союзе начала действовать первая в мире сеть станций регулярного радиозондирования атмосферы. Было организовано 17 таких станций; число их с каждым годом увеличивалось и к 1940 г. достигло 40. Особенно же быстрое развитие сети, отвечавшее возросшим запросам и техническим возможностям, шло в послевоенные годы: в 1950 г. действовало уже 106 станций, в 1960 г. — 157, а в настоящее время их около 200.

За пятьдесят лет своего развития радиозондирование атмосферы прошло целый ряд качественных этапов, которые характеризовались увеличением высоты зондирования, повышением точности измерений, увеличением степени автоматизации измерений и обработки данных. Совершенствование техники и метода радиозондирования атмосферы всегда было тесно связано с развитием радиоэлектроники и отражало достижения в этой области.

В первые же годы гребенчатый радиозонд был существенно усовершенствован самим П. А. Молчановым и его ближайшими сотрудниками (А. А. Ершовым, Б. М. Лебедевым и др.). Прежде всего была снижена масса прибора, что обеспечивало более высокие зондирования. Для высотных стратосферных наблюдений был сконструирован облегченный радиозонд массой 560 г. Большим достижением было введение измерений влажности воздуха (1933 г.) и некоторые другие усовершенствования радиозонда. Проводились также исследования точности радиозондирования и радиационных ошибок (И. Б. Срезневский, А. А. Шепелевский и др.).

Тогда же (1936—1937 гг.) были начаты первые опыты совместного температурно-ветрового зондирования атмосферы путем радиопеленгации радиозондов наземными коротковолновыми приемными устройствами направленного действия. Этот метод был доработан и получил оперативное применение в годы Великой Отечественной войны. В 1942—1944 гг. на Урале (под Свердловском) ГГО была организована трехбазисная пеленгация радиозондов и разработана методика определения ветра по этим наблюдениям (П. Ф. Зайчиков, С. И. Соколов, Н. В. Кучеров).

Таким образом, вместе с результатами температурного зондирования уже тогда в службу погоды (в Свердловск и в Москву) сообщались и данные о распределении ветра.

Однако существенные практические результаты в этом направлении были достигнуты позже. Работы по применению радиолокатора для сопровождения шаров с пассивными отражателями, проведенные в 1943 г. в Центральной аэрологической обсерватории В. В. Костаревым и Г. И. Голышевым, открыли возможность определения скорости и направления ветра до максимально возможных высот подъема шара и заложили основу для современного радиотеодолитного и радиолокационного измерений скорости и направления ветра (до этого времени измерения координат радиозонда производились с помощью оптических теодолитов и были ограничены высотой облачности). Радиозонд конструкции Молчанова, а позднее его модифицированный вариант РЗ-049 использовались на сети в течение почти 30 лет.

Система радиозондирования А-22—«Малахит» (1957 г.) была первой системой, в которой объединены измерения температуры, давления, влажности, скорости и направления ветра и одновременно повышена их точность. Создание комплексной системы зондирования атмосферы РКЗ—«Метеор» (Б. Г. Рождественский,

М. В. Кречмер, 1958 г.), основанной на принципе использования ответного сигнала для измерения дальности, в которой впервые был автоматизирован процесс измерения и регистрации координат радиозонда и телеметрической информации, позволило повысить надежность аэрологического зондирования, а применение электрического датчика температуры (терморезистора) уменьшило ошибки измерений температуры на больших высотах.

И наконец, развитие электронно-вычислительной техники позволило автоматизировать трудоемкую обработку данных. Кустовая централизованная система «Атмосфера» для обработки данных, поступающих от системы зондирования А-22—«Малахит», позволила накопить первый опыт в этом направлении, а разработка комплекса ОКА-3 для централизованной обработки данных системы зондирования РКЗ—«Метеорит» позволила впервые внедрить автоматическую обработку в оперативную практику зондирования на целом ряде аэрологических станций.

С 50-х годов исследование атмосферы с помощью радиозондов стало приобретать глобальный характер в связи с организацией наблюдений сначала в Арктике и Антарктике, а затем и над Мировым океаном. Первые аэрологические наблюдения на дрейфующих льдах были проведены в 1951 г. П. Ф. Зайчиковым и В. К. Бабарыкиным. Большой вклад в организацию систематических аэрологических наблюдений в Арктике и Антарктиде внесли А. Е. Щекин, С. С. Гайгеров, В. И. Шляхов, Г. А. Кокин, А. М. Боровиков и др.

Расширение зондирования атмосферы на научно-исследовательских судах в последнее десятилетие позволило провести целый ряд международных комплексных научных экспериментов, таких как АТЭП, «Муссон» и др.

Развитие сети аэрологических измерений было бы невозможно без научных исследований в области процессов измерений, обработки и взаимодействия датчиков с окружающей средой. Исследования влияния солнечной радиации на датчик температуры (С. М. Шметер, П. Ф. Зайчиков, В. Д. Решетов) позволили разработать теоретические основы радиационных поправок, которые впервые стали вводиться в значения температуры с 1957 г., а исследования адсорбционно-деформационного датчика влажности дали возможность определить его погрешности и границы применимости.

Разработка научно-методических основ измерения и обработки данных в системах зондирования атмосферы (О. В. Марфенко, П. Ф. Зайчиков) обеспечила единство измерений и однородность данных аэрологической сети.

К началу 70-х годов была создана и внедрена на большинстве станций аэрологической сети система РКЗ-5—«Метеорит-2» как основная система зондирования атмосферы (Г. И. Голышев, Б. Г. Рождественский, Я. Х. Чернобров, В. И. Шляхов, Г. П. Трифонов, А. Ф. Кузенков), отличающаяся большой дальностью надежного приема сигналов радиозонда, бо́льшей точностью из-

мерения ветра как в приземном слое, так и на больших высотах. Ветровое зондирование в этой системе было обеспечено передатчиком-ответчиком А-28 и уголковыми отражателями. Важным достижением 70-х годов является внедрение автоматической обработки данных радиозондирования с помощью комплекса ОКА-3 на целом ряде станций аэрологической сети. Этот период отмечен также автоматизацией сбора и накопления климатических данных, широким распространением зондирования атмосферы на научно-исследовательских судах, разработкой малогабаритного радиозонда на интегральных микросхемах, новых специальных радиозондов и датчиков измерения температуры и влажности.

Автоматизация обработки данных системы зондирования РКЗ-5—«Метеорит-2» получила успешное развитие на основе принципа централизованной обработки. На основе этого принципа в 1971 г. был разработан комплекс ОКА-3 для централизованной автоматической обработки данных от системы зондирования РКЗ-5—«Метеорит-2», состоящий из устройства автоматического съема данных радиолокатора «Метеорит» на телетайп и математического обеспечения ОКА-70, предназначенного для использования в территориальных центрах на ЭВМ «Минск-22» и «Минск-32».

В 1973 г. комплекс ОКА-3 был впервые введен в оперативную эксплуатацию на аэрологических станциях в Минске, Бресте, Гомеле в Белоруссии, а затем стал внедряться на всей аэрологической сети, в том числе и на судах погоды. Основой для построения системы автоматической обработки данных зондирования послужили работы по математической формализации и алгоритмизации обработки.

Задачи обеспечения безопасности полетов самолетов, дальнейшего увеличения экономичности и надежности системы зондирования потребовали разработки малогабаритного радиозонда. Развитие интегральной схемотехники создало основу для создания массового легкого и экономичного радиозонда. На основе проведенных разработок полупроводникового генератора СВЧ и низкочастотных узлов радиозонда на полупроводниках были созданы образцы малогабаритных радиозондов массой до 300 г и проведены их испытания.

Задачи увеличения точности и экономичности выдвинули новые требования к датчикам радиозонда, а именно: повышение стабильности характеристик, возможность их описания функциональным семейством с небольшим количеством параметров для удешевления процесса градуировки, уменьшение радиационнной поправки датчика температуры, расширение диапазона работы датчика влажности в области отрицательных температур.

Разработка датчиков для радиозонда невозможна без соответствующих камер для воспроизведения заданных значений температуры, влажности, давления, скорости потока воздуха и солнечной радиации, которые бы позволяли производить контроль

и направленное совершенствование характеристик датчиков. Для этих целей в последние годы разработаны термобаросолнцекамера, в которой могут создаваться заданные давление, скорость потока воздуха и солнечная радиация, и универсальный генератор влажности, в котором реализован метод двух температур и двух давлений. Метод предусматривает получение заданной влажности путем повышения температуры или понижения давления насыщенного воздуха. Теоретические расчеты и экспериментальные исследования показали, что эта камера позволяет задавать значения относительной влажности от 1 до 95% при одновременном изменении температуры от +30 до —50°С и давлении от 1100 до 10 гПа с погрешностью 1% в области положительных температур и 3% в области отрицательных. Использование этой техники позволило исследовать датчики влажности, принцип действия которых основан на адсорбции водяного пара пористым слоем окиси алюминия и изменении при этом комплексного сопротивления датчика, а также работу пленочного датчика при отрицательных температурах.

Для измерения температуры разработан новый терморезистор с повышенной стабильностью характеристик, возможностью их описания функциональным семейством с тремя параметрами и уменьшенной в два раза радиационной погрешностью.

Научно-методические работы последнего десятилетия позволили решить основные вопросы методики измерений системой зондирования атмосферы РКЗ-5—«Метеорит-2». Разработаны и внедрены в практику необходимые методические пособия по эксплуатации системы РКЗ-5—«Метеорит-2».

В настоящее время аэрологическая сеть Госкомгидромета СССР в основном оснащена системой РКЗ-—«Метеорит». Среднегодовая максимальная высота зондирования выросла за два последних десятилетия в 2,5 раза и составляет 28 км. Около 20 аэрологических станций оперативно производят автоматическую обработку с помощью комплекса ОКА-3, что значительно сократило затраты труда (производство зондирования с автоматической обработкой осуществляется на ряде станций персоналом в 12—14 человек вместо 18—20, требующихся при ручной обработке), улучшило качество аэрологических телеграмм, а также повысило оперативность их получения на 30—50 мин.

За последнее десятилетие были проведены работы по автоматизации сбора и накопления климатических аэрологических данных. Создана сеть региональных и территориальных центров, призванных обеспечить сбор и накопление климатических данных. Автоматизация получения, преобразования и передачи аэрологической сети в единую автоматизированную систему аэрологических станций и вычислительных центров, выполняющую функции сбора, обработки, накопления и доведения до потребителей аэрологических данных.

Метод радиозондирования получил успешное развитие также для измерения целого ряда нестандартных параметров атмосфе-

ры — длинноволновой радиации, содержания озона, потоков корпускулярной радиации.

В 1961 г. был разработан актинометрический радиозонд АРЗ-1 (Г. Н. Костяной, В. И. Шляхов) и организована сеть актинометрического зондирования из 10 станций. Актинометрическое зондирование производилось также на судах погоды. По материалам сети актинометрического зондирования рассчитаны различные статистические характеристики поля длинноволновой радиации, издан справочник о поле длинноволновой радиации в свободной атмосфере, предложена модель стандартной актинометрической атмосферы.

Исследования распределения потоков радиации в атмосфере тесно связаны с исследованиями распределения некоторых важных компонентов газового состава атмосферы, таких как озон и углекислый газ, значительно влияющих на радиационный режим атмосферы и в конечном счете на климат планеты. Актуальность изучения распределения газового состава атмосферы вызвана влиянием на него все ускоряющегося процесса развития промышленного производства и энергетики в связи с хозяйственной деятельностью человека.

Необходимость исследований солнечно-земных связей и фоновых корпускулярных потоков в атмосфере вызвала разработку радиозонда для корпускулярного излучения (А. Ф. Кузенков). Радиозонд содержит телескопическую систему самогасящихся счетчиков излучения и измеряет интегральный поток заряженных частиц, а также их угловое распределение. Важным результатом экспериментальных наблюдений явилось установление тесной связи между плотностью воздуха в стратосфере и градиентом корпускулярного потока.

Перспективы дальнейшего развития метода радиозондирования атмосферы связаны с повышением экономичности, надежности и точности систем зондирования. Развитие интегральной схемотехники представляет основу для создания массового дешевого радиозонда, предназначенного для извмерения как стандартных, так и специальных параметров атмосферы. Для повышения экономичности системы зондирования определенное значение имеет совершенствование водорододобывания и разработка скоростных и высотных оболочек, не требующих подготовки перед выпуском. Наметившийся в истекшем десятилетии процесс интеграции зондирования в единую автоматизированную систему сбора, обработки, передачи и накопления аэрологической информации требует системного подхода к проектированию этой системы с целью ее оптимизации. Перспективы построения оптимальной системы в немалой степени зависят от развития средств передачи данных с возможным использованием в том числе и спутниковых систем передачи данных и широкого применения микро- и минипроцессоров для обработки.

Широкое применение зондирования на судах различных классов связано с построением компактной, надежной и простой

в обращении судовой системы зондирования, не требующей стабилизированных платформ. Возможные пути построения такой системы могут предусматривать использование как навигационных, так и радиолокационных методов с электронной стабилизацией антенны.

И. Г. Гутерман

ПЕРВЫЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ АРКТИКИ

Изобретателя первого в мире радиозонда П. А. Молчанова я впервые увидел в 1929 г., когда заканчивал в Главной геофизической обсерватории курсы заведующих метеорологическими станциями. Было это при посещении змейковой станции в Павловске, где мы знакомились с выпуском шаров-пилотов и подъемом змеев. Близко мне удалось познакомиться с профессором Молчановым в 1932 г., когда я прибыл в Павловск на курсы аэрологов-радиозондистов, организованные в связи с намечавшимся участием ученых Советского Союза в проведении работ по программе 2-го Международного полярного года.

В 1932 г. радиозондирование атосферы с помощью гребенчатого прибора Молчанова получило широкое признание. В связи с проведением 2-го Международного полярного года (1932-33 г.) в СССР развернулись работы по изучению и освоению Арктики, Северного морского пути, а также по развитию воздушных сообщений в малодоступных полярных районах. Советское государство выделило огромные средства на осуществление программы 2-го МПГ. В частности, было решено проводить радиозондирование на четырех полярных станциях, расположенных на Земле Франца-Иосифа (Бухта Тихая), на о. Диксон, на Новой Земле (Маточкин Шар) и в с. Полярном Мурманской области.

Во время первых зимовок на полярных станциях исследования проводили аэрологи-полярники: Н. Н. Шпаковский, И. Г. Гутерман, С. И. Соколов, В. Г. Канаки, А. А. Ледохович и др. Мое знакомство с методом радиозондирования началось в феврале 1932 г. в Аэрологической обсерватории на курсах аэрологов-радиозондистов. Занятия на курсах проводили П. А. Молчанов, А. А. Ершов, Е. С. Селезнева и П. А. Воронцов.

В ведении А. А. Ершова были налаживание и подготовка радиопередатчика. Особенно тщательно велась подготовка средств питания. В то время это были свинцовые аккумуляторы (80 В для питания сети анода и 4 В для катода). Аккумуляторы заливались кислотой и в течение суток заряжались от более емкого источника тока. Проверка сети коммутации, гребенок и внут-

ренних схем радиозонда была предметом обучения П. А. Воронцова.

Завершающий этап выпуска радиозонда — обработку результатов зондирования, составление ежегодников и климатологические обобщения Молчанов доверил Е. С. Селезневой.

При выпуске каждого радиозонда в те годы, как правило, присутствовал сам П. А. Молчанов, который с огромным интересом обсуждал каждый успешный результат и бурно реагировал на неудачные выпуски.

После окончания курсов по рекомендации П. А. Молчанова меня послали аэрологом на станцию Бухта Тихая на Земле Франца-Иосифа. Этому способствовало, в частности, то, что у меня был некоторый «арктический» стаж: в 1929-30 г. я зимовал метеорологическим наблюдателем на станции Усть-Енисейск.

В Бухте Тихой мне предстояло осуществить выпуск примерно трех десятков радиозондов. Причем П. А. Молчанов настоятельно указывал мне на важность достижения полярной стратосферы в полярную ночь. К сожалению, это оказалось почти невыполнимым. В то время радиозонд массой около 2 кг поднимали на гирлянде маленьких шаров (оболочек № 20), применявшихся для выпуска шаров-пилотов. Больших резиновых оболочек (№ 100, 150 или 200) тогда не производили, и для обеспечения требуемой подъемной силы необходимо было использовать связку из 20 шаров. Это увеличивало сопротивление при подъеме, и вертикальная скорость едва достигала 200—250 м/мин. В условиях очень низких температур в тропосфере отдельные шары во время подъема лопались. При достижении нижней границы стратосферы, где наблюдается инверсия или уменьшенный вертикальный градиент температуры, подъемной силы не хватало. Радиозонд зависал, и подача сигналов прекращалась.

Сам выпуск радиозонда в арктических условиях, особенно в полярную ночь, был очень сложен. В осуществлении каждого выпуска радиозонда большую помощь мне оказывали сотрудники станции — метеорологи, радист и другие зимовщики. Часто в выпуске радиозонда принимал участие начальник зимовки И. Д. Папанин. Нужно сказать, что все зимовщики с интересом относились к новому методу зондирования атмосферы, понимали трудности его освоения и вместе со мной переживали успехи и неудачи (см. [3]). И хотя во время полярной ночи удалось осуществить лишь немногочисленные выпуски радиозондов, они позволили получить ряд новых оригинальных сведений.

Всего за 1932-33 г. в Бухте Тихой был выпущен 31 радиозонд, максимальная высота подъема составила 11,5 км. Молчанов был очень доволен полученными результатами. На других станциях Арктики успехи были не столь значительными[1].

Помимо радиозондов в ту зимовку мне удалось осуществить запуск нескольких простых зондовых метеорографов и обрабо-

[1] Во время 2-го МПГ в с. Полярном и на станции Маточкин Шар выпущено по 14 радиозондов.— *Прим. ред.*

тать их регистрацию. В арктических условиях метод шаров-зондов был малопригоден, так как упавший метеорограф трудно найти в пустынных районах и обычно он утрачивался, а с ним и результаты зондирования. Чтобы отыскать прибор, за подъемом следили с помощью теодолитов, засекали место падения и затем на лыжах шли за ним. Кроме того, было выпущено 133 шара-пилота и несколько раз поднят метеорограф на змее. Из 133 шаров-пилотов 27 было выпущено в полярную ночь со свечным фонариком. Весной 1933 г. были организованы базисные наблюдения для точного определения высот шаров-пилотов.

Все материалы аэрологических наблюдений, проведенных в Бухте Тихой, были критически проверены и тщательно подготовлены к изданию Е. С. Селезневой. Они были опубликованы в 1937 г. под редакцией проф. П. А. Молчанова [2].

Еще дважды мне пришлось проводить выпуски радиозондов системы Молчанова в Арктике. В 1934 г. была организована экспедиция по оказанию помощи экипажу затонувшего ледокольного парохода «Челюскин». Правительством был принят запасный вариант эвакуации людей со льдины на дирижаблях. В состав экспедиции, руководителем которой был известный стратонавт Э. К. Бирнбаум, была включена группа из четырех специалистов гидрометслужбы, в том числе я в качестве аэролога-радиозондиста. Мне удалось осуществить ряд выпусков радиозондов, причем достигнуть значительных высот.

Наконец, в 1935 г. я принимал участие в знаменитой высокоширотной экспедиции на ледоколе «Садко». С ледокола в период с июня по октябрь в условиях свободного плавания (дрейфа) судна почти до 83—84° с. ш. регулярно выпускались радиозонды. На основании этих выпусков было установлено, что над водной поверхностью с плавающими льдами присутствует мощный слой изотермии со значениями температуры, близкими к 0°С.

К 1936 г. накопился обширный материал по радиозондированию атмосферы на Земле Франца-Иосифа. Идея обобщить этот материал была одобрена П. А. Молчановым, и работа выполнялась под его руководством. Монография была опубликована в 1938 г. под общей редакцией проф. Е. И. Тихомирова [1]. В ней были обобщены наблюдения трех зимовок 1932-33 (данные запусков 30 радиозондов), 1933-34 и 1934-35 гг. (данные запусков 148 радиозондов). Конечно, с точки зрения требований к аэроклиматологическим обобщениям такая статистика недостаточна, однако по тем временам эти данные были существенными, и монография была встречена с большим одобрением и долгие годы находила отклик в литературе.

В дальнейшем с усовершенствованием гребенчатого радиозонда и организацией сети станций радиозондирования появилась возможность изучать высокие слои атмосферы над разными географическими районами и перейти к широким обобщениям результатов, что определило развитие отечественной аэроклиматологии, а также физики и динамики атмосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гутерман И. Г. Особенности строения атмосферы над полярными областями. Под общ. ред. проф. Е. И. Тихомирова.— Труды АНИИ, т. 122. Л.: Изд-во Главсевморпути, 1938.
2. Результаты аэрологических наблюдений Второго Международного полярного года. Вып. 1.— Л.; М.: Гидрометеоиздат, 1937.
3. Федоров Е. К. Полярные дневники.— Л.: Гидрометеоиздат, 1979.— 312 с.

И. М. Долгин

РАЗВИТИЕ АЭРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПОЛЯРНЫХ СТРАНАХ

За шестьдесят лет своего существования Ордена Ленина Арктический и антарктический научно-исследовательский институт внес большой вклад в изучение природы полярных областей. В широком комплексе метеорологических работ видное место занимают аэрологические исследования. Они послужили важной основой для освоения Северного морского пути и планомерного развития производительных сил на широких просторах Арктики. Проведение большого комплекса научных исследований в Арктике и затем в Антарктике, трехмерное исследование атмосферы в этих районах стало возможным благодаря изобретению и внедрению в практику радиозонда, созданного выдающимся аэрологом профессором П. А. Молчановым [6]. С именем П. А. Молчанова связана также и организация аэрологической сети в Арктике.

Внедрение радиозондирования атмосферы в Арктике имело особое значение, так как существовавшие до того методы аэрологических исследований были в Арктике либо совсем неприменимы, либо применимы весьма ограниченно.

В январе 1980 г. многие научные центры нашей страны торжественно отметили 50 лет со дня выпуска в Павловской аэрологической обсерватории первого в мире радиозонда. П. А. Молчанов сыграл большую роль в развитии полярной аэрологии, которая в 1981 г. отметила 50-летний юбилей радиозондирования в Арктике. Мы, полярники, высоко ценим то, что с первых лет своей научной деятельности П. А. Молчанов большое внимание уделял исследованию атмосферы Арктики. Он справедливо считал, что синоптические процессы арктической области находятся в тесном взаимодействии с процессами средних широт и часто обусловливают изменения погоды на огромных пространствах нашей страны. Поэтому он понимал, что изучение метеорологических условий Арктики приобретает важное значение для службы погоды и народного хозяйства всего Советского

Союза [9]. В связи с развитием в конце 20-х годов воздушных сообщений, в том числе и в высоких широтах, потребовалось изучить атмосферу не только в приземном слое, но и на высотах. Исходя из этого П. А. Молчанов добивался организации аэрологических наблюдений за полярным кругом и принимал непосредственное участие в аэрологических работах в этом районе.

Первые данные о вертикальном распределении температуры в нижнем слое арктической атмосферы были получены с помощью аэрологических змеев. С декабря 1914 по июль 1915 г. известный русский полярный исследователь Н. И. Евгенов на гидрографическом судне «Таймыр» в Карском море в районе бухты Толя (76°40′ с. ш. и 100°40′ в. д.) впервые поднимал со льда змей с метеорографом. Всего было произведено 43 подъема. Максимальная высота подъема составила 1860 м [3, 4]. Эти уникальные данные впервые позволили получить представление о структуре пограничного слоя атмосферы над арктическими льдами. Было показано, что нижний слой атмосферы в холодное время года отличается устойчивой стратификацией, инверсии температуры достигают большой мощности и интенсивности. Этими наблюдениями Н. И. Евгенов внес существенный вклад в развитие аэрологических исследований в Арктике.

П. А. Молчанов принял участие в обработке записей метеорографа, а затем в анализе и издании результатов, которые после публикации стали достоянием широкого круга специалистов-метеорологов.

С 12 января по 30 июля 1917 г. по заданию Гидрографического управления на о. Диксон производились шаропилотные наблюдения с целью исследования воздушных течений. Обработка и анализ полученных впервые данных о ветре были поручены П. А. Молчанову. Выполненная им тогда весьма оригинальная работа до сих пор не потеряла своего значения [5]. Кроме общих климатических характеристик ветра на высотах Молчанов рассмотрел изменения ветра в различных частях барических образований и установил закономерности, имеющие прогностическое значение. В работе было показано, что по изменению ветра с высотой (вращению вектора ветра) можно судить о приближении циклона или антициклона и, следовательно, предвидеть предстоящую погоду. Впоследствии такой подход был использован при разработке метода прогноза погоды в работах С. И. Троицкого, А. Ф. Дюбюка. Эти работы П. А. Молчанова положили начало его участию в исследованиях Арктики.

В последующие годы в связи с начавшейся подготовкой к проведению 2-го Международного полярного года исследования Арктики активизировались. Большое внимание уделялось программе изучения свободной атмосферы Арктики. Однако применявшийся тогда метод шаров-зондов был непригоден в арктических условиях, из-за того что приборы терялись и, следовательно, утрачивались результаты.

П. А. Молчанов все больше убеждается в необходимости создания нового, более совершенного метода зондирования атмосферы, годного для применения в различных географических условиях и при любой погоде. Было ясно, что требуемым условиям мог удовлетворить лишь метод, основанный на применении радио. Первые же сообщения Молчанова в середине 20-х годов о возможности создания такого метода вызвали большой интерес у полярников. Это сулило большие возможности для изучения свободной атмосферы Арктики.

В 1928 г. в Ленинграде под председательством известного полярного исследователя Ф. Нансена состоялся второй съезд международного общества «Аэроарктика». Это общество возникло в 1924 г. и ставило своей целью изучение полярных стран с помощью воздушных кораблей. На съезде, где Молчанов демонстрировал модель радиозонда, было принято решение применить этот новый прибор во время намечавшегося на 1930 г. полета в Арктику дирижабля «Граф Цеппелин». Таким образом, еще до испытания радиозонда была признана целесообразность его применения для исследования полярных районов.

Важно отметить, что на съезде общества «Аэроарктика» П. А. Молчанов изложил свои мысли о задачах аэрологических исследований Арктики. В последующие годы предложения Молчанова учитывались при составлении различных аэрологических программ и проведении экспериментов в Северном Ледовитом океане. Он тогда указывал: «Наибольший интерес в строении атмосферы арктической области вызывает высота слоя тропосферы, представляющей, так сказать, деятельный слой земной поверхности» [6].

Второй задачей исследования Арктики он ставил изучение размещения холодных воздушных масс в этой области, представляющей собой огромный резервуар холодного воздуха, который в «известные периоды выбрасывает в средние широты потоки холодных масс воздуха, вызывающие грандиозные пертурбации в погоде этих широт» [6]. Далее он указал на то, что подробнейшее изучение опасного для нас полярного резервуара холода и по возможности непрерывное наблюдение за его состоянием в различных точках Арктики, представляют совершенно необходимое условие рациональной службы предупреждения об изменениях погоды.

Съезд общества «Аэроарктика» принял резолюцию, одобрявшую предложения Молчанова по организации исследований Арктики: это послужило основанием для советской арктической комиссии выделить специальные средства на завершение разработки гребенчатого радиозонда.

Таким образом, П. А. Молчанов своим активным участием в работе международных и отечественных организаций способствовал развитию аэрологических исследований в нашей стране и особенно организации аэрологических наблюдений в труднодоступных районах Арктики. В процессе подготовки к полету дирижабля в том же

1928 г. П. А. Молчанову пришлось побывать в Мурманске в составе комиссии, которой было поручено выбрать место для установки причальной мачты для дирижабля. В порядке подготовки полета дирижабля в Арктику и проведения предстоящего 2-го МПГ по инициативе П. А. Молчанова был предпринят еще один шаг в организации аэрологических исследований в Арктике. В мае 1929 г. в ГГО при обсуждении состояния подготовки к полету дирижабля П. А. Молчанов предложил организовать исследования нижних слоев атмосферы в районе моря Лаптевых. Возглавить эту работу поручили Н. Н. Шпаковскому [12]. П. А. Молчанов не ограничился только предложением. Он принял участие во многих этапах работы экспедиции: в составлении ее плана, подготовке снаряжения, он руководил обработкой и проверкой материалов наблюдений. В 1930 г., также по инициативе П. А. Молчанова, подъемы метеорографа на змеях производились на нескольких станциях. В 1933-34 г. змейковые подъемы производились уже на пяти полярных станциях: Бухта Тихая, Мыс Желания, Остров Диксон, Бухта Тикси, Мыс Уэллен, а с 1936-37 г. и на станциях Бухта Варнека, Остров Белый, Мыс Челюскин, Остров Уединения, Остров Четырехстолбовый и Мыс Шмидта. В 1941 г. змейковые подъемы почти везде прекратились за исключением Мыса Желания, где они продолжались до 1945 г. За весь период наблюдений число змейковых подъемов на перечисленных станциях превысило 1400. Эти наблюдения были широко использованы при изучении климата Арктики, составлении различного рода пособий, наставлений и т. д. Результаты змейковых подъемов и в настоящее время имеют большую ценность с точки зрения исследований пограничного слоя и взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью [1].

В 1931 г. на заседании Международной комиссии полярного года в Инсбруке обсуждался вопрос о возможности применения автоматических метеорологических станций, которые П. А. Молчанов разрабатывал для полярных и горных районов. Молчанов предлагал установить такую станцию на дрейфующем боте. Это предложение нашло полную поддержку в Арктическом институте. В Метеорологическом вестнике № 9—12 за 1931 г. писалось: «Всесоюзный арктический институт разрабатывает план отправки полярной экспедиции, которая будет разниться от всех ранее бывших экспедиций тем, что на ней не будет ни одного человека. Она автоматически будет передавать все сведения, которые требуются для изучения атмосферы. Арктический институт для этой цели наметил постройку небольшого крепкого бота, на котором будет укреплено несколько усовершенствованных приборов системы П. А. Молчанова».

Для улучшения метеорологического обеспечения Северного морского пути в начале 1933 г. П. А. Молчанов создал автоматическую радиометеорологическую станцию. Для определения ее пригодности необходимо было провести испытания в арктических условиях. Это было поручено С. И. Соколову, зимовав-

Установка автоматической радиометеорологической станции П. А. Молчанова на плато вблизи обсерватории Бухта Тихая, 1933 г. У прибора (в центре) аэролог С. И. Соколов, на столбе радист укрепляет антенну.

Фото М. А. Чистова

шему в 1933-34 г. на полярной станции Бухта Тихая [11]. К сожалению, эта автоматическая станция не получила дальнейшего применения. Спустя некоторое время в АНИИ на базе этой станции был построен ряд моделей и действующих автоматических станций, которые многие годы широко использовались в период навигации в Арктике.

Молчанов завершил разработку гребенчатого радиозонда к 1930 г., и 30 января в Павловске состоялся успешный подъем первого в мире радиозонда. Постепенно радиозондирование вошло в практику Павловской аэрологической обсерватории, а вскоре радиозонд проник и за полярный круг.

В январе 1931 г. в порядке подготовки к проведению 2-го МПГ П. А. Молчанов и сотрудник обсерватории А. А. Ершов провели в условиях полярной ночи в с. Полярном (под Мурманском) выпуск девяти радиозондов. Один из них достиг высоты 10,5 км, стратосфера была зафиксирована на уровне 9,7 км, ее температура составляла —55°С. Тогда через пункт наблюдения проходил глубокий циклон и радиозонды отметили теплый фронт — поверхность восходящего скольжения, вынос на высоте мощного слоя теплого воздуха и затем тыловое понижение температуры [13].

Полет дирижабля «Граф Цеппелин» в Арктику в связи с трудностями его подготовки состоялся не в 1930, а в 1931 г.

Подготовка автоматической станции к работе.
Бухта Тихая, 1933 г.
Фото М. А. Чистова

(с 26 по 30 июля). Среди 14 участников экспедиции было четыре советских представителя. Руководителем научных работ был назначен известный полярный исследователь Р. Л. Самойлович, радистом — опытный полярник Э. Т. Кренкель, в метеорологическую группу входили П. А. Молчанов и Ф. Ассберг. Программа аэрологических наблюдений экспедиции была разработана с участием П. А. Молчанова, ему же было поручено проведение этой программы во время полета. В течение 105 ч дирижабль прошел 13 028 км, достиг Земли Франца-Иосифа и на обратном пути пролетел над Северной Землей, Таймырским полуостровом и Новой Землей. По маршруту полета с дирижабля были выпущены четыре радиозонда системы Молчанова. Выпуск приборов с движущегося корабля представлял большие трудности, и для его осуществления Молчанов предложил остроумный метод [7]. Подъемы оказались удачными: результаты наблюдений были исключительно интересными. Все подъемы показали, что высота нижней границы тропопаузы находилась на уровне 10,5 км. Температура воздуха на этой высоте составляла —54°С. Для исследования слоев атмосферы, расположенных ниже полета дирижабля, опускали метеорограф на 200 м с помощью специальной лебедки. Во всех случаях были зарегистрированы мощные инверсии температуры. Комплексный метод зондирования атмосферы позволил тогда Молчанову показать, что ее структура является весьма сложной и требует систематического изучения [7].

Таким образом, в с. Полярном и с дирижабля «Граф Цеппе-

лин» П. А. Молчановым были получены первые характеристики строения атмосферы в Арктике до больших высот (вплоть до стратосферы). Опыт этих работ был широко использован при создании в Арктике полярных аэрологических пунктов температурного зондирования атмосферы.

Первые стационарные аэрологические пункты были созданы в Арктике к началу 2-го МПГ. Аэрологов для этих пунктов готовила Павловская аэрологическая обсерватория, она же обеспечила их аппаратурой. Организация радиозондирования атмосферы для тех лет была нелегким делом. Подготовка каждого радиозонда к выпуску отнимала много времени, монтаж прибора был несовершенен и сложен. Выпуск радиозондов производился на гирляндах до 20 шаров, наполненных водородом. Такая большая связка шаров не только затрудняла выпуск радиозонда, но и снижала высоту зондирования.

В 1932-33 г. в Арктике были созданы первые четыре аэрологические станции: на Земле Франца-Иосифа (Бухта Тихая), на о. Диксон, на Новой Земле (Маточкин Шар) и в с. Полярном Мурманской области. Первый радиозонд в Бухте Тихой был выпущен 14 августа 1932 г. аэрологом И. Г. Гутерманом. В 1932 г. здесь было выпущено 8 радиозондов, а в 1935 г. уже 97 радиозондов. В 1932-33 г. на Острове Диксон и в 1933-34 г. в Бухте Тихой в опытном порядке выпускались оптические зонды, которые световыми сигналами передавали сведения о температуре на высотах, ограниченных 3—4 км. Такие наблюдения возможны только при хорошей погоде. Поэтому оптические зонды не нашли широкого применения в Арктике [9]. К 1936 г. число аэрологических станций в Арктике достигло восьми. За первые пять лет радиозондирования в Арктике было выпущено 726 радиозондов. В последующие годы радиозондирование атмосферы в Арктике развивается и совершенствуется. Достаточно отметить, что за пять лет, с 1938 по 1942 г., число выпущенных на восьми аэрологических станциях радиозондов уже достигло 3869.

Чрезвычайно интересные результаты исследования свободной атмосферы были получены при изучении арктических морей. Так, в 1933 г. аэрологом Н. Н. Шпаковским было выпущено на ледокольном пароходе «Челюскин» 11 радиозондов и 30 шаров-пилотов в неизученном районе в Карском море. Отдельные радиозонды достигли высоты 10 км, что считалось очень хорошим результатом. В 1935 г. в Гренландском море в районе севернее Шпицбергена И. Г. Гутерманом с ледокола «Садко» было выпущено 26 радиозондов. Это было значительным достижением, так как каждый радиозонд доставлял новые данные о полярной стратосфере. При таких выпусках совершенствовался и радиозонд и методика выпуска, так как осуществить выпуск с корабля было особенно сложно. Да и сейчас это не легко.

В 1937 г. в Карском море и море Лаптевых с ледокола «Ленин» был организован выпуск 4 радиозондов и 46 шаров-пилотов. Следует отметить, что опыт выпуска радиозондов с ко-

раблей в Арктике был использован для организации аналогичных, более крупных морских экспедиций в послевоенные годы и создания постоянных аэрологических групп на научно-исследовательских судах.

За период проведения 2-го Международного полярного года был накоплен обширный материал метеорологических и аэрологических наблюдений. Все данные поступали в Главную геофизическую обсерваторию, где обрабатывались, анализировались и подготавливались к изданию под общим руководством П. А. Молчанова и Е. С. Селезневой. Значительный интерес для характеристики погоды и летных условий представляли опубликованные специальные облачные наблюдения, проведенные в международные дни.

Издания результатов наблюдений 2-го МПГ позволили широкому кругу исследователей использовать эти данные для анализа и изучения арктической атмосферы. Эти публикации представляли большой интерес для подготовки кадров аэрологов, так как в них излагались вопросы методики и организации наблюдений.

К числу задач исследования Арктики, поставленных П. А. Молчановым, относится организация самолетного зондирования атмосферы. В 1933-34 г. такие наблюдения были осуществлены аэрологами полярной станции Бухта Тихая с помощью самолетного метеорографа системы П. А. Молчанова.

Самолетное зондирование атмосферы в 30-е годы эпизодически проводилось и в других районах Арктики. Тогда каждый полет позволял получать новые сведения о структуре атмосферы, которые изучались с большим интересом. Самолетные зондирования атмосферы проводились либо в период навигации, либо во время организации крупных экспедиций.

Данные метеорологических и аэрологических наблюдений, производившихся в Арктике после 2-го МПГ, поступали в Арктический институт. Здесь они обрабатывались и долгое время публиковались. В связи с этим немалый интерес представляют опубликованные в АНИИ под редакцией П. А. Молчанова аэрологические и метеорологические наблюдения полярных станций за зимовку 1933-34 г. [8]. Опыт издания ежегодника использован в дальнейшем при публикации материалов наблюдений полярных станций, различных экспедиций и научных дрейфующих станций. Характеристика работ, выполненных в Арктике в период зимовки 1933-34 г., дана была в статье П. А. Молчанова «Аэрологические исследования на полярных станциях за зимовку 1933-34 г.», опубликованной в Бюллетене Арктического института в 1935 г. В ней, кроме обобщения опыта организации аэрологических наблюдений вообще и в Арктике в частности, обращалось внимание на особую важность осуществления змейковых подъемов, обеспечивающих наиболее детальную и точную картину распределения метеорологических элементов, включая порывистость ветра, что было важно для обслуживания авиации и воз-

духоплавания. Здесь уместно отметить, что Молчанов все свои исследования проводил с учетом интересов практики. Основной задачей в развитии аэрологии он считал повышение эффективности обслуживания различных отраслей народного хозяйства.

Молчанов всегда работал в тесном контакте с АНИИ, консультировал наиболее важные работы по аэрологии, проводимые в Арктике.

Опубликованные П. А. Молчановым многочисленные научные работы, учебные пособия, учебники имели большое значение для подготовки специалистов различного профиля. Молчанов и сам активно участвовал в этом важном деле, в частности он вел преподавательскую работу по подготовке специалистов-аэрологов для Арктики. В 1932 г. в Павловской обсерватории, а с 1933 по 1940 г. в АНИИ были организованы специальные курсы, где преподавал П. А. Молчанов и другие специалисты ГГО. В 1939—1941 гг. П. А. Молчанов руководил аспирантскими работами в Арктическом институте. Под его руководством завершили аспирантуру А. А. Гирс, Н. Н. Шпаковский и И. Н. Шпаковский, автор данной статьи также пользовался консультациями П. А. Молчанова.

Во время Великой Отечественной войны развитие аэрологических исследований в Арктике несколько замедлилось. Однако ряд арктических станций продолжал работу, и результаты их зондирований имели важное значение при обеспечении перевозок на трассе Северного морского пути, в военных операциях и в особенности в действиях гражданской и военной авиации в полярных районах.

В послевоенные годы наметился новый, более широкий размах аэрологических работ в Арктике, в первую очередь, расширение радиозондирования атмосферы. С 1948 по 1952 г. число аэрологических станций в Арктике возросло до 19, а радиозондов было выпущено за это время 27 800, т. е. в семь раз больше, чем с 1938 по 1942 г. (3689) [2]. В эти годы уже на всех аэрологических станциях обеспечивался регулярный ежесуточный двукратный выпуск радиозондов. К этому времени были получены существенные характеристики структуры атмосферы над полярными районами, позволившие значительно уточнить имевшиеся представления о ней.

За 25 лет радиозондирования в Арктике было произведено 76 000 выпусков радиозондов [2], а к 50-летию со дня выпуска первого радиозонда в Арктике их число превысило полмиллиона, при этом выросло число станций и на многих из них с 1958 г. введено ежедневное трехкратное зондирование атмосферы. В послевоенные годы получили дальнейшее развитие исследования атмосферы над арктическими морями и Северным Ледовитым океаном. В 1946 г. большие аэрологические исследования велись на ледоколе «Северный полюс» в Восточно-Сибирском и Чукотском морях. Здесь за навигацию было выпущено 48 радиозондов и произведено более 100 подъемов метеорографа на аэростате.

С июля по октябрь 1948 г. на акваториях Баренцева и Карского морей и моря Лаптевых с ледокола «Литке» было выпущено 200 радиозондов. В большинстве случаев одновременно велись метеорологические и актинометрические наблюдения и осуществлялись подъемы метеорографа на аэростате. В отдельных случаях проводились градиентные наблюдения. Всего произведено более 170 подъемов метеорографа. Такие уникальные комплексные аэрометеорологические наблюдения были проведены в Арктике впервые. Руководство аэрометеорологическим отрядом экспедиции на ледоколе «Литке» осуществлял автор статьи.

Один из недостатков существовавшей тогда аэрологической сети заключался в том, что все станции был расположены в прибрежных районах Советской Арктики. Отсутствие наблюдений в Арктическом бассейне создавало серьезные затруднения при анализе синоптических карт, на которых огромная территория центральной части Северного Ледовитого океана представляла собой белое пятно. Все это снижало качество прогнозов погоды и затрудняло изучение общей циркуляции атмосферы и климата этого района.

Необходимость организации аэрологических наблюдений в Ледовитом океане была очевидна. Еще в 30-х годах на это обращали внимание наши выдающиеся ученые В. Ю. Визе, Б. А. Дзердзеевский и другие. Не был в стороне от организации научных дрейфующих станций П. А. Молчанов. Они отмечали, что устройство хотя бы одной станции в Центральной Арктике дало бы необычайно ценные материалы, а выпуск 10—20 радиозондов на Северном полюсе позволил бы получить исключительно важные данные для характеристики строения атмосферы, высоты тропопаузы и температуры на ее уровне. П. А. Молчанов в 1937 г. в своих выступлениях в печати приветствовал создание первой научной станции на дрейфующем льду. Вместе с тем он открыто выразил свое неудовольствие тем, что на станции отсутствовали аэрологические наблюдения. Молчанов тогда писал, что для определения температурного режима наблюдений у поверхности земли недостаточно и они должны дополняться аэрологическими наблюдениями. Последнее, по его мнению, не представляет никакого затруднения, даже для станции на Северном полюсе. Он выразил надежду, что в скором времени станция на полюсе будет не только метеорологической, но и аэрологической [10]. Пожелание Молчанова было принято во внимание Арктическим институтом при организации последующих экспедиций, начиная со станции «Северный полюс-2» под руководством известного полярного исследователя М. М. Сомова. Этому предшествовали пробные выпуски радиозондов, которые в 1948-49 г. провела в различных точках Арктического бассейна с дрейфующего льда высокоширотная экспедиция АНИИ под руководством опытного полярника Е. И. Толстикова. Тогда уже подтвердилась возможность проведения систематического радиозондирования атмосферы с дрейфующего льда. Этот опыт широко использовался при

организации аэрологических исследований на дрейфующих станциях.

В марте 1950 г. в восточной части Центральной Арктики была организована дрейфующая научно-исследовательская станция «Северный полюс-2». С апреля по октябрь 1950 г. аэрологами было выполнено 320 радиозондирований отличного качества. После небольшого перерыва, с 1954 г. в Арктическом бассейне регулярно проводят аэрологические наблюдения на двух станциях. За время существования станций выпущено более 25 300 радиозондов. На станциях работали 114 аэрологов, из которых 80 человек окончили Ленинградское арктическое училище. Первыми аэрологами на научных дрейфующих станциях были назначены ученики П. А. Молчанова: В. Г. Канаки, А. А. Ледохович, С. И. Соколов, П. Ф. Зайчиков. В организации аэрологических наблюдений в первые годы работы научных дрейфующих станций, в формировании и обеспечении оборудованием аэрологических отрядов принимала активное участие Центральная аэрологическая обсерватория ГУГМС при Совете Министров СССР.

С 1948 по 1966 г. для изучения термического режима атмосферы Арктики производилось горизонтальное и вертикальное самолетное зондирование атмосферы. С этой целью совершались полеты летающей метеорологической обсерватории, оснащенной аэрологическим оборудованием, включая термогигрометрическую установку ЛО-3, созданную в ААНИИ профессором М. И. Гольцманом. Эта установка позволяла определять в полете температуру воздуха при помощи электрического термометра сопротивления, влажность воздуха по точке росы методом темного поля и давление воздуха анероидом-высотомером. За время существования летающей обсерватории осуществлено 332 полета над всеми арктическими морями. Протяженность всех маршрутов в сумме превышала 980 500 км. Отдельные полеты достигали Северного полюса. В этих полетах участвовали В. В. Фролов, М. И. Гольцман, А. И. Воскресенский и другие. В полетах летающей метеорологической обсерватории принимали участие ученые других учреждений: П. А. Воронцов, В. Г. Морачевский, А. М. Баранов, Г. М. Забродский, Л. Т. Матвеев, А. А. Ледохович и другие. Полеты летающей метеорологической обсерватории произведены были над всеми Арктическими морями и многократно достигали Северного полюса. Во время полетов осуществлялось горизонтальное и вертикальное зондирование атмосферы. Особый интерес представляли сведения о протяженности облачных форм, их физической структуре и т. д.

Данные полетов летающей метеорологической обсерватории имели большое оперативное значение. С борта самолета они поступали в синоптическое бюро, они же использовались при составлении прогнозов различной заблаговременности.

В программе Международного геофизического года (1957-58 г.) и года Международного геофизического сотрудничества (1959-60 г.) большое место уделялось всестороннему изучению

свободной атмосферы шестого континента — Антарктиды. Гребенчатый радиозонд представил широкую возможность организовать систематическое радиозондирование атмосферы на континенте. Несмотря на необычные трудности радиозондирования в антарктических условиях, связанные в ряде мест с большими скоростями ветра и с очень низкими температурами, зондирование производилось регулярно и число дней с пропусками наблюдений оказалось за все время ничтожно малым.

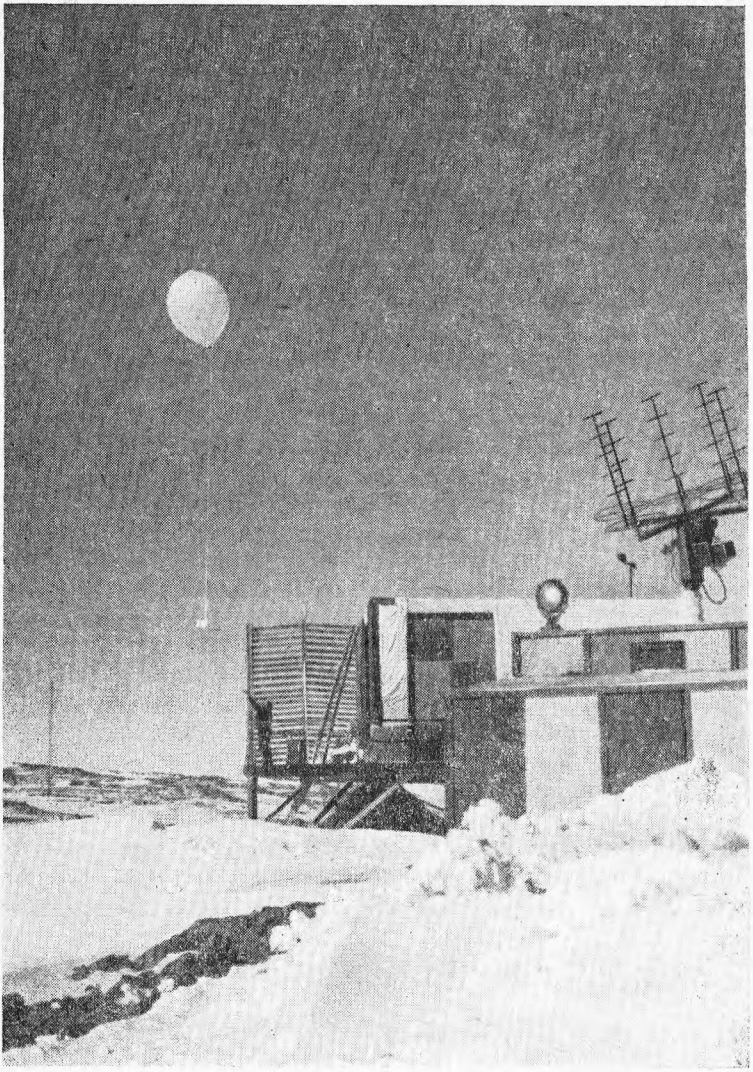
За первые 10 лет работы Советской антарктической экспедиции было выпущено более 15 000 радиозондов. А к настоящему времени их число превысило 53 000. При этом действующих аэрологических станций стало шесть.

Уже более 10 лет осуществляется радиозондирование атмосферы на научно-исследовательских судах ААНИИ «Профессор Зубов» и «Профессор Визе». Они плавают преимущественно в акваториях, прилегающих к Арктике и Антарктике. На этих судах созданы аэрологические группы высококвалифицированных специалистов-аэрологов. Например, В. И. Никонов к настоящему времени участвовал в качестве руководителя аэрологического отряда в 19 рейсах судов. Руководимая им группа занимает ведущее место среди аэрологов научно-исследовательских судов Советского Союза. В районе плавания судов уже произведено более 9 000 выпусков радиозондов.

Вот таких широких размеров достиг фронт аэрологических исследований атмосферы в полярных странах и прилегающих к ним районах за 50 лет со дня выпуска первого гребенчатого радиозонда системы П. А. Молчанова.

В 30-х годах о таком размахе аэрологических исследований в полярных странах никто и не мечтал. Развитие аэрологических исследований шло не только за счет увеличения количества выпусков радиозондов, расширения круга работ, но также и за счет того, что значительно улучшалось качество получаемых материалов, систематически повышался потолок радиозондирования. Это было связано с постоянным совершенствованием аппаратуры и техники радиозондирования, значительным улучшением методического руководства сетью и более высокой квалификацией наблюдателей, в чем большие заслуги принадлежали Главной геофизической обсерватории. В настоящее время в нашей стране важным методическим центром по аэрологии является Центральная аэрологическая обсерватория, отвечающая за организацию аэрологических наблюдений в Антарктике. Для работы в Антарктике отбираются наиболее квалифицированные аэрологи, в первую очередь имеющие опыт работы в Арктике. Большую роль в подготовке кадров аэрологов-наблюдателей для Арктики и Антарктики играет Ленинградское арктическое училище.

Развитие аэрологических исследований в Арктике и Антарктике шло не только за счет увеличения пунктов наблюдения и расширения изучаемой территории. Систематически уделялось внимание, как на всей аэрологической сети станций СССР, со-



Современная станция радиозондирования на о. Хейса (Земля Франца-Иосифа).

вершенствованию техники, методов радиозондирования и обработки наблюдений. Эти работы были тесно связаны с развитием радиоэлектроники в нашей стране.

В 1958—1961 гг. на сети полярных станций внедрена более совершенная система наблюдений «Малахит»—А-22. Значительно повысилась точность ветровых данных при внедрении дополни-

тельной приставки в 60-х годах. С 1972 г. постепенно внедряется новая более совершенная система «Метеорит»—РКЗ.

В Антарктике с первых дней организации аэрологических наблюдений и по 1973 г. применялась система радиозондирования «Малахит»—А-22; а с 1973 г. по настоящее время система «Метеорит-2»—РКЗ-5. В результате развития радиозондирования атмосферы значительно увеличилась высота зондирования, повысилась точность измерений. Так, до 1950 г. средняя высота подъема радиозонда в Арктике составляла 10—10,5 км, в 1960 г. она уже достигла 19,7 км, а в 1970—30 км. В Антарктике средняя высота подъема радиозонда равна 25—28 км. Отдельные рекордные выпуски достигают 37—38 км.

Создание электронно-вычислительной техники позволило за последние годы автоматизировать трудоемкую обработку данных радиозондирования. В Амдерминском районе в Арктике и на всех станциях Антарктики аэрологические данные передаются от нескольких пунктов зондирования по каналам телесвязи в универсальную ЭВМ, где производится их последующая обработка.

По мере накопления аэрологических наблюдений в Арктике, Антарктике, на научно-исследовательских судах все шире и глубже развивается изучение физики и характера циркуляции атмосферы полярных областей Земли. К настоящему времени уже опубликованы сотни статей, десятки фундаментальных монографий, атласы-пособия, справочники, экономический эффект от внедрения которых составляет десятки миллионов рублей. Многие исследования находятся в процессе разработки, например исследования колебаний климата полярных стран. Большие успехи одержаны со дня выпуска 30 января 1930 г. первого в мире радиозонда системы П. А. Молчанова. Он утвердил как приоритет нашей страны в изобретении современного метода зондирования атмосферы, так и передовые позиции в исследовании полярных стран.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгин И. М. Об организации регулярных змейковых наблюдений в Арктике.— Проблемы Арктики, 1941, вып. 6.
2. Долгин И. М., Фролов В. В. Двадцать пять лет исследований свободной атмосферы в Арктике.— Проблемы Арктики, 1957, вып. 1.
3. Евгенов Н. И. Змейковые подъемы на гидрографическом судне «Таймыр» во время полярной зимовки.— В кн.: Доклады, представляемые Гидрографическим управлением СССР на 1-й Геофизический съезд, созываемый Госпланом в Москве в мае 1925 г. Л., 1925, с. 35—37.
4. Евгенов Н. И. Результаты аэрологических наблюдений змейковых подъемов на гидрографическом судне «Таймыр», произведенных в 1913—1915 гг. — В кн.: Материалы аэрологических наблюдений гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана. Л., 1931.
5. Молчанов П. А. Наблюдения над шарами-пилотами на о. Диксон в 1917 г.—Зап. по гидрографии, 1921, т. 3 (44), с. 63—85.
6. Молчанов П. А. Задачи и методы исследования атмосферы в области Арктики.— Труды Второй полярной конференции. Ленинград, 18—23 июня 1928 г.— Л.: Аэроарктик, 1930, с. 51—60.

7. Молчанов П. А. Научные результаты первого арктического полета на дирижабле «Граф Цеппелин».— Бюл. Арктич. ин-та, 1931, № 9—10, с. 185—187.
8. Молчанов П. А. Аэрологические исследования на полярных станциях за зимовку 1933—34 года.— Бюл. Арктич. ин-та, 1935, № 3—4, с. 88—89.
9. Молчанов П. А. Результаты применения метода радиозондов для исследования свободной атмосферы в Арктике за 6 лет (1930—1936).— Бюл. Арктич. ин-та, 1936, № 6, с. 234—242.
10. Молчанов П. А. Роль метеорологических станций на Северном полюсе для службы погоды.— Природа, 1937, № 6, с. 22—23.
11. Соколов С. И. Автоматическая радиометеорологическая станция системы профессора П. А. Молчанова.— Советская Арктика, 1935, № 3, с. 31—33.
12. Шпаковский Н. Н. Результаты аэрологических наблюдений методом подъема метеорографа на змеях, проведенных на Ляховской аэрометеорологической станции в 1930—31 году.— Труды АНИИ, 1936, т. 39.
13. Moltchanoff P. A. Die Methode der Radiosonde und ein Vensuch ihrer Anwendung bei der Erjorschung der höheren Atmosphärenschichten in Polarugionen.— Grenlands Beitr. Z. Greophysik, 1931, Bd 34, S. 36—56.

В. М. Михель, Е. И. Русаковский,
В. И. Селицкая, Г. Г. Щукин

МЕТОД ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ ЗОНДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

Родиной метода радиозондов, 50-летие которого торжественно отмечалось в нашей стране в 1980 г., по праву является СССР. Метод радиозондов позволил впервые в мире практически в любую погоду немедленно получать по радио ценнейшую для службы погоды и других целей информацию о распределении метеорологических элементов до больших высот еще при подъеме радиозонда в атмосфере.

После исторической для аэрологии даты 30 января 1930 г.— дня первого в мире успешного выпуска гребенчатого радиозонда П. А. Молчанова в Павловской аэрологической обсерватории — последовало быстрое развитие метода радиозондов в нашей стране и за рубежом и его плодотворное внедрение в службу погоды. Весьма интересной также была идея Молчанова о «плавающем радиозонде». Этот радиозонд должен был, по замыслу автора, переноситься на какой-то выбранной высоте вместе с воздушной массой, отражая ее трансформацию [16].

Тесно связаны с методом радиозондов и другие направления использования в метеорологии радио, изобретенного еще в 1895 г. А. С. Поповым. В данном случае мы имеем в виду метод телеуправляемых зондов для быстрого и детального измерения метеорологических элементов и других параметров, характеризующих физическое состояние и свойства пограничного слоя атмосферы.

Неотложные требования воздушного транспорта к метеорологическому обслуживанию вызвали срочную необходимость технического обеспечения развития аэрометеорологических исследований пограничного слоя атмосферы, а затем и вышележащих слоев тропосферы с помощью метода радиоуправляемых моделей воздушных судов — метеорологических автоматических обсерваторий (станций) в миниатюре.

Вопрос об этом начиная с 1936 г. неоднократно поднимался одним из авторов данной работы [11], в частности в статье [12]. В указанной работе автор предлагал использовать для всестороннего аэрометеорологического исследования атмосферы три вида миниатюрных радиоуправляемых воздушных судов (модели дирижабля, самолета и вертолета) — автоматических метеорологических обсерваторий или станций, несущих различные метеорологические приборы (обычный метеорограф, радиометеорограф) и отделяющиеся от модели бумажные парашютики для измерения ветра и вертикальных движений, а также, по возможности, актинограф, приборы для измерения атмосферного электричества, взятия проб и др. Для метеорологического исследования атмосферы, подчеркивал автор статьи, большую пользу принесет и использование опыта конструирования в СССР авиамоделей, управляемых по радио.

О вышеуказанных исследованиях вот как отозвался в 1955 г. в своей книге о радиозондах известный советский аэролог В. С. Хахалин: «Успехи в области конструирования управляемых по радио моделей самолетов и других летательных аппаратов привели к возникновению и попыткам реализации проектов таких радиозондов, которые могли бы быть многократно использованы для зондирования свободной атмосферы в произвольных направлениях.

Известным в этой области является предложенный в 1945 г. советским ученым В. М. Михелем телерадиодирижаблезонд. Первые предложения использовать управляемые по радио модели за рубежом относятся лишь к концу 1947 г.» [18].

Дальнейшая разработка и первая попытка реализации на опыте метода зондирования радиоуправляемых авиамоделей с метеорографом была произведена в ГГО П. А. Воронцовым, В. М. Михелем и А. А. Эрлером в 50-х годах [5]. В этих первых испытаниях метода высота подъема радиоуправляемой метеорологической авиамодели с метеорографом достигала 130—150 м. Главными причинами такого ограничения высоты были малая мощность мотора (110 Вт) и недостаточный радиус телеуправления моделью. И все же эти первые опытные аэрологические зондирования пограничного слоя атмосферы с помощью радиоуправляемой метеорологической модели показали пригодность и перспективность этого метода для получения не только данных о давлении, температуре и влажности, но и ветре и вертикальных движениях в атмосфере (по наблюдениям в теодолит с микрометренной сеткой в окуляре за движением автоматически отде-

ляющихся от авиамодели бумажных парашютиков) и высоты нижней границы низких облаков.

К осени 1956 г. была построена новая радиоуправляемая авиамодель для метеорологических целей с более мощным специальным мотором (456 Вт), сконструированным А. Ф. Кузнецовым. Новая модель при испытании 18 ноября 1956 г. быстро набирала высоту с грузом в 0,5 кг, следовала всем сигналам командной станции и безаварийно совершала посадку почти рядом с передатчиком, но радиус телеуправления полетом оставался недостаточным.

Тем не менее из табл. 1 следует, что даже при прежнем недостаточном радиусе телеуправления (600 м) высота полета H радиоуправляемой авиамодели с метеорографом значительно возрастает благодаря увеличению при тех же погодных условиях вертикального угла δ авиамодели вследствие возрастания ее подъемной силы и скорости подъема. Иными словами, благодаря удачно сконструированному А. Ф. Кузнецовым более мощному двигателю, даже при небольшом радиусе телеуправления (600 м), радиоуправляемая авиамодель с метеорографом достигает высоты около 500 м. Разумеется, такая высота достигается при скоростях ветра не более 10—12 м/с. Дальнейший рост высоты зондирования требует, конечно, и увеличения радиуса телеуправления авиамоделью. При полете радиоуправляемой авиамодели с метеорографом и бумажными парашютиками необходимо вертикальный угол полета удерживать по возможности не менее 40°.

Таблица 1

$\delta°$	20	30	40	50	60	70
Hм	205	300	386	460	520	564

Из вышеуказанной серии первых испытательных подъемов радиоуправляемой авиамодели с метеорографом можно сделать еще один важный методический вывод: небольшая (100—300 м) высота подъемов метеорографа при достаточно чувствительных его приемниках и хорошей записи даже без использования радиометеорографа позволяет за короткий срок производить многократное аэрологическое зондирование. При хорошо организованной параллельной обработке метеорограмм после очередного спуска радиоуправляемой авиамодели и обработке данных теодолитных наблюдений за движением бумажных парашютиков, автоматически по команде с земли отделяющихся от авиамодели, время получения результатов многократных аэрологических зондирований пограничного слоя до незначительных высот будет очень небольшим. При отсутствии парашютиков их можно заменить шарами-пилотами, выпускаемыми с пункта наблюдений.

Такие многократные последовательные подъемы дадут возможность и дополнительного контроля достоверности результатов зондирования, и получения важной в научном и практическом отношении картины временных изменений метеорологических

элементов в исследуемом слое. Эти выводы подкреплены теперь рядом более высоких последующих зондирований данным методом.

Но едва ли не самым важным является в данном простейшем варианте метода возможность надежного измерения распределения метеоэлементов по высоте в приземном слое, где часто создаются сложные и даже опасные условия при взлете и особенно при посадке самолетов. Важно также определять высоты нижней границы облачности, наклонной дальности видимости (по модели) и их колебаний.

При малом радиусе телеуправления модель с метеорографом и парашютиками необходимо направлять в полете против ветра, с тем чтобы в случае отказа управления (например, по причине атмосферных помех) обеспечить в планирующем спуске приземление модели поближе к месту наблюдений.

Возрождение интереса к этому весьма перспективному методу исследований атмосферы началось в конце 60-х годов, что было обусловлено развитием авиамодельного спорта в целом и класса радиоуправляемых моделей самолетов в особенности, а также созданием новых систем радиоуправления на транзисторах. К этому времени был достигнут существенный прогресс в конструировании радиоуправляемых авиамоделей как в нашей стране, так и за рубежом [19, 20].

В 1968 г. в авиамодельной лаборатории Казанского авиационного института была построена и поднята в воздух экспериментальная радиоуправляемая модель самолета — прототип последующих носителей метеорологической аппаратуры, способная поднять метеоаппаратуру массой 0,5 кг. Вслед за ней был спроектирован, построен и испытан целый ряд моделей самолетов — носителей метеорологической аппаратуры.

Позднее, в 70-х годах, Л. Т. Алдошин, М. В. Попов и В. И. Селицкая продолжили развитие метода радиоуправляемых моделей самолета для аэрологических исследований пограничного слоя атмосферы [1—3]. Этот метод успешно развивается в отделе радиометеорологических исследований ГГО под руководством Г. Г. Щукина. В творческом содружестве с отделом над указанным в заглавии статьи вопросом продолжал работать и В. М. Михель.

Испытания радиоуправляемых моделей проводились в сентябре 1973 г. на научно-экспериментальной базе ГГО в пос. Воейково, где было выполнено 25 полетов модели. Высота полета не превышала 600—800 м. Была получена устойчивая запись всех трех датчиков метеорографа (давления, температуры и относительной влажности воздуха).

Достигнутая при ряде подъемов модели высота 1 км свидетельствует о том, что метод радиоуправляемых метеорологических авиамоделей в его современном виде позволяет обстоятельно исследовать в основном уже весь пограничный слой.

Дальнейшее развитие эти работы получили в Казанском авиа-

ционном институте под руководством Е. И. Русаковского. Здесь в 1975 г. был создан малоразмерный радиоуправляемый самолет — носитель метеорологической аппаратуры «Атмосфера-1». В процессе работы по созданию самолета-носителя «Атмосфера-1» была поставлена задача создать не просто самолет-носитель, но комплекс малогабаритной измерительно-регистрирующей аппаратуры для исследования нижних слоев атмосферы.

В последующие годы были созданы опытные образцы научно-исследовательских комплексов на базе малоразмерных радиоуправляемых самолетов — носителей аппаратуры «Атмосфера-2» и «Атмосфера-2М». С помощью этих комплексов можно проводить измерение температуры, давления и влажности на высотах до 1000 м в течение 30 мин полетного времени. Самолет-носитель «Атмосфера-2М» имеет модульную конструкцию, которая позволяет поднимать в воздух контейнеры с установленной в них различной исследовательской аппаратурой массой до 2,5 кг. Взлетная масса самолета с аппаратурой 8 кг. Взлет осуществляется с помощью стартового устройства — катапульты, посадка возможна на ограниченную площадку размерами 100×100 м.

Использование стеклопластика в качестве основного конструкционного материала существенно повышает надежность конструкции аппарата и дает возможность легко обеспечить серийное производство самолета-носителя. Созданный комплекс метеорологической аппаратуры состоит из блока датчиков, электронного блока измерительных преобразователей, бортового регистратора и блока электропитания. Суммарная масса комплекта 2,5 кг.

Предварительные испытания комплекса «Атмосфера-2М» показали, что в целом он удовлетворяет заданным требованиям и при условии некоторых доработок, направленных на повышение точности измерений и надежности, может быть использован в исследовательских программах.

В настоящее время ведутся работы по созданию нового комплекса на базе малоразмерного телепилотируемого самолета-носителя аппаратуры, который должен решать новые, более сложные задачи по исследованию атмосферы. На новом комплексе будет обеспечена установка различных комплектов исследовательской аппаратуры массой до 5 кг. Станет возможным проведение исследований в радиусе до 10 км от точки пуска на высотах до 3000 м с продолжительностью полета до 60 мин. Предусматривается передача результатов измерений исследуемых параметров атмосферы по радиоканалам на наземное регистрирующее устройство. Для обеспечения полета на большие дальности и высоту на борту самолета-носителя будут установлены системы автоматического управления и отображения пилотажной информации. На пульте управления будет отображаться полная информация о полете, позволяющая осуществлять управляемый полет самолета-носителя вне видимости с земли. Новый комплекс даст возможность проводить исследования внутри облаков.

В качестве иллюстрации данных, полученных с помощью ме-

тода радиоуправляемых авиамоделей с метеорографом, приведем некоторые результаты зондирования пограничного слоя атмосферы этим методом в Казани и в Планерском вблизи Феодосии (рис. 1, 2).

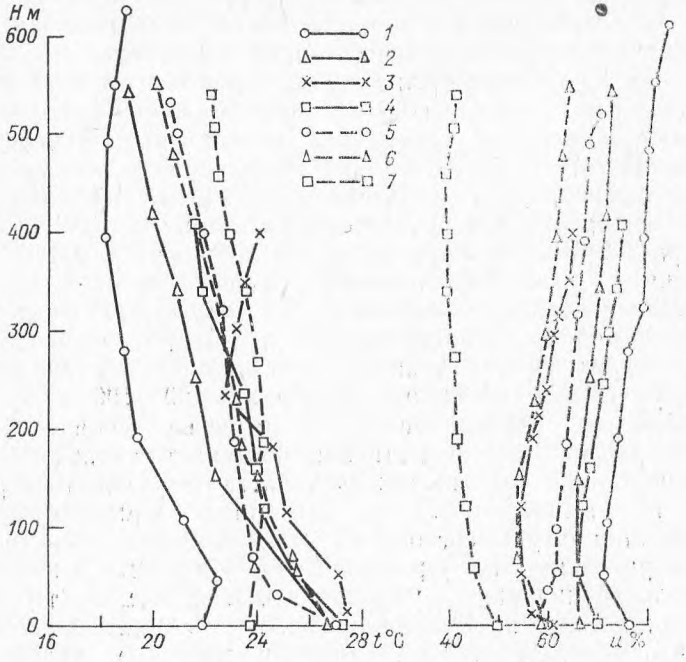


Рис. 1. Вертикальные профили температуры (t° С) и относительной влажности (u%) по данным радиоуправляемой модели с метеорографом. Казань, 27 июля 1971 г. *1*) 9 ч 32 мин; *2*) 11 ч 15 мин; *3*) 11 ч 39 мин; *4*) 13 ч 29 мин; *5*) 14 ч 03 мин; *6*) 14 ч 44 мин; *7*) 17 ч 00 мин.

Результаты зондирования в Казани, относящиеся к лету 1971 г., показывают существенное по сравнению с первыми опытными полетами в Ленинграде в 1955—1956 гг. [3] увеличение высоты подъема (до 500—700 м). Графики результатов зондирования позволяют по ряду последовательных полетов модели выяснить изменения температуры и относительной влажности по высоте и по времени. 27 июля 1971 г. с 9 ч 32 мин до 17 ч было произведено семь полетов радиоуправляемой авиамодели с метеорографом. На следующий день 28 июля выполнено еще два, также удачных полета — в 15 ч 45 мин и 16 ч 10 мин.

На рис. 1 хорошо видны изменения температуры и влажности по высоте. Для анализа временных изменений кривые t (H) и u (H) для разных полетов представлены на одном рисунке.

При четырех полетах радиоуправляемой авиамодели с метеорографом в Планерском в 1979 г. наибольшая высота подъема

Рис. 2. Вертикальные профили температуры ($t°$ C) и относительной влажности (u%) по данным радиоуправляемой модели с метеорографом. Планерское, 21—26 апреля 1979 г.

1) 21 апреля, 11 ч 58 мин; *2*) 24 апреля, 17 ч 50 мин; *3*) 25 апреля, 10 ч 55 мин; *4*) 26 апреля, 11 ч 01 мин.

достигла уже примерно 1 км (рис. 2). Для этих полетов в табл. 2 приведены метеорологические данные при выдержке метеорографа перед взлетом. Из таблицы видно, что все четыре полета авиамодели были произведены при антициклоническом режиме погоды. По рис. 2 прослеживается небольшая инверсия температуры (около 1°С), которая появилась к вечеру 24 апреля как приземная до высоты 40 м, на следующее утро она отмечалась на высоте от 50 до 100 м, а 26 апреля в 11 ч — 11 ч 30 мин увеличилась приблизительно до 1,5°С и наблюдалась на высоте от 40 до 120 м.

Таблица 2

Дата	Время взлета, ч мин	Продолжительность полета, мин	Максимальная высота, м	Наземные данные при выдержке метеорографа					
				t °С	u %	p гПа	облачность		v м/с
							количество, балл	форма	
21 IV	11 58	20	380	10,7	52	1019	8/6	Cu, Ci	5,0
24 IV	17 50	27	540	12,0	64	1026	0/0		1,2
25 IV	10 55	27	495	11,2	69	1031	0/0	Cu	2,8
26 IV	11 01	27	972	13,6	63	1035	0/0		5,4

Такая картина образования приподнятой инверсии температуры в общем согласуется с тем, что дают в указанные выше дни и часы наземные метеорологические наблюдения в Феодосии (табл. 3), которые довольно часто обнаруживают бризовую циркуляцию со свойственными ей сменой направления и усилением ветра от ночных или утренних часов (береговой бриз) к дневным (морской бриз) при установившемся антициклоническом режиме погоды с преобладанием ясного неба и слабыми ветрами. Временной ход относительной влажности у земной поверхности в общем обратен ходу температуры, он уменьшается с повышением последней в дневные часы, что при бризах несколько сглаживается.

В заключение сделаем еще несколько замечаний относительно измерения ветра на высоте с помощью данного метода. На рис. 1, 2 скорость и направление ветра на высотах не приведены, поскольку они в эти дни не измерялись. Однако, как было указано выше (подробнее см. [4, 12—14]), метод радиоуправляемых авиамоделей позволяет измерять не только давление, температуру, влажность и другие параметры, но также скорость и направление ветра на высоте. Это делается с помощью наблюдений шаропилотным теодолитом за движением бумажных парашютиков, отделяющихся от авиамодели или по команде с пульта телеуправления, или в результате перегорания бикфордова шнура, длина которого рассчитывается по известной постоянной скорости его горения (тления) и заданному времени горения. По наблюдае-

Таблица 5

Дата	Срок наблюдений, ч	t °С	u %	Облачность, балл	Ветер	
					направление, градус	скорость, м/с
21 IV	3	1,6	67	0/0	200	2
	9	6,2	60	0/0	340	1
	15	9,1	52	8/8	140	2
	21	5,3	66	0/0	0	0
24 IV	3	6,2	64	0/0	40	3
	9	11,6	61	0/0	320	2
	15	14,6	49	3/3	160	3
	21	10,3	57	0/0	230	2
25 IV	3	5,8	70	0/0	0	0
	9	11,6	58	0/0	60	1
	15	14,7	49	0/0	180	4
	21	11,0	56	0/0	200	5
26 IV	3	7,4	69	0/0	0	0
	9	14,0	48	0/0	180	2
	15	16,2	46	2/0	140	3
	21	12,1	56	4/0	100	1

мому моменту отделения парашютика от авиамодели, направляемой в полет по возможности против ветра, и по данным записи давления и температуры метеорографа определяется соответствующая этому моменту высота (H) парашютика. Последующие высоты ($H\tau$) парашютика вычисляются по формуле

$$H_\tau = H - W\tau,$$

где W — известная по эмпирическим данным скорость опускания парашютика и τ — время, протекшее от момента отделения парашютика от авиамодели.

Если теодолит имеет в окуляре макрометренную шкалу, то удаление и высота парашютика определяются значительно точнее, путем измерения по шкале угловых размеров подвесной базы, т. е. известного расстояния от зонта парашютика до нижней его метки (с грузом) и вертикального угла по теодолиту.

Предложение Л. Т. Алдошина и М. В. Попова [2] измерять скорость ветра с помощью измерения отрезков пути радиоуправляемой авиамодели, летящей по ветру и против ветра, неудачно. Таким способом, несмотря на дополнительные затраты времени и горючего, скорость ветра может быть определена лишь весьма приблизительно, так как направление ветра на высоте полета обычно не совпадает с направлением, установленным по флюге-

ру и сами измерения указанных отрезков пути авиамодели недостаточно надежны.

При отсутствии парашютиков ветер на высоте необходимо измерить по шаропилотным и радиопилотным наблюдениям по возможности незадолго до начала полета, и лучше, если при этом будет использован неоднократно проверенный, достаточно точный и испытанный на практике метод шаров-пилотов (радиопилотов) с измерением угловых разрезов диаметра шара [14, 15]. (Радиолокатором, как известно, лучше измеряется наклонная дальность до радиопилота через 1—2 мин и больше после выпуска.)

Проведенный в ГГО анализ данных экспериментальных зондирований пограничного слоя атмосферы, произведенных методом подъема метеорографа на радиоуправляемых авиамоделях, и критический учет технических возможностей и недостатков этого метода позволяет сделать следующие выводы:

1) экспериментальные подъемы метеорографа на радиоуправляемых моделях, которые уже произведены в пос. Воейково (под Ленинградом), Казани и Феодосии, позволяют обоснованно судить о строении пограничного слоя атмосферы, хотя в дальнейшем еще необходимы некоторые конструктивные доработки метода;

2) высота зондирования атмосферы, в основном уже доступная данному методу, составляет около 1 км, и имеются реальные основания ожидать в ближайшее время повышения потолка таких аэрологических зондирований до высоты 2—3 км;

3) подъемы метеорографа на радиуправляемых авиамоделях желательно производить не изолированно, а по возможности в комплексе с другими методами исследования пограничного и более высоких слоев атмосферы [6—9, 11—15, 17]. Это позволяет полнее и разностороннее производить аэрологическое исследование атмосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдошин Л. Т. Усовершенствованный вариант беспилотного радиоизмерительного комплекса для аэрологических измерений.— Труды ГГО, 1975, вып. 328, с. 166—178.

2. Алдошин Л. Т., Попов М. В. Радиоуправляемый и измерительный комплекс для аэрологических исследований пограничного слоя атмосферы.— Труды ГГО, 1974, вып. 309, с. 78—90.

3. Алдошин Л. Т., Попов М. В., Селицкая В. И. Некоторые результаты полевых испытаний радиоуправляемого измерительного комплекса для аэрологических исследований пограничного слоя атмосферы.— Труды ГГО, 1974, вып. 309. с. 91—96.

4. Воронцов П. А. Методы аэрологических исследований пограничного слоя атмосферы.— Л.: Гидрометеоиздат, 1961.— 224 с.

5. Воронцов П. А., Михель В. М., Эрлер А. А. Использование радиоуправляемых авиамоделей для аэрологических исследований нижних слоев атмосферы.— Труды ГГО, 1958, вып. 73, с. 107—115.

6. Воронцов П. А., Щукин Г. Г. Современные методы аэрологических исследований пограничного слоя атмосферы: Обзор.— Обнинск, 1974.— 29 с.

7. Зайцев Н. А., Шляхов В. И. Аэрология.— Л.: Гидрометеоиздат, 1978.— 288 с.
8. Захаров В. М., Костко О. К. Метеорологическая лазерная локация.— Л.: Гидрометеоиздат, 1977.— 222 с.
9. Калиновский А. Б., Пинус Н. З. Аэрология: ч. 1.— Л.: Гидрометеоиздат, 1961.— 518 с.
10. Лабунская Л. С. О бризах Черноморского побережья.— Труды УкрНИГМИ, 1961, вып. 23.
11. Михель В. М. Метод уравновешенных зондов для исследования облаков.— Климат и погода, 1936, № 4, с. 3—6.
12. Михель В. М. О методах зондирования атмосферы.— Метеорология и гидрология, 1947, № 1, с. 82—84.
13. Михель В. М. О методах измерения высоты облаков нижнего яруса.— В кн.: Исследование облаков, осадков и грозового электричества. Л.: Гидрометеоиздат, 1957.
14. Михель В. М. Вопросы методики шаропилотных наблюдений, их обработка и практическое применение.— Л.: Гидрометеоиздат, 1959.— 227 с.
15. Михель В. М., Муромова Г. А. Исследование изменчивости ветра в нижнем километровом слое атмосферы.— Труды ГГО, 1971, вып. 283, с. 102—109.
16. Молчанов П. А. Методы исследования свободной атмосферы.— 2-е перераб. и доп. изд.— Л.; М.: ОНТИ, 1936.— 264 с.
17. Степаненко В. Д. Радиолокация в метеорологии.— Л.: Гидрометеоиздат, 1973.— 346 с.
18. Хахалин В. С. Радиозонды.— Л.: Гидрометеоиздат, 1955.— 76 с.
19. Konrad T. G. e.a. A small radio-controlled aircraft as a platform for meteorological sensors.— »APLTeh.» »Digest», 1970, vol. 10, N 2.
20. Simprop Electronic, katalog 1973 Harsewinkel.

А. С. Коровченко

О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ П. А. МОЛЧАНОВА В ОБЛАСТИ АЭРОНАВИГАЦИИ И МЕТЕООБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИИ

Метеорологическая обстановка имеет большое, иногда решающее значение в работе авиации. С задачами по обслуживанию авиации и с ее требованиями к метеорологии будущий изобретатель радиозонда П. А. Молчанов соприкоснулся с первых шагов своей научной деятельности и затем занимался этими вопросами на протяжении всей жизни. Волею случая Молчанов, молодой солдат, в 1915 г. оказался в Воздушной дивизии Балтийского моря, был зачислен в подразделение, обслуживающее полеты морских самолетов. Затем был направлен для прохождения стажировки в Главную физическую обсерваторию (ГФО) в отделение Ежедневного бюллетеня погоды, которое впоследствии называлось Бюро погоды. Начало работы П. А. Молчанова в ГФО, бывшей в то время центральным метеорологическим учреждением России, определило всю его дальнейшую научную деятельность.

Ко времени появления авиации метеорологи уже имели опыт

обеспечения воздухоплавательных подразделений, в которых были созданы метеорологические станции для ведения наземных метеонаблюдений с офицером во главе. Станции имели метеорологическое оборудование и вели работу согласно «Инструкции данной Императорской Академией наук в руководство метеорологическими станциями.»

Отметим, что впервые вопрос об организации метеорологических станций в воздухоплавательных подразделениях и производстве наблюдений за температурой воздуха и направлением ветров был поставлен 12 марта 1886 г. на заседании комиссии по применению воздухоплавания, голубиной почты и сторожевых вышек к военным целям. В журнале заседаний комиссии записано: «Комиссия постановила выписать отчеты Физической обсерватории и ввести в инструкцию занятий воздухоплавательных частей правила для производства наблюдений силы (скорости) и направления ветров по возможности на различных высотах» [1]. Однако определение направления и скорости ветра по высотам вошло в практику значительно позже, в начале XX в., когда стало ясно, что для повышения качества прогнозов погоды синоптической карты недостаточно, необходимо привлекать и сведения о ветре по высотам. С другой стороны, росли требования авиации, которой также были необходимы данные о ветре по высотам. Это и обусловило развитие методов получения и использования данных по высотам. В это время во многих обсерваториях начали производить шаропилотные наблюдения. В Павловске опытные выпуски шаров-пилотов были произведены в 1907 г. при участии В. В. Кузнецова, Д. Ф. Нездюрова, Н. Н. Калитина.

Летом 1911 г. по просьбе Воздухоплавательной школы Петербурга в Павловской обсерватории велись систематические шаропилотные наблюдения для обеспечения полетов данными о ветре. В течение нескольких месяцев здесь было выпущено 70 шаров-пилотов. «Период 1911—1917 гг. в русской и зарубежной аэрологии прошел под знаком развития наблюдений за ветром и движением атмосферы. Этому способствовало буроное развитие авиации. Кроме того, аэрологов всегда привлекала возможность использования данных о ветре в свободной атмосфере для улучшения прогноза погоды,»— так оценивает развитие аэрологии того периода известный историк метеорологии А. Х. Хргиан [19].

Созданное с началом 1-й мировой войны Главное военно-метеорологическое управление (Главмет) под руководством директора ГФО академика Б. Б. Голицына провело большую организационную работу по налаживанию наблюдений на фронтах, сбору и распространению данных. Работами по метеорологическому обеспечению авиации на фронтах руководил А. А. Фридман, создавший службу аэронавигации и глубоко знавший в то время состояние дел по обеспечению авиации на фронте.

Самым опасным метеорологическим элементом для авиации того периода, особенно для взлета и посадки, был ветер, а с началом боевых действий, когда самолеты начали использоваться

для бомбометания и разведки, и данные о ветре по высотам стали крайне необходимы. С этой целью на фронте в ротах, обслуживающих авиаотряды, были созданы аэронавигационные станции, работой которых руководила Центральная аэронавигационная станция (ЦАНС), созданная в 1916 г. в Киеве в Управлении авиации. ЦАНС подготовила ряд руководящих документов по обеспечению авиации, обучала кадры для авиации, ведала вопросами поверки аэронавигационных и аэрологических приборов и являлась первым центром аэронавигации в России.

П. А. Молчанов, проходя службу в авиации и будучи связанным с ГФО, оказался у истоков метеорологического обеспечения авиации, когда аэрология переходила от простого накопления материала к обобщениям в использовании этого материала. В это время он пишет свои первые работы «Некоторые простейшие соотношения между изменениями погоды и характером распределения ветра по высотам» и «Применение данных исследования атмосферы для предсказания погоды», опубликованные в Киеве в 1916 г., вероятно, не без помощи А. А. Фридмана, неоднократно приезжавшего с фронта в Петроград в годы войны. Фридман потом высоко оценит работу Молчанова по аэронавигации, появившуюся в первые годы Советской власти.

Деятельность П. А. Молчанова в области аэронавигации в Воздушной дивизии началась в тот период, когда обязанности летчика в кабине самолета настолько усложнились, что для выполнения задания оказалось необходимым не только уметь управлять машиной, но и знать атмосферные условия на маршруте полета и уметь их преодолевать, точно определять свое местоположение, вести учет скорости относительно воздуха, учитывать положение самолета относительно земной поверхности, знать и учитывать магнитный курс самолета. Тогда в авиации в помощь летчику была введена должность аэронавигатора, в обязанность которого входило «производить все необходимые для совершения полета измерения, вычисления, построения» [12].

Первыми приборами в самолете были высотомер, основанный на принципе зависимости давления от высоты, т. е. анероид, и компас. Естественно, что метеорологи стали первыми аэронавигаторами в частях, так как они обучали летчиков использованию этих приборов и поверяли эти приборы (кстати, все аэронавигационные приборы до 1929 г. проверялись в бюро проверки ГФО). Таким образом, Молчанов стал аэронавигатором. Уже в период стажировки в ГФО он читал лекции по аэрологии добровольцам — летчикам авиационных отрядов, готовившихся к отправке на фронт [16]. В этот же период Молчанов применил разработанный им метод для обслуживания Балтийской воздушной дивизии и впервые организовал там «службу предупреждения о погоде» [17]. Тогда же он начал использовать шаропилотные данные для прогнозов погоды.

На молодого аэролога обращает внимание Б. Б. Голицын

и вводит его в состав редакционного комитета по написанию пособия для летчиков и воздухоплавателей, изданного в 1917 г. [15]. В состав комитета, кроме П. А. Молчанова, входили ученые Б. П. Мультановский, Д. Ф. Нездюров, Н. В. Розе и П. П. Семенов-Тян-Шанский. Предисловие к книге написал А. А. Фридман. Из 12 глав книги 5 глав написаны Молчановым. Среди них выделяется глава IV «Исследование воздушных течений методом шаров-пилотов». В ней Молчанов указывает на важность метода шаров-пилотов в исследовании воздушных течений свободной атмосферы. Он пишет: «Данные, получаемые этим способом, находят за последнее время широкое применение как в практике предвидения погоды, так и в практике авиации. Можно думать, что уже в ближайшем будущем исследования распределения по высотам ветра займут одно из первых мест в ряду тех наблюдений, которыми обслуживаются современная метеорология».

Характерной чертой деятельности П. А. Молчанова было стремление использовать полученные данные в прикладной, или, как тогда называли, практической метеорологии, куда относилась и авиационная метеорология. Он был инициатором, сторонником и пропагандистом всех методов исследования свободной атмосферы: шаров-пилотов, шаров-зондов, других методов зондирования атмосферы, он внес большой вклад в разработку аэрологических приборов: змейковых, зондовых, самолетных метеорографов и средств их поднятия, и наконец, создал радиозонд. Методам исследования атмосферы он посвятил 3 книги и свыше 50 статей. Атмосферные процессы и происходящие в атмосфере явления погоды Молчанов всегда рассматривал во взаимосвязи с их влиянием на полет самолета. Такой подход к изучению атмосферы, отмеченный А. А. Фридманом, характерен для большинства книг и статей П. А. Молчанова. Так, в одном из главных своих трудов он пишет: «При изложении отдельных явлений последние рассматривались главным образом с точки зрения воздушного транспорта» [10]. Говоря об областях применения аэрологии, Молчанов делает вывод о том, что наиболее важной областью приложения науки об атмосфере является воздушный транспорт [5].

Знание законов атмосферы и атмосферных условий полета важно, отмечал Молчанов, не только для увеличения эффективности воздушного транспорта, но и для безопасности полета.

Очень важным в работе метеорологов он считал исследование атмосферы для составления прогнозов погоды. Этому вопросу Молчанов посвятил монографию «Аэрология в применении к синоптической метеорологии», вышедшую в Гидрометеоиздате в 1938 г. и явившуюся первой серьезной работой по использованию аэрологических данных. Аэрология должна представлять синоптику точные и полные данные о состоянии атмосферы: «Совершенно ясно, что составлять прогноз, не зная, что в данный момент происходит в атмосфере, так же бессмысленно, как для

врача делать заключение о состоянии больного, не произведя выслушивания и исследования внутреннего состояния организма. Однако исследовать свободную атмосферу значительно труднее, чем человека [12].

Трудами и заботами П. А. Молчанова, заведующего Павловской аэрологической обсерваторией, а затем директора Института аэрологии была создана аэрологическая сеть СССР, благодаря которой мы имеем теперь ежедневные аэрологические данные по высотам за два срока, что позволяет авиаметеорологическим станциям давать сведения об условиях полетов на больших высотах и прогнозы погоды по авиатрассам.

Проблема применения аэрологических данных в службе погоды была впервые, по словам П. А. Молчанова, поставлена начальником Главмета Б. Б. Голицыным в 1915 г. В те годы аэрологи имели совершенно разрозненные, случайные исследования распределения ветра в атмосфере и только при ясной погоде. В 1937 г. сеть радиозондирования имела уже 25 пунктов, которые ежедневно проводили одноразовое радиозондирование атмосферы, а единственная точка на земле — аэрологическая станция Института аэрологии дважды в сутки выходила в эфир для получения данных по высотам. Сегодня только в СССР количество аэрологических станций превысило 200, а во всем мире их свыше 1000.

Есть одна область науки, в которой П. А. Молчанов очень много сделал, но деятельность его мало освещена. Это аэронавигация, наука о методах и средствах вождения летательных аппаратов. В настоящее время воздушная навигация имеет разнообразные технические средства — геотехнические, радиотехнические, астрономические и светотехнические, позволяющие определить навигационные элементы: курс, угол сноса, путевой угол, воздушную и путевую скорость, высоту полета и координаты местонахождения. Первым учебником по аэронавигации была книга П. А. Молчанова «Методы и приборы современной аэронавигационной службы», вышедшая в 1924 г. в издательстве Института инженеров путей сообщения. Книга была высоко оценена одним из создателей аэронавигации в России директором ГФО профессором А. А. Фридманом в рецензии, помещенной в «Вестнике воздушного флота» (1924 г., № 6—7, с. 81).

А. А. Фридман отмечает, что книга Молчанова является первым учебником по аэронавигации, что автор, подробно останавливаясь на влиянии и значении разного рода атмосферных явлений для полета аэроплана, использует свой опыт в области аэронавигационной службы.

Советская авиация быстро развивалась. Усложнялось оборудование самолетов и средств самолетовождения. В 1934 г. П. А. Молчанов опубликовал книгу «Методы и приборы аэронавигационной службы», выпуск 1, в которой излагались вопросы измерения высоты, скорости самолета относительно возуха, измерения скорости вращения вала мотора и определения продоль-

ного и поперечного наклона самолета и кривизны пути [8]. В следующих выпусках автор намечал изложить вопросы определения курса самолета и теорию самолетовождения. Однако выход последующих выпусков не состоялся. В 1937 г. Молчанов издает «Курс аэронавигации» [10]. Об издании этой книги и о работе Института аэрологии он рассказывает в журнале «Вестник знания» (1937, № 2), в рубрике «Ученые за работой»: «В области аэронавигации моя работа последнего года заключается в основном в составлении курса аэронавигации для инженеров и студентов высших учебных заведений. В настоящее время эта книга находится в печати». П. А. Молчанов читал курс аэронавигации студентам Ленинградского института инженеров гражданского воздушного флота, в котором он работал с момента его образования. В то время это был один из основополагающих трудов по аэронавигации.

В «Курсе аэронавигации» Молчанов впервые в аэронавигационной литературе много внимания уделяет исследованию теории девиационных ошибок на самолете и теории ошибок при использовании различных приемов навигации. Как конструктор аэрологических и аэронавигационных приборов, имеющий опыт эксплуатации приборов в различных климатических условиях (в том числе и в Арктике) и на больших высотах (свыше 30 км), Молчанов знал цену надежности и ставил требование к надежности показаний приборов на первое место среди других требований, поэтому он подробно излагал и методику испытаний приборов. Как физик атмосферы он трактовал вопросы надежности с учетом влияния широкого диапазона температур (от +50 до —60° С) и больших перепадов атмосферного давления. Зная, что при размещении приборов в кабине самолета конструкторы ведут борьбу за снижение их массы и уменьшение размеров, он всегда обращал внимание на массу, форму и габариты будущих приборов. Он следил за успехами советской авиации, гордился мировыми достижениями наших летчиков — В. П. Чкалова, Г. Ф. Байдукова, А. В. Белякова, М. М. Громова. Как аэронавигатор он знал трудности полета в ночное время, над морем, в горах, в Арктике [10]. Поэтому он высоко ценил блестящие достижения экипажа, перелетевшего через Северный полюс. В своей статье [11] он тщательно анализирует метеорологические условия полета и как создатель радиозонда с гордостью приводит данные радиозондирования в Бухте Тихой, полученные прибором его системы и использованные экипажем при перелетах в условиях сурового Севера, а также при высадке папанинцев на станции «Северный полюс».

П. А. Молчанов принимает также участие в разработке карты для гражданского воздушного флота [14]. Он занимается вопросами метеорологического обеспечения аэрофотосъемки и на 1-м Всесоюзном совещании по аэрофотосъемке в июне 1929 г. в Ленинграде выступает с докладом «Аэрологические условия аэросъемки», в котором формулирует требования аэрофотослужбы

к метеорологическим условиям и особенности учета этих условий [4].

Широко известны конструкторские работы П. А. Молчанова. Крупнейшей из них является создание радиозонда. История создания радиозонда изложена самим Молчановым [5, 13], а впоследствии его ученицей, длительное время работавшей в Аэрологической обсерватории, Е. С. Селезневой [17] и другими авторами [2, 3, 19]. А вот работы П. А. Молчанова по созданию автоматических радиометеостанций слабо отражены в литературе. Эти работы велись фактически параллельно с созданием радиозонда. Но окончательно разработкой станции ученый занялся после создания и удачного запуска радиозонда [13].

Радиозонд, предназначенный для разового действия, естественно, не решил задачу получения сведений о погоде из районов Арктики и труднодоступных горных районов. Нужна была станция, работающая месяцами и даже годами без обслуживания, передающая данные о погоде автоматически по радио. Разработка такой станции была закончена П. А. Молчановым в 1932—1933 гг. Она получила название автоматическая радиометеорологическая станция (АРМС). Это была первая в мире автоматическая метеостанция [2, 3, 6].

Одна из этих станций, измерявших температуру, направление и скорость ветра, была доставлена летом 1933 г. на Землю Франца-Иосифа. В сентябре 1933 г. аэролог зимовки С. И. Соколов установил ее в Бухте Тихой [18]. Вторая станция, измерявшая только направление и скорость ветра, была установлена 4 сентября 1933 г. на Памире на высоте 6900 м альпинистами 29-го отряда Таджикско-Памирской экспедиции, организованной Академией наук СССР [2].

Станция состояла из трех блоков: метеоблока (основного), куда входили электрический генератор и датчики температуры и ветра, радиопередатчика мощностью в несколько ватт, помещенного в металлический кожух и закрепленного на мачте, и антенно-мачтового устройства, представляющего собой горизонтальную антенну с противовесом на двух столбах высотой 6 м. В основной блок входил ветроагрегат, состоявший из деревянного двухлопастного винта, который одновременно являлся и приемником скорости ветра, редуктор и генератор постоянного тока. Блоки станции весили по 15 кг. Время, необходимое для приема полной серии сигналов, составляло от 5 до 15 мин в зависимости от скорости ветра. Станция начинала работу при ветре около 7 м/с. Чувствительным элементом датчика температуры служила биметаллическая пластинка, точность измерения температуры составляла около 1° С. Маломощный радиопередатчик и навесная антенна не позволяли принимать сигналы станции на расстоянии более 40—50 км.

Станция, установленная в Бухте Тихой, проработала около шести месяцев. В конце марта 1934 г. ветроагрегат станции был серьезно поврежден и ее испытания были прекращены. Осенью

1935 г. была установлена еще одна станция конструкции П. А. Молчанова в районе Бухты Тикси. Во время пурги 18—20 декабря 1935 г. при скорости ветра 25 м/с был поврежден основной блок станции. После ремонта и переноса на новое место станция проработала недолго, а затем в связи с повреждением ветроагрегата испытания ее были прекращены [18]. Молчанов придавал большое значение созданию автоматических радиометеорологических станций и подчеркивал, что это первая в мире такая станция. Это признавали и за рубежом. Однако Молчанов знал и недостатки своей станции: невысокая надежность всей системы и особенно контактов, кратковременность действия, громоздкость. Он продолжал работать над улучшением станции. В феврале 1937 г. он писал: «В области приборостроения я занимаюсь в настоящее время разработкой автоматической метеорологической радиостанции, работающей без наблюдателя. Первая такая станция моей системы, оказавшаяся и первой в мире, была построена еще в 1932 г. и затем испытана на Земле Франца-Иосифа. Однако, разумеется, первая модель такой станции была далека от совершенства, хотя и дала удовлетворительные результаты при испытании. В настоящее время мне удалось разработать систему контактов такой станции, происходящих без доступа кислорода и, следовательно, свободных от окисления. На этом же принципе строится в настоящее время прибор для измерения скорости и направления ветра с передачей его данных по одному проводу или по радио» [9]. Очевидно, П. А. Молчанов имел в виду дистанционный анеморумбометр. Прибор был изготовлен и эксплуатировался. Вместо десятижильного в нем использовался двужильный кабель. Для того времени это было большое достижение. Многожильность используемых в метеорологических приборах кабелей является недостатком даже современных приборов. Однако оригинальный прибор Молчанова не получил распространения по причине неудобств, возникающих при снятии показаний.

Будучи постоянно связанным с авиацией, П. А. Молчанов видел, как со временем повышаются требования к обеспечению полетов, и поэтому в своих работах обращал внимание не только на повышение уровня технических средств исследования свободной атмосферы, но и на разработку наземной аэродромной метеорологической аппаратуры для обеспечения самых ответственных элементов полета — взлета и посадки. Так, в 1934 г. он отмечает, что данные о состоянии погоды должны сообщаться в любой момент, особенно при полетах в сложных условиях [6]. Для этого необходимо разработать «автоматическую метеорологическую станцию, которая бы подавала радиосигналы о состоянии погоды непрерывно в определенные моменты, заранее установленные, или по вызову со стороны», и он предлагает проект автоматической станции для метеорологической службы воздушного флота. Станция предназначалась для автоматического измерения и передачи температуры воздуха, влажности, атмосферного

давления, скорости и направления ветра, что особенно важно в сложных метеорологических условиях: при низкой облачности, осадках, тумане, сильном ветре. Для передачи данных о температуре, влажности и давлении Молчанов использовал принцип, реализованный им в радиозонде. В проекте станции было предусмотрено использование оригинального датчика наличия облачности, работающего на принципе зачерненного термографа: при отсутствии облачности в дневное время показания зачерненного термографа должны быть выше, чем контрольного, а в ночное время — несколько ниже, вследствие излучения. Отметим, что современные метеостанции до сих пор не имеют датчика облачности, что не позволяет и сейчас решить задачу измерения этого важнейшего для обеспечения авиации метеорологического элемента.

В это же время П. А. Молчанов разработал анеморумбограф для аэродромных метеорологических станций [7]. Прибор предназначался для измерения и регистрации направления, скорости и порывистости ветра. Молчанов, зная требования к аэродромному анеморумбографу, опережает время и разрабатывает прибор, измеряющий среднее и мгновенное значения скорости ветра. В описании прибора отмечается его достоинство — измерение мгновенных значений скорости ветра, имеющих важное значение для характеристики условий взлета и посадки. Молчанов не дает определения средней скорости ветра, и остается неясным, каков период и способ осреднения скорости. Мгновенную скорость Молчанов определяет как скорость ветра, измеренную за 3—4 с. Важен сам факт, что Молчанов считал необходимым измерять как среднюю, так и мгновенную скорость ветра. И не вина Молчанова, что ему не удалось это реализовать. Такой прибор был построен только через 30 лет — это анеморумбограф типа М-64. Средняя скорость ветра в нем определяется за 10 мин, мгновенная — за 2—4 с.

Подводя итоги деятельности П. А. Молчанова в области аэронавигации и метеорологического обеспечения, можно сказать, что заслуги его в этой области немалые. Он впервые разработал автоматические телеметрические станции для дистанционного измерения метеорологических величин, положив тем самым начало новой эпохе в метеорологии — эпохе электрорадиотехники. Это был этап в советском метеорологическом приборостроении. Постепенно аппаратура совершенствовалась. Были разработаны такие станции, как АРМС-1, АРМС-2, АРМС-3, унифицированная телеметрическая станция УАТГМС, автоматическая станция КРАМС, позволившие поставить задачу комплексной автоматизации гидрометеорологической службы.

П. А. Молчанов уделял внимание в своих исследованиях не только измерению значений метеорологических элементов, но и организации службы погоды и сбору данных погоды, а также и службе штормовых оповещений для целей авиации. Для оповещения об опасных атмосферных явлениях он предлагал исполь-

зовать радио и телеграф, а в условиях обширной территории СССР для своевременного предупреждения о смещениях опасных явлений создать местные бюро погоды.

П. А. Молчанов уделяет большое внимание в своих исследованиях условиям полетов в облаках — обледенению, болтанке, видимости в облаках. Он исследует условия полетов в кучевых и кучево-дождевых облаках; занимается вопросами измерения нижней границы облаков на аэродромах методом шаропилотных и аэростатных наблюдений, а также расчетным путем в зависимости от влажности у земли, и вопросами определения верхней границы облаков.

Профессор П. А. Молчанов видел перспективы развития авиации как одного из основных видов транспорта и ратовал за широкое применение аэрологических данных в обеспечении воздушного транспорта. Молчанов придавал большое значение использованию радио и автоматических приборов в метеорологии, имея в виду оперативное обслуживание народного хозяйства, он был одним из первых авторов учебников по аэронавигации и конструктором ряда приборов для обеспечения авиации, а его работы развивали его ученики и другие ученые.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воздухоплавание и авиация в России до 1907 г.: Сб. документов и материалов.— М., 1956.— 318 с.
2. Горелейченко А. Н. АТМС передает погоду.— Л.: Гидрометеоиздат, 1972.— 144 с.
3. Маклаков А. Ф., Ефремычев В. И., Хоменко Я. М. Очерки развития отечественного гидрометеорологического приборостроения.— Л.: Гидрометеоиздат, 1976.— 240 с.
4. Молчанов П. А. Аэрологические условия аэросъемки. Материалы Первого Всесоюз. совещания по аэросъемке. Ленинград, 14—16 июня 1929 г. Л., 1930, с. 56—78.
5. Молчанов П. А. Аэрология.— М.: Гострансиздат, 1931.— 343 с.
6. Молчанов П. А. Автоматическая станция для аэрометеорологической службы воздушного флота.— В кн.: Труды секции аэрологии и аэронавигации. Л., 1934, с. 3—5.
7. Молчанов П. А. Анеморумбограф для аэродромных аэрометеорологических станций.— В кн.: Труды секции аэрологии и аэронавигации. Л., 1934, с. 5—8.
8. Молчанов П. А. Методы и приборы аэронавигационной службы. Вып. 1. Измерение высоты, скорости относительно воздуха и кривизны полета.— Л.; М.: Госмаштехиздат, 1934.—143 с.
9. Молчанов П. А. Институт аэрологии.— Вестник знания, 1937, № 2, с. 61—63.
10. Молчанов П. А. Курс аэронавигации.— Л.; М.: ОНТИ, 1937.— 383 с.
11. Молчанов П. А. Полеты советских самолетов через полюс в Америку в 1937 г.— Природа, 1937, № 12, с. 59—64.
12. Молчанов П. А. Советская аэрология на службе народного хозяйства за 20 лет.— Природа, 1937, № 10, с. 50—56.
13. Молчанов П. А. Методы исследования свободной атмосферы.— 3-е изд.— Л.; М.: Военмориздат, 1941.— 339 с.
14. Молчанов П. А., Воронцов П. А., Яковлев В. Л. Проект полетной карты.— В кн.: Труды секции аэрологии и аэронавигации. Л., 1934, с. 16—20.

15. Основные сведения по аэрологии и синоптической метеорологии для летчиков и воздухоплавателей/Вступление А. А. Фридмана.— Пг., 1917.
16. Отчет о деятельности ГФО и подведомственных ей учреждений за 1916 год. Ч. 1.— Пг., 1917, с. 55.
17. Селезнева Е. С., Тудоровская Е. А. Молчанов — выдающийся советский аэролог.— Л.: Гидрометеоиздат, 1958.— 103 с.
18. Соколов С. И. Автоматическая радиометеорологическая станция системы профессора П. А. Молчанова.— Советская Арктика, 1935, № 3, с. 31—33.
19. Хргиан А. Х. Очерки развития метеорологии.— Л.: Гидрометеоиздат, 1959.

ДАТЫ ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ П. А. МОЛЧАНОВА

6 (19) февраля 1893 г.— родился в с. Волосово Тверской губ. (в настоящее время Ленинградской области) в семье священника.

1910 г.— сдал экзамены на аттестат зрелости в Ржевской мужской гимназии; поступил в Московский университет на математическое отделение физико-математического факультета.

1912 г.—перевелся на физико-математический факультет Петербургского университета.

1914 г.— окончил Петербургский университет, получил диплом 1-й степени.

1914-15 г.— преподавал физику в Баталпашинской мужской гимназии.

1915 г.— призван на военную службу и зачислен в Воздушную дивизию Балтийского моря; направлен в ГФО — сначала в Аэрологическую обсерваторию для ознакомления с наблюдениями.

1916 г.— направлен в отделение Ежедневного бюллетеня ГФО для прохождения синоптической практики.

Опубликована первая научная работа «Некоторые простейшие соотношения между изменениями погоды и характером распределения ветра по высоте» (Киев, 1916).

1917 г.— откомандирован в Воздушную дивизию Балтийского моря, где получил задание организовать аэронавигационную службу.

1916—1917 гг.—по заданию директора ГФО акад. Б. Б. Голицына участвовал в составлении учебного пособия для летчиков и воздухоплавателей.

1918 г.—после демобилизации поступил на работу в Аэрологическую обсерваторию; занимался восстановлением прерванных работ змейкового отделения.

1919 г.— назначен и. о. заведующего Аэрологической обсерваторией после перебазирования ее из Онтолова в Павловск.

1920 г.— утвержден заведующим Аэрологической обсерваторией.

1920—1921 гг.—занимался усовершенствованием метеорографа для шаров-зондов (для вращения барабана импортный часовой механизм заменен пропеллером).

1921 г.— начинает преподавательскую деятельность на факультете воздушных сообщений в Институте инженеров путей сообщения.

1921—1922 гг.— занимался разработкой теории и введением в практику Аэрологической обсерватории метода базисных наблюдений за шарами-пилотами (базисные шаропилотные наблюдения регулярно велись в Павловске с 1922 по 1941 г.).

1922 г.— построен прибор «круг Молчанова» для обработки шаропилотных наблюдений.

1922—1923 гг.— сконструированы змейковый и самолетный метеорографы.

1923 г.— начаты опытные самолетные зондирования с применением метеорографа системы Молчанова.

1923 г.— начата разработка радиометеорографа (радиозонда).

1924 г.— занимался исследованиями Черноморских бризов в Крыму. Вышла в свет первая книга по аэронавигации.

1925 г.— участвовал в Международной конференции по исследованию высоких слоев атмосферы в Лондоне (11 апреля — 13 мая); на обратном пути посетил Линденбергскую и Потсдамскую обсерватории.

Выступил с докладом о передаче данных на расстояние (по проводам и радио) на 1-м Всесоюзном геофизическом съезде в Москве (16—29 мая).

1926 г.— утвержден в звании действительного члена ГГО (соответствует званию профессора). Вышла книга «Методы исследования свободной атмосферы».

1927 г.— разработал и запатентовал принципиальную схему хронометрического радиозонда.

Участвовал в Лейпцигской Международной конференции по исследова-

нию высоких слоев атмосферы; прочел четыре доклада, один из них о хронометрическом радиометеорографе.

1928 г.— выступил с докладом и демонстрировал опытный экземпляр хронометрического радиометеорографа на 2-й Полярной конференции в Ленинграде (18—23 июня).

23—29 июня — поездка в составе комиссии общества «Аэроарктика» в Мурманск для определения возможности создания северной базы для дирижабля (постройки причальной мачты).

11—25 октября — поездка в Берлин на Международную выставку воздушного транспорта, где экспонировался опытный экземпляр хронометрического радиозонда.

1929 г. — завершена разработка гребенчатого радиозонда.

30 января 1930 г.— успешный запуск первого в мире радиозонда.

1930 г.—выступал на Первой конференции Международной комиссии 2-го МПГ, проходившей в Ленинграде, с докладами «Методы исследования атмосферы в полярных странах» (при этом демонстрировался уже неоднократно выпущенный гребенчатый радиозонд), «Проект программы исследований высоких слоев атмосферы в течение 2-го МПГ».

1931 г.— в январе осуществил экспедицию в с. Полярное (под Мурманском) для выпуска радиозондов в условиях полярной ночи.

Участвовал в арктическом научно-исследовательском полете дирижабля «Граф Цеппелин» (24—30 июля). Дважды выезжал в Германию (в связи с подготовкой к полету и при обработке результатов аэрометеорологических наблюдений и составлении отчета).

Вышло в свет первое издание книги «Аэрология».

Назначен заведующим кафедрой аэронавигации в Институте инженеров гражданского воздушного флота, образованном на базе факультета воздушных сообщений Института инженеров путей сообщения.

1932 г.— разработал и запатентовал радиозонд на волновом принципе.

1932—1933 гг.— разработал автоматическую радиометеорологическую станцию; изготовленные два экземпляра станции направлены на испытание в Арктику (Бухта Тихая) и на Памир.

Занимался подготовкой к проведению и руководил работами 2-го МПГ (1932-33 г.).

1933 г.— издан «Краткий курс аэрологии».

Усовершенствован гребенчатый радиозонд (введено измерение влажности воздуха).

Активно участвовал в подготовке оборудования и научной программы полетов стратостатов «СССР-1» и «Осоавиахим», являлся заместителем председателя комиссии по утверждению научных результатов и высоты подъема стратостатов.

1934 г.—31 марта —6 апреля — участвовал в качестве председателя аэрологической секции во Всесоюзной конференции по изучению стратосферы; выступил с докладом «Современные представления о строении стратосферы».

Назначен директором Института аэрологии ГГО, переименованного из Аэрологической обсерватории.

Вышла в свет книга «Тропосфера и стратосфера».

Выступил с докладом о работах, выполненных в Советском Союзе и намечавшихся на ближайшее время, на Международной конференции по исследованию свободной атмосферы в Фридрихсгафене, посвященной итогам 2-го МПГ.

Присуждена (по комплексу трудов) ученая степень доктора физико-математических наук.

1935 г.— совместно с С. Н. Верновым созданы первые автоматические стратостаты для исследования космических лучей. Их подъемы осуществлены 1 апреля и 16 июля.

Организованы первые опыты по пеленгации радиозондов для определения ветра за облаками.

1936 г.— избран депутатом Ленинградского городского совета рабочих, крестьянских и красноармейских депутатов.

Опубликовано 2-е переработанное и дополненное издание монографии «Методы исследования свободной атмосферы».

Назначен директором ГГО.

1937 г.— освобожден от должности директора ГГО; остался консультантом и членом Ученого совета.

Вышла в свет книга «Курс аэронавигации».

Сконструированы облегченные варианты радиозонда (массой 560 и 200 г).

1938 г.—вышло в свет 2-е расширенное издание курса «Аэрология», монография «Аэрология в применении к синоптической метеорологии», научно-популярная книга «Атмосфера».

Основная деятельность ученого сосредоточена в Институте инженеров гражданского воздушного флота; состоял также консультантом в Арктическом институте.

1939 г.— уволился из ГГО.

По предложению академика О. Ю. Шмидта создал в Ленинграде группу физики атмосферы, входившую в состав Института теоретической геофизики АН СССР.

1941 г.— вышло 3-е переработанное и значительно дополненное издание книги «Методы исследования свободной атмосферы» и несколько статей по физике атмосферы.

В сентябре 1941 г. П. А. Молчанов трагически погиб при эвакуации через Ладожское озеро.

Составила *Е. С. Селезнева*

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ П. А. МОЛЧАНОВА

I. Книги

1. Некоторые простейшие соотношения между изменениями погоды и характером распределения ветра по высоте.— Киев, 1916.

2. Применение данных в исследовании атмосферы для предсказания погоды.— Киев, 1916.

3. Атмосфера. Строение и процессы воздушной стихии по современным воззрениям.— Пг.: Academia, 1923.—163 с.— Библиогр.: с. 163 (9 назв).

Рец.: Селиванов С.— Мироведение, 1923, № 2 (45), с. 223.

4. Воздушный океан.— Пг.: Полярная звезда, 1923.— 114 с.— (Энциклопедия необходимых знаний. Сер. 1. Научно-техническая. Вып. 22) — Библиогр.: с. 113 (6 назв.).

5. Методы и приборы современной аэронавигационной службы.— Л.: Ин-т инж. путей сообщения, 1924.— 208 с.

Рец.: Фридман А. А.— Вестник воздушного флота, 1924, № 6—8, с. 81.

6. Методы исследования свободной атмосферы.— Л.: ГГО, 1926.—4, 172 с., 1 л. ил.

Рец.: Б. О. (Орлов Б. П.) — Метеорол. вестн., 1926, № 9, с. 199—200.

7. Аэрология: Руководство для транспортных ВТУЗов.— М.: Гострансиздат, 1931.— 343 с., 8 л. ил.— Библиогр.: с. 343 (8 назв).

8. Краткий курс аэрологии.— Л.; М.: ОНТИ ГНТИ, 1933.— 246 с.

9. Тропосфера и стратосфера.— Л.; М.: ОНТИ ГТТИ, 1934.— 66 с.— (Научно-популярн. б-ка по геофизике).

Рец.: Наука и жизнь, 1935, № 4, с. 63 (рецензия подписана: Г. Д.); Тихомиров Е. И. Метеорол. вестн., 1935, № 5—6, с. 49—50.

10. Методы и приборы аэронавигационной службы. Вып. 1. Измерение высоты, скорости относительно воздуха и кривизны полета.— Л.; М.: Госмаштехиздат, 1934.— 143 с.— Библиогр.: с. 143 (14 назв.).

11. Новый газогенератор для добывания водорода в полевых условиях. Конструкция методического сектора Института аэрологии в Слуцке.— М.: Редиздат ЦУЕГМС СССР, 1935.— 12 с.

12. Методы исследования свободной атмосферы.— 2-е перераб. и доп. изд.— Л.; М.: ОНТИ, 1936.— 264 с., 2 л. вкл.

13. Курс аэронавигации.— Л.; М.: ОНТИ, 1937.— 383 с.

Рец.: Сытин В. Гражданская авиация, 1937, № 12, с. 55—56.

14. Атмосфера.— Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1938.— 136 с.

15. Аэрология/Отв. ред. И. А. Кибель — Л.; М.: Гидрометеоиздат, 1938.— 408 с., 15 л. ил.— Библиогр.: с. 389—392 (132 назв.).

16. Аэрология в применении к синоптической метеорологии.— Л.; М.: Гидрометеоиздат, 1938.—118 с., 2 л. карт.— Библиогр.: с. 116—117 (40 назв.).

Рец.: Кричак О.—Метеорология и гидрология, 1939, № 2, с. 141—144.

17. Методы исследования свободной атмосферы.— 3-е изд.— Л.; М.: Военмориздат, 1941.— 339 с.

II. Статьи

1917

18. К вопросу об определении высот, скорости и направления движения облаков.— Метеорол. вестн., 1917, т. 27, № 8—10, с. 186—190.

19. Предполагаемые основы практической метеорологической службы

в России.— Метеорол. вестн., 1917, т. 27, № 5—7, с. 119—122.

20. Теория метода шаров-пилотов и его применение в синоптической метеорологии.— Зап. по гидрографии, 1917, т. 41, вып. 4—5, с. 563—612.

1918

21. Воздушные течения в свободной атмосфере.— Геофиз. бюл. ГФО, 1918, т. 1, № 2, с. 9—10; № 3, с. 6—9; № 4, с. 6—7; № 5, с. 5—7.

22. Направление и скорость ветра в свободной атмосфере.— Геофиз. бюл. ГФО, 1918, т. 1, № 1, с. 14—17.

23. Некоторые данные о структуре воздуха нижних слоев атмосферы по измерениям скоростей поднятия шаров-пилотов.— Зап. по гидрографии, 1918, т. 1 (42), вып. 3, с. 313—333.

24. Сведения о верхних слоях атмосферы.— В кн.: Краткие сведения по метеорологии и океанографии Карского и Сибирского морей. Пг., 1918, с. 12—14, 82—88.

1919

25. К вопросу о суточном ходе силы ветра в свободной атмосфере.— Метеорол. вестн., 1919, т. 29, № 1—6, с. 108—109.

26. Некоторые соотношения между распределением метеорологических элементов в тропосфере и изменениями погоды.— Метеорол. вестн., 1919, т. 29, № 1—6, с. 45—54.

27. О влиянии рельефа на образование градовых облаков.— Метеорол. вестн., 1919, т. 29, № 7—12, с. 224.

28. Текущие задачи исследования атмосферы в России.— Метеорол. вестн., 1919, т. 29, № 1—6, с. 104—107.

1920

29. Дифференциальный метод исследования воздушных течений при помощи шаров-пилотов.— Метеорол. вестн., 1920, т. 30, № 1—12, с. 100—110.

30. Исследование вертикального движения шара-пилота при помощи двух шаров.— Изв. ГФО, 1920, № 2, с. 23—26.

31. Об устранении часового механизма из метеорографа для шаров-зондов.— Изв. ГФО, 1920, № 1, с. 22—23.

1921

32. Методы исследования атмосферы для сети аэрологических станций.— Метеорол. вестн., 1921, т. 31, № 1—12, с. 135—144.

33. Наблюдения над шарами-пилотами на о. Диксон в 1917 г.— Зап. по гидрографии, 1921, т. 3 (44), с. 63—85, 6 л. ил.

1922

34. Атмосферные процессы в образовании и развитии циклонов.— Метеорол. вестн., 1922, т. 32, № 5—12, с. 27—39.

35. Весенняя инверсия.— Метеорол. вестн., 1922, т. 32, № 1—4, с. 55—59.

36. К вопросу об уменьшении ошибок базисных наблюдений над шаром-пилотом.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1920 г., 1922, т. 1, с. 1—3.

37. К вопросу о международном объединении работников по исследованию атмосферы.— Метеорол. вестн., 1922, т. 32, № 5—12, с. 61—62.

38. К наблюдениям облаков.— Мироведение, 1922, т. 11, № 1 (42), с. 80. (Дополнение к ст.: Методы исследования атмосферы для сети аэрологических станций.—Метеорол. вестн., 1921, т. 31, с. 135—144).

39. Обзор деятельности Аэрологической обсерватории.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1920 г., 1922, т. 1, с. 3—4.

40. О некоторых деталях техники исследования атмосферы.— Метеорол. вестн., 1922, т. 32, № 1—4, с. 154—155.

41. Последние работы по аэрологии.— Метеорол. вестн., 1922, т. 32, № 1—4, с. 185—186.

42. Памяти И. С. Михаловского (1887—1922).— Метеорол. вестн., 1922, т. 32, № 5—12, с. 4—5.

43. Исследования величины коэффициента сопротивления атмосферного и искусственно завихренного воздуха.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1920 г., 1922, т. 1, с. 3—8, 1 л. ил. Совместно с С. И. Троицким.

44. Vertical distribution of air currents in different parts of cyclones and anticyclones.— Mon. Wea. Rev., 1922, vol. 50, N 5, p. 244.

1923

45. Zur Frage über die Vergrösserung der Genauigkeit in der Untersuchung von Luftströmungen mit Hilfe von Pilotballonen.— Beitr. zur Physik d. fr. Atmosph., 1923, Bd 11, H. 1, S. 43—47.

46. Die Erfühlingsinversion.— Meteorol. Zeitschr., 1923, Bb 40, H. 2, S. 51—52.

47. Verteilung der Luftströmungen mit zunehmen der Höhe in verschiedenen Teilen von Zyklonen und Antizyklonen.— Meteorol. Zeitschr; 1923, Bd 40, H. 2, S. 52—54.

48. Turbulenz der unteren Luftschichten und Entwicklung der Haufenwolken. — Meteorol. Zeitschr., 1923, Bd 40, H. 7, S. 213—216.

1924

49. Бризы в Крыму (Феодосия) по базисным наблюдениям.— Метеорол. вестн., 1924, № 5, с. 6—7. Библиогр. подстрочн.

50. Высота облаков в зависимости от состояния влажности у земной поверхности.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1923 г., 1924, т. 4, № 7, с. 19—20 (8-я пагин.).

51. Звуковое исследование атмосферы.— Метеорол. вестн., 1924, № 5, с. 8.

52. Наблюдение за шарами-пилотами в стратосфере.— Метеорол. вестн., 1924, № 5, с. 2.

53. Обзор погоды января—сентября 1923 г.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1923 г., 1924, т. 4, № 1, с. 10 (1-я пагин.); № 2, с. 10 (2-я пагин.); № 3, с. 14 (3-я пагин.); № 4, с. 14 (4-я пагин.); № 5, с. 14 (5-я пагин.); № 6, с. 14—15 (7-я пагин.); № 7, с. 18 (8-я пагин.); № 8, с. 16 (9-я пагин.); № 9, с. 17—18 (10-я пагин.).

54. Работы Аэрологической обсерватории (в Павловске).— Метеорол. вестн., 1924, № 2, с. 4—5.

55. Суточный ход ветра в свободной атмосфере по базисным наблюдениям.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1923 г., 1924, т. 4, с. 4—6 (6-я пагин.).

56. Die Höhe der Wolken im Zusammenhang mit den Feuchtigkeitsverhältnissen an der Erdoberfläche.— Meteorol. Zeitschr., 1924, H. 9, S. 286—288.

57. Die vertikale Verteilung der Luftströmungen als Charakteristik der atmosphärischen Vorgänge.— Meteorol. Zeitschr., 1924, H. 5, S. 148—151.

1925

58. Базисные наблюдения в практике аэронавигационной службы.— Науч. прил. к журналу «Вестник воздушного флота», 1925, № 5—6, с. 52—60.

59. К вопросу о вычислении направления изобар верхних уровней.— Метеорол. вестн., 1925, № 12, с. 268—272.

60. К вопросу о новой классификации форм облаков.— Метеорол. вестн., 1925, № 12, с. 276.

61. Некоторые результаты базисных наблюдений за движением шара-пилота.— Метеорол. вестн., 1925, № 3, с. 62—66.

62. Некоторые результаты базисных наблюдений за шарами-пилотами в Феодосии летом 1924 г.— Изв. Центр. гидрометеорол. бюро, 1925, вып. 4, с. 59—70, 3 л. ил. Резюме на нем. яз.

63. Отчет о поездке на Международную конференцию по исследованию высоких слоев атмосферы.— Метеорол. вестн., 1925, № 10, с. 218—219.

64. Принципы новой классификации облаков, предлагаемой A. W. Beecham (Лондон).— Метеорол. вестн., 1925, № 12, с. 273—274.

65. Современная английская служба погоды.— Метеорол. вестн., 1925, № 12, с. 276—277.

66. Современные работы по поводу теории Вегарда о составе высших слоев атмосферы.— Метеорол. вестн., 1925, № 1, с. 9—10.

67. Сравнение наблюдений над ветром на открытом (Онтолово) и защищенном участках (Павловск).— Метеорол. вестн., 1925, № 12, с. 280—281.

68. Brisen in der Krim (Feodosia).— Meteorol. Zeitschr., 1925, Bd 42, H. 1, S. 28—29.

69. Über vertikale Geschwindigkeiten der Pilotballone nach Beobachtungen des Aerologischen Observatoriums in Pavlovsk.— Annal. d. Hydrogr. u. Maritim. Meteorol., 1925, S. 163—170.

70. Über zwei Apparate für die Bearbeitung von Pilotballonbeobachtungen bei Einfach- und Doppel-Visierungen.— Annal. d. Hydrogr. u. Maritim. Meteorol., 1925.

1926

71. Высота облаков в различных пунктах СССР по состоянию влажности у земной поверхности.— Журн. геофизики и метеорологии, 1926, т. 3, № 1—2, с. 93—98. Резюме на англ. яз. Библиогр. подстрочн.

72. К вопросу о плане работ аэрологических станций.— Метеорол. вестн., 1926, № 8, с. 175.

73. К вопросу о признаках разделения облаков на основные формы.— Метеорол. вестн., 1926, № 3, с. 59—61.

74. К вопросу о стабилизирующих свойствах атмосферы.— Бюл. погоды и состояния морей. Гидрометеорол. служба Черного и Азовского морей. Феодосия, 1926, № 8, с. 8. Библиогр. подстрочн.

75. К письму директора Украинской метеорологической службы Н. И. Даниловского.— Метеорол. вестн., 1926, № 3, с. 64.

76. Обзор важнейших работ по аэрологии за последнее десятилетие.— Метеорол. вестн., 1926, № 8, с. 161—170. Библиогр. подстрочн.

77. Обзор погоды за сентябрь 1926 г. (По материалам наблюдений Аэрологической обсерватории в Слуцке (б. Павловске) и сети аэрологических станций).— Метеорол. вестн., 1926, № 10, с. 229—230.

78. Обзор аэрологических условий погоды за октябрь 1926 г.— Метеорол. вестн., 1926, № 11, с. 262.

79. Отчет Аэрологической обсерватории в Татено (Япония).— Метеорол. вестн., 1926, № 12, с. 290—291.

80. Способы исследования свободной атмосферы.— Климат и погода, 1926, № 6 (9), с. 3—15.

81. Ascensional rate of pilot balloons from observations at Pavlovsk, Russia. — Mon. Wea. Rev., 1926, vol. 54, N 1, p. 8—10.

82. Ein neuer Tiefsee-Thermograph, System P. A. Moltchanoff.— Annal. d. Hydrogr. u. Maritim. Meteorol., 1926, S. 319—320.

1927

83. Высота облаков в Слуцке (Павловске) по данным пилотных наблюдений Аэрологической обсерватории с 1914 по 1925 г.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1925 г., 1927, т. 6, с. 54—55. Текст парал. на рус. и англ. яз.

84. Годовой отчет по Аэрологической обсерватории за 1926 г.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1926 г., 1927, т. 7, с. 3—4.

85. Дрожание перьев в метеорографах на привязных подъемах.— Метеорол. вестн., 1927, № 2, с. 54—55.

86. Исследование атмосферы с помощью воздушного корабля.— Метеорол. вестн., 1927, № 6, с. 154—155.

87. К вопросу о технике обработки базисных наблюдений.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1925 г., 1927, т. 6, с. 10—12.

88. К созыву ближайшего заседания Международной комиссии по исследованию высоких слоев атмосферы.— Метеорол. вестн., 1927, № 2, с. 55.

89. Обзор аэрологических условий погоды за январь — апрель 1925 года. По данным наблюдений Аэрологической обсерватории и сети аэрологических станций (см. Ежеднев. бюл. ГГО).— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1925 г., 1927, т. 6, с. 1—3.

90. Обзор аэрологических условий погоды за январь 1927 г.— Метеорол. вестн., 1927, № 2, с. 64.

91. Обзор аэрологических условий погоды за март 1927 г.— Метеорол. вестн., 1927, № 4, с. 118—119.

92. Обзор аэрологических условий за май 1927 г.—Метеорол. вестн., 1927, № 6, с. 155—156.

93. Обзор работы Аэрологической обсерватории в Слуцке (Павловске) за 1925 г.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1925 г., 1927, т. 6, с. 3—4. Текст парал. на рус. и англ. яз.

94. Отчет о заграничной командировке на Международную конференцию по исследованию высоких слоев атмосферы.— Метеорол. вестн., 1927, № 12, с. 257—262.

95. Печатные работы сотрудников Аэрологической обсерватории в 1926 г.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1926 г., 1927, т. 7, с. 6.

96. Подъемы змейкового аэростата в Слуцкой аэрологической обсерватории.— Метеорол. вестн., 1927, № 7, с. 168.

97. Сравнение скоростей ветра по измерениям в открытом (Онтоловская аэрологическая обсерватория) и закрытом (Магнитно-метеорологическая обсерватория в Слуцке) участках.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1925 г., 1927, т. 6, с. 3—4. Библиогр. подстрочн.

98. Средние отклонения вертикальных скоростей шаров-пилотов от теоретических значений по базисным наблюдениям 1923, 1924 и 1925 гг.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1925 г., 1927, т. 6, с. 155—156. Текст парал. на рус. и англ. яз.

99. Meteorograph for airplane ascents.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1925 г., 1927, т. 6, с. 56.

100. Météorographe pour ballons-sondes sans mouvement d'horlogerie.— Труды Аэрол. обсрв. в Павловске за 1925 г., 1927, т. 6, с. 105—106.

1928

101. Аэрологическая обсерватория за 10 лет, 1917—1927.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1927 г., 1928, т. 8, с. 3—4, 4 л. ил. Библиогр. подстрочн.

102. В. Г. Дайнс.— Климат и погода, 1928, № 1 (16), с. 24—25.

103. Всероссийский и всесоюзный рекорд высоты поднятия метеорографа на воздушных змеях.— Метеорол. вестн., 1928, № 3, с. 86.

104. Исследования атмосферы при помощи змейкового аэростата.—Метеорол. вестн., 1928, № 6, с. 164.

105. К статье: Отчет о заграничной командировке и пр. в декабрьском номере Метеорологического вестника.— Метеорол. вестн., 1928, № 3, с. 87—88.

106. Образование и развитие облаков.— Природа, 1928, № 5, с. 447—468. Библиогр. подстрочн.

107. Обращение Международной комиссии для исследования высоких слоев атмосферы к Метеорологическим институтам всего мира относительно взносов на издание Международного ежегодника с результатами наблюдений высоких слоев.— Метеорол. вестн., 1928, № 1, с. 22.

108. Основные представления о строении атмосферы по современным воззрениям.— Метеорол. вестн., 1928, № 1, с. 1—16. Библиогр. подстрочн.

109. Отчет о деятельности Аэрологической обсерватории за 1927 г.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1927 г., 1928, т. 8, с. 5—6.

110. По поводу замечаний Е. И. Тихомирова относительно моего отчета о заграничной командировке (см. Метеорологический вестник, 1928, № 3).— Метеорол. вестн., 1928, № 5, с. 141.

111. Приспособление для ограничения высоты шара-пилота.— Метеорол. вестн., 1928, № 5, с. 141—142.

112. Die Steiggeschwindigkeit der Pilotballone im Zusammenhand der Windgeschwindigkeit.— Beitr. zur. Physik. d. fr. Atmosph., 1928, Bd 14, S. 49—51.

113. Zur Technik der Erforschung der Atmosphäre.— Beitr. zur Physik d. fr. Atmosph., 1928, Bd 14, S. 39—48.

1929

114. Поездка на международную выставку по воздушному транспорту, Берлин, октябрь 1928 г.—Метеорол. вестн., 1929, № 2, с. 48.

115. Новое в исследовании атмосферы при помощи аэроплана.— Метеорол. вестн., 1929, № 1, с. 26—28.

116. Отчет о деятельности Аэрологической обсерватории в 1928 году.— Труды Аэрол. обсерв. в Павловске за 1928 г., 1929, т. 8, с. 3—5. Текст парал. на рус. и нем. яз.

117. Resultate der Doppelvisierungen für fünf Jahre (1923—1927).— Beitr. zur Physik d. fr. Atmosph., 1929, Bd 15, S. 150—158.

1930

118. Аэрологические условия аэросъёмки.— Материалы Первого Всесоюз. совещания по аэросъемке. Ленинград, 14—16 июня 1929 г. Л., 1930, с. 56—78.

119. Задачи и методы исследования атмосферы в области Арктики.— Труды Второй полярной конференции, Ленинград, 18—23 июня 1928 г. Л.: Аэроарктик, 1930, с. 51—60, 3 л. ил.

120. Исследование полярных стран при помощи дирижабля.— Человек и природа, 1930, № 2, с. 56—58.

121. Отчет о поездке в Мурманск группы членов съезда «Аэроарктик».— Труды Второй полярной конференции, Ленинград, 18—23 июня 1928 г. Л.: Аэроарктик, 1930, с. 22—24.

122. Памяти великого исследователя.— Климат и погода, 1930, № 2 (29), с. 34—35.

123. Die Struktur der Böen in der Atmosphäre.— Beitr. zur Physik d. fr. Atmosph., 1930, Bd 16, S. 152—155.

124. Versuch zur Erforschung der Verteilung der Windböigkeit in den unteren Schichten der Atmosphäre.— Beitr. zur Physik d. fr. Atmosph., 1930, Bd 16, S. 43—56.

1931

125. Аэрометеорологические работы во время полярного рейса дирижабля «Граф Цеппелин».— Мироведение, 1931, т. 20, № 3—4, с. 85—88.

126. Материалы по лоциям для аэрофотосъемки по работам секции аэрологии и аэронавигации за период декабрь — февраль. 1929-30 г.— Материалы Второго всесоюз. совещания по аэрофотосъемке. Ленинград, 15—17 марта 1930 года. Л., 1931, с. 35—64.

127. Научные результаты первого арктического полета на дирижабле «Граф Цеппелин».— Бюл. Арктич. ин-та, 1931, № 9—10, с. 185—187.

128. Die Methode der Radiosonde und ein Versuch ihrer Anwendung bei der Erforschung der höheren Atmosphärenschichten in Polarregionen.— Gerlands Beitr. z. Geophysik, 1931, Bd 34, S. 36—56.

129. Kurzer Bericht über die meteorologisch-aerologischen Beobachtungen auf der Polarfahrt des «Graf Zeppelin».— Meteorol. Zeitschr., 1931, Bd 48, S. 409—414. Совместно с P. Weickmann.

1932

130. Вопросы применения данных метеорологии и аэрологии для исчисления аэрофотосъемочных дней в различных районах.— Труды Ленингр. н.-и. ин-та аэросъемки, 1932, вып. 15, с. 5—48. Резюме на англ. яз.

131. Первый научно-исследовательский полет дирижабля «Граф Цеппелин» в Арктику.— Природа, 1932, № 3, с. 215—235, 1 л. ил.

132. Полярный рейс дирижабля «Граф Цеппелин» в связи с аэрометеорологическими исследованиями Арктики.— За индустриализацию советского Востока, 1932, № 1, с. 130—143.

133. Условия равновесия и устойчивости воздушных масс по горизонтали.— Журн. геофизики, 1932, т. 2, вып. 1, с. 99—105. Резюме на нем. яз. Библиогр. подстрочн.

134. Элементарный вывод условий равновесия воздушных масс вдоль поверхности раздела.— Метеорол. вестн., 1932, № 3, с. 75—78.

135. Versuch praktischer Anwendung der Radiosonde zur Erforschung der höheren Atmosphärenschichten.— В. кн.: Commisions de l'année polaire 1932 — 1933. Procès-verbaux des séances à Innsbruck, 23—26 septembre 1931. Appendice, H. IV. 1932, p. 124—126.

1933

136. Институт аэрологии ГГО за пятнадцать лет.— Метеорол, вестн. 1933, № 1—2, с. 12—14.

137. Использование силы ветра посредством воздушных плотин.— Вестник ЕГМС, 1933, № 11, с. 10—11.

138. Drei Jahre Aufstiege von Radio-Sonden im Institut der Aerologie Slo-utzk, UdSSR.— Meteorol. Zeitschr., 1933, Bd 50, H. 11, S. 428—430.

1934

139. Автоматическая станция для аэрометеорологической службы воздушного флота.— В кн.: Труды секции аэрологии и аэронавигации. Л., 1934, с. 3—5.

140. Анеморумбограф для аэродромных аэрометеорологических станций.— В. кн.: Труды секции аэрологии и аэронавигации. Л., 1934, с. 5—8, 1 л. ил.

141. Аэрологические приборы.— Вестник ЕГМС, 1934, № 3, с. 9—12.

142. Добывание водорода для наполнения шаров-пилотов.— В кн.: Труды секции аэрологии и аэронавигации. Л., 1934, с. 12—13.

143. Краткий предварительный отчет о работе Института аэрологии ГГО по подготовке научных исследований во время полета стратостата «СССР».— В кн.: Главная геофизическая обсерватория и полет в стратосферу. Л., 1934, с. 18—19.

144. Метеорограф для аэропланов.— В кн.: Труды секции аэрологии и аэронавигации. Л., 1934, с. 9—11.

145. Неотложные задачи советской аэрологии.— Вестник ЕГМС, 1934, № 1, с. 17—19.

146. Проект полетной карты.— В кн.: Труды секции аэрологии и аэронавигации. Л., 1934, с. 16—20. Совместно с П. А. Воронцовым, В. Д. Яковлевым.

147. Похороны героев.— Правда, 1934, 3 февр.

148. Радиозонд.— Правда, 1934, 14 мая.

149. Служба оповещения о погоде в сельском хозяйстве (В порядке обсуждения).— Вестник ЕГМС, 1934, № 1, с. 23—24.

150. Советская аэрология на международной конференции в Фридрихсгафене.— Вестник ЕГМС, 1934, № 5—6, с. 8—11.

151. Типы распределения температуры в свободной атмосфере по диаграммам Шоу (Предварительное сообщение).— Вестник ЕГМС, 1934, № 4, с. 25—27.

152. Bemerkung zur Artikel von Dr. Höhdorf.— Meteorol. Zeitschr., 1934, Bd 51, H. 6, S. 233.

153. Erforschung der Struktur der Luftströmungen mit Hilfe der ausgewogenen Ballone mit angehängtem Fallschirm.— Meteorol. Zeitschr., 1934, Bd 51, H. 3, S. 120—122.

154. Resultate der wissenschaftlichen Forschungen während des Aufstieges der Stratostats »SSSR».— Meteorol. Zeitschr., 1934, Bd 51, H. 7, S. 269—270.

1935

155. Аэрологические исследования на полярных станциях за зимовку 1933/34 года.— Бюл. Арктич. ин-та, 1935, № 3—4, с. 88—89.

156. Воздушный океан.— Вестник знания, 1935, № 3, с. 182—186.

157. Генератор для добывания водорода.— Вестник ЕГМС, 1935, № 5, с. 10.

158. Замечания к статье тт. Зайчикова и Притворова (Способ добывания сжатого водорода на месте).— Вестник ЕГМС, 1935, № 4, с. 12—13.

159. Замечания к статье А. В. Калиновского «Сравнительные зондовые наблюдения при помощи метеорографов Бош—Хергезелля и Молчанова» (Метеорология и гидрология, 1935, № 1—2, с. 50—56).— Метеорология и гидрология, 1935, № 1—2, с. 57.

160. К статье Н. Гельмгольца (Об усовершенствовании системы шаропилотных наблюдений и изданий).— Вестник ЕГМС, 1935, № 1—2, с. 17.

161. Полеты двух автоматических стратостатов для изучения космических лучей.— Метеорология и гидрология, 1935, № 1—2, с. 167—169. Совместно с С. Н. Верновым.

162. Прибор для определения высоты и дальности предмета, наблюдаемого двумя теодолитами.— Вестник ЕГМС, 1935, № 4, с. 12—13.

163. Радиозонд с передачей сигналов влажности.—Вестник ЕГМС, 1935, № 3, с. 9—10.

164. Современные представления о строении стратосферы.— В кн.: Труды Всесоюз. конф. по изучению стратосферы 31 марта — 6 апреля 1934 г. Л.; М., 1935, с. 11—38.

165. Трудности перелета (О полете т. Леваневского Москва—Сан-Франциско через Северный полюс).— Известия, 1935, июль.

166. Temperaturschwankungen in der hohen Schichten der Troposphäre.— Meteorol. Zeitschr., 1935, Bd 52, H. 7, S. 263—264.

1936

167. Видоизменение прибора для обработки шаропилотных наблюдений.— Метеорология и гидрология, 1936, № 8, с. 80.

168. Дополнительные замечания по вопросу о применении простейшего курсографа.— Труды ЛИИГВФ, 1936, вып. 6, с. 151—152. (Дополнение к статье «Решение некоторых основных аэронавигационных задач».— Труды ЛИИГВФ, 1936, вып. 4).

169. К вопросу об аэродинамическом искусственном горизонте.— Труды ЛИИГВФ, 1936, вып. 6, с. 147—149.

170. К вопросу о рациональных методах непосредственного аэрологического обслуживания воздушного транспорта.— Климат и погода, 1936, № 1 (64), с. 4—8.

171. Новая модель газогенератора для добывания водорода.— Метеорология и гидрология, 1936, № 11, с. 80—81.

172. Об аэрологической схеме строения атмосферы при прохождении теплых и холодных воздушных масс.—Метеорология и гидрология, 1936, № 9, с. 3—9. Библиогр. подстрочн.

173. О точности зондирования атмосферы методом радиозонда.— Метеорология и гидрология, 1936, № 2, с. 30—41.

174. Основные положения аэрологического анализа состояния погоды.— Труды ЛИИГВФ, 1936, вып. 6, с. 129—146, 1 л. ил. Резюме на нем. яз.

175. Радиозонд гребенчатой системы с передачей сигналов о состоянии влажности.— Бюл. комиссии по изучению стратосферы, 1936, № 1, с. 31—35, 1 л. ил.

176. Радиозонд и его применение в исследовании атмосферы.— Труды ЛИИГВФ, 1936, вып. 4, с. 97—106.

177. Результаты аэрологического обследования озера Плещеево.— Труды ГГО, 1936, вып. 7, с. 88—102.

178. Результаты применения метода радиозондов для исследования свободной атмосферы в Арктике за 6 лет (1930—1936).— Бюл. Арктич. ин-та, 1936, № 6, с. 234—242.

179. Решение некоторых основных аэронавигационных задач.— Труды ЛИИГВФ, 1936, вып. 4, с. 107—109.

180. Советская аэрология.— Правда, 1936, 8 апр.

181. Температурные колебания в верхних слоях тропосферы.— Труды ГГО, 1936. вып. 9, с. 5—11. Резюме на нем. яз.

182. Температурные колебания в верхних слоях тропосферы.— Бюл. комиссии по изучению стратосферы, 1936, № 1, с. 28—30, 1 л. ил.

183. Ein neues Schema der atmosphärischen Prozessen in warmen und kalten Luftmassen (Vorläufige Mitteilung).— Meteorol. Zeitschr., 1936, Bd 53, H. 8, S. 312.

1937

184. Александр Михайлович Шенрок (1853—1937).— Природа, 1937, № 9, с. 122—123.

185. Ветер как климатический фактор Кавказского побережья.— Природа, 1937, № 9, с. 78—79.

186. Геофизическое изучение полюса.— Техника, 1937, 26 февр.

187. Институт аэрологии.— Вестник знания, 1937, № 2, с. 61—63.

188. Метеорология на полюсе (Задачи дрейфующих станций «Северный полюс»).— Ленинградская правда, 1937, 4 июля.

189. Обледенение и задачи аэрологии.— Гражданская авиация, 1937, № 10, с. 4—8.

190. Погода и полеты.— Гражданская авиация, 1937, № 3, с. 3—8.

191. О типе дирижабля (Пути увеличения безопасности их эксплуатации).— Авиационная газета, № 42, 1937, 30 июля.

192. Полеты советских самолетов через полюс в Америку в 1937 г.— Природа, 1937, № 12, с. 59—64.

193. По поводу аэрологической схемы строения атмосферы при прохождении теплых и холодных воздушных масс.— Метеорология и гидрология, № 4—5, с. 38—49. Резюме на англ. яз. Библиогр.: с. 48 (6 назв.).

194. Решена важнейшая задача (К беспосадочному перелету советских летчиков Москва — Северный полюс — США).—Труд, 1937, 27 июля.

195. Роль метеорологической станции на Северном полюсе для службы погоды.— Природа, 1937, № 6, с. 22—23.

196. Советская аэрология на службе народного хозяйства за 20 лет.— Природа, 1937, № 10, с. 50—56.

197. Фабрика погоды (К завоеванию Северного полюса советской экспедицией).— Известия, 1937, 28 марта.

198. Чего мы должны требовать от метеослужбы.— Авиационная газета, 1937, 14 янв.

199. Что даст авиации станция «Северный полюс»? (Беседа с директором ГГО проф. П. А. Молчановым.) — Авиационная газета, 1937, 3 июня.

1938

200. Блестящая победа советских ученых (К итогам научных работ зимовщиков дрейфующей станции «Северный полюс»).—Рабочая Москва, 1938, 16 марта.

201. Герои науки (Зимовщики дрейфующей станции «Северный полюс»).— На страже, 1938, 20 февр.

202. Герои науки (Особенности климата полярного бассейна. К итогам работы дрейфующей станции «Северный полюс»).— Коммунист (Ереван), 1938, 21 февр.

203. Замечательный вклад в науку (Работа дрейфующей станции «Северный полюс»).— Социалистическая связь, 1938, 16 марта.

204. Измерение высоты в полете.— Гражданская авиация, 1938, № 12, с. 14—17. Библиогр. подстрочн.

205. Кузница авиационных кадров (Ленинградский институт инженеров гражданского воздушного флота).— Авиационная газета, 1938, 5 дек.

206. «Кухня» погоды (Значение метеорологических наблюдений зимовщиков дрейфующей станции «Северный полюс»).— Легкая индустрия, 1938, 17 марта.

207. Мужественные исследователи (Результаты научных исследований станции «Северный полюс»).— Известия, 1938, 20 февр.

208. Погода.— Пионер, 1938, № 5, с. 73—76.

209. Пора отказаться от кустарщины и знахарства! (Задачи метеослужбы. К активу Аэрофлота.) — Авиационная газета, 1938, 27 мая.

210. Радио в исследовании атмосферы.— Наука и жизнь, 1938, № 3, с. 10—15.

211. Строение атмосферы при вторжении теплых и холодных воздушных масс по данным радиозондовых подъемов.— Природа, 1938, № 2, с. 16—36.

212. Триумф нашей Родины (К снятию зимовщиков дрейфующей станции «Северный полюс»).— Красная звезда, 1938, 20 февр.

213. Что дала науке станция «Северный полюс».— Труд, 1938, 17 марта.

214. The structure of the atmosphere during the advance of warm and cold air masses according to the data from radio-balloon investigations in the USSR. — Proceedings of the All-Union conference for the study of the stratosphere. March 31— April 6, 1934. Moscow-Leningrad, USSR Academy of Sciences, 1938, p. 17—42.

1939

215. Гироскоп в качестве аэронавигационного прибора.— Вестник знания, 1939, № 11, с. 21—29.

216. Новые работы о авиации (Научно-техническая конференция в Ленинградском институте инженеров гражданского воздушного флота).— Авиационная газета, 1939, 24 мая. Совместно с С. Строевым.

217. Советская аэрология на службе Военно-морского флота.— Морской сборник, 1939, № 15—16, с. 145—149.

218. Современные методы самолетовождения.— Наука и жизнь, 1939, № 11—12, с. 67—72.

1940

219. Борьба с обледенением летательных аппаратов.— Наука и жизнь, 1940, № 10, с. 6—10.

220. Бумажные оболочки шаров-пилотов.— Зап. по гидрографии, 1940, № 2, с. 58—61. Совместно с П. А. Воронцовым.

221. Вопросы аэронавигационного оборудования самолетов гражданского воздушного флота.— Труды ЛИИГВФ, 1940, вып. 24, с. 55—76.

222. Международная работа в области исследования атмосферы.— Природа, 1940, № 12, с. 68—69.

223. Об учете ветра для определения наивыгоднейшей высоты полета.— Гражданская авиация, 1940, № 7, с. 8—10. Библиогр. подстрочн.

224. Полет в сложных метеоусловиях.— Авиационная газета, 1940, 6 окт.

225. Радиозонд — советский метод метеоисследований.— Гражданская авиация, 1940, № 2, с. 9—10. Библиогр. подстрочн.

1941

226. Атмосферные условия, определяющие образование и развитие сплошной облачности.— Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геофиз., 1941, № 2, 123—142. Резюме на нем. яз. Библиогр.: с. 141 (7 назв.).

227. Наука об атмосфере.— Красная Звезда, 1941, 20 июня.
228. Радиозонд и его значение в аэрологии.— Вестник знания, 1941, № 3, с. 44—49.
229. Роль погоды в современной воздушной войне.— Вестник знания, 1941, № 1, с. 42—46.
230. Роль погоды в воздушной войне.— Авиационная газета, 1941, 5 янв.
231. Современные учения о строении атмосферы и прогнозы погоды.— Учительская газета, 1941, 13 апр.

Составил *А. С. Коровченко*
Использованы библиографические материалы Е. Л. Андронниковой, Е. С. Селезневой, Е. К. Шишаковой

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Е. С. Селезнева. 50 лет первому в мире советскому радиозонду . . 5
С. Н. Вернов, Г. И. Голышев. От создания радиозонда к освоению стратосферы и космоса 16
Г. П. Трифонов, А. А. Черников. Состояние и перспективы развития радиозондирования атмосферы в СССР 24
И. Г. Гутерман. Первые радиозондирования в высоких широтах Арктики 30
И. М. Долгин. Развитие аэрологических исследований в полярных странах 33
В. М. Михель, Е. И. Русаковский, В. И. Селицкая, Г. Г. Щукин. Метод телеуправляемых зондов для исследования пограничного слоя атмосферы 47
А. С. Коровченко. О деятельности П. А. Молчанова в области аэронавигации и метеообеспечения авиации 57
Даты жизни и деятельности П. А. Молчанова 68
Список научных работ П. А. Молчанова 71

РАЗВИТИЕ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ В СССР

Сборник статей

Редактор М. Г. Тараканова. Художник В. В. Бабанов.
Техн. редактор Е. А. Маркова. Корректор Т. В. Алексеева.

Сдано в набор 16.04.82. Подписано в печать 03.11.82. М-33155. Формат 60×90¹/₁₆. Бум. тип. № 1.
Гарн. лит. Печать высокая. Печ. л. 5.5. Кр.-отт. 5,75. Уч.-изд. л. 6,21. Тираж 460 экз.
Индекс МОЛ-146. Заказ 1600. Цена 45 коп. Заказное.

Гидрометеоиздат. 199053. Ленинград. 2-я линия, 23.

Республиканская ордена «Знак Почета» типография имени П. Ф. Анохина Государственного комитета Карельской АССР по делам издательств полиграфии и книжной торговли. 185630. Петрозаводск, ул. «Правды», 4.

УДК 551.508.822:001 (09)

50 лет первому в мире советскому радиозонду. Селезнева Е. С. Развитие радиозондирования в СССР. Сборник статей. Л.: Гидрометеоиздат, 1982, с. 5—16.

Излагается история создания выдающимся советским ученым П. А. Молчановым первого в мире радиозонда. Отмечается приоритет советского радиозонда, его международное признание и применение во время 2-го МПГ. Автор останавливается на последующем совершенствовании радиозонда, разнообразном применении его принципа, организации сети станций радиозондирования, на научном и практическом значении введения нового метода исследования атмосферы.

Ил. 2. Библ. 12.

УДК 551.508.822:537.59:001 (09)

От создания радиозонда к освоению стратосферы и космоса. Вернов С. Н., Голышев Г. И. Развитие радиозондирования в СССР. Сборник статей. Л.: Гидрометеоиздат, 1982, с. 16—24.

Излагается история геофизических исследований, основой которых послужил первый в мире радиозонд, созданный проф. П. А. Молчановым. Описаны первые опыты по изучению космических лучей в стратосфере, а затем и в космосе; отмечено, что именно для этих исследований впервые применялись наиболее крупные и тяжелые приборы.

Ил. 6. Библ. 9.

УДК 551.508.822:001 (09)

Состояние и перспективы развития радиозондирования атмосферы в СССР. Трифонов Г. П., Черников А. А. Развитие радиозондирования в СССР. Сборник статей. Л.: Гидрометеоиздат, 1982, с. 24—30.

Рассматриваются основные этапы развития и намечаются пути совершенствования систем радиозондирования в СССР.

УДК 551.508.822 (98):001 (09)

Первые радиозондирования в высоких широтах Арктики. Гутерман И. Г. Развитие радиозондирования в СССР. Сборник статей. Л.: Гидрометеоиздат, 1982, с. 30—33.

Описаны первые запуски радиозондов в высоких широтах Арктики (севернее 80° с. ш.) во время полярных зимовок и экспедиций; приводятся сведения о публикации и обобщении результатов этих радиозондирований.

Библ. 3.

УДК 551.506.7 (98/99)

Развитие аэрологических исследований в полярных странах. Долгин И. М. Развитие радиозондирования в СССР. Сборник статей. Л.: Гидрометеоиздат, 1982, с. 33—47.

Рассматривается история развития аэрологических исследований в советском секторе Арктики и Антарктике. Большое внимание уделяется роли проф. П. А. Молчанова в создании первого в мире радиозонда и сети постоянно действующих аэрологических станций в Арктике.

Ил. 1. Библ. 13.

УДК 551.507.352:551.508.821

Метод телеуправляемых зондов для исследования пограничного слоя атмосферы. Михель В. М., Русаковский Е. И., Селицкая В. И., Щукин Г. Г. Развитие радиозондирования в СССР. Сборник статей. Л.: Гидрометеоиздат, 1982, с. 47—57.

Кратко излагается история развития в ГГО им А. И. Воейкова метода метеорологического исследования пограничного слоя с помощью телеуправляемых зондов и радиоуправляемых авиамоделей с метеорографом. Рассматривается современное состояние этих исследований, проводимых в отделе радиометеорологических исследований ГГО.

Приводятся данные о температуре и относительной влажности, полученные по ряду опытных полетов радиоуправляемых авиамоделей с метеорографом в Казани и в Планерском (близ Феодосии); обсуждаются эти результаты.

Табл. 3. Ил. 2. Библ. 20.

УДК 551.50:629.13:001 (09)

О деятельности П. А. Молчанова в области аэронавигации и метеообеспечения авиации. Коровченко А. С. Развитие радиозондирования в СССР. Сборник статей. Л.: Гидрометеоиздат, 1982, с. 57—67.

Показан вклад П. А. Молчанова в развитие метеорологического обеспечения запросов авиации.

Отмечаются основополагающие труды ученого в области аэронавигации.

Библ. 19.

45 коп.

Ленинград
Гидрометеоиздат
1982