

**ОЧЕРКИ ИСТОРИИ
АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
НА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
В СССР И НА ПОСТСОВЕТСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Санкт-Петербург



2017

Редакционная коллегия:

Залиханов М.Ч. (председатель), академик РАН;
Щукин Г.Г., доктор физико-математических наук;
Дядюченко В.Н., кандидат технических наук;
Федченко Л.М., доктор географических наук;
Корнеев В.П., кандидат технических наук;
Стасенко В.Н., доктор физико-математических наук;
Угрюмов А.И., доктор географических наук.

Очерки истории активных воздействий на метеорологические процессы в СССР и на постсоветском пространстве. – СПб.: РГГМУ, 2017. – 352 с., ил.

Настоящий сборник очерков посвящен истории развития и современным достижениям фундаментальной отрасли гидрометеорологической науки и практики – активным воздействиям на метеорологические процессы в целях изменения погоды и уменьшения ущерба от ее опасных явлений. Рассматривается становление и развитие научно-методических основ, технологии и уникальной материально-технической базы активных воздействий. Очерки основаны на материалах научных исследований и результатах практического применения активных воздействий в научно-исследовательских институтах и специализированных подразделениях отечественной Гидрометеослужбы.

Сборник предназначен для специалистов в области активных воздействий на погоду, широкого круга метеорологов, руководителей государственных органов экономики и производства, преподавателей профильных вузов и всех интересующихся проблемой активных воздействий на погоду.

Essays on the history of weather modification in the USSR and the post-soviet territory. – St. Petersburg, RSHMU, 2017. – 352 pp., ill.

This collection of essays is dedicated to the history of development and modern achievements of fundamental industry of hydrometeorological scientific and practice – weather modification to weather changes and mitigate the damage from its hazards. The formation and development of scientific and methodological foundations, technology and unique equipments and technical base of weather modification are considered. The essays are based on the materials of scientific research and the results of practical application of weather modification in scientific-research institutes and specialized subdivisions of the domestic Hydro-meteorological service.

The book is intended for specialists in the field of weather modification, broad range of meteorologists, heads of state organs of economy and production, teachers of specialized high schools and all those interested in the problem of weather modification.

© Коллектив авторов, 2017
© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2017

ISBN 978-5-86813-450-0

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	7
Бурцев И.И., Угрюмов А.И. Управление погодой – от Аристотеля до наших дней	8
Бурцев И.И. Создание и внедрение технологий активных воздействий в СССР	25
Дядюченко В.Н. Воспоминания	60
Мартанов В.В. Двадцать лет в Управлении активных воздействий	77
Захаров В.М., Шуляковский Г.Е. Активные воздействия на гидрометеорологические и геофизические процессы и средства их контроля	86
Стасенко В.Н. Начало технического перевооружения активных воздействий (2000–2014 гг.)	94
Кузнецов А.Д. История активных воздействий в ЛГМИ-РГГМУ	98
Щукин Г.Г. Исследования по активным воздействиям в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова	105
Козлов В.Н. Работы по активным воздействиям в Научно-исследовательском центре дистанционного зондирования атмосферы (филиале ГГО)	123
Данелян Б.Г. Исследования по активным воздействиям в Центральной аэрологической обсерватории	131
Петров В.В. Работы по исследованиям облаков и увеличению осадков на Кубе	155
Литинецкий А.В. Самолетные исследования тайфунов и ураганов в 1983–1990 гг.	166
Берюлев Г.П. Научно-исследовательские полеты в суперураган «Гилберт» (1988 г.) ...	173
Федченко Л.М., Аджиев А.Х. История активных воздействий в Высокогорном геофизическом институте	175
Абшаев М.Т. Развитие системы противорадовой защиты	208
Экба Я.А., Пашкевич М.Ю. Работы по искусственному регулированию осадков в Ставропольском филиале ВГИ	219
Институт прикладной геофизики (с сайта ИПГ)	224
Ким Н.С. Краткий очерк по истории развития исследований по активным воздействиям на переохлажденные облачные среды в ИЭМ НПО «Тайфун»	226
Амиранашвили А.Г. История активных воздействий на атмосферные процессы в Грузии	234
Камалов Б.А. Активные воздействия на гидрометеорологические процессы в Узбекистане	255
Исследования по активным воздействиям в УкрНИГМИ (с сайта Українського гідрометеорологічного інституту УкрГМІ)	272
Чочаев Х.Х., Бейтуганов М.Н. История становления Северо-Кавказской Военизированной службы по предотвращению градобития, основные этапы ее работ и обеспечения лавинной безопасности на Северном Кавказе	276
Диневиц Л.А. Из книги «Пути оптимизации методов воздействия на осадкообразовательные процессы с целью увеличения осадков и предотвращения роста града»	282
Гараба И.И., Потапов Е.И. Противорадовые работы в Республике Молдова в период 1992–2014 гг.	286
Овсепян Р.С. Организация и проведение противорадовых работ в Армении	292
Вавилов П.Е. Краснодарская военизированная служба	298
Абшаев М.Т., Штульман Н.Г. Противорадовые работы в Таджикистане	301

<i>Керимов С.А.</i> Краткая история противорадовой службы Азербайджана	303
<i>Сирота Н.В.</i> Крымская военизированная служба	309
<i>Бурцев И.И., Данова Т.Е.</i> Организация научно-производственных работ по активным воздействиям в Одесской области Украинской ССР	317
<i>Акимова И.И.</i> История становления и развития активных воздействий в Ставропольском крае	323
<i>Несмеянов П.А.</i> Страницы истории глазами создателя технических средств активного воздействия на облака	327
<i>Корнеев В.П.</i> Работы по регулированию осадков в Российской Федерации	342
Заключение	351

CONTENTS

Preface	7
<i>Burtsev I.I., Ugryumov A.I.</i> Manage weather – from Aristotle to the present day	8
<i>Burtsev I.I.</i> Creation and introduction of technologies WM in the USSR	25
<i>Djadjuchenko V.N.</i> Memories	60
<i>Martanov V.V.</i> Twenty years in the management of weather modifications	77
<i>Zakharov V.M., Shulyakovsky G.E.</i> Active impact on hydro-meteorological and geophysical processes and their control	86
<i>Stasenko V.N.</i> Beginning of technical re-equipment of weather modifications (2000–2014)	94
<i>Kuznetsov A.D.</i> History of research on weather modifications in LGMI-RGGMU	98
<i>Shchukin G.G.</i> Study on weather modifications in the Voeikov Main Geophysical Observatory	105
<i>Kozlov V.N.</i> Study on weather modifications in the Research Centre for remote sensing of the atmosphere (MGO Branch)	123
<i>Danelyan B.G.</i> Study on weather modifications in the Central Aerological Observatory	131
<i>Petrov V.V.</i> Research work on clouds and increasing rainfall in Cuba	155
<i>Litinetsky A.V.</i> Aircraft studies of tropical cyclones. 1983–1990	166
<i>Beryulev G.P.</i> Research flights in super typhoon “Gilbert” (1988)	173
<i>Fedchenko L.M., Adzhiev A.H.</i> History of cloud seeding effects in the High-Mountain Geophysical Institute	175
<i>Abshaev M.T.</i> Development of anti-hail works	208
<i>Ekba J.A., Pashkevich M.Y.</i> Artificial precipitation enhancement sediment management in the Stavropol branch of the HMGI	219
Institute of Applied Geophysics (from the IAG site)	224
<i>Kim N.S.</i> A short essay on the history of development of research on active influences on the cooled liquid cloud at the IEM SPU “Typhoon”	226
<i>Amiranashvili A.G.</i> History of active effects on atmospheric processes in Georgia	234
<i>Kamalov B.A.</i> Active influence on hydrometeorological processes in Uzbekistan	255
Research in the field of weather modifications in the UkrNIGMI (from the UkrNIGMI site)	272
<i>Chochaev H.H., Beituganov M.N.</i> History of North-Caucasian militarized service and main stages of development works to prevent hail and provide avalanche in the North Caucasus	276
<i>Dinevich L.A.</i> From the book “The way of optimization methods of influence on rain-generation processes in order to increase rainfall and prevent the growth of hail”	282
<i>Garaba I.I., Potapov E.I.</i> Anti-hail works in the Republic of Moldova during 1992-2014 ...	286
<i>Ovsepyan R.S.</i> Organization and conducting of anti-hail works in Armenia	292
<i>Abshaev M.T., Shtulman N.G.</i> Anti-hail works in Tajikistan	298
<i>Vavilov P.E.</i> Krasnodar militarized service	301
<i>Kerimov S.A.</i> A brief history of conduction of the service of Azerbaijan	303
<i>Sirota N.V.</i> Crimean militia service	309

<i>Burtsev I.I., Danova I.E.</i> Organization of scientific and production work on active influences in Odessa region of the Ukrainian SSR	317
<i>Akimova I.I.</i> History of the formation and development of weather modifications in Stavropol region	323
<i>Nesmeyanov P.A.</i> Pages of history through the eyes of the creator of technical means of active influence on clouds	327
<i>Korneev V.P.</i> Work on the regulation of rainfall in Russian Federation	342
Conclusion	351

«Сила и мощь науки беспредельны. Также беспредельны и практические ее приложения на благо человечества»

**Академик А.Н. Крылов
(1863–1945)**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Исследования атмосферных процессов, отвечающих за погодные явления, особенно интенсивно начали развиваться в первой половине прошлого столетия. Наибольшее развитие эти работы получили в СССР и США. Сложность и многогранность рассматриваемых процессов потребовала привлечения больших и разноплановых научных сил.

В СССР, а позднее – в России, эти исследования проводились, главным образом, рядом НИИ Гидрометеослужбы, которые, в свою очередь, привлекали необходимых специалистов других министерств и ведомств.

За несколько десятилетий была выполнена обширнейшая работа по исследованию атмосферных процессов. Разработаны научно-методические основы и технологии активного воздействия на опасные стихийные природные процессы. Для проведения опытных и производственных работ были созданы уникальная материально-техническая база и специализированные подразделения Гидрометеослужбы.

Результаты исследовательских, опытно-конструкторских и производственных работ по активному воздействию на гидрометеорологические процессы публиковались в многочисленных трудах НИИ Гидрометеослужбы СССР, позднее – Росгидромета, и Гидрометеослужб стран СНГ, в трудах советских и зарубежных конференций по модификации погоды, в монографиях и ряде руководящих документов.

Исследования гидрометеорологических процессов, разработку методических основ и технологий проведения активных воздействий на них выполняли в основном организации Госкомгидромета СССР, такие как Центральная аэрологическая обсерватория (ЦАО), Высокогорный геофизический институт (ВГИ), Главная геофизическая обсерватория (ГГО), Институт прикладной геофизики (ИПГ), Институт экспериментальной метеорологии (ИЭМ), Украинский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (УкрНИГМИ),

Закавказский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ЗакНИГМИ), Среднеазиатский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (САРНИГМИ), Гидрометеорологический научно-исследовательский центр СССР (ГМЦ), Военизированные службы по активному воздействию (ВС) Госкомгидромета СССР, а также Институт геофизики АН СССР, Институт геофизики Грузинской АН, Ленинградский гидрометеорологический институт (ЛГМИ), Одесский гидрометеорологический институт (ОГМИ) и многие организации промышленности.

Первая попытка написания этой книги была сделана в конце 1990-х годов, когда бывший начальник Управления активных воздействий Госкомгидромета СССР Иван Иванович Бурцев, работавший в то время в АНО «Агентство атмосферных технологий» начал готовить материалы по истории активных воздействий (АВ) в СССР. После смерти И.И. Бурцева работа над материалами была приостановлена и возобновлена лишь в 2013 году, когда было направлено обращение к ведущим учеными специалистам по АВ России и других стран на постсоветском пространстве с просьбой предоставить свои материалы для будущей книги. Сформировалась инициативная группа, а затем и редакционная коллегия, в составе профессора Г.Г. Щукина, В.Н. Дядюченко, В.П. Корнеева, В.Н. Стасенко, которая и занялась систематизацией собранных материалов. Процесс сбора материалов оказался непростым в силу того, что одни наши коллеги ушли из жизни, а другие отошли от проблемы АВ, и затянулся на три года.

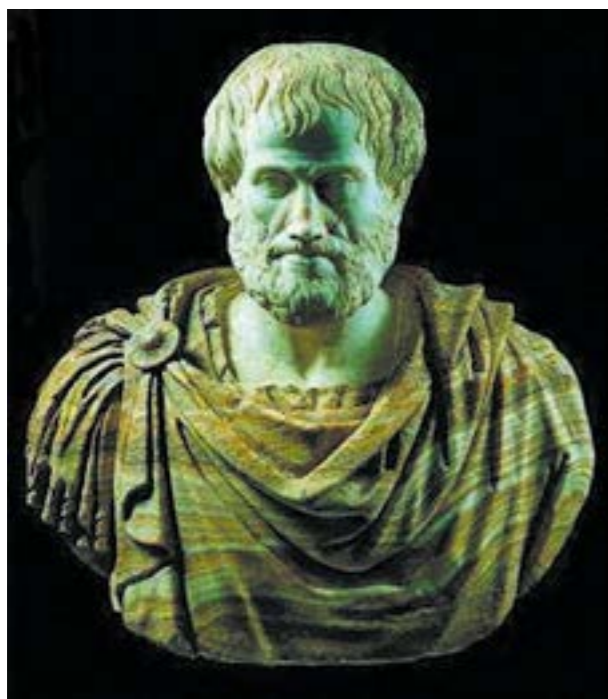
Я без колебаний принял предложение возглавить редакционную группу, поскольку многие годы посвятил этой проблеме, и многие, о ком идет речь в этой книге, были моими близкими друзьями.

Результаты этой работы мы предлагаем читателю.

Академик РАН Михаил Залиханов

УПРАВЛЕНИЕ ПОГОДОЙ – ОТ АРИСТОТЕЛЯ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Потребность и желание воздействовать на погодные явления возникли в глубокой древности. Однако без знания закономерностей жизни атмосферы, без науки метеорологии мечты древних были неосуществимы. Слово «метеорология» — научный анахронизм, дошедший до нас со времен Аристотеля, крупнейшего греческого мыслителя IV в. до н.э., автора «Метеорологики» — первого в истории трактата о небесных явлениях. В те времена считалось, что на небе все изменения происходят в одной природной сфере и, значит, должны изучаться одной наукой. Аристотель подобрал ей название, исходя из греческого выражения та метеора («та метеора»), — предметы в воздухе. К этим «предметам» ученый причислял дожди и кометы, град и метеоры, радуги и полярные сияния, правда, гидрометеоры, то есть «предметы», состоящие из воды или льда (в этом виде определение Аристотеля используется и сейчас), он выделял в особую группу. Звезды к метеорологии, по его мнению, не относились — они считались тогда неподвижными и неизменными.



Аристотель

И до Аристотеля люди внимательно наблюдали за погодой, о проявляемом к ней интересе могут свидетельствовать многочисленные отрывки из поэм Гомера, древнекитайских трактатов, индийской героической поэмы «Рамаяна». Однако прежде никто не пытался понять, почему происходят изменения погоды. Аристотель же стремился создать систему объяснений наблюдаемых фактов, то есть теорию, стремился понять причины природных явлений, и это приводило его к настоящим открытиям. Вот что, например, он писал о воде:

«Мы всегда ясно видим, как вода, поднимаясь в воздух, опускается снова. Даже если то же самое количество не возвратится в течение года и именно в этой стране, то через определенный срок все, что было унесено вверх, будет возвращено», — писал он в «Метеорологике». Совершенно очевидно, что речь идет о круговороте воды в природе, а ведь это один из основных процессов, изучаемых современной гидрометеорологией! До активных воздействий на погоду пока еще очень далеко, но Аристотель уже дал ключ к пониманию того, на что в принципе можно воздействовать, — на испарение и на осадки.

Вывод Аристотеля о связи характера погоды с направлением ветра — еще одно великое прозрение. *«Апарктий, Траский и Аргест, рассеивая плотные облака, приносят ясную погоду... АргестиЭвр — сухие ветры, последний сух лишь вначале и влажен в конце... Нот, Зефир и Эвр горячи. Кайкий покрывает небо мощными облаками».*

В приведенном отрывке упоминаются названия ветров, принятые в Древней Греции: Апарктий, Борей — северные, Траский и Аргест — северо-западные, Эвр — юго-восточный, Нот — южный, Зефир — западный, Кайкий — юго-западный. Подмеченные Аристотелем особенности хорошо укладываются в современную схему атмосферных процессов: связь направления ветра с характером погоды, конечно, в более сложном виде, и сейчас является основой методов прогноза погоды. Однако мы



Башня ветров в Афинах. На гранях помещены восемь фигур, символизирующих восемь направлений ветра по Аристотелю

и сейчас не можем отклонять пути воздушных масс в нужную для нас сторону, но если бы мы располагали соответствующими техническими возможностями, то уже по представлениям Аристотеля знали бы что делать.

В средние века наука о природе приходит в упадок, объяснение природных явлений становится прерогативой церкви. По иронии судьбы учение Аристотеля начинает играть роль тормоза на пути развития науки: не всякий процесс в атмосфере он физически правильно объяснял. Например, считал ветер «дыханием земли», а воздух — обладающим свойством «абсолютной легкости», хотя исследования Нового времени установили огромный вес атмосферы. Это было обусловлено тем, что единственным источником знаний о ходе метеорологических процессов во времена Аристотеля были лишь визуальные наблюдения за ними. Средневековые схоласты абсолютизировали его учение,

и существование иных взглядов оказалось невозможным. На многие столетия прекратилось всякое движение идей в метеорологии.

Тем не менее, люди средневековья мечтали не столько о познаниях, сколько о рукотворных изменениях погоды в лучшую сторону. Об этом говорят многочисленные гравюры средневековых трактатов. Так, вознесение на небо библейского пророка Ильи трактовалось ими как умелое использование энергии атмосферных движений «в личных целях».

Предпринимались и реальные попытки воздействия на облака: они обстреливались из луков и пушек, чтобы отразить град или вызвать дождь.

Первые подвижки в области науки относятся к эпохе Возрождения. Предтеча современной физики, универсал и энциклопедист Леонардо да Винчи высказал следующую мысль: *«Мне кажется, что те науки пусты*



Вознесение пророка Ильи на небо с помощью вертикальных движений в смерче (средневековая гравюра)

и полны ошибок, которые не порождены опытом, отцом всякой достоверности ... если их начало, или середина, или конец не проходят через одно из пяти чувств». Это высказывание свидетельствовало о том, что пришло время количественного анализа природы. Однако понадобилось еще более 100 лет, чтобы мысль Леонардо да Винчи, столь понятная нам сейчас, утвердилась и считалась неоспоримым правилом. Фактически же эта идея великого ученого раньше всего была признана в Италии, где в семнадцатом столетии герцогом Тосканским, который вел свой род от покровителя искусств и науки Лоренцо Медичи, была основана Флорентийская академия опыта.

Немалое место в деятельности Академии отводилось изучению свойств атмосферы. Впервые воздух исследовали наравне с другими физическими телами. Но перешагнуть через аристотелевскую концепцию абсолютной легкости воздуха, признать его материальным, а значит и имеющим вес телом, было нелегко. Даже на исходе XVII столетия один из авторов газовых законов, французский физик Эдм Мариотт, признавался: «Было очень трудно поверить, что он



Расстрел облаков с целью вызывания дождя. О. Magnus "Historia de Gentibus Septentrionalibus". Рим, 1555 г.



Художественное воплощение мечты об активных воздействиях на погоду. «На Бога надейся, а сам не плошай». Из альбома «Petrarca Meisters», 1532 г.

(воздух) обладает весом ... ибо когда он располагается поверх воды и всех других жидкостей, приписывают это движение снизу-вверх свойству абсолютной легкости».

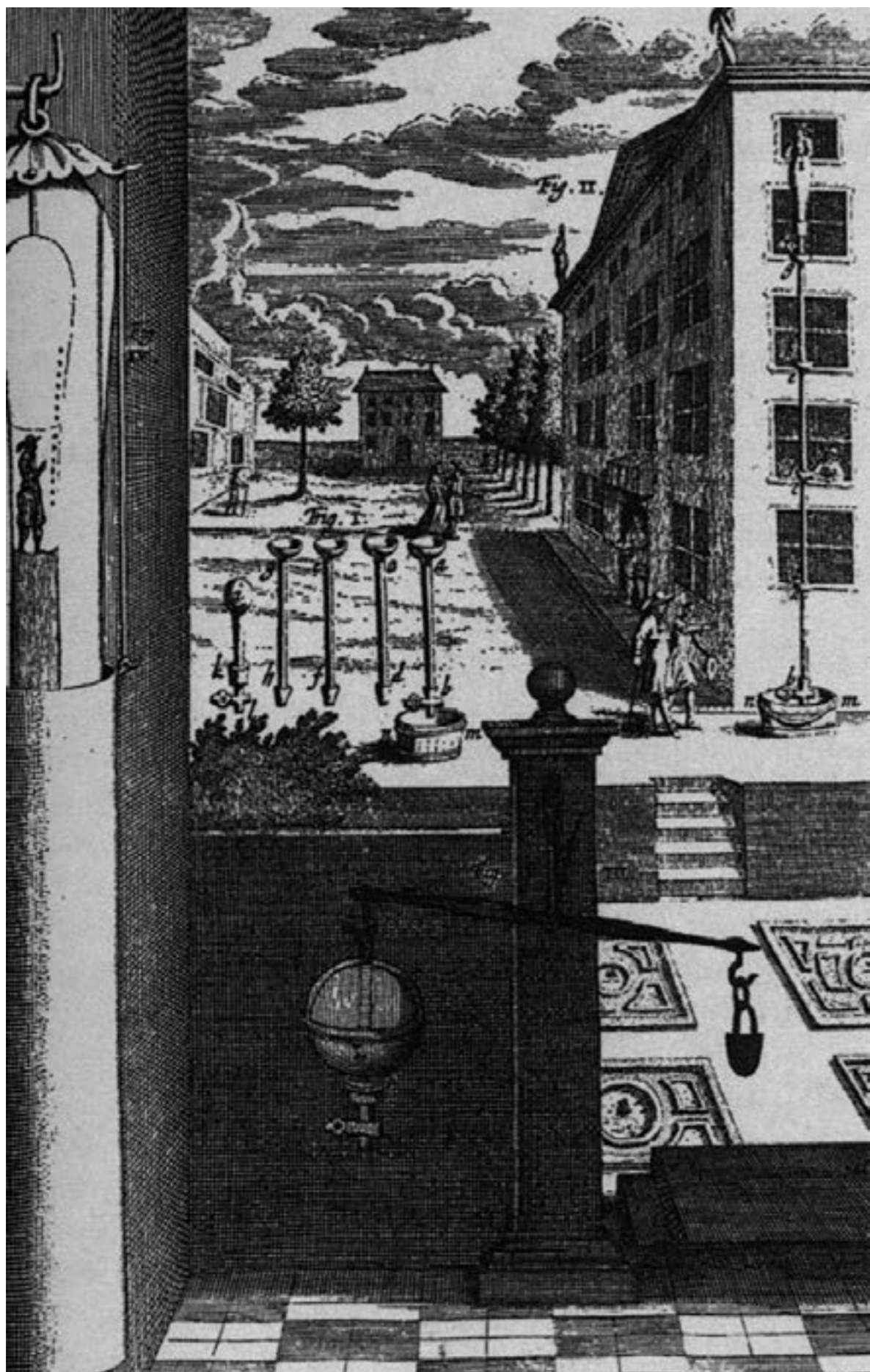
Трудами Галилео Галилея, Блэза Паскаля, Эванжелиста Торричелли, Отто фон Герике и других подвижников атмосферные параметры – давление, температура, влажность, движения воздуха – наконец-то были измерены. Установлены связи между ними, позволяющие раскрыть физические механизмы формирования особенностей погоды. Они уже позволяли серьезно задуматься о воздействиях на погоду.

Но только в XX в. достижения науки и техники дали возможность ученым заявить о реальности искусственного изменения хода атмосферных процессов. И это несмотря на то, что даже прогноз погоды, то есть предсказание ее естественного хода, по мнению академика С.И. Вавилова, относится к самым актуальным и сложным мировым научным проблемам. Объектами активных воздействий всегда считались мезометеорологические процессы, на протекание которых человек может эффективно влиять при относительно малых энергетических затратах. Это рассеяние облаков и туманов, моди-

фикация количества осадков, предотвращение выпадения града, влияние на грозовую деятельность и т.п.

Интенсивные теоретические и экспериментальные исследования законов природы, обуславливающих различные погодные явления, и поиски способов проведения запланированных экспериментов по воздействию на погоду ведутся во многих странах мира уже более восьмидесяти лет.

Наиболее весомый вклад в понимание механизмов образования осадков туманов, грозовой деятельности облаков и других атмосферных процессов внесли советские ученые и американские ученые, чему способствовала государственная политика этих стран, заключающаяся в том, что исследованиям этого направления придавался государственный статус. Например, в России уже в 1921 г. открывается Научно-мелиоративный институт для широких исследований в области создания искусственных осадков, а 10 лет спустя в Москве создается Институт искусственного дождевания с отделениями в Ленинграде, Одессе, Ашхабаде. Ленинградское отделение в дальнейшем выросло в самостоятельный Ленинградский институт экспериментальной метеорологии.



Водяной барометр Отто фон Герике, позволивший «взвесить» атмосферу

В 1956 году Евгением Константиновичем Федоровым был организован Институт прикладной геофизики Гидрометеослужбы СССР, который он возглавил. В 1957 году в Обнинске создается Институт экспериментальной метеорологии Гидрометеослужбы, одним из основных направлений работ

которого стали исследования, связанные с активными воздействиями на гидрометеорологические и геофизические процессы. В 1962 году, когда академик Е.К. Федоров был вновь назначен начальником Гидрометеослужбы СССР, началась её реорганизация. При этом значительное внимание уделялось



ФЕДОРОВ ЕВГЕНИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ (1910–1981)

Евгений Константинович Федоров родился 28 марта (10 апреля) 1910 г. в городе Бендеры (ныне Молдавия) в семье служащего. В 1927 г. окончил опытно-показательную школу при Нижегородском педагогическом институте. В 1932 г. окончил ЛГУ. В 1932–1938 гг. — научный сотрудник полярных станций. За работу на первой советской дрейфующей станции «Северный полюс-1» (1937–1938 гг.) 22 марта 1938 г. был награжден званием Героя Советского Союза. Доктор географических наук (1938 г.). Директор Арктического НИИ в 1938–1939 гг. Начальник Гидрометеослужбы СССР в 1939–1947 и 1962–1974 гг. Сразу же начал её реорганизацию и прежде всего занялся изменением системы наблюдений с целью приведения её в соответствие с требованиями потребителей гидрометеорологической информации. Сеть наблюдений пополнилась радиолокаторами, самолетами-лабораториями, автоматическими метеорологическими станциями, а также метеорологическими спутниками. Была создана спутниковая система «Метеор». В 1956 г. основал Институт прикладной геофизики и в 1968 г. Институт экспериментальной метеорологии Гидрометеослужбы СССР, одним из основных направлений работ в которых стали исследования, связанные с активными воздействиями на гидрометеорологические и геофизические процессы. Автор трудов по исследованию водного баланса облаков, искусственного воздействия на метеорологические процессы. Лауреат Государственных Премий СССР (1946, 1969 гг.). Академик АН СССР (1960 г.), главный учёный секретарь президиума АН СССР (1959–1962 гг.). В 1957–1963 гг. — заместитель председателя Советского Пагуошского комитета. С 1965 г. — заместитель председателя Советского комитета защиты мира, член Президиума Всемирного Совета Мира (1970–1976 гг.). В 1979–1981 гг. — председатель Советского комитета защиты мира, глава делегации на первой Всемирной конференции по климату. Скончался 30 декабря 1981.

исследованиям в области микрофизики облаков и аэрозолей и в области активных воздействий на метеорологические процессы.

Из книги Е.К. Федорова «Часовые погоды» (М.: Гидрометеоиздат, 1969) об активных воздействиях на погоду:

Слово «стихия» наводит на мысль о чем-то совершенно непреодолимом и не поддающемся контролю. И действительно, в течение очень долгого времени человечество было беспомощно перед проявлениями стихии. Единственно, что можно было сделать, — искать средства пассивной защиты от них.

Быстрое развитие науки и производственных сил, характерное для нашего времени, изменило положение.

Сейчас человек начинает активно вмешиваться в дела природы, переводить проблему активной борьбы со стихийными явлениями из области фантазии в область технического расчета.

Основным препятствием на пути управления метеорологическими процессами всегда считалась, и недаром, их огромная энергия. Обратите внимание, например, на облака вертикального развития.

Энергию, которая связана с их образованием, могли бы дать несколько крупнейших гидроэлектростанций.

Если бы захотели изменить направление ветра в пределах только лишь Московской области, то нам потребовалось бы затратить энергию, которую вырабатывают все электростанции мира.

А если бы мы решили изменить погоду на территории края или республики, то для этого не хватило бы всей энергии, вырабатываемой сейчас на земном шаре.

Однако громадная энергия — это лишь одна сторона метеорологических процессов.

Процессы обладают и другой, более интересной и обнадеживающей нас особенностью. Речь идет о случаях их неустойчивого состояния, когда достаточно небольшого толчка для того, чтобы направить развитие процессов по-иному, устраивающему нас пути.

В этом и заключается возможность активного воздействия на погоду».

В 1961 году на базе экспедиции Института прикладной геофизики, работающей на Северном Кавказе, создается Высокогорный геофизический институт (ВГИ) в Наль-

чике, который стал головным НИИ Гидрометеослужбы в области исследований физики конвективных облаков и активного воздействия на градовые процессы и разработки методов воздействия по предупредительному спуску снежных лавин. Начиная с 1967 года Правительством СССР принят ряд Решений и Постановлений о расширении работ по «активному воздействию» на гидрометеорологические процессы.

Аналогичный подход к исследованиям атмосферных процессов был и в США. В 1948 году Бюро погоды США создает лабораторию исследований физики облаков. В 1958 году Конгресс США поручает Национальному научному фонду США Министерству внутренних дел создать и финансировать программу исследований и оценок работ по воздействию на погоду. В 1970 году Министерство внутренних дел увеличивает ассигнования на операции по изменению погоды до 30 млн долларов. Ответственность за эти работы Сенат США возлагает на Министерство торговли.

В 1970-е годы к работам по активному воздействию на метеорологические процессы подключаются такие страны, как Италия, Швейцария, Германия, Венгрия, Канада, Аргентина и др. Эти страны стали широко использовать научные наработки и накопившийся опыт других стран и, особенно, ученых СССР.

Целью «активного воздействия» является уменьшение дефицита пресной воды (за счет искусственных осадков), который во многих районах земного шара с недостаточным естественным увлажнением становится большой проблемой для сельскохозяйственного производства и многих других отраслей хозяйства. В ряде случаев возникает необходимость, напротив, в уменьшении избытка осадков. Поиск путей создания искусственных осадков лежал через глубокое понимание процессов образования облаков в атмосфере и формирования частиц осадков в них.

В СССР результаты экспериментальных и теоретических исследований процесса осадкообразования в облаках различных форм, конденсационных и коагуляционных явлений, микроструктуры облаков и осадков, полученные в начале 30-х годов в Ленинградском институте экспериментальной метеорологии под руководством В.Н. Оболенского, легли в основу теории конденсационного

роста облачных частиц. Позднее в Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова (ГГО) с использованием самолетов-метеолaborаторий были получены первые данные о водности и размерах капель в облаках, созданы эмпирические и численные модели облаков и облачных систем.

Полученные представления о процессах, происходящих в облачных системах, дали возможность построить концепцию искусственного увеличения жидких осадков, основанную на искусственном повышении концентрации ядер кристаллизации в облаке. Эта концепция получила развитие в Украинском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (УкрНИГМИ). Для проверки и уточнения положений концепции в Днепропетровской области был создан технически оснащенный экспериментальный метеорологический полигон. В 50-е годы головной организацией Гидрометеослужбы в области искусственного увеличения осадков (ИУО) стала Центральная аэрологическая обсерватория (ЦАО), которая до настоящего времени проводит крупномасштабные как научно-исследовательские, так и опытно-производственные работы по ИУО.

В результате научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ научных коллективов НИИ Гидрометеослужбы были разработаны реагенты, которые возможно диспергировать и применять в качестве искусственных ядер кристаллизации, а в ряде случаев и в качестве ядер конденсации, методические приемы и технические средства внесения их в облако, критерии для оценки степени готовности облака дать дополнительные осадки, средства контроля за результатами воздействия.

Экспериментальные проекты засева облаков кристаллизующими реагентами, выполненные не только в СССР, но и в США, Австралии, Израиле, Китае, Испании, Сирии и т.д., убедительно показали возможность получить осязаемое приращение количества атмосферных осадков, которое может эффективно повлиять на продуктивность сельскохозяйственного производства, на улучшение режима водопользования и на другие отрасли экономики.

Еще один аспект практического использования искусственных осадков — это тушение лесных пожаров с их помощью. Метеорологические наблюдения за состоянием

атмосферы в зоне лесного пожара, сделанные специалистами ГГО и Ленинградского НИИ лесного хозяйства (ЛенНИИЛХ), показали, что над пожаром часто появляются мощные конвективные облака, не дающие естественных осадков. Объем таких облаков достигает десятков кубических километров. В каждом км³ содержится в среднем 1000 т воды, поэтому облака над территориями лесных пожаров являются естественными природными кладовыми воды.

В СССР ещё в конце 60-х годов специалисты ГГО совместно с ЛенНИИЛХ предложили метод тушения лесных пожаров с использованием искусственно вызванных осадков. На протяжении последующих лет отрабатывались теоретические основы вызывания осадков над массивами горящего леса, разрабатывались технические средства, обеспечивающие проведение искусственного воздействия на облака, и средства контроля результатов воздействия. Как показали опытные и практические работы, проведенные ГГО в различных районах Сибири, тушение лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками имеет самые широкие перспективы их применения в авиационной охране лесов от пожаров.

Огромный интерес всего мирового сообщества к проблеме защиты сельскохозяйственных культур от градобитий. Большие размеры материального ущерба, наносимого градобитиями посевам, садам, насаждениям, животному миру и постройкам, исчисляются миллиардами долларов. В отличие от работ по искусственному увеличению осадков, работы по предотвращению выпадения града всегда связаны с мощной кучево-дождевой облачностью, для которой характерны высокие скорости перемещения воздушных потоков в вертикальном и в горизонтальном направлениях, высокая водность и повышенные другие характеристики. Поэтому для исследования градовых облаков необходим индивидуальный подход и иные технические средства.

Работы по исследованию механизма образования града в СССР начали интенсивно развиваться в конце 50-х годов по инициативе академика Е.К. Федорова. Научно-исследовательские, опытно-конструкторские, организационные и практические работы по созданию и реализации метода предотвращения выпадения града велись в течение

нескольких десятилетий. Научным коллективом ВГИ с привлечением других НИИ Гидрометеослужбы и других ведомств СССР были разработаны радиолокационные методы исследования градовых облаков и их техническое оснащение, разработаны методики измерения характеристик облаков, исследованы их макро- и микроструктура, построены численные и эмпирические модели градовых облаков, разработана методика прогноза града.

Результатом многолетних исследований явились следующие гипотезы механизмов воздействия на градовые облака:

а) создание в облаке искусственных зародышей града, конкурирующих с естественными за переохлажденную капельно-жидкую воду в облаке (принцип конкуренции);

б) стимулирование коагуляционных процессов в теплой части облака с последующей кристаллизацией крупных облачных капель (комбинированный способ);

в) полную кристаллизацию переохлажденной части облака;

г) понижение траектории движения растущих градин в облаке;

д) разрушение конвективных облаков иницированием нисходящих потоков;

е) ускорение осадкообразования на более низких высотах, чем это происходит в естественном цикле.

Все эти механизмы реализуются в конкретных случаях посредством засева определенной части облака кристаллизующими реагентами, для чего разработаны необходимые технические средства.

Детальная проработка методических аспектов проведения противоградовых работ дала возможность перейти к систематической защите больших территорий от градобитий, которую осуществляют в различных районах России и других стран СНГ специализированные противоградовые службы более трех десятилетий. В 1980-е годы методику предотвращения выпадения града, разработанную в СССР, начали применять в ряде стран, и ее использование имело положительный эффект. К настоящему времени накоплен огромный опыт проведения этих работ.

С проблемой предотвращения выпадения града тесно связана проблема управления электрической активностью конвективных облаков. Результатом решения этой

проблемы должно быть обеспечение безопасности полетов летательных аппаратов, охрана энергетических сооружений и электрических сетей от попадания молнии, лесов от пожаров.

Первые научные эксперименты по воздействию на электрическое состояние облаков высокочастотными разрядами, ионными потоками, заряженным песком и т.д. были проведены в 30-х годах 20-го столетия в Ленинградском институте экспериментальной метеорологии. Работы были продолжены в ГГО и другими НИИ Гидрометеослужбы СССР. В основу был положен принцип искусственного изменения фазового состояния микроструктуры облаков при помощи реагентов.

В ВГИ был разработан метод подавления грозы с использованием применяемых при противоградовых работах льдообразующих реагентов (йодистое серебро), технических средств и средств наблюдений за изменением характеристик грозовой деятельности облаков. Анализ эпизодов воздействия на мощные кучевые облака (засев облаков) с целью предотвращения градобитий показал, что длительность существования грозовых явлений в засеянных облаках по сравнению с контрольными ячейками уменьшается на 40 %, общее число разрядов – на 45 %. Эти данные дают уверенность в реальности возможности воздействовать на грозовые явления.

Следующим аспектом преднамеренной модификации погоды является рассеяние туманов. Туман – это скопление капель или кристаллов, или тех и других вместе, взвешенных в воздухе, непосредственно над поверхностью земли. В результате возникновения туманов снижается дальность видимости, что наносит, несмотря на существование навигационных систем, самый большой ущерб авиации в результате нарушения режима ее работы. Современные навигационные системы снижают ущерб от туманов, но создание таких систем целесообразно только в крупных аэропортах. В последние годы все шире применяется малая авиация, поэтому возникла потребность в недорогих и простых в эксплуатации средствах рассеяния туманов.

В России исследования туманов начались в 1946–1948 годах, в ГГО и ЦАО. В дальнейшем к работам были привлечены

и другие НИИ Гидрометеослужбы СССР. Изучались условия формирования туманов, их микроструктура, геофизические предпосылки возможности рассеяния.

Как показали исследования, исходя из условий формирования, туманы можно разделить на туманы охлаждения – радиационные и адвективные, туманы испарения – надводные и фронтальные, а также туманы городов. Туманы бывают переохлажденные и теплые. Переохлажденные туманы состоят из переохлажденных капель (водяные капли при температуре ниже 0 °С). Переохлаждение – частое явление в атмосфере. Практически все туманы, наблюдающиеся при температурах ниже 0 °С, состоят из капель. Даже при температуре –20 °С большинство туманов являются жидко-капельными. Особенностью переохлажденных туманов является их неустойчивость по отношению к ледяной фазе (ледяным кристаллам).

В организациях Гидрометслужбы России и стран СНГ получили большое развитие работы по активному воздействию на переохлажденные туманы (ЦАО, ГГО, УкрНИГМИ), в том числе и на туманы испарения (ИЭМ). Проработаны методы воздействия на теплые туманы.

Все современные способы рассеяния переохлажденных туманов основаны на существовании разности упругости насыщенных паров над водой и льдом, на стимулировании процессов гомогенной или гетерогенной конденсации, вызывающих образование большого количества кристаллов. Основным процессом, обеспечивающим рассеяние тумана, является создание в области тумана достаточно большого количества центров кристаллизации (ледяных кристаллов) путем искусственного введения в туман специальных веществ (реагентов).

В 60-х годах были разработаны теоретические основы метода воздействия с помощью твердой углекислоты, созданы самолетные и наземные установки, позволившие в значительной мере автоматизировать процессы гранулирования, дозирования и введения ее в туманы. Позже в начале 80-х годов в ЦАО впервые в мире разработана экологически чистая технология наземного искусственного рассеивания туманов в аэропортах с применением в качестве реагента жидкого азота. К настоящему времени подразделения Росгидромета имеют большой

опыт по организации и проведению рассеивания туманов с земли и с самолета.

В отличие от туманов, тропические циклоны (тайфуны, ураганы) представляют собой вихри диаметром порядка 100–500 км, обладающие большой кинетической энергией. Зарождаются они обычно над океанами, вдали от берегов, существуют до нескольких суток, перемещаются с огромной скоростью и сметают все на своем пути.

В СССР в 70-е годы в ИЭМ, позднее в Гидрометцентре СССР и ЦАО, начались интенсивные исследования тропических циклонов (ТЦ). Были предприняты теоретические исследования, быстро развивалось математическое и физическое моделирование, проведен ряд крупных морских и самолетных экспедиций. Были созданы и функционировали совместные советско-кубинская и советско-вьетнамская лаборатории. Начались и исследования по активным воздействиям на ТЦ.

Американскими и российскими учеными был предложен ряд гипотез, на основе которых можно было бы разрабатывать методы подавления ураганов и тайфунов. Но методы были настолько дороги, что не могли быть реализованы на практике. Реальнее использовать метостабильность системы переохлажденных облаков, являющихся составной частью урагана и, изменяя ее с использованием сравнительно приемлемых энергетических средств, вызывать выделение тепла кристаллизации, соизмеримого по величине со всей энергией урагана.

Анализ работ по исследованию ураганов как в США, так и в России, а также проводимые в последнее время работы по засеву ураганов на восточном побережье США, показал, что искусственное воздействие на тайфуны приводит лишь к кратковременному уменьшению максимальной скорости ветра. Необходимо подтверждение этих результатов дальнейшими экспериментами.

Большой объем научно-исследовательских работ с практическим выходом выполнен НИИ Гидрометеослужбы (ГГО, ИЭМ) по созданию методов снижения негативных последствий заморозков для сельского хозяйства. Разработан тепловой метод защиты растений от заморозков на основе применения дисперсных тепловыделяющих веществ, метод на основе использования газов, поглощающих электромагнитное излу-

чение в дальней ИК-области спектра. Разработана теоретическая модель и проведены расчеты, подтверждающие эффективность метода. Исследована возможность применения для защиты от заморозков активных способов: содания искусственных туманов, мелкодисперсного дождевания, пиротехнических аэрозолей.

Однако, несмотря на то, что в России в НИИ Росгидромета разработаны способы борьбы с заморозками, производственные работы по защите сельскохозяйственных культур от таких катастрофических погодных явлений не проводятся ввиду отсутствия необходимого финансирования.

Среди опасных гидрометеорологических явлений снежные лавины занимают особое место. Обладая большой разрушительной силой, высокой повторяемостью лавины становятся основным препятствием при освоении горных территорий. Практически во всех горных районах мира снежные лавины представляют собой основную проблему в обеспечении безопасного и бесперебойного функционирования транспортных коммуникаций, линий электропередачи и связи, зон массового отдыха, туризма и альпинизма, предприятий горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности, объектов гидроэнергетики.

Хронология исследований и работ по активным воздействиям

384–322 гг. до н.э. – Еще Аристотель смог обобщить накопившиеся к III в. до н.э. наблюдения за погодой, чем придал метеорологии статус науки. Из его трудов видно, что еще в те времена он размышлял о механизмах образования осадков и, в частности, града. Аристотель полагал, что большие градины образуются вблизи земли при интенсивных процессах, вызывающих замерзание капель. Он обратил внимание на то, что крупные градины несферичны и приводил это в качестве доказательства замерзания их вблизи поверхности земли. Градины, которые падают с больших высот, стираются при падении, становятся круглыми по форме и уменьшаются в размере. Анаксагор считал, что град образуется в том случае, если облако под действием восходящих потоков поднимается вверх, в область низких температур.

Средние века – Несмотря на наличие талантливых ученых в области метеороло-

Метод предупредительного спуска лавин, разработанный в ВГИ, позволяет регулировать размер лавин и исключить возможность их выхода в опасные зоны. Одновременно ликвидируется опасность спонтанного, непредсказуемого схода лавин, и предотвращается возможность формирования катастрофических лавинных явлений. Для искусственного обрушения лавин используется энергия взрыва. Наибольшее распространение в нашей стране при осуществлении против лавинной защиты получили методы обстрела лавиноопасных склонов с использованием различных артиллерийских орудий и минометов.

Таким образом, благодаря целенаправленным исследованиям, выполненным в СССР, России и других странах СНГ, сегодняшнее представление об атмосферных явлениях стало несравненно более полным, чем 20–30 лет назад. Заложены прочный фундамент для проведения таких работ, как увеличение осадков, борьба с градом, рассеивание переохлажденных туманов, предупредительный спуск снежных лавин и др.

В целях последовательного описания истории развития отрасли активных воздействий в метеорологии приведем теперь хронологию возникновения наиболее важных научных идей и разработки методов их практического применения.

гии, наука продвинулась очень незначительно. Основными авторитетами продолжали оставаться Аристотель и Птолемей вплоть до Галилея, то есть почти 19 веков после Аристотеля.

1753 год – М.В. Ломоносов впервые дал научное и наглядное описание восходящих атмосферных токов.

1789 год – Самое раннее свидетельство о преднамеренном вызывании дождя. Индейцы, заметив, как дым пожаров в прериях и саваннах приводит к образованию облаков, дающих дождь, использовали это явление для борьбы с засухой. Этот способ в настоящее время имеет научное обоснование.

1794 год – Джеймсом Хаттаном разработана теория образования дождя, согласно которой смешение двух воздушных масс, характеризующихся достаточно большой разностью температур и влажности, приводит к конденсации и образованию облаков и осадков.

XIX век можно назвать веком первых реализуемых научных идей о воздействии на атмосферные явления

1841 год – Эспи Джеймс Поллард (США) обобщил и издал результаты исследований механизма образования бурь и американских ураганов. Описанный им механизм образования торнадо, то есть вихревых движений, связанных с грозами, с образованием облака в форме воронки, более ясен и точен, чем схемы, предлагаемые другими исследователями. Эспи высказал идею, что можно создать облака и дождь, воспроизводя даже в малом масштабе восходящий в виде трубы ток воздуха. С помощью расчетов он показал, что наиболее простая и надежная методика образования дождевых облаков сводится к разведению огня на достаточно большой площади в подходящий момент. Эксперимент полностью подтвердил созданную им теорию.

1880 год – Генерал Раглесс получил патент на вызывание дождя путем производства взрывов в облаках, а через 7 лет д-р Этюрер – на способ ослабления и предотвращения торнадо (смерч) при помощи взрыва в центре этого возмущения.

1891 год – Гатман получил патент на способ вызывания дождя введением в облако жидкой углекислоты с использованием воздушных шаров или снарядов. Как известно, в последующие десятилетия, да и в настоящее время, этот способ является наиболее оригинальным. В это же время в России и других странах Европы начали использовать мортиры и пушки в борьбе с градом. В Австрии на холмах, окружающих район Штраймарка, было установлено 36 грозовых пушек. Это были специальные вертикально направленные мортиры, над которыми укреплялись дымовые трубы паровых локомотивов. При стрельбе от каждого орудия образовывалось дымовое облако около 1 метра в диаметре, которое поднималось вверх со скоростью 30 м/с. Такие меры воздействия на облако с целью предотвращения выпадения града из него получили развитие почти во всей Европе. Однако множество несчастных случаев, сопряженных с гибелью людей, побудило созвать международную конференцию в Австрии и Италии с проведением сравнительных опытных испытаний. Результаты были отрицательными, метод не уменьшил градобитие, однако дал большой толчок к развитию новых идей для воздей-

ствия на облака с использованием методов взрыва.

1904 год – А.И. Воейков (Россия) высказал предположение о том, что главной причиной слияния капель, обеспечивающей рост облачных частиц до размеров выпадающих, является действие силы тяжести и указал на роль твердых частиц в процессе осадкообразования.

1910 год – А. Вегенер в своей работе «Термодинамика атмосферы» высказал мнение, что в облаках при температуре до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ всегда присутствуют три фазы воды: пар – переохлажденная вода – лед.

1921 год – Начало в России широких исследований в области создания искусственных осадков, для чего организован Научно-мелиоративный институт.

1930 год – Т. Бергерон и У. Финдайзен (США) на основе положений Вегенера развили теорию образования осадков, которая впоследствии легла в основу работ по активному воздействию на облака. Согласно представлению этих исследователей сосуществование ледяных кристаллов и переохлажденных облачных капель при одной и той же температуре приводит к быстрой перегонке водяного пара с капелек на кристаллы.

В СССР профессор Главной геофизической обсерватории (ГГО) В.Н. Оболенский с небольшим коллективом российских ученых первый в мире поставил решение проблемы искусственного воздействия на атмосферные процессы на определенную научную основу и начал широкий, по тому времени, комплексный эксперимент, результаты которого показали, что активные воздействия на атмосферные процессы возможны и перспективны.

1931 год – В Москве создан Институт искусственного дождевания с отделениями в Ленинграде, Одессе, Ашхабаде. Ленинградское отделение в дальнейшем выросло в самостоятельный Ленинградский институт экспериментальной метеорологии.

1933 год – Т. Бергерон объясняет выпадение осадков различием агрегатных состояний облачных элементов. Появление в переохлажденной жидкокапельной части облака относительно малого числа ледяных кристаллов вызывает явление перегонки на них водяного пара с капель. Этот

процесс продолжается до полного исчезновения жидкой фазы. Слабым звеном в его схеме был вопрос о природе возникновения первых зародышей кристаллов в переохлажденном капельном облаке.

1941–1945 годы – Экспериментальные работы были прерваны войной.

1946 год – В. Шеффер (США) и советский ученый В.В. Пиотрович почти одновременно провели универсальные эксперименты, результаты которых явились основой всех современных работ по активному воздействию на атмосферные процессы. Введя твердую углекислоту в переохлажденный туман, они наблюдали быстрое замерзание капель воды. Пытаясь раскрыть тайны выпадения осадков, Шеффер и Лауреат Нобелевской премии химик И. Лэнгмюр (США) сбросили с самолета только три фунта сухого льда на слоистое облако (Штат Нью-Йорк) и на глазах экспериментаторов из облака стал выпадать чистый снег. Это был успех – начало практического воздействия на погоду. В 1947 году Б. Воннегут продемонстрировал аналогичный эффект, пользуясь частичками йодистого серебра (AgI). В СССР [в ГГО и Центральной аэрологической обсерватории (ЦАО)] начались систематические лабораторные и натурные исследования возможностей искусственного воздействия на облака и туманы.

1948 год – Бюро погоды США создало лабораторию исследований физики облаков и с 1948 по 1950 год осуществило первые систематические опыты по засеву слоистых и кучевых облаков. Опыты показали возможность изменения структуры облаков. Была сделана очень осторожная общая экономическая оценка. Несмотря на это коммерческие фирмы начали подписывать контракты на проведение работ с целью борьбы с градом, искусственного увеличения осадков и рассеивания туманов. Через несколько лет было установлено, что работы нерентабельны.

Детальный анализ проведенных работ показал, что положительные результаты как по подавлению града, так и по вызыванию искусственных осадков достигались только в отдельных опытах, технические средства воздействия, применяемые в эти годы для активного воздействия, были далеки от совершенства, оценка эффекта воздействия на единичное облако или систему облаков

оказалась неубедительной. А потребителю необходима была гарантия уменьшения ущерба от опасных явлений погоды.

В этот же период в ГГО В.Я. Никандровым и А.П. Чуваевым начаты регулярные опыты по засеву облачных систем с применением в качестве реагента твердой и жидкой углекислоты. Получен значительный положительный эффект.

Итак, подтвердилась возможность получения положительного эффекта от активных воздействий на облака, но когда и где? Эти вопросы потребовали пересмотра многих научных, технических и организационных взглядов на постановку новых проектов в области искусственного изменения хода метеорологических процессов.

1949 год – Р. Брахам, Л. Батан и Х. Байерс (США) впервые разделили жизнь конвективного облака на стадии. Доказали, что в начальной стадии в облаке существуют только восходящие потоки. В стадии зрелости одновременно с восходящими потоками в облаке наблюдаются и нисходящие потоки. Последняя стадия развития облака – стадия рассеивания, когда в облаке существуют только нисходящие потоки, а увеличение скорости горизонтальных потоков с высотой приводит к деформации верхней ее части по направлению движения (так называемый сдвиг ветра).

1954 год – В Институте прикладной геофизики (ИПГ) Н.И. Вульфсон, изучив горизонтальные сечения воздушных струй и термик, показал, что в безоблачной атмосфере средний диаметр струи возрастает с высотой и имеет размеры 50–60 м, в небольших конвективных облаках он увеличивается до 80 м, в развивающемся облаке преобладают восходящие потоки; компенсационные же нисходящие потоки существуют вне облака.

Х. Дессенс (Франция) провел опыты по засеву облачных систем с помощью наземных генераторов. С начала 60-х годов засев осуществлялся на постоянной основе.

Ф. Лудлам и др. (США) выдвинули теорию, весьма близкую к теории П.А. Молчанова и Е.С. Селезневой, в которой механизм восходящих движений представлен как подъем отдельных масс теплого воздуха в неустойчивой атмосфере. Кучевое облако, по мнению Лудлама, состоит из отдельных термик, разделенных «облачным воздухом».

При этом необязательно, чтобы каждый поднимающийся термик достигал вершины облака. Однако грозных облаках не исключается возможность существования мощных труб и струй, которые могут быть наиболее благоприятными для роста крупных градин.

1957 год – По инициативе Е.К. Федорова в Обнинске (Россия) создан Институт экспериментальной метеорологии (ИЭМ), одним из основных направлений работ которого стали исследования, связанные с активными воздействиями на гидрометеорологические и геофизические процессы.

Л.Н. Гутман (Россия), используя уравнения гидродинамики атмосферы, учитывая скрытую теплоту испарения и конденсации, предпринял первую попытку построения модели кучевого облака. Однако законченной теории, тесно увязанной с экспериментами, не было создано.

1958 год – Правительство СССР приняло решение о дальнейшем развитии работ по активному воздействию и созданию для их проведения необходимой экспериментальной базы. Во исполнение этого решения исследования по борьбе с градом были сосредоточены в НИИ Госкомгидромета, главным образом, в ЦАО, Институте прикладной геофизики (ИПГ), Закавказском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (ЗакНИГМИ), Украинском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (УкрНИГМИ), Среднеазиатском региональном научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (САНИГМИ), Институте геофизики Академии наук Грузии (ИГАН). Работы по рассеиванию туманов и низких облаков выполнялись в то время ЦАО, ИПГ, ГГО, УкрНИГМИ, Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом (АНИИ), Ленинградским государственным университетом (ЛГУ) и др. В первые годы исследования по искусственному вызыванию осадков проводились в УкрНИГМИ, ЦАО и ГГО. Позже ЦАО стало головной организацией в России в этой области. Одновременно ЦАО организовало производственную деятельность в части внедрения научно-методических разработок в практику.

В СССР (ЦАО, УкрНИГМИ) разработана методика раскрытия аэродромов от переохлажденных туманов с использованием самолетов-метеолабораторий, оборудованных

установками для сброса твердой углекислоты.

Конгресс США поручил Национальному научному фонду США (ННФ) Министерства внутренних дел создать и финансировать программу исследований и оценок работ по воздействию на погоду.

1959 год – На Украине создан экспериментальный метеорологический полигон УкрНИГМИ с целью проведения работ по активным воздействиям.

1961 год – По инициативе академика Е.К. Федорова на базе экспедиции ИПГ, базировавшейся на Северном Кавказе, создан Высокогорный геофизический институт в Нальчике, который стал головным научно-исследовательским учреждением Гидрометеослужбы СССР в области исследований физики конвективных облаков и активного воздействия на градовые процессы, а также по разработке методов воздействия по предупредительному спуску снежных лавин.

Г.К. Сулаквелидзе и др. (ВГИ) создана схема образования градового облака, которая достаточно близка к гипотезе, разработанной в это же время Лудламом-Браунингом. На этой схеме основывался метод воздействия и ряд требований, которым должны удовлетворять методика и технические средства воздействия на град.

Начата разработка противорадовых изделий (артиллерийских снарядов, ракет), снаряженных AgI и PbJ_2 , для подавления града (PbJ_2 из-за его токсичности перестали применять в 1982 году). Артиллерийские снаряды типа «Эльбрус» (Р.Н. Станков, Г.А. Окунь, Я.С. Чупров) применялись до начала 90-х годов, а ракетные комплексы типа «Алазань» (Г.Г. Годораж, П.А. Несмеянов, А.И. Сидоров, А.Н. Силин) разных модификаций с AgI применяются до настоящего времени.

Под руководством И.И. Гайворонского (ЦАО), А.И. Карцивадзе (ИГАН) в Грузии и Г.К. Сулаквелидзе на Северном Кавказе начались опытные работы по подавлению града с помощью ракетных установок и артиллерийских комплексов, а также с применением модернизированных военных радиолокаторов типа «Сон» (длина волны 10 см) и «Дон» (длина волны 3,2 см).

В США начаты работы по активному воздействию на тропические циклоны (ТЦ) путем воздействия йодистым серебром вне

стены глаза ТЦ (первая попытка воздействия на ТЦ была проведена в 1947 году во Флориде путем засева облаков сухим льдом).

1962 год – В СССР УкрНИГМИ начаты работы по рассеиванию переохлажденных облаков и туманов с помощью самолета с использованием твердой углекислоты.

1963 год – Начаты эксперименты по исследованию конвективных облаков с помощью радиоактивных трассеров (И.И. Бурцев и др.).

1964 год – В СССР начаты опытно-производственные работы по подавлению града на Северном Кавказе, в Закавказье, в Средней Азии и в Молдавии с применением артиллерийского и ракетного методов воздействия.

1967 год – Правительством СССР принято постановление «О мерах по дальнейшему развитию работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий».

1968 год – В СССР начаты производственные работы по подавлению града в Азербайджане, Армении, Грузии, Молдавии, Краснодарском крае, Таджикистане, Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, а также в Узбекистане на постоянной основе. С 1969 года начались работы в Карачаево-Черкессии.

1970 год – В СССР начата противорадовая защита (ПГЗ) в Крыму. В Одессе создан отряд ПГЗ с перспективой образования Службы.

В США Специальная комиссия и Национальный научный фонд (ННФ) проанализировали большое количество данных по искусственному увеличению осадков и одобрили проведенные работы. Министерство внутренних дел увеличило ассигнования на операции по изменению погоды до 30 млн долларов. Головную ответственность за эти работы Сенат США возложил на Министерство торговли.

1972 год – В Италии начат эксперимент по подавлению града с помощью наземных генераторов с использованием AgJ, а также двух самолетов с генераторами AgJ.

В СССР разработан опытный образец нового метеорологического радиолокатора МРЛ-5 для применения его в системе градозащиты (ВГИ, ГГО, ЦАО, ВНИИРА).

1973 год – Правительством СССР принято постановление «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных

ресурсов», которое положило начало разработке научных методов тушения лесных пожаров искусственно вызванными осадками.

1974 год – Правительством СССР приняты постановления «О расширении работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий» и «О создании военизированных подразделений по борьбе с градом (ВС) при Гидрометеослужбе СССР».

1975 год – В СССР в Ленинградском гидрометеорологическом институте (ЛГМИ) создана численная стационарная модель градового облака как для исследования естественных процессов, так и для засева облака AgJ (Б.М. Воробьев).

В Германии (Верхняя Бавария) начаты работы по подавлению града с помощью самолетов, снаряженных ракетами с AgJ.

1976 год – В СССР проведены эксперименты по применению установленных на самолетах типа Ан-2 аэрозольных генераторов для вызывания осадков с целью тушения лесных пожаров. Начаты работы по активному воздействию на кучево-дождевые облака с целью их разрушения с использованием грубодисперсных порошков (ЦАО), разработан комплекс двумерных и трехмерных моделей облаков и туманов в термически и ораграфически неоднородном пограничном слое атмосферы (В.И. Хворостьянов и др.).

В Венгрии начат градовый эксперимент с использованием основ советской технологии по подавлению града.

В Аргентине (Штат Мендоса) начались работы по подавлению града с использованием российской технологии.

1977 год – В СССР разработан комплекс численных моделей конвективных облаков, из них три модели для изолированного конвективного облака с различной степенью учета взаимодействия термогидродинамических и микрофизических процессов (ЦАО). Проведены опыты по воздействию на градовые облака с использованием противорадовых ракет «Облако», снаряженных поверхностно-активными веществами (ГГО). Издана монография, в которой изложена новая гипотеза образования ливневых осадков и града, на основе которой усовершенствован метод подавления града, а также прогноз градовых явлений (ВГИ). Начато создание самолетов-метеолабораторий на базе самолетов Ил-18, АН-12, АН-26, Ту-16, Ил-14,

а также комплекса научно-исследовательской аппаратуры и средств воздействия (ЦАО). Начаты работы по искусственному увеличению осадков с помощью самолетов и противорадовых ракет «Алазань» (САНИГМИ). Построена физико-статистическая модель циклона начальной стадии его развития, показана реальная возможность воздействия на циклоны начальной стадии (ЦАО). Внедрен в практику противорадовых работ новый метеорологический радиолокатор МРЛ-5 для применения его в системе градозащиты. В дальнейшем он начал применяться не только в работах по подавлению града, искусственному увеличению осадков, но и в метеорологических наблюдениях (ВГИ, ГГО, ЦАО, ВНИИРА).

В Швейцарии совместно с Францией и Италией начат эксперимент по подавлению града на основе советской технологии («Гроссферзух-4»). В Канаде начаты работы по увеличению осадков с помощью ракет, снаряженных AgJ. Эксперты ВМО обосновали выбор реагентов и способов их доставки для международного проекта увеличения осадков в Испании.

1978 год – Правительство СССР приняло постановление «О мерах по улучшению защиты объектов от снежных лавин». Разработан метод по предупредительному спуску снежных лавин с целью обеспечения безопасности людей, уменьшения материального ущерба объектам, расположенным в лавиноопасных районах (ВГИ). В бассейне озера Севан (Армения) начато создание «Метеотрона» с целью увеличения осадков в ограниченном районе. Построена модель струи «Метеотрона» во влажной атмосфере, при наличии ветра (ИПГ).

1979 год – В США начат «Национальный градовый эксперимент» с использованием самолетов, оснащенных ракетами AgJ. Работы по подавлению града, как утверждают авторы проекта, осуществлялись на основе российского метода. Однако анализ специалистов показал, что применяемый способ (засев облаков) в значительной степени отличался от российского. В штате Колорадо начат рендомизированный противорадовый эксперимент. Для доставки реагента AgJ в облако использовались специальные вращающиеся ракеты «воздух-воздух». Завершена рендомизированная программа в горах Сан Хуан (Штат Колорадо) с целью

увеличения зимних осадков с помощью наземных генераторов. Результаты положительные. На основе двухмерной нестационарной модели показано, что при слиянии конвективных облаков общая сумма осадков увеличивается в 1,5 раза (Х. Орвилл).

В Австралии (штат Виктория) начат эксперимент по искусственному увеличению осадков с использованием самолета.

В СССР проводится комплекс работ по рассеиванию теплых туманов с помощью тепловых систем и исследованию параметров полноразмерных генераторов льдообразующих аэрозолей AgJ (ИЭМ). Создан метеорологический полигон в бассейне озера Севан, оснащенный наземными и самолетными средствами воздействия и контроля за результатами воздействий (Армянская ВС, ИПГ). Разработана трехмерная численная модель капельного конвективного облака с учетом его микроструктуры и др. параметров (ЦАО). Разработаны «Руководство по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5 и МРЛ-6 в системе градозащиты» (М.Т. Абшаев, И.И. Бурцев, С.И. Ваксенбург, Г.Ф. Шевела) и «Руководство по организации и проведению противорадовых работ» (Н.Ш. Бибилашвили, И.И. Бурцев, Ю.А. Серегин). Разработан лицензионный паспорт на советскую технологию противорадовой защиты. Созданы специальные противолавинные подразделения Гидрометслужбы на Северном Кавказе и в Узбекистане.

Правительством СССР принято постановление «О дальнейшем развитии работ по активному воздействию на гидрометеорологические и другие геофизические процессы» и сделано распоряжение «Об усилении контроля за приобретением, перевозкой, хранением, учетом и использованием противорадовых и противолавинных комплексов».

1983 год – Издано распоряжение Правительства СССР «О государственном надзоре за проведением работ по активному воздействию на гидродинамические и другие геофизические процессы».

1984 год – Разработано «Руководство по предупредительному спуску снежных лавин с применением артиллерийских систем КС-19» (ВГИ).

1985 год – Советский метод по борьбе с градом начал применяться в Аргентине,

Бразилии, Болгарии, Венгрии (ВГИ), а по увеличению осадков – на Кубе, в Монголии, Сирии, Иране и др. (ЦАО).

Правительством СССР принято постановление «О дальнейшем развитии работ по активному воздействию на гидрометеорологические процессы в интересах народного хозяйства в 1986–1990 гг.».

1987 год – С учетом новых научных данных разработаны «Временные методические указания по воздействию на градовые процессы» (М.Т. Абшаев, Н.Ш. Бибилишвили, И.И. Бурцев, В.А. Пометельников, Г.К. Сулаквелидзе).

1990 год – Начата разработка новых тепловых методов защиты растений от заморозков путем нанесения на поверхность почвы дисперсных тепловыделяющих веществ (ИЭМ, ВНИИСХМ).

1993 год – Правительство Российской Федерации приняло постановление «О создании противолавинной службы» при Росгидромете.

1994 год – Росгидрометом созданы Региональные противолавинные центры на Северном Кавказе, Сахалине, Камчатке и в Забайкалье.

1997 год – На базе региональных противолавинных центров созданы при УГМС и Северо-Кавказской ВС специализированные подразделения по предупредительному спуску снежных лавин (Забайкальское,

Колымское, Камчатское, Сахалинское, Среднесибирское, Северо-Кавказское).

1999 год – Разработаны методические указания «Методы оценки эффективности воздействия на градовые процессы» (ВГИ). Проводятся работы по регулированию осадков в России и Узбекистане. Правительством России утверждены Положения «О лицензировании работ по активному воздействию», «О приобретении, хранении и использовании средств активного воздействия на метеорологические и другие геофизические процессы», «О государственном надзоре за проведением работ по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы на территории Российской Федерации».

С целью внедрения российских технологий активного воздействия на гидрометеорологические процессы, выполнения оперативно-производственных работ по активному воздействию на гидрометеорологические процессы, создания и распространения российских технических средств активного воздействия и метеорологической аппаратуры и технических средств АВ под учредительством Росгидромета и ФГУП Чебоксарское производственное объединение им. В.И. Чапаева создана Автономная некоммерческая организация «Агентство атмосферных технологий» (АНО Агентство АТТЕХ).

И.И. Бурцев

СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В СССР

Механизмы воздействия на гидрометеорологические явления разрабатывались на основе результатов изучения тех атмосферных процессов, которые ответственны за их формирование. К ним относятся процессы

образования облаков и выпадение осадков из них, грозовая деятельность, образование туманов и тайфунов. Предупредительный спуск снежных лавин основывался на знании физических свойств снежного покрова.

Атмосферные процессы, механизмы и технические средства воздействия на гидрометеорологические явления

Основная группа методов воздействия на переохлажденные облака связана с фазовой неустойчивостью, которая связана с существованием в осадкообразующей облачности наряду с кристаллами обширных зон жидко-капельной влаги (вплоть до температур – 35... – 40 °С). Поскольку насыщающая упругость водяного пара над льдом меньше, чем над водой, из-за чего кристаллики льда дорастают до размеров частиц осадков значительно быстрее, чем капли, то при введении в такой объем достаточного количества зародышевых ледяных частиц начинается процесс «перегонки» водяного пара на эти частицы и испарение облачных капель.

В практике АВ для этого используются два типа реагентов:

- 1) хладоагенты, то есть вещества, испарение которых вызывает резкое локальное понижение температуры среды (твердая углекислота, жидкий азот);
- 2) льдообразующие реагенты, которые, не влияя непосредственно на температуру воздуха, выполняют функцию искусственных ядер кристаллизации – подложек для

Искусственное увеличение осадков (ИУО)

Работам по искусственному увеличению осадков предшествовали работы по исследованию образования осадков. В начале 30-х годов в Ленинградском институте экспериментальной метеорологии под руководством В.Н. Оболенского были начаты экспериментальные и теоретические работы по исследованию процесса осадкообразования в облаках различных форм. Были получены важные результаты по теории конденсационного роста облачных частиц. В.В. Базилевич выполнил серию исследований конденсационных и коагуляционных явлений.

роста ледяных частиц, поскольку их кристаллическая структура изоморфна льду (например, иодид серебра AgI).

В качестве средств внесения реагента в облако применяются как наземные установки, так и самолетные устройства.

К наземным средствам воздействия относятся наземные генераторы, ракеты, снаряды.

Опытные и теоретические исследования эффективности воздействия на переохлажденные облака посредством хладоагентов были начаты в 1946–1948 годах в США Шефером, в СССР – В.Л. Гаевским, Б.В. Кирюхиным, В.Я. Никандровым, А.П. Чуваевым, И.И. Гайворонским и др.

За последние годы ЦАО, УкрНИГМИ, ГГО, ВГИ провели несколько сот экспериментов, включая и производственные, с целью искусственного увеличения осадков путем применения самолетов-метеолaborаторий, оборудованных специальными средствами воздействия (пиропатроны, генераторы), снаряженными AgI, жидким азотом и углекислотой.

Систематические исследования термодинамических и микрофизических характеристик облаков начались в научно-исследовательских организациях Гидрометеослужбы в 1946–1950 годах (в ГГО – Л.Т. Матвеев, В.Я. Никандров, Н.С. Шишкин др., в ЦАО – И.И. Гайворонский, С.М. Шметер, Ю.А. Серегин и др., в ИЭМ – Ю.С. Седунов, В.М. Волощук и др., УкрНИГМИ – Б.Н. Лесков, И.П. Половина, М.В. Буйков, Г.Ф. Прихотько и др.).

Результаты проведенных исследований явились тем фундаментом, на котором

в дальнейшем развивалась наука в России и странах СНГ в области ИУО.

С конца 50-х годов и до настоящего времени головной организацией Гидрометеослужбы в области ИУО является Центральная аэрологическая обсерватория. В результате многолетних экспериментальных исследований на специализированных метеорологических полигонах в Молдавии, Среднем Поволжье, на Кубе, а также на основе опытно-производственных работ в различных регионах России, Белоруссии, Казахстана, Средней Азии, Монголии, Сирийской Арабской Республики в 80–90-х годах ЦАО разработала и внедрила в практику эффективную технологию работ по ИУО.

Эффективность воздействий зависит от технологии засева облаков реагентами, от метеорологических условий и от наличия ресурсов облаков, пригодных для воздействия.

Успехи, достигнутые в последние годы в области радиолокационной метеорологии (Ю.В. Мельничук, А.А. Черников, В.Д. Степаненко и др.), позволяют осуществлять контроль эволюции облаков и выпадения из них осадков с помощью метеорологических радиолокаторов, например, типа МРЛ-5.

МРЛ-5 имеет два отдельных приемопередающих канала в диапазонах волн 3,2 и 10 см. Автоматическая система управления антенным устройством позволяет осуществлять автоматическое сканирование пространства по азимуту и углу места через определенные интервалы времени.

Методика радиолокационных наблюдений включает определение геометрических размеров радиоэха облаков, регистрацию координат зон, определение изменений радиолокационных параметров, а также получение информации о характеристиках зон осадков. При обработке данных с помощью ЭВМ рассчитывается распределение радиолокационной отражаемости облаков и осадков в вертикальных и горизонтальных сечениях.

По такому алгоритму производит обработку радиолокационной информации об облаках и осадках автоматизированный комплекс сбора, обработки и представления радиолокационной информации (АКСОПРИ), созданный в ЦАО и наиболее полно отвечающий всем необходимым требованиям по точности измерения осадков при проведении

работ по воздействию, особенно в равнинных районах.

Опыт работ по активному воздействию с помощью самолетов показал, что для эффективного их проведения на борту самолета необходимо иметь измерительно-вычислительные средства, представляющие в реальном времени основные метеорологические параметры и характеристики полета самолета, а также решающие ряд специфических задач, связанных с оценкой условий проведения засева облаков.

Такой бортовой измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) был создан в ЦАО и установлен на ряде самолетов, используемых в производственных воздействиях на облака. ИВК позволяет измерять, рассчитывать, документировать на магнитных носителях, отображать в реальном времени на экране дисплея цифробуквенного индикатора метеорологические параметры (температуру, давление и влажность воздуха, скорость и направление горизонтального ветра, интенсивность обледенения и водность облаков), а также основные пилотажно-навигационные характеристики полета самолета (местоположение самолета в географических, полярных и ортодромических системах координат, высотно-скоростные параметры полета, поведение самолета в воздухе и т.д.).

Эта информация позволяет руководителю работ на борту самолета оценить целесообразность засева облаков, конкретизировать тактику проведения воздействий (схемы засева, расход реагента и т.д.) и в процессе работы следить за параметрами атмосферы и засеваемых облаков. ИВК позволяет также в ходе засева облаков постоянно контролировать их соответствие принятым критериям пригодности для засева.

Перечисленные возможности ИВК позволяют осуществлять сложные схемы засева облаков как одним, так и несколькими самолетами одновременно. В целом ИВК является эффективным средством оперативного анализа и документирования метеоинформации и позволяет повысить результативность воздействий, проводимых как в дневное, так и в ночное время.

В ЦАО разработана и успешно испытана методика искусственного увеличения осадков из облаков кучевых и слоистообразных форм. Для реализации методики созданы и освоены промышленностью необходимые



Осадки из кучево-дождевого облака

реагенты и технические средства воздействия. Использование методики позволяет увеличивать количество осадков непосредственно в зоне воздействий в 1,5–2,0 раза и обеспечивать увеличение сезонной суммы осадков на площади работ в среднем на 20–30 %.

В основе методики лежит способ засева облаков льдообразующими реагентами с самолетов-метеолaborаторий, оснащенных устройствами для отстрела пиропатронов, дозаторами для сброса гранулированной углекислоты и другим оборудованием для воздействия, а также комплексами бортовой аппаратуры для измерения навигационных параметров, характеристик облаков и атмосферы.

Искусственное подавление развития конвективных облаков самолетными средствами воздействия

В 1960–80-х годах в научно-исследовательских организациях Гидрометеослужбы СССР велась разработка принципиально нового метода активных воздействий – метода подавления развития конвективных облаков путем инициирования в них нисходящих воздушных движений.

Результаты многолетних исследований показали, что в неустойчиво стратифицированных средах, какими являются по своей природе конвективные облака, возникновение любых локальных возмущений температуры или скорости вертикальных воздушных движений может приводить за счет энергии неустойчивости к образованию как восходящих, так и нисходящих стационарных (спонтанных) струй. При этом инициируемые возмущениями восходящие

В заключение надо отметить, что экспериментальные данные об облаках и осадках и результаты засева облаков показали пригодность облаков региона Центральной Якутии для воздействия с целью ИУО. Подтверждена экономическая эффективность использования разработанных методов активного воздействия на облака для решения проблемы дефицита дождевой воды. Использование этих методов позволяет увеличить ежемесячное количество «искусственной воды» в районе работ на 90–350 млн т при весьма низкой ее себестоимости.

движения в облаках способствуют конденсации водяного пара и развитию облака, в то время как нисходящие движения интенсифицируют процессы испарения облачных элементов и ускоряют разрушение облака. И поскольку при развитой конвекции степень неустойчивости среды уменьшается с высотой, то в слоях равной мощности скорости нисходящих движений обычно оказываются выше, чем восходящих. В результате процесс разрушения облаков за счет больших скоростей нисходящих движений должен протекать, при прочих равных условиях, быстрее, чем их рост (Н.И. Вульфсон, Л.М. Левин).

При естественном развитии конвективного облака интенсивные нисходящие движения образуются в нем, главным образом,

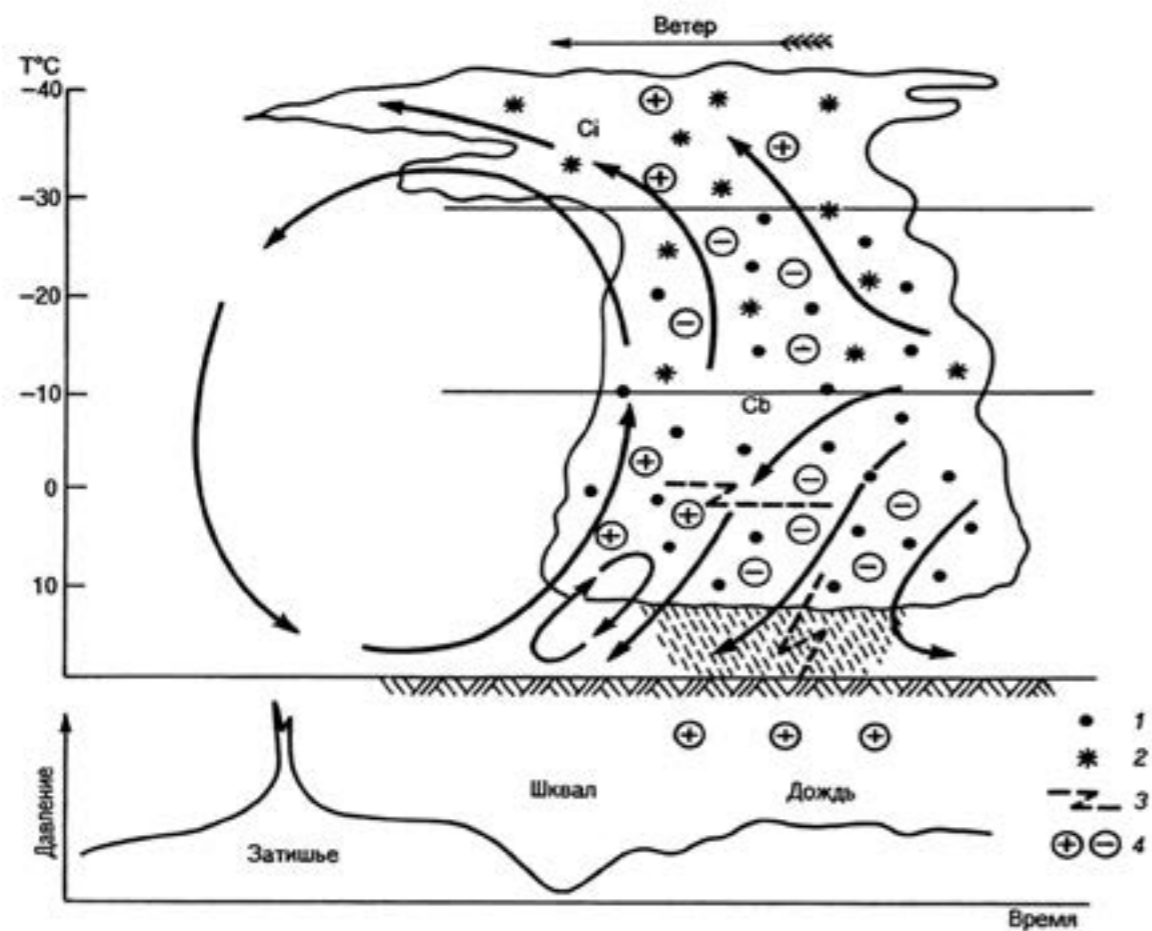


Схема кучево-дождевого облака

на конечной стадии его развития вследствие увлечения воздуха выпадающими ливневыми осадками. В развивающихся же конвективных облаках нисходящие движения могут быть вызваны искусственно — созданием внутри них мощных направленных вниз импульсов. В этом случае в развивающемся облаке за счет энергии неустойчивости образуются интенсивные нисходящие потоки, которые не только препятствуют развитию облака, но могут привести к его разрушению, а при соответствующих условиях — к полному исчезновению.

Возможен ряд принципиально различных способов искусственного создания в конвективных облаках нисходящих импульсов. Из них наиболее изученными (Н.И. Вульфсон, Б.П. Черенкова, И.И. Гайворонский, Ю.А. Серегин, Л.П. Зацепина) являются способ создания направленного вниз импульса за счет струи газа от двигателя реактивного самолета при кабрировании и способ создания отрицательной плавучести в некоторой части облака.

В последнем способе отрицательная плавучесть обычно создается путем сброса в верхнюю часть облака определенной массы порошкообразного реагента. Возникающему, таким образом, аэрозольному облаку отводится роль «спускового механизма» нисходящего потока. Это обусловлено тем, что вес аэрозольного облака с достаточно большой концентрацией частиц порошка значительно превышает вес равного объема воздуха. А в условиях неустойчивой стратификации начинающееся нисходящее движение аэрозольного облака будет ускоряться по мере его снижения в толще облака, приводя в результате к частичному или полному разрушению облака.

Разработанный в ЦАО способ искусственного инициирования нисходящих потоков в облаках посредством сброса в их вершины с самолета грубодисперсных порошков (Ю.А. Серегин и др.) был признан наиболее эффективным.

В ходе многочисленных экспериментов по воздействию на конвективные облака

различной мощности были изучены основные закономерности разрушения облаков и определены условия эффективного использования динамического метода их разрушения. Было показано, что эффективность метода зависит от способа засева, норм расхода реагента, а также от метеорологических условий. Выполненные исследования и эксперименты позволили подтвердить выдвинутую гипотезу о возможности подавления конвекции и создать методику и технологию снижения ливневой активности облаков.

Синоптические условия развития конвективных облаков для проведения работ по искусственному рассеянию облаков (ИРО) условно можно разделить на три группы:

- первая группа синоптических условий соответствует классическому типу развития внутримассовых кучевых облаков, когда конвекция обусловлена прогревом земной поверхности, и энергия неустойчивости атмосферы достаточно велика;

- вторая группа включает такие процессы, когда наряду со свободной конвекцией имеет место влияние фронтальных зон;

- к третьей группе относятся ситуации, при которых конвективные облака развиваются на фронтальных разделах.

В зависимости от типа синоптических условий изменяются не только характер, но и интенсивность развития облаков, что проявляется в организации структуры их взаимного расположения, в различии форм, высоты и мощности.

При переходе от условий чисто термической конвекции к фронтальным процессам наблюдается увеличение мощности облаков и их горизонтальных размеров, снижение высоты основания облаков и энергии неустойчивости в слое развития облачности.

В качестве основных объектов воздействий с целью подавления их развития обычно рассматриваются изолированные мощно-кучевые и кучево-дождевые облака в начальной стадии развития (Си song, Сb) и мезомасштабные системы таких облаков (кластеры). Изолированными считаются облачные ячейки, находящиеся в значительном удалении друг от друга (свыше 5–10 диаметров) и не имеющие общего основания.

Кластеры представляют собой поля соединяющихся между собой или расположенных вблизи друг от друга (на расстоянии 2–3 диаметров) облачных башен (ячеек),

либо многовершинные облака, расположенные на площади 400–600 км².

Критерии пригодности конвективных облаков для засева с целью подавления их развития разработаны на основании данных, полученных ЦАО в многочисленных натуральных опытах.

Для получения метеорологической информации, необходимой при прогнозировании рабочей ситуации, для принятия решения о возможности и целесообразности воздействия, выработки команды на воздействие и ее корректировки в процессе воздействия, а также для оценки результатов воздействия, используются данные информационно-измерительной системы (ИИС).

Общее руководство работами по воздействиям осуществляется из Оперативного центра, который обычно размещается вблизи радиолокационного комплекса или места базирования самолетов.

Перечень и порядок выполнения мероприятий в процессе проведения оперативных работ по воздействиям аналогичен при ИУО.

Воздействие на отдельные конвективные облака производится путем засева развивающихся облачных вершин при их пересечении на уровне, расположенном на 100–150 м ниже уровня верхней границы облака (Нвг). Возможность безопасного пересечения вершины облака контролируется по данным бортового самолетного метеолокатора и определяется экспертной оценкой руководителя полетов и командира самолета. При необходимости засева Сb, дающего засветку на индикаторе радиолокатора, целесообразно выбрать уровень полета непосредственно над верхней границей облака, либо с превышением границы не более чем на 100 м. В зависимости от размера облака в его вершину сбрасывается от 1 до 3 упаковок реагента.

При воздействии на многовершинные гроззовые облака в первую очередь производится засев центральной вершины, пробивающейся через наковальню, или вершины, расположенной ниже наковальни облака. Количество сбрасываемого реагента определяется количеством вершин и их протяженностью, а также динамикой развития облака.

При проведении работ над определенной площадью рекомендуется следующая

схема полетов. Самолет, имеющий на борту оборудование для введения реагента, вылетает в район работы для оценки метеостановки и патрулирования, занимает эшелон на уровне 5–6 км и в случае появления облаков, вершины которых достигают этого уровня, производит их засев. В случае продолжающегося роста вершин самолет занимает эшелон на уровне верхней границы облаков и продолжает, засев на этом эшелоне. В среднем в каждую отдельную вершину кучево-дождевых и грозовых облаков вводится такое же количество реагента, как и при засеве отдельных конвективных облаков.

В случае приближения фронта к защищаемой территории самолет должен переместиться в зону «упреждения», расположенную на подступах к защищаемой зоне со стороны переноса и, в случае необходимости, осуществлять засев растущих конвективных облаков, удовлетворяющих принятому критерию, на участке, расположенном на удалении от защищаемой зоны, примерно равном часовому переносу облаков. Выполняя засев облаков на уровне 5–6 км, самолет тем самым предотвращает возможность их дальнейшего развития и перехода в стадию Сб.

При проведении воздействий с целью подавления развития конвективной облачности эффект воздействия считается положительным в тех случаях, когда:

– облако полностью исчезает (испаряется);

– облако теряет четкие очертания, приобретает волокнистую структуру и уменьшает свою плотность. Одновременно облако распадается на части или существенно уменьшается его мощность за счет оседания вершины, испарения нижней части или того и другого одновременно;

– облако начинает оседать или растекаться, а затем процесс его разрушения прекращается (ЦАО – И.И. Гайворонский, Ю.А. Серегин, Л.П. Зацепина, Л.Б. Зонтов, В.П. Беляев, Л.А. Диневич, ИПГ – Н.И. Вульфсон, Б.Л. Черенкова).

Контроль процесса разрушения обрабатываемых облаков производится с помощью визуальных наблюдений, инструментальных измерений некоторых параметров облаков с борта самолета, детальных измерений их радиолокационной отражаемости.

Результаты радиолокационных наблюдений оказываются основными при реги-

страции эффекта воздействия в третьем из перечисленных выше случаев, когда по визуальным наблюдениям облако может почти не изменять своей конфигурации и геометрических размеров, однако в нем существенно уменьшаются (в 2-3 раза) размеры и уровни интенсивности зон радиолокационной отражаемости, что свидетельствует о начале процесса диссипации облака.

Для контроля результатов воздействий целесообразно использовать те же технические средства, что и при ИУО. Это метеорологический радиолокатор МРЛ-5, автоматизированная система АКСОПРИ и самолетные измерительно-вычислительные комплексы (ИВК).

Экспериментально установлено (ЦАО – Ю.А. Серегин, И.И. Гайворонский, Л.П. Зацепина и др.), что эффективность разрушающего воздействия на облака с помощью самолетного метода в основном зависит от условий формирования облаков. Легче всего разрушаются отдельные внутримассовые облака. Для них эффективность воздействий составляет 80–90 %. Эффективность воздействий на конвективные облака, связанные с фронтальными разделами, снижается до 65–80 %.

От метода, основанного на стимулировании искусственной кристаллизации в переохлажденной части облака, который используется в работах по градозащите (а также по искусственному увеличению осадков), рассматриваемый способ воздействия отличается однозначностью результатов. Подавление развития облаков и их разрушение происходит в 2-3 раза быстрее, чем при стимулировании искусственной кристаллизации.

Сравнение затрат на проведение работ по защите заданной территории от града с помощью наземных средств и самолетов показало, что при использовании самолетного способа требуется значительно меньший расход материальных и людских ресурсов при организации защиты на больших площадях. Проведенные расчеты экономической эффективности показали, что самолетный способ почти в 2 раза дешевле существующих в настоящее время наземных методов градозащиты.

Степень опасности загрязнения природной среды реагентами, используемыми для активных воздействий, может быть оценена на основе сопоставления интенсивности

поступления в атмосферу глиноземов из природных источников (ветровая эрозия почв, извержение вулканов), из антропогенных источников (от промышленных объектов и т.д.) и при проведении активных воздействий.

Расчеты и экспериментальные данные показывают, что концентрации частиц реагента в объеме воздуха, возникающие на вершине облака при его засеве в начальный момент времени, составляют 10^2 – 10^3 м⁻³. При оседании реагента до уровня нижней границы облака концентрация частиц в опускающемся объеме воздуха снижается до 0,1–10 м⁻³, а попадая в подоблачный слой, реагент полностью перемешивается с атмосферным воздухом. Следовательно, можно

Подавление града

Образование града связано с мощными кучево-дождевыми облаками, для которых характерны продолжительные восходящие движения воздуха и большая концентрация переохлажденных водяных капелек.

Согласно представлениям, сложившимся в конце 50-х годов, образование града может происходить следующим образом. Крупные частицы, находящиеся в зоне повышенной влажности (зона аккумуляции), достигая уровня естественной кристаллизации, замерзают. Коагулируя с мелкокапельной фракцией, набегающей с восходящим потоком снизу, зародыши града растут до тех пор, пока радиус града достигнет такой величины, при которой скорость его падения под действием силы тяжести превысит скорость восходящих потоков. После этого произойдет выпадение града.

В дальнейшем это представление уточнялось. В частности, в ВГИ (Г.К. Сулаквелидзе) было сделано следующее предположение. В начальной стадии развития облака, в нижней его части, наряду с большим количеством мелкокапельной фракции, образующейся на ядрах конденсации, возникают отдельные крупные капли с радиусом 20–40 мкм. Они поднимаются в верхнюю часть облака, вследствие уменьшения скорости восходящих потоков задерживаются выше уровня максимальных скоростей и растут за счет набегающей снизу мелкокапельной фракции. На этой стадии влажность в зоне аккумуляции превышает 10–20 г/м³. Этот процесс длится от 0,5 до 1,5 часа, после чего

закончить, что влияние активных воздействий рассмотренным методом на загрязнение воздуха в районе проведения работ крайне мало.

Технология искусственного подавления развития мощно-кучевых и кучево-дождевых облаков была успешно использована в экстремальных условиях, имевших место при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году, а также неоднократно применялась при проведении работ по улучшению метеорологических условий над Москвой и некоторыми другими крупными городами страны в дни проведения в них массовых общественно-политических, спортивных и культурных мероприятий.

увеличение влажности замедляется, и основными микрофизическими процессами, протекающими в облаке, являются соударение крупных частиц друг с другом и их разрывание при достижении критического размера. После чего, при определенных условиях, зона аккумуляции обрушивается.

Авторы предполагают, что замерзание крупных частиц происходит при достижении зоной аккумуляции уровня естественной кристаллизации. Возможно, что в переохлажденную зону крупнокапельной фракции, вследствие турбулентного обмена, попадают сверху отдельные ледяные кристаллы, которые в результате броуновской, турбулентной, электрической коагуляции, соударяясь с крупными частицами, замерзают. По-видимому, при наличии сдвига ветра этот процесс образования зародышей града наиболее вероятен.

Кучево-дождевые облака подразделяют на три основные модификации: одноячейковые, многоячейковые и суперячейковые.

Наиболее интересны суперячейковые градовые облака. Они имеют сверхмощную, устойчивую во времени ячейку, в которой одновременно существуют, способствуя взаимному усилению, мощные восходящие и нисходящие потоки. Термин «суперячейковый» был впервые введен Лудламом и Браунингом в 1962 году для описания квазиустойчивого состояния сверхмощного градового облака.

Суперячейковые градовые облака достигают 20–40 км в диаметре и 15 км в высоту.

Град выпадает из таких облаков непрерывной полосой, ширина которой составляет 7–15 км, а длина нередко превышает 150 км. Размер града может достигать 6–10 см в диаметре. Выпадение града сопровождается ураганым ветром до 40–50 м/с, интенсивной грозовой деятельностью и ливневыми осадками. Процент градобитий от такого облака иногда достигает 60–80 % от среднего ущерба, причиняемого всеми градовыми облаками на данной территории.

Важной характеристикой радиоэха суперячейкового облака является определенная метеорадаром область слабого радиоэха. Она (по наблюдениям М.Т. Абшаева, И.И. Бурцева, В.А. Пометельникова, Н.Г. Штульмана) формируется мощным упорядоченным восходящим потоком, скорость которого настолько велика, что мелкие облачные частицы, находящиеся в нем, не успевают вырасти до размеров, обнаруживаемых радиолокатором. Сверху эта область ограничена навесом интенсивного радиоэха. Навес радиоэха является той областью, где происходит основной рост града. Он формируется крупными гидрометеорами, скорость падения которых сопоставима со скоростью восходящего потока, в результате чего они могут определенное время находиться в области навеса. Зарождение града происходит во фронтальной части навеса радиоэха или в свесе радиоэха в области слабых восходящих потоков (3–5 м/с). Далеко не каждый зародыш града может попасть в навес радиоэха.

Мелкие зародыши града выносятся сильным восходящим потоком в предвершинную часть облака, в область естественной кристаллизации, состоящую только из кристаллов льда. Поэтому попавшие сюда зародыши града не могут вырасти и практически не принимают активного участия в процессе осадкообразования. Самые крупные зародыши, преодолев восходящий поток могут выпасть из свеса радиоэха, который определяется в результате отражения радиоволн на отдельных крупных выпадающих частицах. Только наиболее «удачливые» зародыши града, уравновешенные восходящим потоком, попадают в навес радиоэха и быстро формируются в крупные градины. Происходит как бы естественное ограничение процесса генерирования крупного града суперячейковым облаком.

Направление, по которому ориентировано перемещение навеса мощного радиоэха, как правило, отклоняется вправо от направления перемещения суперячейкового облака, но иногда и совпадает с ним. Это отклонение может достигать 90 градусов и остается почти неизменным в течение времени выпадения интенсивного града.

Возникновению суперячейкового облака обычно предшествует фронтальная облачная система, распадающаяся по мере развития суперячейки. К моменту ее максимального развития в радиусе нескольких десятков километров других ячеек не наблюдается.

Наблюдения показывают, что восходящий поток в таких облаках отклоняется в направлении правого фланга перемещающегося процесса, а нисходящий поток сдвигается на уровне его возникновения налево таким образом, что области восходящих и нисходящих потоков пространственно разделены и не тормозят друг друга.

Современные исследования грозоградовых облаков позволили построить воздействие на конвективные облака с целью подавления града на следующих принципах:

- создание в облаке искусственных зародышей града, конкурирующих с естественными за переохлажденную капельную фракцию в облаке (принцип конкуренции);
- стимулирование коагуляционных процессов в теплой части облака с последующей кристаллизацией крупных облачных капель (комбинированный способ);
- полная кристаллизация переохлажденной части облака;
- понижение траектории движения растущих градин в облаке;
- динамическое воздействие, то есть разрушение конвективных облаков инициированием нисходящих потоков;
- ускорение осадкообразования в областях будущего градообразования по сравнению с естественным циклом.

Метод активного воздействия на градовые облака, разработанный Г.К. Сулаквелидзе, предполагает ограничение конечного размера града в облаке путем создания в зоне образования и роста искусственных градовых зародышей, которые будут конкурировать с естественными за облачную воду. В результате этого после воздействия образуется мелкий град, который полностью

может растаять при падении в теплой части атмосферы. Этот метод воздействия наиболее эффективен при воздействии на область формирования условий зарождения града в начальной стадии образования зародышей града.

Дальнейшие опытно-экспериментальные работы показали, что метод Г.К. Сулаквелидзе эффективен при воздействии на градовые облака слабой и средней интенсивности, когда объем области роста града (V) не превышает 3 км³, а скорости восходящих потоков 10–20 м/с (W). В суперячейковых градовых облаках V около сотни километров, а W составляет 30 м/с. Эти условия препятствуют образованию зародышей града на искусственных ядрах кристаллизации, введенных в зону роста града, так как частицы реагента за считанные минуты могут пронестись через облако и выноситься за его пределы.

Для реализации комбинированного способа воздействия с помощью артиллерийских снарядов в нижнюю (теплую) часть облака вносится гигроскопический реагент, а в переохлажденную (градовый очаг) – льдообразующий реагент. По мнению авторов (ЗакНИГМИ – И.Т. Бартишвили, В.П. Ломинадзе, Ш.Л. Гудушаури и др.), увеличение концентрации крупных капель в нижней части облака должно привести к усилению процесса осадкообразования и к перераспределению влажности между переохлажденной и теплой частями облака в пользу теплой, и, как следствие, стимулировать осадки и разрушать нижнюю часть облака. Кристаллизующий же реагент вносится в облако с целью увеличения концентрации зародышей града.

Проведены опытные работы (ЦАО – Ю.А. Серегин, Г.П. Берюлев, Л.П. Зацепина, В.П. Беляев; ВГИ – И.И. Бурцев, Х.М. Калов и др.; ИПГ – Н.И. Вульфсон, Л.М. Левин и др.) по разрушению облаков под действием высокодисперсных гигроскопических веществ (например, цемента, поваренной соли и т.п.), сбрасываемых на облако, а также под действием взрыва и продуктов ликвидации противорадовых снарядов в верхней части облака.

Предложено несколько способов засева градовых облаков:

- с помощью артиллерийских снарядов и ракет, снаряженных льдообразующими и гигроскопическими реагентами;

– с помощью ракет и пиропатронов при полете самолета над вершиной или под основанием облака;

– с помощью наземных генераторов аэрозолей активного вещества.

Наиболее эффективным следует признать способ засева облаков с помощью ракет и снарядов. В этом случае достигается наибольшая оперативность засева, исключаются потери времени и количества реагента при его транспортировке.

Первые опытно-производственные работы по защите сельскохозяйственных культур от градобитий на значительных площадях были проведены в 1961–1966 годах в районах Северного Кавказа, Закавказья, Молдавской ССР и в республиках Средней Азии. К концу этого периода общий размер защищаемых площадей составил 1,4 млн га.

К 1967 году учреждения Гидрометслужбы совместно с предприятиями промышленности создали комплексы радиолокационной аппаратуры, ракетных и артиллерийских систем и разработали методику их применения в различных физико-географических условиях.

Опытно-производственные работы показали достаточно высокую эффективность созданных методов и средств воздействия на градовые процессы, обеспечивающих сокращение ущерба в защищаемых от града районах примерно в 3–4 раза. Комиссия Государственного комитета по науке и технике при Совете Министров СССР с участием представителей Академии наук СССР, ВАСХНИЛ и местных сельскохозяйственных организаций рекомендовала разработанные методы борьбы с градом к широкому внедрению.

Совет Министров СССР в 1967 году принял постановление «О мерах по дальнейшему развитию работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий». На основании этого постановления начали создаваться противорадовые подразделения, которые в дальнейшем были военезированы. Работы стали проводиться на контрактной основе, по договорам, заключаемым с министерствами сельского хозяйства союзных республик.

Группам ученых и специалистов была присуждена Государственная премия СССР в области науки и техники в 1969 году за разработку и внедрение метода и средств

борьбы с градобитиями с использованием противорадиолокационных ракет и снарядов, а в 1986 году – за разработку и внедрение ме-

Рассеяние туманов

Образование тумана – это процесс конденсации влаги непосредственно над поверхностью земли. Процесс конденсации возникает в результате изменения температуры и влажности воздуха. Изменения этих метеорологических характеристик воздушной среды происходят, например, при испарении влаги с подстилающей поверхности в более холодный воздух, при понижении температуры воздуха или в переходном слое при смешении двух воздушных масс с различной температурой и влажностью и т.д.

В России исследования условий формирования туманов и разработка принципов воздействия на них были начаты в 1946–1948 годах (в ГГО – В.Я. Никандров и др., в ЦАО – И.И. Гайворонский и др.). По условиям формирования туманы могут быть радиационные, адвективные, туманы испарения или смешения и др.

Дать объяснение механизмам формирования туманов попытался Л.Т. Матвеев (Россия) в 50-е годы. Путем анализа уравнений притока тепла и переноса влаги впервые обосновано падение температуры вблизи земной поверхности и формирование приподнятой инверсии температуры в радиационном тумане. В.И. Хворостьянов (ЦАО) и М.В. Буйков (УкрНИГМИ) построили модель образования радиационного тумана.

Адвективные туманы образуются при натекании теплого воздуха на более холодную подстилающую поверхность. Условием образования тумана является определенная удельная влажность натекающего воздуха и соотношение температур натекающего воздуха и подстилающей поверхности.

Туманы испарения образуются в осенне-зимний период при натекании сильно выхоложенного воздуха с материка или ледяного поля на незамерзшую поверхность воды. Такие туманы часто образуются над арктическими морями, а также над водоемами суши. Переохлажденный туман испарения является одним из опасных гидрометеорологических явлений, осложняющих работу морского транспорта в период зимней навигации.

Исследования процессов формирования и диссипации переохлажденных туманов

теорологического радиолокатора МРЛ в системе противорадиолокационной защиты.

испарения, характерных для арктических широт, выполнены учеными ИЭМ (В.Н. Иванов, Н.С. Ким и др.). Разработаны рекомендации по оптимизации составов и способов воздействия на переохлажденные туманы испарения. Проведены опытные эксперименты.

Искусственное воздействие на туманы проводится, главным образом, с целью их рассеяния (над аэродромами, портами, дорогами, специальными объектами и т.д.). В более редких случаях разрабатывают способы повышения устойчивости или стабилизации туманов.

В практике обычно различают два типа туманов: переохлажденные и теплые. В организациях Гидрометслужбы России и стран СНГ получили большое развитие работы по активному воздействию на переохлажденные туманы (ЦАО, ГГО, УкрНИГМИ), в том числе и на туманы испарения (ИЭМ). Проработаны методы воздействия на теплые туманы, но технологии воздействия на них находятся на стадии разработки и опытных испытаний (ИЭМ, ЦАО, ГГО, ВГИ).

Первые результаты применения методов искусственного воздействия на переохлажденные туманы с целью раскрытия аэродромов были обобщены в 50-х годах В.Я. Никандровым (ГГО), И.И. Гайворонским, Л.И. Красновской, Ю.А. Серегиным (ЦАО), Г.И. Перелетом, И.П. Половиной (УкрНИГМИ) и др. В 60-х годах были разработаны теоретические основы метода воздействия, согласно которым основным процессом, обеспечивающим рассеяние тумана, является создание в области тумана достаточно большого количества центров кристаллизации (ледяных кристаллов) путем искусственного введения в туман специальных веществ (реагентов).

В качестве реагента была выбрана твердая углекислота, созданы самолетные и наземные установки, позволившие в значительной мере автоматизировать процессы гранулирования, дозирования и засева.

Действие твердой углекислоты состоит в том, что происходит глубокое охлаждение засеянного объема воздуха, насыщенного

водяным паром. Это приводит к образованию больших перенасыщений. В охлажденном объеме создаются условия, благоприятные для конденсации водяного пара. При очень низких температурах образовавшиеся вблизи гранулы твердой углекислоты мельчайшие водяные капельки быстро замерзают, превращаясь в зародыши ледяных кристаллов. В зоне искусственного охлаждения, в которой еще некоторое время после образования зародышей сохраняется значительное перенасыщение, они вырастают до такого размера, что после восстановления начальных условий могут продолжать расти при насыщении над водой. Образовавшиеся в месте введения твердой углекислоты зародыши ледяных кристаллов за счет турбулентной диффузии быстро разносятся в слое тумана и происходит его рассеяние.

На основе экспериментов (ЦАО, ГГО, УкрНИГМИ) было получено, что активное воздействие на туманы с помощью твердой углекислоты целесообразно производить на туманы с капельножидкой структурой, если температура воздуха на уровне засева ниже $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, вертикальная мощность туманов не превышает 700 м, а скорость ветра в слое тумана составляет не более 10 м/с. Надежное рассеивание туманов возможно при скоростях ветра, не превышающих 3–5 м/с.

Дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования, проведенные в ЦАО (Ю.А. Серегин, В.И. Хворостьянов, Л.И. Красновская и др.) и в УкрНИГМИ (И.П. Половина, Б.Н. Лесков, В.П. Баханов и др.), показали, что пропан является более предпочтительным, чем углекислота. При воздействии он диспергируется в туман в виде мельчайших капель. При их испарении в струе пульверизации происходит сильное охлаждение. На некоторых участках факела истечения температура может быть ниже $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. В результате смешивания с окружающим воздухом в струе истечения пропана образуется зона больших перенасыщений водяного пара и гомогенной конденсации. Образовавшиеся капельки воды быстро замерзают при температурах ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и превращаются в твердую фазу воды.

В работах по искусственному рассеянию переохлажденных туманов использовались как наземные автоматизированные пропановые системы (АНПС), так и самолетные. Но опасность работы с пропановыми

установками стала тормозом в дальнейшем их использовании в производственных работах по АВ.

В начале 80-х годов в ЦАО (А.А. Черников, Ю.А. Серегин, М.П. Власюк и др.) впервые в мире разработана экологически чистая технология наземного искусственного рассеивания туманов в аэропортах с применением в качестве реагента жидкого азота. Начиная с 1988 года эта технология успешно использовалась на регулярной основе в аэропортах Алма-Ата (Казахстан) и Шереметьево (Москва). Активные воздействия на туманы проводились в широком диапазоне метеорологических условий: от 0 до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ при штилевых условиях и скорости ветра до 5 м/с. Положительные результаты были достигнуты в 87 % случаев, когда проводились работы по засеву.

Преимуществом жидкого азота, по сравнению с применявшимися ранее хладореагентами, являются его экологическая чистота, химическая инертность, относительная дешевизна и доступность. Промышленностью были созданы технические средства для его получения, хранения и транспортировки.

Температура точки кипения жидкого азота $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в отличие от пропана, для генерирования ядер кристаллизации с помощью жидкого азота не требуются сложные устройства.

В настоящее время в ЦАО разработана технология рассеивания туманов с помощью жидкого азота на автодорогах, а в дальнейшем «азотная технология» может быть применена в карьерах с открытой выработкой, морских и речных портах и т.д.

Рассеяние туманов испарения находится на стадии экспериментальных исследований. Разработана физико-математическая модель, позволяющая проследить формирование и эволюцию тумана испарения (ИЭМ, В.Н. Иванов и др.). Разработаны методы воздействия на переохлажденные туманы испарения. Оптимизированы исходные составы реагентов для их рассеяния и т.д. Однако внедрение технологий активного воздействия в практику пока находится на опытной стадии.

Работы по активному воздействию на теплые туманы пока не получили широкого развития в практических целях. Тем не менее, в настоящее время рассматриваются следующие методы просветления теплых

туманов: тепловой (стационарные тепловые установки на основе реактивных двигателей), динамический (использование тяжелых вертолетов), применение поверхностно-активных веществ, использование гигроскопических веществ, иницирование электростатической и акустической коагуляции.

Тепловые системы разрабатывались на основе пассивных источников тепла: нефтяные и газовые горелки (Англия, США – 1946, 1979 годы), (Япония – 1963 год), реактивные двигатели, турбодвигатель (Франция – 1972 и 1974 годы). Однако сильная турбулизация в нижнем 15-метровом слое не дает возможности создать условия, соответствующие посадке самолетов по 1-й категории ИКАО.

Вертолетный способ воздействия на теплые туманы инициирует винтом вертолета замещение зоны тумана относительно сухим воздухом, находящемся над верхней его границей. Основные работы этим способом были проведены в США. В России (ИЭМ – А.С. Степанов, ЦАО – Ю.А. Серегин) в 1979 году удалось создать сплошную

Ослабление грозовой активности облаков

Снижение электрической активности конвективных облаков, сопровождающейся негативными явлениями, – одна из актуальных проблем современной физики атмосферы. Грозовая активность облаков опасна для летательных аппаратов, энергетических сооружений, электрических сетей, лесных массивов. Так, например, в Нью-Йорке в 1982 году две молнии, сила тока каждой из которых более 100 кА, нарушили электрическое снабжение города. Стоимость ущерба составила более 2 млрд долларов.

Грозовые явления изучались особенно интенсивно в XIX и XX веках, но эти исследования еще далеки от своего полного разрешения. До сих пор нет единого мнения и четкой теории образования и развития грозовых явлений в облаках, которая рассматривала бы широкий диапазон процессов – от элементарных фазовых превращений и разделения электрических зарядов до крупномасштабных явлений. Многие представления, развитые к настоящему времени, построены на недостаточно обоснованных гипотезах. Это затрудняет развитие многих направлений исследования электрических процессов в облаках.

полосу просветления в тумане мощностью 250 м (вертолет Ми-6).

Вертолетный метод воздействия на теплые туманы имеет свои преимущества, но практически реализуем только при отдельных метеорологических условиях.

Воздействие поверхностно-активными веществами применяется для задержки образования радиационных туманов (пассивация естественных ядер конденсации, создание пленки на поверхности воды, препятствующей образованию туманов испарения). Однако в первом случае задержка хотя и происходит (до 30–40 мин), образование тумана не прекращается. Во втором случае пленка легко рвется при волнении на поверхности воды.

Воздействие гигроскопическими веществами на теплый туман требует очень большого расхода реагента (около 10 г/м² просветляемой территории). Кроме того, создать стабильные зоны просветления с заданным уровнем прозрачности практически невозможно.

В ВГИ (Х.Х. Медалиев) в начале 70-х годов было выявлено, что в грозовом облаке в процессе его развития появляется собственное предгрозное радиоизлучение облака. Натурные эксперименты по интенсификации кристаллизационных процессов в облаке показали, что таким путем возможно изменить электрическое состояние предгрозных облаков.

В ЦАО (Ю.А. Серегин, В.К. Бабарыкин, В.П. Беляев, Л.Б. Зонтов) в 1976 году сформулировали основные требования к самолетным средствам воздействия, которые были разработаны и прошли лабораторные испытания (пиропатроны ПВ-50 и ПВ-26, а также пиротехнические составы для них).

В 1972 году в Молдавии был проведен рандомизированный эксперимент по воздействию на грозы (И.И. Гайваронский, Б.И. Зимин). Одна часть облаков засеивалась йодистым свинцом с помощью ракет «Облако». Другие облака были контрольными. Результаты показали, что частота молний в засеянных облаках уменьшилась в 2,5 раза по сравнению с незасеянными облаками. Дальнейшие эксперименты (1973–1974 гг.) подтвердили положительные результаты, что

дало возможность рекомендовать проведение работ по активному воздействию на грозовые явления на производственной основе.

Позднее было установлено, что только от 21 до 27 % из всех облачных ячеек, переходящих в грозовое состояние, становятся градоопасными (А.Х. Аджиев, Е.М. Богаченко). При этом суперячейковые облака находятся в стадии грозового состояния более 1 часа, с максимальной частотой молниевых разрядов (более 30 в минуту) и общим количеством молний за время жизни облака 600

Тушение лесных пожаров искусственными осадками

Лесные пожары наносят значительный ущерб народному хозяйству. Существует много способов их тушения. Но не всегда они достигают необходимого эффекта. В России, которая обладает самым крупным в мире запасом лесных богатств, создан комплекс мероприятий, направленных на охрану лесов от пожаров и своевременную их ликвидацию. Однако лесные пожары до настоящего времени все еще остаются распространенным явлением в зоне тайги и других лесных районах.

Обычно при тушении небольших лесных пожаров в зону пожара с самолета сбрасывают парашютистов-пожарных или высаживают вертолетный десант. Они используют ранцевые огнетушители – опрыскиватели, огнегасящие химикаты, специальные грунтометы, препятствующие распространению огня, и др. Для ограничения огня проводятся также взрывные работы либо создаются встречные полосы огня. Однако все эти средства могут быть эффективными только в том случае, когда пожар невелик. Если же пожар распространяется на площади более 200 га, то наземными средствами невозможно справиться с огнем. Пожар выходит из-под контроля людей и расширяется все более и более, до тех пор, пока его не потушат естественные осадки. Такие пожары могут иногда бушевать в течение нескольких недель и даже месяцев, захватывая огромные площади, нанося ущерб не только лесным массивам, а в ряде случаев создавая угрозу промышленным городам (Ю.А. Довгалюк, Е.В. Оренбургская).

Отсутствие эффективных мер борьбы с крупными лесными пожарами потребовало поиска и разработки новых путей решения этой проблемы. В России этому

и более. Особо необходимо отметить, что авторами найдены новые реагенты (K₂SO₄, KNO₃ и KCl), существенно влияющие на величину и знак разделяющего заряда. Наличие паров NH₃ при фазовом переходе также дает эффективное уменьшение заряда.

Анализ 36 случаев воздействия с целью предотвращения градобитий показал, что длительность существования грозовых явлений в них по сравнению с контрольными ячейками уменьшилась на 40 %, общее число разрядов – на 45 %.

способствовало постановление Правительства от 1973 г. «Об усилении охраны природы и улучшения использования природных ресурсов». Оно положило начало разработке научных методов тушения лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками.

Метеорологические наблюдения за состоянием атмосферы в зоне пожара, сделанные специалистами ГГО и Ленинградского НИИ лесного хозяйства (ЛенНИИЛХ), показали, что над пожаром часто появляются мощные конвективные облака, не дающие естественных осадков. Эти облака содержат в среднем 1000 т воды в 1 км³. При объеме в десятки кубических километров мощные кучевые облака являются естественными природными кладовыми воды.

Как показали результаты исследований кучевых облаков, выполненных в ГГО, из них можно успешно вызвать интенсивные осадки, если их мощность превышает 2–2,5 км, а температура на верхней границе ниже –5 °С. Для этого в облако достаточно ввести специальные вещества-реагенты, обеспечивающие зарождение в облаке ледяных частиц. Для этой цели наибольшее применение нашли йодистое серебро и йодистый свинец. Эти реагенты вводятся в переохлажденную часть облака с помощью специальных пиропатронов, выстреливаемых с борта самолета (Ан-2, Ил-14, Як-40).

Натурные опыты показали, что осадки из конвективных облаков выпадают через 10–12 мин после воздействия. Очевидно, что данный метод может применяться только в том случае, когда в районе пожара имеются мощные конвективные облака. В этих случаях тысячи или десятки тысяч тонн воды, осаждаемой из облаков, тушат пожары, в том числе и весьма крупные.



Вид лесного пожара с самолета

В практике активных воздействий наиболее важным является вопрос об оптимальном количестве реагента, которое необходимо ввести в облако, чтобы вероятность выпадения осадков из облака была наибольшей и не приводила при этом к нежелательным явлениям. С целью организации производственных работ по тушению лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками в ГГО были проведены исследования по оценке пожароопасности для многолесных районов Сибири, Дальнего Востока, Камчатки, Сахалина и др. В частности, было установлено, что в пожароопасный период на территории Восточной Сибири облака, пригодные для воздействия, встречаются в 30–50 % случаев.

В течение 1968–1969 годов проводилась опытная проверка метода тушения лесных пожаров искусственными осадками над территориями Сибири и Дальнего Востока на самолете-метеолaborатории Ил-14 под руководством Ю.П. Сумина (ГГО). В 1973–1976 годах ВНИИПАНХ ГА совместно с ГГО и ЛенНИИЛХ провели в Забайкалье натурные испытания методов и средств воздействия на облака кристаллизующими реагентами с целью вызывания осадков для тушения

лесных пожаров с использованием самолетов Ан-2. Результат был положительным. В работах по тушению лесных пожаров большое участие принимали от ЛенНИИЛХ Е.С. Арцыбышев и П.А. Губин, от ГГО – А.П. Чуваев, В.М. Сороковик и др. Необходимо отметить, что первоначально опыты по тушению лесных пожаров в середине 60-х годов проводились в УкрНИГМИ (Г.Ф. Прихотько и др.) с использованием твердой углекислоты.

В настоящее время метод тушения лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками широко применяется на территории Красноярского и Хабаровского краев, Иркутской области, Республики Саха (Якутия) и др. Работы проводятся специальными подразделениями Центральной базы авиационной охраны лесов Роскомлесхоза под методическим руководством ГГО.

Средний ежегодный экономический эффект от проведения этих работ Центральной базой авиационной охраны лесов оценивается в сумме около 1 млн долларов США. В сочетании с другими способами борьбы с тушением пожаров метод искусственного вызывания осадков позволяет существенно повысить успешность борьбы с лесными пожарами (Г.Г. Щукин, Ю.А. Довгалюк и др.).

Одновременно с практическими работами специалистами Росгидромета (ГГО) значительное внимание было уделено развитию теоретических исследований и, в частности, метода слоя (В.Я. Никандров, Н.С. Шишкин, Ю.А. Довгалюк и др.). Использование этого метода при оценке результатов активного воздействия позволило оценить эффективность динамического метода воздействия на облака. Было показано, что в условиях, когда рост облака ограничивается мощной инверсией, вклад теплоты кристаллизации в увеличение мощности облака, по сравнению с облаком капельного строения, незначителен. Вторжение вершин развивающихся облаков в слой инверсии происходит в таких условиях на глубину 0,5–1 км. Лишь при наличии инверсионных слоев, имеющих небольшую мощность, возможен положительный результат при динамическом методе воздействия.

Метод слоя позволяет при использовании сети пунктов радиозондирования оценить возможности суммарных объемов и водозапаса конвективных облаков над большими территориями. Способ прогноза максимального количества осадков, базирующийся на методе слоя, нашел практическое применение в работах по тушению лесных пожаров. Большой объем теоретических исследований был проведен в ГГО (Ю.А. Довгалюк),

Подавление тайфунов

Интерес российских ученых к проведению исследований в тропической зоне в послевоенные годы был вызван двумя основными причинами. Во-первых, вследствие огромного размера территории России происходящие на ней климатические изменения требовали развития таких методов прогнозов погоды, которые учитывали бы процессы и механизмы переноса энергии от «нагревателя атмосферной тепловой машины», которым являются тропическая зона, в средние и высокие широты. Тропические циклоны (тайфуны или ураганы) являются звеном общей циркуляции атмосферы, отвечающим за генерацию, трансформацию и перераспределение кинетической и тепловой энергии в атмосфере.

Наносимый тайфунами и ураганами ежегодный ущерб в настоящее время исчисляется десятками миллиардов долларов и сопровождается многочисленными человеческими

в результате чего создана полутора мерная осесимметричная нестационарная модель конвективного облака, возникшего при пожаре.

Наибольший прогресс был достигнут в конце 80-х – начале 90-х годов в Научно-исследовательском центре дистанционного зондирования атмосферы (НИЦ ДЗА) – филиале ГГО (Г.Г. Щукин и др.), благодаря исследованиям переохлажденных аэродисперсных систем применительно к искусственному вызыванию осадков над лесными пожарами. Наличие температурного порога у большинства применяемых в практике активных воздействий реагентов является существенным недостатком при внедрении методов активных воздействий в оперативные работы. НИЦ ДЗА был разработан реагент, рассчитанный на получение заметного эффекта активных воздействий в широком диапазоне температур.

Тушение искусственно вызываемыми осадками имеет самые широкие перспективы их применения в авиационной охране лесов от пожаров. Эффективность этих работ может быть существенно повышена за счет улучшения организации метеорологических наблюдений в пожароопасный период на охраняемой территории и своевременной передачи информации об облачных системах на борт самолета.

жертвами. Тропические циклоны также оказывают негативное влияние на условия мореплавания рыболовного, торгового и военно-морского флотов.

Тропические циклоны – гигантские атмосферные вихри со скоростями ветра до нескольких сотен километров в час. Они отличаются от циклонов умеренных широт прежде всего несколько меньшими размерами, но гораздо большей интенсивностью. В тихоокеанском регионе их принято называть тайфунами, а в Атлантике – ураганами. Тропический циклон (ТЦ) представляет собой чрезвычайно мощную и весьма стабильную «тепловую машину», работающую за счет энергии фазовых переходов – конденсации водяного пара (А.П. Хаин, Г. Рыль, Г.Г. Тараканов, Е.М. Добрышман и др.). Водяной пар стекается в область пониженного давления в центральной части ТЦ с огромных площадей над теплым океаном.



Тропический циклон (ураган) по имени Иван над Карибским морем, 2002 г.

Тропические циклоны относятся к числу наиболее масштабных стихийных бедствий. Только один ТЦ в Бангладеш (1970 год) привел к гибели нескольких сотен человек. Основными разрушительными факторами ТЦ являются: обильные осадки (иногда свыше 500 мм/сутки) и связанные с ними наводнения в прибрежных районах; сильный ветер в центральной части ТЦ; штормовые нагоны воды на побережье, приводящие к разрушениям прибрежных сооружений и затоплению низменных областей суши.

Основной ущерб в Северном полушарии ТЦ наносят США, странам Центральной Америки и Карибского региона, странам Дальнего Востока, Юго-Восточной Азии и Индостана. От тайфунов страдает российский Дальний Восток, а также торговый, рыболовный и военно-морской флот.

В 80-е годы убытки от тайфунов на Дальнем Востоке России достигали сотен миллионов долларов в год. Среднегодовой ущерб, наносимый ТЦ в глобальном масштабе, увеличился с 3-4 млрд долларов в 60-е годы до 20-30 млрд долларов в начале 90-х. Считается, что один только ураган Эндрю (1992 г.) нанес в США (штаты Флорида, Луизиана) ущерб, превышающий 25 млрд долларов.

Поэтому изучению тайфунов уделяется очень большое внимание, особенно в США.

В настоящее время теоретические и натурные исследования ураганов, их численное моделирование развиваются широким фронтом. На этом пути достигнут большой прогресс. Для уменьшения ущерба, наносимого ТЦ, основные усилия обычно направлены на совершенствование прогнозов их перемещения, интенсивности и количества выпадающих осадков, а также на улучшение систем оповещения предупреждения населения. Точный прогноз времени и места выхода ТЦ на сушу, сделанный за двое суток, позволяет принять необходимые предупредительные меры именно в той полосе побережья, где возможны максимальные жертвы и разрушения.

Однако даже идеальный прогноз дает лишь ограниченный эффект в случаях выхода на сушу мощных ТЦ. Более радикальным решением проблемы было бы искусственное ослабление интенсивности ТЦ. Ввиду чрезвычайной масштабности задачи активных воздействий (АВ) на ТЦ она была сформулирована лишь после многих лет их изучения.

В СССР с 70-х годов начались интенсивные исследования тропических циклонов (ИЭМ). Был проведен ряд крупных морских и самолетных экспедиций, предприняты теоретические исследования, быстро

развивалось математическое и физическое моделирование. Были созданы и функционировали совместные советско-кубинская и советско-вьетнамская лаборатории. Начались и исследования по активным воздействиям на ТЦ.

Исследования по данной тематике в Гидрометеослужбе были в основном сосредоточены в трех институтах:

1. Институт экспериментальной метеорологии Научно-производственного объединения «Тайфун» (ИЭМ НПО «Тайфун», г. Обнинск):

- экспериментальные исследования атмосферы, океана и их взаимодействия в тропической зоне;

- разработка теоретических моделей процессов зарождения, развития и перемещения тропических циклонов.

ИЭМ координировал также работы ряда организаций по изучению возможностей активных воздействий на ТЦ.

Существенную роль в организации работ по этим направлениям сыграли М.А. Петросянц, В.Н. Иванов, В.П. Кармазин, П.Н. Свирикунов. Значительный вклад в исследования внесли В.Е. Захаров, В.Д. Пудов, Л.И. Петрова, С.Л. Лебедев и многие другие.

2. Гидрометеорологический научно-исследовательский центр (Гидрометцентр СССР, затем России):

- обеспечение информацией о перемещении и развитии тропических циклонов;

- разработка гидродинамических (численных) методов прогноза перемещения ТЦ;

- математическое моделирование жизненного цикла ТЦ.

В Гидрометцентре была создана единственная в стране численная модель ТЦ (А.П. Хаин), активно использовавшаяся и для моделирования искусственных воздействий. Большой вклад в исследование тропической зоны внесли Е.М. Добышман, И.Г. Ситников, А.И. Фалькович и многие другие.

3. Центральная аэрологическая обсерватория (ЦАО):

Традиционные для ЦАО направления – самолетные исследования облаков и облачных систем и активные воздействия на них – были развиты применительно к тропическим циклонам (А.А. Черников, Г.П. Берюлев, Б.И. Зимин и др.).

В «традиционном» подходе к АВ на ТЦ, положенном в основу проекта «Stormfury»,

США имели большую «фору» по времени и располагали гораздо большими ресурсами. Поэтому конкурировать с ними в этом направлении было трудно, и в СССР много внимания было уделено исследованию возможностей альтернативных подходов. В частности, предложена гипотеза подавления испарения с поверхности океана путем нанесения поверхностно-активных веществ (ПАВ). В ИЭМ В.Д. Пудов, С.А. Петриченко, М.И. Ярошевич и др. совместно с сотрудниками Киевского университета выполнили большой цикл исследований, относящихся к влиянию ПАВ на взаимодействие между атмосферой и океаном. Были получены весьма содержательные результаты. Однако по многим причинам такой подход пока очень далек от практической реализации.

Группа, возглавляемая известным американским специалистом по ТЦ проф. У. Грэм, в 70-е годы предложила еще один способ воздействий на ТЦ. Имеется в виду создание на периферии ТЦ мощных источников тепла посредством распыления мелкодисперсной угольной пыли, поглощающей коротковолновое солнечное излучение. Такие источники тепла должны, как предполагается, нарушить естественную систему энергоснабжения ТЦ, задержать часть водяного пара, поступающего с периферии ТЦ в его центральную часть. В 70-е годы группа Грэя опубликовала ряд обширных исследований (в основном, теоретических) и пришла к оптимистическим предварительным выводам. В 90-е годы Грэй подтвердил результаты этих работ. Ряд теоретических исследований, относящихся к этому подходу, опубликовал в 70-90-е годы Л.Х. Ингель (НПО «Тайфун»). Но следует иметь в виду, что экспериментальных исследований в этом направлении было недостаточно. Их развертывание возможно только в рамках крупномасштабной программы.

Учитывая, что повторяемость тропических циклонов в районах Кубы, Вьетнама США (штат Флорида) высокая, имелись взаимные договоренности о проведении совместных работ по исследованию тайфунов и ураганов СССР с этими странами. Мощным импульсом к развитию в нашей стране работ по изучению процессов в тропической зоне вообще и тропических циклонов в частности послужили советские экспедиции ТРОПЭКС-72 и ТРОПЭКС-74,

возглавляемые профессором М.А. Петросянцем. В ходе советского национального тропического эксперимента 1972 года (ТРОПЭКС-72), задуманного как репетиция международного тропического эксперимента, были успешно решены многие вопросы методики измерений и оценки их точности. Большой опыт, который был получен в этой экспедиции, позволил успешно выполнить программу экспедиции ТРОПЭКС-74.

Советская межведомственная экспедиция ТРОПЭКС-74 была проведена в 1974 году в тропической зоне Атлантического океана. Результаты экспедиции являлись национальным вкладом нашей страны в международный тропический эксперимент (АТЭП) – первый эксперимент, который выполнялся по Программе исследования глобальных атмосферных процессов (ПИГАП).

Всего в АТЭП участвовало около 70 стран, а 10 стран в разные промежутки времени предоставили 39 судов, 4 страны направили 12 самолетов-метеолaborаторий. От СССР в экспедиции приняли участие 13 научно-исследовательских судов и судов погоды, 2 самолета-метеолaborатории Ил-18, 2 метеоспутника системы «Метеор». Всего в ТРОПЭКС-74 (АТЭП) приняло участие около 1500 человек. Учеными Гидрометеослужбы СССР в проведении этого эксперимента был внесен существенный вклад.

Следующим важным этапом в исследовании ТЦ и связанных с ними явлений явились специализированные морские экспедиции в 1975 и 1978 годах в экваториальной зоне северо-западной части Тихого океана под названием «Тайфун-75» и «Тайфун-78». Этими экспедициями руководил В.Н. Иванов (ИЭМ). В каждой из них участвовало 5 научно-исследовательских судов ДВНИГМИ. Их основной задачей было исследование структуры и энергетического баланса возмущенной атмосферы, условий зарождения и развития ТЦ, взаимодействия ТЦ с деятельным слоем в океане. В этих экспедициях были получены новые данные о взаимодействии ТЦ с океаном, что существенно расширило представления как о реакции океана на влияние атмосферных синоптических вихрей, так и о механизме энергоснабжения ТЦ.

Организация, проведение и результаты экспедиционных исследований в 1972–1978 годах, а также результаты анализа

полученных экспериментальных и теоретических исследований, позволили НПО «Тайфун» стать головным институтом Гидрометеослужбы в области исследований тропической метеорологии.

Качественно новый этап исследований тропической зоны начался в конце 70-х – начале 80-х годов 20-го столетия. Были заключены соглашения с Кубой и Вьетнамом о научно-техническом сотрудничестве в области тропической метеорологии и исследования тропических циклонов. Были созданы совместные лаборатории в Гаване и Ханое, что послужило началом планомерных и систематических исследований широкого круга процессов в тропической зоне. В работах по исследованию тайфунов принимали участие большое количество ученых из ЦАО, ГГО, ДВНИГМИ, ГМЦ и др. Начались исследования возможности активного воздействия на облака тропической зоны с целью регулирования осадков и подавления тайфунов. Совместные лаборатории, созданные на Кубе и во Вьетнаме, стали центрами подготовки национальных научных кадров для этих государств.

Первыми содиректорами совместных лабораторий были сотрудники НПО «Тайфун» – А.Ф. Нерушев в Гаване и В.П. Кармазин в Ханое, которые внесли заметный вклад в становление этих лабораторий, как авторитетных национальных научных учреждений России. Лаборатории были оснащены современным научным оборудованием, включая метеорадары, станции приема спутниковой информации, станции аэрологического зондирования, средства вычислительной техники и другие приборы и оборудование.

На базе созданных лабораторий на территории Кубы и Вьетнама были организованы полигоны, позволяющие проводить многие виды экспериментальных исследований. На Кубе – радиолокационные исследования облачности, работы по оценке возможности активного воздействия на конвективные облака, наблюдения за малыми газовыми составляющими атмосферы и др. Во Вьетнаме основное внимание уделялось самолетным и радиолокационным исследованиям ТЦ, в том числе экспериментальным исследованиям зарождения ТЦ и механизмов энергообмена между океаном и атмосферой. Определенные различия в направлении

проведения исследований на Кубе и во Вьетнаме были вызваны климатическими причинами – среднегодовое количество ТЦ в Южно-Китайском море в несколько раз больше, чем на всем побережье Кубы.

На Кубе в 1979 и 1980 годах были проведены две совместные экспедиции по изучению характеристик ТЦ и фоновых атмосферных условий. Во Вьетнаме учеными НПО «Тайфун» и ДВНИГМИ совместно с вьетнамскими исследователями было проведено 10 морских экспедиций. Ими были получены большие объемы материалов метеорологических, гидрологических, а также биохимических и других данных. Гидрометеорологические данные для спокойного и возмущенного состояния атмосферы и океана были использованы в ДВНИГМИ для усовершенствования схем прогноза ТЦ, его зарождения, развития, интенсивности, а также перемещения тайфунов.

Параллельно, в 1980–1990 годах, в рамках советско-кубинского сотрудничества был выполнен большой объем исследований по активному воздействию на кучево-дождевые облака с целью получения дополнительных осадков, поскольку многие районы Кубы страдают от дефицита воды. Значительный дефицит осадков в период вегетации основных сельхозкультур на Кубе приводит в отдельные годы к большому снижению урожая сахарного тростника, цитрусовых и ценных тропических культур. Ключевая роль в этих работах принадлежит ЦАО и ее специалистам (В.П. Беляев, Г.П. Берюлев, Л.П. Зацепина, Б.И. Зимин, Б.П. Колосков, В.В. Петров, Ю.А. Серегин, А.А. Черников), а также специалистам ИМАН Кубы (М. Вальдес, Д. Мартинес). Работы проводились на Камачуэйском метеорологическом полигоне (КМП) на общей площади около 40 000 км².

Советские и кубинские специалисты выполнили большой объем работ по оснащению метеорологического полигона КМП современной техникой, что позволило проводить на достаточно высоком научно-техническом уровне натурные эксперименты по исследованию микрофизических и термодинамических характеристик в атмосфере и облаках. Кроме того, производился засев облаков путем отстрела пиропатронов с AgI при пролете самолетов типа Ан-26 и Ил-14. В результате проведенных работ (Г.П. Берюлев, А.А. Черников):

– были определены критерии выбора объектов воздействия;

– опробованы рандомизированные схемы засева;

– разработана методика контроля результатов воздействия с использованием наземных РЛС;

– проверена гипотеза эффективности засева облаков с температурой на уровне их верхней границы (ВГО) –8 ...–12 °С (с учетом возможного процесса мультипликации ледяных кристаллов в тропических облаках морского типа);

– продемонстрирована возможность использования радиолокатора МРЛ-5 и самолета-метеолaborатории Ан-26 для оценки воздействия на тропические мощные кучевые облака.

По изменению радиолокационных параметров в процессе эволюции засеянных и контрольных облаков производилась оценка эффекта воздействия путем сравнения двух выборок экспериментальных облаков. При получении независимых рандомизированных выборок были использованы известные в мировой практике способы, исключающие субъективное влияние экспериментаторов на результаты эксперимента.

Наиболее положительный эффект воздействия получен для кучево-дождевых облаков, засеянных в диапазоне высот 6–8 км, а отрицательный – для облаков с ВГО > 8 км. Для мощных кучевых облаков (ВГО > 6 км) получен неопределенный результат. Таким образом, результаты рандомизированных экспериментов на Кубе показали, что реакция конвективных облаков на засев их льдообразующими аэрозолями йодистого серебра существенно зависит от стадии развития и структуры облаков в момент воздействия.

Анализ многолетних экспериментов по засеву конвективных облаков, выполненных в Поволжье, США и Таиланде в 80–90-е годы, убедительно продемонстрировал возможность модификации одноячейковых конвективных облаков, многоячейковых облачных кластеров и небольших систем путем их динамического засева. Показано, что засев растущих конвективных ячеек сопровождается их большим вертикальным ростом, увеличением времени существования, площади радиоэха осадков, их отражаемости и, как следствие этих изменений, увеличением (в среднем почти в два

раза) осадков из засеянных одиночных облаков и ячеек кластеров по сравнению с незасеянными. Наиболее пригодными для получения максимального количества дополнительных осадков являются конвективные облака с верхней границей 6–8 км и температурами на ВГО от –10 до –20 °С.

Сравнения осредненных значений радиолокационных параметров облаков, исследованных в различных географических районах (в Техасе, Поволжье, на Кубе), показали, что при использовании оптимальной методики воздействия засев аэрозолями йодистого серебра, близких по типу, мощности и степени переохлаждения облачных ячеек, дает возможность получать достаточно объективные данные по выделению количества дополнительных осадков. Наблюдаемые различия в эффективности воздействия зависят от многих факторов. Кроме указанных выше, заметное влияние на значения эффективности оказывают метеорологические ситуации, обуславливающие различные условия увлажнения на метеополгонах в периоды проведения опытов по воздействию.

Анализ временного хода радиолокационных параметров засеянных и контрольных ячеек, исследованных на Кубе и в Техасе, дал возможность провести физический анализ эффективности воздействия. Он позволил наглядно доказать сам факт положительного эффекта от воздействия на параметры облаков и осадков, оценить величину влияния этого воздействия, а также получить некоторые представления о механизме влияния засева на осадкообразующие процессы, происходящие в кучево-дождевых облаках.

Кроме самолетов Ан-26 и Ил-14, также были использованы самолеты-метеополгоны ЦАО Ил-18 и Ан-12Б. На Кубе начальником и научным руководителем экспедиции был Г.П. Берюлев, а во Вьетнаме – В.П. Кармазин. В ходе этих экспедиций на Ан-12 были выполнены полеты в семи тропических циклонах (ТЦ), в том числе в трёх достаточно интенсивных: «Гилберт», «Габриэль» и «Хьюго». На Ил-18 было выполнено несколько полетов в шесть тропических циклонов и несколько полетов в тропических депрессиях.

Благодаря более широкому приборному оснащению Ил-18 по сравнению с американскими самолетами (наличие турбулентного

и радиолокационно-радиометрического комплексов) были получены и совершенно новые результаты. Важнейшим из них явилось обнаружение значительного количества переохлажденной жидкокапельной воды в конвективных облаках среднего яруса на расстоянии до 150 км от облачной стены глаза ТЦ «Бекки» и «Эд». Ранее считалось, что это невозможно из-за того, что облака в ТЦ подвергаются естественному засеву ледяными частицами, выносимыми восходящими потоками из верхней части стены глаза в слой оттока. Данные самолетных радиолокационно-радиометрических измерений совместно с измерениями микрофизических характеристик облачности и вертикальных потоков вблизи нулевой изотермы позволили в 90-х годах достаточно обоснованно поставить вопрос о разработке новой концепции активного воздействия на ТЦ с целью искусственного ослабления максимальной приземной скорости ветра.

В ходе самолетных исследований с территории Вьетнама впервые в мировой практике была исследована турбулентная структура в погранслое ТЦ в диапазоне высот 65–1200 м. Показано, что наличие в этом слое крупномасштабных спиралеобразных вихрей увеличивает почти вдвое потоки тепла и влаги от океана в атмосферу по сравнению с обычным турбулентным переносом. Этот результат требует пересмотра многих моделей ТЦ, учитывающих нагрев атмосферы за счет поступления тепла и влаги от океана.

В 90-х годах в северо-западной части Тихого океана была проведена еще одна международная морская экспедиция («Тайфун-90») в составе 4-х судов под руководством В.П. Тесленко. Ее главной задачей был сбор гидрометеорологической информации, необходимой для выяснения механизмов формирования аномалий в траекториях ТЦ, которые плохо поддаются прогнозу. Экспедиция была скоординирована (район, время проведения, научная программа и т.д.) с крупным полевым национальным экспериментом США (ТСМ-90) и международным экспериментом «Спектрум», проводившимся странами-членами Комитета по тайфунам ВМО/ЭСКАТО. Такое объединение сил сделало этот эксперимент одним из крупнейших по исследованию тайфунов, когда-либо предпринятых. В ходе

экспедиции был собран большой объем информации как стандартной, так и полученной нестандартными измерительными средствами. Опыт экспедиции убедительно свидетельствует, что международная кооперация позволяет существенно повысить эффективность полевых исследований.

В заключение необходимо отметить, что анализ работ по исследованию ТЦ, как

Борьба с заморозками

Различают три типа заморозков: адвективные, радиационные и адвективно-радиационные.

Адвективные заморозки возникают вследствие вторжения холодного воздуха арктического происхождения. При этом происходит понижение температуры воздуха во всем приземном слое. Амплитуда суточного хода температуры воздуха невелика, различие между температурой воздуха на высоте 2 м и у поверхности почвы незначительно. Могут длиться несколько суток подряд, охватывают большие территории и мало зависят от местных условий.

Радиационные заморозки обусловлены интенсивным охлаждением деятельной поверхности почвы в результате излучения

в США, так и в России, а также проведенные работы по их засеву, показал, что искусственное воздействие на тайфуны дает определенные результаты. Однако необходимо подтверждение этих результатов дальнейшими экспериментами с параллельным совершенствованием численных моделей ТЦ в целях укрепления научной основы возможного воздействия на них.

в ясные тихие ночи при невысоком уровне средних суточных температур. При этом в приземном слое воздуха образуется инверсия температуры. Разность температур в метеообудке на высоте 2 м и на поверхности почвы в среднем составляет 2,5–3 °С, а в резко континентальном климате, например, в Сибири, достигает 4–4,5 °С.

Адвективно-радиационные заморозки наблюдаются в конце весны и в начале лета, то есть часто проявляются в вегетационный период. Подразделение заморозков на радиационные и адвективные достаточно условно, так как в большинстве случаев в их возникновении играет роль как предварительная адвекция массы холодного воздуха в данный район, так и последующее ночное



Ранние заморозки. Осень

излучение, охлаждающее почву, а от нее и воздух, до отрицательных температур. Заморозки такого типа и называются адвективно-радиационными.

На интенсивность и продолжительность второго и третьего типов заморозков большее влияние оказывает местоположение (форма рельефа, характер подстилающей поверхности, близость водоемов и т.д.).

Осенью возможны заморозки без холодных вторжений в результате лишь радиационного выхолаживания, постепенно понижающего температуру воздуха. Условия погоды, благоприятствующие заморозку (большое эффективное излучение, слабый ветер), создаются в антициклонах и гребнях повышенного давления. Повторяемость заморозков возрастает в низменных местах рельефа, где задерживается охлажденный воздух. Заморозки на поверхности почвы весной заканчиваются поздно, а осенью начинаются раньше, чем в воздухе (на высоте 2 м), поэтому период без заморозков на почве на 20–30 дней короче, чем в воздухе.

Исследование заморозков с целью разработки методов и технических средств воздействия для защиты сельскохозяйственных культур впервые в СССР были начаты в конце 30-х – начале 40-х годов (ЛИЭМ – Н.Н. Оболенский, И.С. Семенов, А.Ф. Чудновский и др.; ГГО – М.Е. Берлянд, И.А. Гольберг, П.Н. Красиков; ВАСХНИЛ – С.В. Астапов, С.П. Казаков и др.; ОГУ – Г.Я. Федосеев, Д.И. Полищук и др.).

К сожалению, в 60–70-х годах научно-технические работы по борьбе с заморозками стране значительно сократились, и только в 80-х годах появилась плеяда молодых ученых: Д.И. Авашеани, В.В. Вольвач, Э.Б. Голицкий, В.Н. Горинский, А.Я. Ген, П.Д. Евтеев, В.Н. Иванов, Р.Е. Кибардин, Г. Ламнина, В.Н. Литвин, Е.В. Мамаев, С.В. Мгалобишвили, В.Н. Матухно, Р.С. Мкртчян, Ю.И. Новиков, А.С. Степанов, Н.Т. Фролов, В.А. Шнайман и др.

Прогноз возникновения и развития заморозка является необходимой частью обеспечения эффективной защиты растений от заморозков. Точность прогноза заморозков, который обычно дает Гидрометцентр для больших территорий, недостаточна для конкретных пунктов, так как локальное возникновение заморозков существенно зависит от местных условий (рельеф, наличие водных

объектов), и ожидаемые минимальные температуры могут отличаться по территории от прогностических в пределах 3–5 °С.

Установлено, что чем больше падение температуры во второй половине дня, тем больше интенсивность ночного охлаждения приземного слоя воздуха. Это обстоятельство было использовано П.И. Броуновым, Г.З. Венцкевичем и Е.Л. Цубербиллер, построившими энергетический график для определения вероятности возникновения заморозков.

Температура, ниже которой растения повреждаются или гибнут, называется критической. Эта температура зависит от состояния растения, его вида и сорта, фазы развития. Например, малоустойчивы к заморозкам картофель, сорго, кукуруза. Они выносят температуру до –2 °С, но в фазе цветения повреждаются при –1 °С. Неустойчивы к заморозкам теплолюбивые растения, всходы (или рассада) которых повреждаются даже при –0,5...–1,5 °С. Это фасоль, рис, хлопчатник, огурцы, томаты, перец, бахчевые. Для плодово-ягодных культур заморозки особенно опасны во время цветения и образования завязей.

Климатические и микроклиматические особенности районов с ценными теплолюбивыми культурами, различие в типах заморозков в комплексе с метеорологическими условиями, которые сопровождают и определяют их интенсивность и продолжительность, уровень критических температур для конкретной фазы защищаемой культуры – все эти факторы обусловили разработку достаточно большого количества методов и средств защиты растений от заморозков.

В настоящее время проблема защиты от заморозков как в России, так и за рубежом считается далеко не завершенной, особенно в области создания совершенных технологий воздействия и их внедрения в практику. В системе Росгидромета проведены основательные исследования по разработке технологии защиты от заморозков теплолюбивых сельхоз культур. В конце 70-х годов на территории Калужского аэропорта была реализована Росгидрометом и ВНИИСХМ научно-экспериментальная программа «Исследование методов активного воздействия на заморозки с использованием вертолета» (В.В. Вольвач, А.С. Степанов, Г.Г. Сванидзе и др.). Впоследствии аналогичные работы

были проведены в 1983–1986 годах в Арагатской долине Армении на экспериментальной базе ЗакНИГМИ (Р.С. Овсепян, А.С. Степанов, Н.А. Бериташвили и др.).

С 1986 по 1990 год по программе ЦАО в Молдавии проводились экспедиционные работы по внедрению способов аэрозольных составов для борьбы с заморозками (ЦАО, Молдавская ВС – Ю.А. Серегин, Л.А. Диневиц и др., Одесский Госуниверситет – Е.И. Данов и др., НПО «Тайфун» – А.С. Степанов и др., Краснодарский филиал ГосНИИГА – А.П. Савченко и др. и ВНИИСХМ – В.В. Вольвач и др.).

В ГГО (А.И. Решетников, В.А. Фомин и др.) показано, что для целей предотвращения заморозков на почве можно использовать нетоксичные вещества в газовой фазе, достаточно тяжелые (тяжелее воздуха) с малой диффузией в вертикальном направлении, понижающие радиационный отток тепла от поверхности в безоблачные ночи, когда происходит резкое снижение температуры почвы за счет радиационного выхолаживания.

Наиболее широко изучен и детально отработан способ открытого обогрева. Этот способ борьбы с заморозками заключается в повышении температуры растений и окружающего воздуха с помощью тепловых источников с применением твердого или жидкого топлива (например, сырая нефть, сжигаемая в специально разработанных горелках). Метод открытого обогрева успешно применялся для сохранения урожая и плантаций цитрусовых от заморозков. Так, например, в районе Сочи были спасены мандариновые плантации при температуре воздуха –11,3 °С, в то время как на незащищенном участке 90 % деревьев погибло. В ГГО обоснование метода открытого обогрева стало одним из научных направлений в конце 40-х – начале 50-х годов. К сожалению, необходимо отметить, что несмотря на эффективность способа открытого обогрева, система борьбы с заморозками на его основе в производственных целях в нашей стране не реализована. В последние годы в ряде организаций Гидрометеослужбы России выполняются исследования, направленные на автоматизацию способа открытого обогрева, применения газообразного вида топлива и электроэнергии.

Как известно, радиационные и адвективно-радиационные заморозки сопровождаются инверсией температуры в нижних слоях

воздуха, в результате чего разность температуры на почве и на высоте 10–15 м может составлять, в зависимости от метеорологических условий, от 3 до 12 °С и даже больше. С учетом этих результатов разработан способ борьбы с заморозками на основе идеи перемешивания вышележащего, более теплого слоя воздуха, с нижележащим слоем, в котором отмечаются отрицательные температуры. Ю.А. Серегин (ЦАО), А.С. Степанов (ИЭМ) и др. проведены специальные эксперименты по воздействию на приземный слой атмосферы с использованием вертолета типа КА-26. Показано, что при инверсии в слое 20 м, в пределах разницы температур 6–7 °С и скорости ветра 1–1,5 м/с, путем периодически повторяющихся полетов вертолета над экспериментальным участком на высоте 20–25 м при скорости полета вертолета не более 40 км/ч возможно постоянно поддерживать температуру воздуха на высоте около 0,5 м от поверхности земли на 2 °С выше ее первоначального значения. При таком режиме полетов один вертолет может «закрыть» от заморозков участок площадью до 10 га, обеспечив при этом защиту растений более чем на 60 %.

Отметим, что схемы и режимы полетов вертолетов определились в результате анализа результатов специальных теоретических и экспериментальных исследований с учетом технико-эксплуатационных возможностей применяемых вертолетов при различных метеорологических условиях.

Для реализации динамического способа воздействия на заморозки за рубежом используются также ветровые машины. В США, Австралии, Новой Зеландии и в ряде европейских стран ветровые машины применяются уже в течение 30–40 лет.

В начале 30-х годов XX столетия в России начал разрабатываться способ создания дымовых завес для борьбы с заморозками. Теоретическое обоснование засева проведено в ГГО в 40–50-е годы. Были испытаны разнообразные химические составы, определены наиболее эффективные и перспективные компоненты средств дымления, что привело к созданию опытных дымовых шашек, брикетов и других изделий.

Обобщение результатов работ по созданию дымовых завес по борьбе с заморозками показало, что данный метод более рентабелен, чем, например, методы орошения и

дождевания, но имеет ряд существенных недостатков, главным из которых является загрязнение окружающей среды и сельскохозяйственных культур.

С учетом требований охраны окружающей среды от загрязнения более перспективным представляется способ борьбы с заморозками помощью искусственных туманов. Первая работа в России в этом направлении была выполнена в начале 40-х годов в Ленинградском институте экспериментальной метеорологии. В дальнейшем эпизодические эксперименты проводились в Одесском гидрометеорологическом институте. Большой цикл работ по созданию искусственных туманов для борьбы с заморозками проведен в НПО «Тайфун». Однако эти работы пока не доведены до стадии внедрения в практику.

Ещё меньше работ по борьбе с заморозками, посвященных способам создания пенных укрытий. Известны три небольших публикации, в которых рассматривается подбор компонентов для создания стабильных пенных покровов. О возможностях данного способа делать заключение пока затруднительно, но первые опыты показывают, что результаты могут быть обнадеживающие и, особенно, при защите низкорослых сельхоз культур.

Наиболее перспективными считаются методы, основанные на использовании действия искусственного дождевания и орошения и создания тумана с автоматической регулировкой. Эффект достигается увеличением теплоемкости и теплопроводности почвы. Полив должен быть проведен не позднее чем за сутки до прогнозируемого заморозка. Известно, что над поверхностью влажной почвы температура воздуха снижается меньше, чем над сухой почвой. Наиболее интенсивно метод полива применяется в Средней Азии на хлопковых полях для борьбы с осенними заморозками. Этот способ эффективен при снижении температуры воздуха при заморозках не ниже $-2 \dots -3$ °С и лишь для посевов низкорослых культур. Основным недостатком способа полива – переувлажнение почвы. Опыт применения способа полива показал, что его эффективность составляет более 60 %.

В работах ВАСХНИЛ (С.В. Астапов, С.П. Козаков и др.), ВНИИМиТП (П.Д. Евтеев, Г. Ламнина и др.), ВНИИСХМ (П.Е. Кибардин и др.) и т.д. приводятся обоснования

перспективности метода искусственного дождевания. При этом отмечается, что используемые в России технические средства воздействия на заморозки требуют совершенствования в направлении автоматизации способа регулирования расхода воды на основе учета фактического распределения температуры, влажности воздуха и скорости ветра на защищаемой от заморозков площади. Способ дождевания потребляет по сравнению с открытым обогревом небольшое количество энергии и при правильном его применении обеспечивает полную защиту растений от заморозков.

В ряде районов США дождевание, как способ борьбы с заморозками, применительно к винограду и плодовым культурам популярен в такой степени, что для его успешного применения проводится специальная подготовка крон деревьев и кустов с тем, чтобы они выдержали нагрузки. Несмотря на то, что теоретическое и метеорологическое обоснование способа дождевания, как в нашей стране, так и в США, находятся примерно на одном уровне, сведения о широком производственном применении его в нашей стране очень ограничены. В то же время, как в США и других зарубежных странах дождевание является основным способом защиты от заморозков, чему способствует, вероятно, лучшее техническое оснащение.

Большое значение для достижения положительного эффекта противозаморозкового дождевания имеет непрерывность его проведения. Это связано с тем, что теплопроводность льда в 4 раза больше, чем воды, и поэтому даже кратковременное прекращение подачи воды приводит к понижению температуры растений до уровня окружающего воздуха, который ниже критического. При этом важно определить минимально допустимую для защиты конкретной культуры от конкретного заморозка интенсивность дождевания, поскольку высокая интенсивность дождевания в течение нескольких ночей подряд может вызвать охлаждение и заболевание верхнего слоя почвы, способствовать вымыванию питательных веществ из почвы, а также привести к сильному обледенению и поломке ветвей деревьев. В связи с этим необходимо рассредоточение поливного тока. Поэтому в мелиорации начало применяться мелкодисперсное дождевание, которое позволяет обеспечивать повышение

урожая в 1,5 раза и более, при одновременном снижении на 30–40 % расхода воды по сравнению с обычным дождеванием.

Физическая сущность борьбы с заморозками с помощью метода мелкодисперсного дождевания основана на покрытии растений мелко диспергированной водой, причем степень дисперсности капель должна соответствовать таким размерам, при которых они не скатываются с листа растения на почву, а остаются на нем до полного замерзания. Необходимым условием реализации данного способа является равномерность распределения капель жидкости как по фракционному составу, так и поувлажняемой поверхности.

Развиваются методы использования пиротехнических аэрозолеобразующих составов для защиты растений от заморозков. ВНИИСХМ (г. Обнинск) совместно с НИИПХ (г. Сергиев Посад) разработали метод защиты растений с помощью аэрозольного экрана, создаваемого специальными пиротехническими средствами, снаряженными аэрозолеобразующими составами. Подобрана рецептура состава и технология его применения, обеспечивающие необходимый термический эффект и экологическую безопасность в работах по защите от заморозков сельскохозяйственных культур, выращиваемых в закрытом грунте. На состав получено авторское свидетельство, и на его основе разработана тепло-дымовая шашка ТДШ-1.

Тепловой эффект аэрозольного экрана в общем виде определяется тремя механизмами:

– экранированием теплового излучения земли в окнах прозрачности атмосферы (8-14 мкм);

Предупредительный спуск снежных лавин

Работы по предупредительному спуску снежных лавин (ПСЛ) являются нестандартным типом работ в области активного воздействия на опасные явления погоды. Однако, учитывая, что в них используются технические средства воздействия по подавлению града (артиллерия, ракеты), ПСЛ занимает значительное место в работах по АВ на территории России. В развитие этих работ большой вклад внесли В.Р. Болов, М.Ч. Залиханов, В.С. Читадзе (ВГИ), Н.Г. Штульман, М.М. Багов, В.А. Шабельников (СК ВС). Работы по ПСЛ также проводились и в Узбе-

– распространением тепла, выделяющегося при сгорании аэрозолеобразующего состава, то есть теплопроизводительностью изделия;

– выделением тепла при конденсации водяного пара на гигроскопических частицах.

Анализ результатов расчетов показал, что эффект экранирования излучения земли в окнах прозрачности атмосферы может быть реализован на аэрозолях, дисперсная фаза которых состоит из ортоформ фосфорных кислот или сажи. При выполнении описываемых работ предпочтение было отдано составам на основе красного фосфора.

В 90-х годах ВНИИСХМ провел натурные эксперименты в неотапливаемых теплицах и парниках. Предварительно в низкотемпературных камерах была установлена максимальная для достижения необходимого защитного эффекта и, в то же время, безвредная для растений доза состава, составляющая $0,2 \text{ г/м}^3$, исходя из которой определялась масса состава для проведения опытных работ в закрытом грунте. Результаты работ показали, что с помощью разработанного состава возможно защитить в парнике растения от заморозка при температурах до -3 °С. Также определено, что для получения высоких экранирующих действий состава необходимо обеспечить максимальный переход в дисперсную фазу парообразного фосфора. Для этого в рецептуру состава вводят адсорбирующие жидкие продукты, образованные в процессе окисления парообразного фосфора кислородом воздуха, и используют в составе доступные окислители, органическое горючее и технологические добавки, способствующие полноте перевода фосфора в аэрозолеобразующее состояние.

кистане (Э.Б. Красносельский, Н.В. Максимов).

Особо необходимо отметить Северо-Кавказскую военизированную службу по активному воздействию на гидрометеорологические процессы, которая проводит более 30 лет оперативные работы по ПСЛ на Северном Кавказе.

Снежные лавины представляют собой грозное стихийное явление природы, обладающее огромной разрушительной силой и внезапностью. Поэтому освоение лавиноопасных районов, составляющих почти шестую

часть территории нашей страны, должно сопровождаться противолавинной защитой. К защитным противолавинным мероприятиям относятся: прогнозирование лавин, строительство противолавинных сооружений и искусственное обрушение лавин.

Опыт работы показал, что в интенсивно осваиваемых горных районах прогнозирование периодов лавинной опасности хотя и дает свои положительные результаты, но гарантированной безопасности людей и объектов от лавин обеспечить не может. Строительство инженерных противолавинных сооружений, гарантируя высокую степень безопасности защищаемых объектов, требует очень больших затрат, а в ряде случаев неприемлемо.

Искусственное обрушение снежных лавин с использованием энергии взрывчатых веществ (ВВ) является достаточно эффективным методом борьбы с лавинной опасностью. Наибольшее распространение в нашей стране при осуществлении противола-

винной защиты получили методы обстрела лавиноопасных склонов с использованием различных артиллерийских орудий и минометов.

Впервые в СССР работы по ПСЛ с применением минометов были начаты в 1939 году при обеспечении безопасности работы объектов комбината «Апатит» в Хибинах. В послевоенные годы эти работы были продолжены. В качестве средства воздействия использовались минометы калибра 122 и 160 мм.

В 1964–1966 годах в САНИГМИ организуются экспедиции в Западный Тянь-Шань, Заилийский Алатау и Рудный Алтай с целью проведения опытных работ по ПСЛ из тяжелых минометов и гаубиц.

На Северном Кавказе ВГИ (В.С. Читадзе) в 1963–1964 годах проводит эксперименты по ПСЛ в Приэльбрусье. При этом используются 122-миллиметровые гаубицы, 100-миллиметровые зенитные пушки КС-19 и 120-миллиметровые минометы.



Сход снежной лавины

С рядом выводов из этих экспериментов трудно не согласиться. В то же время практика подтвердила ошибочность выводов В.С. Читадзе о нерациональности использования артиллерийского обстрела для проведения профилактических противолавинных мероприятий на больших площадях и отдававшего предпочтение методу обрушения лавин путем закладки и подрыва ВВ как, якобы, более дешевому и эффективному.

Ни одним из исследователей, как российских, так и зарубежных, не акцентируется внимание на конкретном выборе мест непосредственного воздействия на лавиноопасном склоне, то есть мест, где энергетическое воздействие взрыва ВВ наиболее эффективно для достижения конечной цели – искусственного обрушения лавин. Как показали дальнейшие исследования, правильный выбор мест непосредственного активного воздействия (внесения ВВ) на снежный покров является одним из основных необходимых условий эффективности воздействия.

После лавинной катастрофы в Приэльбрусье в январе 1976 года, унесшей жизни 11 человек, эпизодически проводится обстрел лавиноопасных склонов, в основном в районе пос. Терскол, наиболее лавиноопасном месте верховья Баксанского ущелья.

С 1979 года при строительстве Транскавказской автомагистрали по Рокскому перевалу осуществлялась частичная противолавинная защита «пионерной» Транскавказской автомобильной дороги артиллерийским методом. В те же годы эпизодически проводился обстрел лавинных очагов, угрожающих поселку геологоразведочной партии в верховье Аксаутского ущелья. К проведению этих работ привлекаются в качестве специалистов-лавинщиков сотрудники ВГИ. Обеспечение противолавинных работ техническими средствами воздействия (зенитное орудие КС-19) осуществлялось СК ВС.

Поскольку обстрел лавиноопасных склонов всегда проводился по окончании сильных снегопадов, сопровождавшихся самопроизвольным сходом большинства лавин (в том числе и катастрофических), эффект от проводимых работ, как правило, был незначителен и имел в большой степени психологический характер. Естественно, на эффективности работ сказывалось отсутствие научно-методической основы и практического опыта. Тем не менее, следует отметить, что

работы по ПСЛ, проводимые в Приэльбрусье и в районе строящегося Транскама, давали определенный эффект, так как руководство обстрелом осуществлялось, как правило, сотрудниками лаборатории инженерной гляциологии (ЛИГ) ВГИ. В лаборатории к тому времени были проведены основные исследования по данной проблеме, которые в дальнейшем легли в основу метода по ПСЛ.

Изучение физических процессов, протекающих в снежной толще и влияющих на формирование лавин, практические работы по активному воздействию с целью ПСЛ проведены группой сотрудников ЛИГ под руководством В.Р. Болова в период с 1976 по 1982 год. Активное и непосредственное участие в проведении исследований и экспериментов принимали В.А. Шибельников, Л.В. Соколов, В.Г. Светашов, В.В. Зыков, С.Х. Созаев, В.Н. Путрин. Основная часть снеголавинных наблюдений и экспериментов проведена в Приэльбрусье на высокогорной научной станции ВГИ «Пик Чегет» (3040 м над уровнем моря) и в районе Транскама на снеголавинных станциях «Цми» и «Рокский перевал».

Основные выводы, сделанные на основании проведенных в эти годы наблюдений и экспериментов по искусственному обрушению лавин, легли в основу метода по ПСЛ (В.Р. Болов, 1984 г.). При проведении исследований и разработке метода широко использовались ранее проведенные наблюдения, исследования и опыт многих специалистов, занимавшихся лавинной проблематикой.

Следует отметить, что предложенный метод по ПСЛ является первым в мировой практике научно обоснованным методом активного воздействия на снеголавинные процессы с целью обеспечения безопасности от разрушительного действия лавин. Применение метода ПСЛ позволяет уменьшать или полностью предотвращать возможные разрушения и сокращать вынужденные простои в работе объектов в результате негативного воздействия снежных лавин. Это достигается своевременным искусственным обрушением лавин путем артиллерийского обстрела снеголавинных горных склонов с учетом стратиграфических особенностей снежной толщи, по мере достижения последней определенной критической мощности. Причем артиллерийский обстрел (активное воздействие) может проводиться оперативно

в отсутствии видимости цели (темное время суток, снегопад, туман).

Успешное проведение работ по ПСЛ возможно только на основе правильного определения периодов проведения активных воздействий и выявления зон, непосредственно на которые необходимо воздействовать. При этом определение времени воздействия, а также выбор зон обстрела лавиноопасного склона должны осуществляться таким образом, чтобы искусственное обрушение лавин носило регулируемый характер.

Основные положения метода ПСЛ основываются на следующем. Как показали исследования, в подавляющем большинстве случаев первоначальное нарушение равновесия снежного пласта на склоне происходит под действием нормальной составляющей силы тяжести и ее моментов, а не под действием тангенциальной составляющей, как это было принято ранее считать. По крайней мере, это справедливо для углов склона меньше или равных 45° (значения углов склона, характерные для подавляющего большинства зон зарождения лавин).

Таким образом, процесс обрушения лавин складывается из двух качественно отличных явлений. В начальной фазе снежный пласт под действием нормальной составляющей силы тяжести проседает, теряет свою сплошность, и затем уже возможность перерастания начального движения в лавинный процесс зависит от соотношения тангенциальной составляющей силы тяжести и силы трения в основании снежного пласта.

Первоначальное нарушение равновесия снежного пласта (нарушение сплошности) под действием нормальной составляющей силы тяжести возможно только при наличии в снежной толще лавиноопасного слоя (горизонта разрыхления). Морфоструктурный состав лавиноопасных слоев может быть представлен практически всеми типами кристаллов структурной эволюции снега и иметь достаточно широкий спектр структурно-плотностных и прочностных характеристик.

Исходя из предложенного механизма первоначального нарушения сплошности снежного пласта определяются места (критические зоны), где снежный покров испытывает наибольшие напряжения, и проводится непосредственно силовое воздействие, которое дает ожидаемый результат

– обрушение лавин, в то время как взрывы взрывчатых веществ вне критических зон обрушения лавин не вызывают. Места расположения зон наибольшего напряжения пласта обусловлены просадочным механизмом нарушения его устойчивого равновесия и, как правило, приурочены к всевозможным перегибам склона, выступам скал и т.д.

Активное воздействие необходимо проводить начиная с зон, расположенных на нижних периферийных участках контуров наибольшего напряжения снежного пласта, последовательно перенося воздействие на средние и верхние контуры. Воздействия сразу на верхние центральные контуры напряжения приводят, как правило, к обрушению лавин, максимально возможных для данной ситуации объемов.

Таким образом, данный метод позволяет, что особенно важно для практических целей, осуществлять контроль за размерами лавинных обрушений как в периоды относительно устойчивого равновесия снежной толщи на склоне, когда ограничить размер лавины проще, так и в периоды предельного равновесия последней. Во втором случае ограничить размеры лавин сложнее, а порой, в силу особенностей рельефа, практически невозможно, то есть в подавляющем большинстве случаев при соблюдении методики удастся предотвратить обрушение лавин катастрофических объемов.

Активное воздействие, проводимое в основании или толще снежного покрова, не является единственно возможным методическим приемом. Из просадочного механизма нарушения устойчивого равновесия снежного пласта следует, что более эффективным будет воздействие взрывов на некоторой, зависящей от энергетической мощности взрыва, высоте над поверхностью снежного покрова. Реализация надповерхностного взрыва возможна при использовании объемно детонирующих веществ. При этом эффект будет больше, нежели при традиционно применяемых взрывчатых веществах (ВВ). Реализация данного приема на практике в настоящее время затруднена из-за отсутствия специально разработанных для целей ПСЛ боеприпасов объемного взрыва и средств их доставки.

При проведении искусственного обрушения снежных лавин, в зависимости от конкретной ситуации, физико-географических особенностей района и поставленных



Артиллерийский обстрел лавиноопасного склона горы

задач, можно использовать различные известные способы доставки ВВ в места необходимого воздействия: артиллерийский и минометный обстрел, обстрел и бомбометание с вертолета, обстрел склонов с применением неуправляемых реактивных снарядов (НУРСов), закладка и подрыв ВВ, обстрел склонов из индивидуальных (легко носимых) средств воздействия типа противолавинного ружья или гранатомета, доставка зарядов ВВ с помощью подвешенного над лавиноопасным склоном троса и т.д.

Нисколько не умоляя некоторые достоинства вышеупомянутых способов, все-таки наиболее универсальным, на наш взгляд, является артиллерийский обстрел или комбинация последнего с любыми другими. Использование артиллерийского способа имеет ряд существенных, подтвержденных практикой, преимуществ перед другими способами доставки ВВ. Основными преимуществами способа являются:

– во-первых, его всепогодность и оперативность;

– во-вторых, возможность прицельно, на значительных расстояниях (в зависимости от типа орудия), поражать труднодоступные цели;

– в-третьих, возможность внесения ВВ практически в любую, заранее выбранную точку лавиноопасного склона.

Применение вертолетного способа обстрела весьма ограничено, как видимостью и погодными условиями, так и районами проведения работ и местом расположения аэропорта базирования.

Обстрел с применением неуправляемых реактивных снарядов не обеспечивает необходимую прицельность, а влияние ветра, учитывая значительную парусность НУРСа и его относительно небольшую, по сравнению с артиллерийским снарядом, скорость полета, еще больше понизит точность попадания в цель.

Закладка и подрыв ВВ неоперативны и крайне ограничены, как по соображениям безопасности, так и невозможностью закладки снарядов в необходимые места лавиноопасного склона.

Обстрел склонов из индивидуальных средств воздействия ограничен как дальностью их действия, так и сложностью ведения прицельной стрельбы в отсутствии видимости. Миномет предназначен для поражения площадей, в силу чего не может обеспечить требуемую точность попадания в цель.

В глубоком снегу мины зачастую не разрываются и могут быть вынесены лавиной в зону нахождения и деятельности людей.

При проведении противолавинной защиты, в зависимости от конкретных условий, наиболее рационально и эффективно использование нескольких способов доставки ВВ (учитывая их положительные стороны), тем самым расширяя возможности метода ПСЛ.

Выбор в качестве средства воздействия 100-миллиметровой зенитной пушки КС-19 был в значительной степени предопределен и безальтернативен.

Северо-Кавказской ВС, ВГИ и другими противорадовыми подразделениями Росгидромета в течение ряда лет проводились противорадовые работы с использованием именно этих артиллерийских систем. Тактико-технические характеристики КС-19 в достаточной степени удовлетворяли требованиям, предъявляемым при проведении работ по предупредительному спуску снежных лавин. Высокая точность стрельбы при значительной дальности (более 10 км), круговой сектор обстрела при углах возвышения от 3 до 85°, энергетическая мощность используемого для противолавинных работ штатного снаряда УОФ-412 со взрывателем В-429, обеспечивающим высокую надежность, определили применение этого орудия для целей ПСЛ.

Однако были и существенные недостатки, ограничивающие в ряде случаев их применение в противолавинных работах. Значительный вес орудия (масса – 9,3 т) затруднял его транспортировку по бездорожью при большом снегонакоплении; большой (до 400 м) радиус разлета осколков снаряда ограничивал возможность использования КС-19 при обстреле целей, расположенных рядом с какими-либо объектами, а мощная ударная волна, сопровождающая выстрел, ограничивала возможности размещения огневых позиций вблизи строений. Все эти ограничения приходилось учитывать при организации и проведении работ по ПСЛ.

Учитывая важность и перспективность работ по искусственному обрушению лавин при освоении горных лавиноопасных районов страны, в 1981 году в соответствии с постановлением Совета Министров СССР на воензированные службы по активному воздействию на гидрометеорологические процессы Госкомгидромета были возложены работы по предупредительному спуску

снежных лавин с целью защиты людей и объектов народного хозяйства.

Для организации и проведения работ по предупредительному спуску снежных лавин в ВГИ в 1983 году были разработаны «Временные указания о порядке организации и проведении работ по предупредительному спуску снежных лавин», которыми в соответствии с постановлением Правительства определено, что создание и содержание воензированных противолавинных отрядов, а также проведение работ по ПСЛ должно осуществляться за счет средств заказчиков, которые обязаны обеспечивать ПЛЮ необходимыми для их работы земельными участками, служебными и жилыми помещениями (или их строительство), выделять фонды на автотранспорт, средства связи, а также обеспечивать снабжение электроэнергией, водой, горюче-смазочными материалами, мебелью и бытовым оборудованием.

Согласно принятым решениям на ПЛЮ возлагались следующие основные задачи:

- проведение снеголавинных и метеорологических наблюдений, результаты которых необходимы для успешного проведения ПСЛ;

- выбор места огневых позиций, пунктов метеорологических и снегомерных наблюдений и их оборудование;

- составление специализированных лавинных прогнозов и определение времени проведения ПСЛ;

- проведение практических работ по ПСЛ с использованием артиллерийских систем КС-19;

- выполнение других мероприятий, связанных с работами по ПСЛ.

Госкомгидрометом было определено, что научно-методическое руководство и обеспечение работ должны осуществлять ВГИ (головной НИИ) и САНИГМИ.

В сентябре 1982 г. Северо-Кавказская ВС приступила к организации первого в системе Госкомгидромета Аксаутского воензированного противолавинного отряда (ПЛЮ). Проведение и финансирование противолавинных работ осуществлялось на основании ежегодно заключаемых договоров между Северо-Кавказской ВС и Ставропольской геологоразведочной экспедицией «Севкавгеология». Целью работ Аксаутского ПЛЮ являлось обеспечение противолавинной защиты людей и объектов Аксаутской

геологоразведочной партии: базового поселка геологов (пос. Аксаут), 14-километрового лавиноопасного участка дороги, связывающего поселок с равнинной территорией, и 3-километрового участка дороги между объектами геологоразведочной партии.

Согласно карте-схеме лавинной опасности в районе работ Аксаутского ПЛЮ насчитывалось 52 лавинных очага, при этом объемы лавин могли достигать до миллиона кубических метров.

К началу лавиноопасного периода 1982–1983 годов специалисты ПЛЮ определили лавинные очаги, наиболее угрожающие защищаемым объектам, выбрали удовлетворяющие предъявляемым методическим требованиям места для размещения пунктов воздействия (ПВ). Кроме того, были определены безопасные пути подъезда к ним в зимнее время, а также изготовлены артиллерийские планшеты и фотографии лавинных очагов. Метеорологические наблюдения в первый сезон работы Аксаутского ПЛЮ проводились только за стратиграфией снежного покрова в доступной высотной зоне, характерной для большинства снеговывалов лавинных очагов.

Проведение этих мероприятий позволило обеспечивать безопасность защищаемых объектов. В течение последующих лет отряд был полностью оснащен необходимыми приборами и оборудованием, а также были разработаны мероприятия по обеспечению противолавинной защиты в периоды аномально больших снегопадов.

Для получения репрезентативной метео- и снеголавинной информации, используемой в целях ПСЛ, осенью 1988 года был открыт дополнительный пункт наблюдений в районе верхнего поселка геологов на высоте 2500 м. Однако в 1990 году, несмотря на то, что работы были признаны успешными, они были прекращены в связи с закрытием геологоразведочной партии. Опыт организации работ Аксаутского ПЛЮ имел в последующем большое значение. В этом большая заслуга первого командира Аксаутского ПЛЮ В.А. Шабельникова, а с 1984 года – Б.П. Бабаянца.

В сентябре 1984 года Северо-Кавказская ВС приступила к организации в Приэльбрусье (Кабардино-Балкарская Республика) Эльбрусского противолавинного отряда. Баксанское ущелье, верховье которого

называется Приэльбрусьем, находясь в западной части Центрального Кавказа, простирается в направлении с запада, от подножий южных склонов Приэльбрусья, на восток.

Приэльбрусье является одним из российских центров альпинизма, туризма, горнолыжного спорта, отдыха. В период организации отряда в районе действовало 11 туристических гостиниц и альпинистских баз, одновременно принимающих до 3000 человек. На экскурсии, полюбоваться красотами гор, ежедневно приезжало более 500 человек, отдыхающих на курортах Северного Кавказа. Местное население, проживающее в пяти населенных пунктах Приэльбрусья, составляло до 4,5 тыс. человек. Всем этим людям в зимний период угрожают в той или иной степени миллионы тонн снега, скапливающиеся на склонах гор и в любой момент готовые обрушиться в долину все разрушающими на своем пути лавинами.

Прежде чем приступить к организации работ по ПСЛ составителем карты лавинной опасности Приэльбрусья сотрудником ВГИ А.В. Руничем, были уточнены территории и объекты, поражаемые катастрофическими лавинами. Одновременно выбраны возможные и оптимальные варианты размещения ПВ для проведения обстрела максимально возможных лавиноактивных очагов. Для экстремальных снеголавинных ситуаций предусмотрена возможность обстрела отдельных лавиноопасных склонов с передвижной позиции.

Учитывая особенности расположения подлежащих противолавинной защите объектов и технические возможности ПЛЮ, целью работ противолавинного отряда в Приэльбрусье являлось обеспечение безопасности людей, сокращение повреждений и вынужденных простоев защищаемых объектов от негативного действия лавин. При невозможности обеспечения достаточной степени безопасности предусматривалась своевременная выдача конкретных рекомендаций по режиму эксплуатации тех или иных объектов, вплоть до временной приостановки их деятельности, временное отселение людей из жилых домов и гостиниц, то есть при организации Эльбрусского ПЛЮ изначально предусматривалась возможность обеспечения противолавинной защиты района в аномально многоснежные и лавиноопасные зимы.

В соответствии с распоряжением Совета Министров СССР и решением Тырныаузского горисполкома заказчиком работ по ПСЛ был определен Эльбрусский совет по туризму и экскурсиям, обязанный финансировать проведение работ в размере 60 % сметной стоимости. Одновременно были определены еще пять организаций Приэльбрусья, участвующих в долевом финансировании работ. К началу 90-х годов число организаций, участвующих в долевом финансировании работ по ПСЛ, достигло 26. В 1985 году и последующие годы число пунктов воздействия в районе Приэльбрусья было доведено до 9.

С осени 1984 года Эльбрусский отряд Северо-Кавказской ВС проводит весь комплекс работ по ПСЛ, включая снеговальничные наблюдения, являющиеся необходимым условием успешного проведения ПСЛ. Также используются метеорологические наблюдения, проводимые группой ЛИГ ВГИ на станции «Пик Чегет», расположенной в высотной зоне, характерной для большинства снеговальничных очагов района работ. С целью обучения и проведения метеонаблюдений периодически привлекаются сотрудники отряда. Подготовка специалистов осуществляется в отряде в процессе непосредственной практической деятельности.

Все мероприятия, связанные с артиллерийским обстрелом лавинных очагов, являющиеся завершающим этапом всего комплекса работ по ПСЛ, проводились в расчете на обеспечение противолавинной защиты в периоды аномально высокой лавинной опасности даже путем обрушения лавин при полном отсутствии видимости цели.

Еще при организации отрядов было очевидно, что несвоевременность проведения обстрела лавиноопасных склонов (воздействия) особенно при интенсивных снегопадах, может свести на нет все предшествующие усилия коллектива.

Как показал опыт работы, своевременность проведения воздействия при рассредоточенности ПВ на значительно протяженном участке схода лавин (21 км), защищаемой территории района, может быть обеспечена только при следующих условиях: во-первых, при наличии нескольких групп, проводящих воздействие, то есть достаточным числом профессионально подготовленных сотрудников в составе отряда;

во-вторых, при достаточном количестве высокопроходимых транспортных средств для доставки расчетов и боеприпасов к ПВ и снегоочистительной техники для расчистки от снега и лавинных завалов подъездных путей и самих ПВ.

В сезон 1985–1986 годов отрядом были проведены опытные работы с применением индивидуального пускового устройства ПРБ-3 (прототип противолавинного ружья) при устранении лавинной опасности на горнолыжных трассах горы Чегет. ПРБ-3 разработано и изготовлено в ЛИГ ВГИ под руководством В.Р. Белова. Несмотря на ограниченную дальность действия (до 40–60 м) и некоторые неудобства в эксплуатации данное устройство оказалось незаменимым техническим средством, расширяющим возможности отряда. Используя ПРБ-3 удалось ликвидировать лавинную опасность на недоступных для КС-19 участках горнолыжных трасс. Однако в связи с несовершенством используемого патрона П-2 в 1987 году применение этого устройства было запрещено Госкомгидрометом.

В сезоне 1986–1987 годов в Приэльбрусье наблюдались катастрофические снегопады (как по количеству и интенсивности осадков, так и по лавинной активности). Причем самые интенсивные осадки выпадали в период с 21 декабря по 11 января и с 26 по 31 января, составив 477 мм и 157 мм соответственно, что в итоге больше средней многолетней суммы осадков за холодный период года (ноябрь–март).

В процессе снегопада, по просьбе местной администрации, дополнительно к шести имеющимся ПВ было организовано еще два, предназначенные для обеспечения защиты объектов, расположенных вне договорной зоны защищаемой территории.

Успешности проведения ПСЛ в период катастрофических снегопадов во многом способствовало регулярное поступление снегометеорологической информации со станции «Пик Чегет». Заблаговременно принятые организационно-подготовительные мероприятия позволили обеспечить поступление крайне необходимой информации на базу отряда в штормовых условиях при полностью автономном режиме (отсутствии электроэнергии). В начальный период снегопада, когда ситуация стала достигать критической отметки, в пос. Терскол был создан

штаб по ликвидации чрезвычайного положения, занимавшийся координацией действий организаций Приэльбрусья. Активнейшее участие в работе штаба принимал начальник Северо-Кавказской ВС Н.Г. Штульман, одновременно осуществляющий организацию получения в войсках и доставку в район Приэльбрусья расходимых практически с «колес» снарядов, имевшийся запас которых был быстро исчерпан в начале работ.

В связи с невозможностью обработки имеющимися техническими средствами известных лавинных очагов, угрожающих объектам Приэльбрусья, отрядом с учетом реальной ситуации своевременно выдавались штабу и заинтересованным организациям конкретные предупреждения и рекомендации по режиму и эксплуатации объектов Приэльбрусья. Вплоть до временной приостановки их деятельности и временного отселения людей.

Работа Эльбрусского ПЛЮ подтвердила эффективность метода ПСЛ, особенно в части выбора места непосредственного воздействия и возможности реального контроля за размерами лавинных обрушений при своевременной и правильной обработке лавинных очагов, даже в таких сложнейших условиях. В отзыве Тырныаузского горисполкома и горкома КПСС были одобрены результаты деятельности Эльбрусского отряда.

До настоящего времени остается проблема обеспечения безопасности от лавин людей на горнолыжных трассах, где практически ежегодно гибнут или травмируются горнолыжники в результате попадания в ими же вызванные относительно небольшие лавины. Как правило, всегда это случается в результате самовольных выходов горнолыжников за пределы разрешенных для использования горнолыжных склонов, ограниченных специальными ограждениями, предупреждающими и запрещающими знаками.

Как известно, использование КС-19 для проведения ПСЛ на горнолыжных трассах крайне ограничено. Наиболее приемлемым для этих целей является противолавинное ружье. Однако в течение ряда лет Эльбрусский ПЛЮ периодически осуществлял обстрел (где это возможно) горнолыжных склонов и выдавал рекомендации и ограничения по режиму эксплуатации горнолыжных трасс на г. Чегет, тем более что часть

горнолыжных склонов представляет угрозу для объектов, расположенных в долине.

Производственная деятельность Эльбрусского отряда продолжается до настоящего времени. Помимо проведения комплекса работ по ПСЛ, ежедневно в течение лавиноопасного периода составляются и доводятся до заинтересованных организаций прогнозы степени лавинной опасности, а при необходимости – с дифференциацией по различным участкам защищаемой территории и объектам. В случае необходимости даются конкретные рекомендации по режиму эксплуатации тех или иных объектов района.

Развитие работ по ПСЛ на Северном Кавказе продолжается. По распоряжению Правительства Карачаево-Черкесской Республики в период катастрофических снегопадов зимы 1986–1987 годов Северо-Кавказской ВС были организованы работы по устранению лавинной опасности в районе пос. Домбай, создан Домбайский ПЛЮ. Работы проводились с привлечением в качестве артиллеристов специалистов Карачаево-Черкесской военизированной части по борьбе с градом СК ВС, а в качестве специалистов-лавинщиков – ведущие специалисты ЛИГ ВГИ. Эффект от проведенных в эту зиму работ, несмотря на участие в них высококвалифицированных специалистов под руководством автора метода ПСЛ В.Р. Белова, был незначителен, так как им не предшествовал необходимый подготовительный этап, подобный тому, который был проведен Эльбрусским и Аксаутским отрядами. Незначительная эффективность, в первую очередь, была обусловлена ограниченными возможностями оптимального размещения огневых позиций, невозможностью «жесткой» привязки орудий, отсутствием необходимых для стрельбы «вслепую» артиллерийских координат и недостаточным знанием особенностей района.

В отличие от района Приэльбрусья район Домбая после эвакуации людей из туристических баз и гостиниц был практически закрыт для посещения отдыхающими до конца горнолыжного сезона. Туристические базы и гостиницы понесли большие убытки. Это в очередной раз подтвердило невозможность успешного проведения противолавинной защиты методом ПСЛ, особенно в периоды катастрофических снегопадов, без основательной предварительной подготовки.

Район Домбая расположен на Западном Кавказе в верховье долины реки Теберда, именуемой в районе Домбайской поляны рекой Аманауз. С запада долина реки Теберда через водораздельный хребет граничит с долиной реки Аксаут и простирается от главного Кавказского хребта почти строго с юга на север. Всего объектам Домбая и единственной автодороге, связывающей его с равнинной территорией Карачаево-Черкесской Республики, угрожают лавины из 19 лавиноопасных очагов. Большая их часть представляет угрозу редко, с периодом схода от 30 до 50 лет так называемых спорадических лавин при аномальном развитии снеготемпературных ситуаций. За исключением главной автомагистрали и дороги к альпинистской базе «Алибек» разрушительному действию лавин подвержена незначительная часть объектов рекреационного комплекса, то есть в отличие от Приэльбрусья район Домбая менее лавиноопасен.

В сентябре 1987 года, по ходатайству Россовета по туризму и экскурсиям и соответствующего решения Карачаево-Черкесского облисполкома, Служба приступила к организации Домбайского ПЛЮ. Тем же решением основными заказчиками были определены Карачаево-Черкесский областной совет по туризму и экскурсиям и ряд других заинтересованных организаций, обязанных принять долевое участие в финансировании работ по ПСЛ.

С целью своевременной подготовки к первому сезону к началу сентября были привлечены специалисты ЛИГ ВГИ (С.Х. Созаев, В.Г. Коцарев), имевшие большой опыт работ в Домбае. Ими было проведено детальное обследование района и составлено заключение о лавинной опасности, а также разработаны рекомендации по проведению ПСЛ в районе Домбая, которые использовались при организации и проведении противолавинных работ.

В первую зиму отряду пришлось ограничиться проведением метеонаблюдений в районе базы отряда (1650 км над уровнем моря), а снеголавинные наблюдения периодически проводились в районе горнолыжных трасс, куда наблюдатели поднимались на канатных дорогах. Прогноз погоды передавался с базы СК ВС (г. Нальчик) по КВ-радиоканалу.

Первое воздействие с целью ПСЛ было проведено отрядом уже 12 декабря 1987 года.

Всего за первый сезон было 16 дней с воздействием. В этот период были уточнены артиллерийские координаты с использованием лазерного дальномера ЛДИ-3. С конца 1988 года лазерные дальномеры использовались всеми ПЛЮ.

Несмотря на то, что перечнем защищаемых объектов Домбая, подлежащих противолавинной защите в 1987–1988 годах, не была предусмотрена защита от лавин людей на горнолыжных трассах, заказчики настояли на выполнении отрядом дополнительных работ по выдаче лавинного прогноза и противолавинной защите горнолыжных трасс на склонах г. Мусса-Ачитара с использованием имеющихся орудий КС-19.

Как упоминалось выше, возможности применения для этих целей КС-19 и снаряда УОФ-412 ограничены большой его осколочностью и значительной дальностью разлета осколков. Поэтому вынужденная защита горнолыжных трасс путем артиллерийского обстрела имела ограниченный характер.

В 1990 году по экономическим причинам было принято решение, ликвидировать Домбайский ПЛЮ, который достаточно успешно обеспечивал противолавинную защиту Домбая с 1987 года. Последствия закрытия ПЛЮ оказались довольно печальными. После 1987 года в этом районе сходили лавины, приведшие к новым ущербам.

Глубоко прав известнейший американский исследователь и специалист по борьбе с лавинами Монтгомери Отуотер, когда в своей книге «Охотники за лавинами» писал о том, что «...лыжников, предпринимателей и официальных лиц необходимо хорошенько пугать не реже, чем раз в три года. Иначе они начнут думать, что лавина – это плод чьего-то воображения» и добавлял: «Консультанта по лавинам обычно приглашают после катастрофы, хотя он, вероятно, предотвратил бы ее, если бы его вызвали раньше».

Открытию постоянно действующего противолавинного отряда на северной ветви Транскавказской автомагистрали по Рокскому перевалу (Транскам) предшествовали экстренно организованные и проведенные СК ВС работы по ПСЛ в зиму 1988–1989 годов. Уже к концу декабря 1988 года на всем 28-километровом лавиноопасном участке северной ветви Транскама был установлен 21 пункт воздействия для обеспечения безопасной и максимально бесперебойной

доставки грузов в пострадавшие от землетрясения районы Армении. Впервые на Транскаме наблюдался интенсивный поток транспорта, движущегося в обоих направлениях. Благодаря проведению работ по ПСЛ, задача по обеспечению безопасности была выполнена. Одновременно был получен практический опыт организации и проведения ПСЛ на сложном и крайне лавиноопасном линейном объекте.

В общей сложности на 28-километровом участке на Транскаме от поселка Бурон до северного портала тоннеля расположено 234 лавинных очага, 180 из которых непосредственно угрожают и могут создавать большие лавинные завалы.

В среднем на подлежащий противолавинной защите участок дороги сходит до 200–250 лавин за сезон, большинство из них (до 200) перекрывают полотно дороги. В аномально снежные зимы, какой была, например, зима 1986–1987 годов, количество лавин достигает 800–900. Причем частота схода лавин на дорогу для ряда лавинных очагов достигает 18 и более случаев в сезон.

Как показал опыт научных и оперативных работ, район северной ветви Транскама является в высшей степени лавиноопасным, и подход к его противолавинной защите должен быть комплексным, включающим, наряду с проведением ПСЛ, строительство инженерных противолавинных сооружений, в первую очередь, на не подлежащих защите методом ПСЛ участках дороги, и четкое прогнозирование периодов возникновения лавинной опасности с целью оперативной корректировки режима движения по трассе.

Первым командиром Рокского ПЛЮ в течение двух лет являлся Ю.А. Бекузаров. Непосредственное проведение комплекса работ по ПСЛ, обучение специалистов осуществлялись В.А. Шабельниковым и инженером отряда Р.А. Булатовым, имеющим опыт работ в Аксаутском и Эльбрусском отрядах. Большую помощь в организации и взаимодействии с заказчиками оказывал командир Северо-Осетинской военизированной части СК ВС А.Т. Бестаев.

Как было отмечено ранее, целью работы Рокского ПЛЮ являлось обеспечение безопасности движения автотранспорта и сокращение вынужденных простоев Транскама в результате негативного влияния лавин. В среднем полотно дороги перекрывает сход

более 200 лавинных очагов, но даже небольшие лавины (до 50–100 м³) создают лавинные завалы на дороге, парализуют движение автотранспорта и способствуют возникновению больших «пробок» на трассе, не позволяющих дорожной технике своевременно расчищать завалы. Тем самым возрастает вероятность попадания под обрушающийся снег автотранспорта и людей, пытающихся вручную расчистить лавинный завал, что неоднократно наблюдалось.

Как показал опыт работ противолавинных подразделений СК ВС, в силу различных физико-географических условий и особенностей расположения защищаемых объектов, нельзя механически переносить методику работ в одном районе на другой. Поэтому воздействие проводится по мере достижения снежным покровом определенной мощности, благоприятствующей ПСЛ, и с учетом стратиграфических особенностей снега, вне зависимости от того, прекратился снегопад или продолжается, то есть при любой погоде. При необходимости воздействие проводится в режиме контроля за размерами обрушений.

Учитывая опыт работ, сотрудниками Рокского ПЛЮ была предложена новая методика обеспечения противолавинной защиты Транскама (ЛИГ ВГИ, С.Х. Созаев). С учетом конкретной снеголавинной обстановки составляется прогноз лавинной опасности по трассе в зависимости от количества выпавших осадков и их интенсивности. На основании прогноза выдаются рекомендации заинтересованным организациям по режиму эксплуатации трассы, вплоть до ее закрытия. По окончании снегопада, с учетом реальной ситуации, начинается воздействие несколькими группами с одной и другой стороны трассы (навстречу друг другу) с одновременной расчисткой от лавинных завалов и снежных заносов полотна дороги. Причем воздействие желательно проводить на верхние части снеговосборов, чтобы мгновенно вызвать обрушение лавины. Тем самым достигается максимальное освобождение лавинного очага от снега и экономия снарягов.

Аргументы в пользу такого подхода следующие: во-первых, из-за отсутствия видимости в период снегопада невозможно достоверно оценить результаты воздействия и, тем более, степень физической эффективности воздействия. Следовательно, невозможно

ВОСПОМИНАНИЯ

Меня попросили написать заметки о системе и этапах развития работ по активным воздействиям на гидрометпроцессы (АВ) в период моей активной деятельности в Госкомгидромете во времена СССР и впоследствии в Росгидромете. Я работал в центральном аппарате Гидрометеослужбы СССР и России с 1980 по 1983 год заместителем начальника Управления применения активных воздействий на гидрометпроцессы в интересах народного хозяйства и с 1993 по 2012 год – заместителем руководителя, статс-секретарем Росгидромета, курирующим среди других направлений и работы по АВ.

Под активными воздействиями на облака с целью регулирования осадков здесь и далее подразумевается воздействие на неустойчивое состояние облаков путем внесения туда мелких кристалликов льдообразующих реагентов (из наиболее эффективных – йодистое серебро), на которых конденсируется облачная вода. Кристаллы растут и выпадают в зависимости от температуры у поверхности Земли либо снегом, либо дождем. Таким засевом удается выжать из облаков до 30–70 % осадков. В случае если воздействие направлено на подавление града, внесенные зародыши кристаллов конкурируют друг с другом за облачную влагу и не дают кристаллам (будущим градинам) развиваться до значительных величин. Так примерно работает метод. Его эффективность такова, что на вложенный рубль получается от 3–4 до 7–10 рублей прибыли.

Однако организационно это очень непростое дело – надо иметь самолеты, переоборудованные под внесение в облака реагентов, противорадиолокационные снаряды и ракеты и пусковые установки к ним, оперативно обнаруживать в облаках эффективные зоны воздействия путем радиолокационных наблюдений, давать целеуказания для действий. И это при том, что атмосферные процессы обладают очень высокой динамичностью – за 10 минут облако способно полностью переформатироваться или совсем исчезнуть.

Для меня, тогда человека нового в этой области, было совсем не простым делом вникнуть, понять проблемы АВ, убедиться и поверить, а лучше сказать – уверовать в их действенность и эффективность. Тем более что по состоявшейся жизни пришлось потом длительное время организационно и идеологически возглавлять, защищать и продвигать эту деятельность.

В октябре 1980 года я пришел в слаженный, высокопрофессиональный коллектив Управления применения активных воздействий в народном хозяйстве (УАВ) Госкомгидромета, обеспечивающий организационное и научно-методическое сопровождение работ по активным воздействиям на гидрометпроцессы в СССР. Возглавлял УАВ Иван Иванович Бурцев, который был прекрасным специалистом в этой области и хорошим организатором, как самих работ в области АВ, так и коллектива УАВ. Он сам из Нальчика, из Высокогорного геофизического института, кандидат физико-математических наук, впоследствии защитил и докторскую диссертацию по этой теме. Благодаря ему в Управлении тогда работал профессионально крепкий коллектив: В.Г. Захаров, В.Г. Волков, В.А. Нетесов, В.А. Никитин, В.В. Мартанов, М.Д. Михеев, А.Н. Понмарёв, Н.Б. Москалёва, Л.Н. Чернышёва, М.А. Бутусова и другие.

То было время больших возможностей, как в организации научных исследований и экспериментов в области АВ, так и в проведении непосредственных опытно-производственных работ по искусственному вызыванию осадков, уменьшению градовой опасности, противорадиолокационных и других работ.

Важный вклад в развитие работ по АВ сделали председатель Госкомгидромета Ю.А. Израэль, его заместители Ю.С. Седунов и В.М. Захаров, а впоследствии и руководитель Росгидромета А.И. Бедрицкий. Благодаря их глубокому пониманию важности этих работ, как в повседневной практике, так и на перспективу, активные воздействия всегда оставались в приоритете внимания руководства Службы.

дать обоснованные гарантии безопасности при расчистке дороги и ее эксплуатации; во-вторых, результаты предупредительного спуска лавин в течение снегопада будут сведены на нет продолжающимся снегопадом. В результате в процессе снегопада только несколько больших лавинных очагов могут обрабатываться (обстреливаться) в режиме ограничения объемов вызываемых лавин, как это делается в Приэльбрусье.

Особенно важным при осуществлении противолавинной защиты является организация четкого взаимодействия между противолавинным отрядом, дорожниками и органами ГИБДД и т.д., проводящими расчистку и осуществляющими контроль за режимом движения по Транскаму. Конкретные рекомендации по режиму и эксплуатации трассы, основанные на прогнозе степени лавинной опасности, ежедневно доводятся отрядом до сведения заинтересованных организаций через МЧС РСО-Алания, определенного координатором действий заинтересованных организаций при осуществлении безопасности движения по Транскаму.

За 12 лет производственной деятельности Рокского ПЛО не было ни одного случая гибели людей на трассе по вине отряда. В то же время из-за недостаточно действенного контроля за режимом движения автотранспорта и несвоевременного закрытия дороги, несмотря на заблаговременные рекомендации противолавинного отряда, за эти годы на Транскаме произошел ряд лавинных катастроф с человеческими жертвами, в том числе и массовыми.

На основании имеющегося опыта и предвидения возможных лавинных ситуаций СК ВС разработаны и введены в действие инструкции и рекомендации, предназначенные обеспечить безопасность личного состава Рокского отряда и повысить эффективность работ по ПСЛ.

В Горном Алтае большой вклад в организацию наблюдений и оповещения о лавинной опасности, предупредительному спуску лавин внесли В.Н. Поломарь, В.М. Борисенко, Г.И. Степанюк, В.И. Суханов, С.Е. Гун, Н.С. Коробейников и др.

Во исполнение постановления Правительства Российской Федерации от 11 мая

1993 г. № 443 Росгидрометом создана единая противолавинная служба, Приказом руководителя Росгидромета от 10 мая 1994 года № 55 был создан Забайкальский региональный противолавинный центр (РПЛЦ). Основными задачами РПЛЦ были определены: оперативное оповещение органов исполнительной власти территорий, подверженных этой опасности, о возможном сходе снежных лавин; разработка и проведение мероприятий по защите населения и объектов народного хозяйства от воздействия снежных лавин путем их предупредительного спуска; подготовка экспертного заключения о возможности строительства объектов на территориях, подверженных опасности схода снежных лавин. РПЛЦ проводит работы по ПСЛ с использованием артиллерийского метода активного воздействия. За весь период деятельности Забайкальского РПЛЦ в зоне его ответственности не было допущено чрезвычайных происшествий, связанных со снежными лавинами.

В настоящее время в России действуют следующие региональные противолавинные центры: Забайкальский, Колымский, Камчатский, Сахалинский и Северо-Кавказский. Источники финансирования противолавинных работ формируются за счет ассигнований федерального бюджета и договоров с заинтересованными организациями.

В процессе проведения противолавинных работ стало очевидным, что дальнейшее повышение эффективности работ в значительной степени зависит от уровня развития технических средств воздействия. Необходимо менее громоздкие и более мобильные артиллерийские системы, индивидуальные средства воздействия (противолавинное ружье) и т.д. Используемые до сих пор зенитные пушки КС-19 морально и физически устарели. В связи с этим специалисты СК ВС и ВГИ совместно с КБ промышленных предприятий в настоящее время разрабатывают новые, более совершенные технические средства активного воздействия на снежные лавины.

В заключение необходимо отметить, что работы по ПСЛ в защищаемых районах приносят, помимо экономического, ощутимый социальный и другие положительные эффекты.

Во время моей работы различными аспектами искусственного воздействия на облачные системы в Госкомгидромете занимались Центральная аэрологическая обсерватория (ЦАО) – директор А.А. Черников (Долгопрудный), Главная геофизическая обсерватория (ГГО) – Е.П. Борисенков (Ленинград), Институт прикладной геофизики (ИПГ) А.И. Авдюшин (Москва), Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт – К.Т. Логвинов (Киев), Высокогорный геофизический институт (ВГИ) – М.Ч. Залиханов (Нальчик) и Институт экспериментальной метеорологии, преобразованный в 1986 году в НПО «Тайфун» – В.П. Тесленко, О.А. Волковицкий (Обнинск).

Широко использовались авиационные средства для микрофизических исследований в облаках и экспериментах по воздействию на гидрометпроцессы. В ЦАО в то

время была под эти цели переоборудована целая группа самолетов – Ил-18, Ан-12, Ан-26, Ту-104 и некоторые другие. Научные подразделения ЦАО проводили на полигоне под Пензой и на Ставрополье многолетний эксперимент по искусственному вызыванию осадков. УкрНИГМИ проводил подобный натуральный эксперимент на полигоне под Днепропетровском. Эти эксперименты подтвердили научные выводы о том, что самолетным способом воздействия можно увеличивать сезонные осадки до 20 % от их климатического количества для этого времени года. Особо важны эти дополнительные осадки для периода вегетации растений (апрель-июнь).

Вблизи озера Севан для его наполнения водой дополнительными осадками ИПГ (Н.И. Вульфсон) совместно с метеослужбой Армянской ССР начали осуществлять проект «Суперметеотрон». Он заключался в создании агрегированного устройства для

суммирования усилий нескольких авиадвигателей при создании мощного потока тёплого влажного воздуха, направленного вертикально вверх. В результате в пространстве над метеотроном должна создаваться область пониженного давления и возникать условия для формирования осадков. Кроме того, при этом имеются возможности для забрасывания на высоту облачности осадкообразующих реагентов для ускорения осадкообразования. Система была сконструирована, изготовлена, установлена, но по целому ряду организационно-технических причин не запущена в работу, но и не дискредитирована. Так что эта идея в будущем ещё может пригодиться.

Что касается организационного и научно-методического обеспечения противоградовых работ, то в 80-е годы этим активно занималось УАВ Госкомгидромета (И.И. Бурцев, В.Г. Захаров, Н.Б. Москалёва), Высокогор-

ный геофизический институт – г. Нальчик (М.Ч. Залиханов) и его Научно-производственный центр противоградовой защиты (М.Т. Абшаев). Особо хотелось бы сказать о докторе физико-математических наук, профессоре Магомте Тахировиче Абшаеве – человеке, посвятившем всю свою жизнь разработке и совершенствованию методов и средств борьбы с градом. В его активе – участие в создании новых поколений метеорадиолокаторов, создание автоматизированных программ обработки радиолокационной информации и управления противоградовыми работами, создание новых поколений противоградовых ракет, автоматизированных пусковых установок, реализующих так называемую «безлюдную технологию» противоградовых работ, и многое другое.

Важную роль в организации работ по АВ на местах играли тогда начальники военизированных служб по борьбе с градом (ВСБГ):



ИЗРАЭЛЬ ЮРИЙ АНТОНИЕВИЧ (1930–2014)

С 1970 по 1974 г. – первый заместитель начальника ГУГМС СССР. С 1974 по 1978 г. – начальник ГУГМС СССР, а с 1978 по 1991 г. – председатель Госкомгидромета СССР. С 1990 по 2014 г. – директор Института глобального климата и экологии. Доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН. Автор многих научных работ по физике атмосферы и экологии. Участник работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Заслуженный деятель науки Российской Федерации. Лауреат Государственной премии СССР. Награжден многими наградами СССР, России и других стран.

Юрий Антониевич Израэль родился 15 мая 1930 г. в Ташкенте. В 1953 г. окончил Среднеазиатский государственный университет по специальности «Физика» и начал работу в Москве в Геофизическом институте Академии наук СССР под руководством академика Е.К. Фёдорова. После того как Фёдоров основал Институт прикладной геофизики Гидрометеослужбы СССР, Израэль продолжил научную деятельность там, защитив в 1963 г. кандидатскую, а в 1969 – докторскую диссертации в области физико-математических наук. В том же году он сменил своего руководителя на посту директора института. В 1970 г.

он также стал первым заместителем начальника Главного управления Гидрометеослужбы при Совете Министров СССР. В 1974 г. Израэль возглавил Гидрометеослужбу, а также стал профессором и член-корреспондентом АН СССР по специальности «Физика атмосферы». Четыре года спустя он был назначен на должность председателя Государственного комитета по гидрометеорологии. После аварии на Чернобыльской АЭС Ю. Израэль руководил работами по оценке радиоактивного загрязнения, на основе которых принимались решения об эвакуации или отчуждении непригодных для жизни территорий. За это он был награждён орденом Ленина.

В 1990 г. Израэль организовал на базе Лаборатории мониторинга природной среды и климата Института глобального климата и экологии и стал его директором. В 1992 г. получил премию Сасакавы от UNEP за многочисленные заслуги, в том числе за успешную работу в составе «Рабочей группы 1» IPCC. В составе группы МГЭИК Израэль получил Нобелевскую премию мира в 2007 г. По мнению академика Фортова, у Юрия Израэля «очень удачно... сочетались гражданская позиция, позиция человека, который правильно понимает роль науки в современном обществе, и необходимость доказывать людям некоторые вещи, очевидные для тех учёных, которые не будут тратить на это время».

Скончался в Москве 23 января 2014 года.

Северо-Кавказская служба – Н.Г. Штульман, Краснодарская служба – П.Е. Вавилов, Молдавская служба – Л.А. Диневич, Армянская служба – Р.С. Овсепян, Крымская служба – Н.В. Сирота, Грузинская служба – А.И. Карцивадзе, Одесская служба – Е.И. Данов, Азербайджанская служба – С.А. Керимов, Узбекская служба – Б.А. Камалов и Таджикская служба – Г.П. Сокол. Большинство из начальников ВСБГ и ведущих специалистов этих служб были выпускниками либо Одесского, либо Ленинградского гидрометинститутутов, где тогда осуществляли подготовку метеорологов, в том числе и по части АВ.

ВСБГ имели полную самостоятельность в принятии оперативных решений по воздействию на градоопасные облака. Госкомгидромет обеспечивал службы инве-

стиционными средствами – на строительство и ремонт баз отрядов, на приобретение метеорадиолокаторов МРЛ-5 – по 2–3 шт. в год, на приобретение пусковых ракетных установок ТКБ-040. Минсельхозы республик оплачивали расходные материалы и прежде всего стоимость противорадиолокаторов ракет (ПГИ, «Облако», «Алазань»), которые общей стоимости работ составляют примерно половину. Среди наиболее продвинутых ВСБГ была Молдавская служба во главе с Леонидом Абрамовичем Диневичем. При примерно одинаковом финансировании военизированных служб со стороны Госкомгидромета именно благодаря существенной поддержке со стороны Правительства Республики Молдавская служба постоянно расширяла границы защищаемых от града

пространением примеси, разработкой методов контроля состояния природной среды.

Ю.С. Седунов – автор научных работ, посвященных разным вопросам физики атмосферы и активных воздействий, дистанционного зондирования Земли, исследованию озонового слоя атмосферы, и ряд монографий, часть из которых издана за рубежом. Его первая монография “Физика образования жидкокапельной фазы атмосферы” была опубликована в 1972 г. Позже им совместно с коллегами были опубликованы монографии “Процессы коагуляции в дисперсных системах”, “Распространение интенсивного лазерного излучения в облаках”, “Человек и стратосферный озон” и “Атмосферный озон и изменения глобального климата”. Под его руководством подготовлено и защищено 12 кандидатских диссертаций. Некоторые его ученики стали крупными учеными и специалистами в гидрометеорологии.

В 1975 г. Юрий Степанович был назначен первым заместителем начальника Гидрометеорологической службы СССР. На этом посту Юрий Степанович занимался проблемами активных воздействий на метеорологические процессы, вопросами координации научных исследований и реализацией программы технической модернизации Гидрометеослужбы. Много Ю.С. Седунов лет возглавлял Межведомственный научно-технический совет по проблеме “Активные воздействия на гидрометеорологические процессы”, был членом консультативной рабочей группы ВМО по проблемам модификации погоды, членом консультативной группы Комиссии атмосферных наук ВМО. Участвовал в организации международного проекта по увеличению осадков в Испании, в подготовке ряда международных конвенций, в частности Конвенции по запрещению военного или любого иного враждебного использования средств воздействий на природную среду, Венской конвенции по защите озонового слоя атмосферы.

Принимая активное участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, Юрий Степанович разрабатывал схемы и методы компьютеризации данных, сложные модели процессов распространения и перераспределения радионуклидов в объектах природной среды на разных фазах радиационной аварии.

В 1992 г. Ю.С. Седунов был назначен Генеральным директором научно-производственного объединения “Планета”. Возглавляя эту организацию, Юрий Степанович внес значительный вклад в создание, развитие и эксплуатацию российских космических систем дистанционного зондирования Земли и атмосферы

Скончался 4 мая 1994 г.



СЕДУНОВ ЮРИЙ СТЕПАНОВИЧ (1935–1994)

С 1973 по 1975 г. возглавлял Институт экспериментальной метеорологии (ИЭМ) ГУГМС СССР. В 1975 г. был назначен первым заместителем начальника Гидрометеослужбы. С 1978 по 1992 г. – первый заместитель председателя Госкомгидромета СССР. Курировал вопросы активных воздействий на гидрометеорологические процессы. Участник ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Автор более 200 научных работ. За исследования в области активных воздействий он удостоен звания лауреата Государственной премии СССР.

Ю.С. Седунов родился 3 апреля 1935 г. в Вологодской области. В 1958 г. окончил Московский инженерно-физический институт по специальности “Теоретическая ядерная физика”. Научную деятельность начал с должности младшего научного сотрудника в Обнинском филиале Института прикладной геофизики, преобразованном в 1968 г. в Институт экспериментальной метеорологии (ИЭМ), где проработал 17 лет. В 1973 г. Юрий Степанович возглавил этот институт.

Работая в ИЭМ, Ю.С. Седунов занимался проблемами, связанными с микрофизическими процессами в облаках, активными воздействиями на облачные процессы, переносом интенсивного излучения через облачную среду, рас-

площадей, которые к середине 80-х годов ее границы почти совпадали с административными границами Молдавии. Вместе с Северо-Кавказской (Н.Г. Штульман) и Краснодарской (П.Е. Вавилов) ВСБГ Молдавская служба была школой передового опыта по внедрению новых средств и систем воздействия и контроля.

К середине 80-х годов площадь сельхоз культур, защищаемая от града, превысила 10 млн гектаров. Экономическая эффективность в подавлении града, с учетом стоимости спасенного от уничтожения градом урожая, по сравнению с ущербом до организации работ составляла 75–85 %. Общая численность работающих, занятых в противоградных работах, составляла тогда более 2,5 тысяч человек. Эти работы в целом поощрялись местными органами власти за их весьма ощутимую эффективность, инновационный характер и были всемерно поддержаны их вниманием.

Вспоминается, что около 24 апреля 1981 года в Грузии решили «на широкую ногу» отметить 25-летие, по существу, первой по времени создания у нас в стране Грузинской противоградской службы. На базе службы в Алазанской долине собрались представители из многих регионов, министерств и ведомств. Руководитель Госкомгидромета Ю.А. Израэль направил на это торжественно-праздничное мероприятие меня. С утра была научно-практическая конференция, где многие выступили как с презентациями своих достижений, так и с поздравлениями. От УАВ Госкомгидромета поздравить Грузинскую службу, ее бессменного и авторитетного начальника А.И. Карцивадзе довелось мне.

А погода была крайне неважная для праздника – низкая облачность при слабopоложительных температурах, пронизывающий ветер. Вместе с тем, по программе после конференции в честь 25-летия Службы

был анонсирован салют из 25 противоградных ракет (с йодистым серебром).

Я сказал А.И. Карцивадзе: «Амиран Ильич, погода плохая, облака лучше не трогать – как бы снега-дождя не вызвать». Он ответил, что «не бойся, москвич, – это у вас там, а здесь, мол, всё будет хорошо». Отзвучал салют из 25 ракет. Многочисленные гости расселись в черные «Волги» и гуськом по горной дороге потянулись к ближайшему и славному городу Телави, где в самом центре рядом со скульптурой грузинского царя Ираклия Второго, вручающего свой меч крестом российской императрице Екатерине Второй в честь вхождения Грузии под защиту Российской империи, в роскошном ресторане состоялся банкет, адекватный масштабам празднества. Однако через 10 минут, как тронулись из долины в город, начался такой сильный снежный ливень, что машины двигались крайне медленно, почти шагом, поэтому 20-минутная дорога

заняла больше часа. Однако цель была желанной и благой, добрались все, расселись. Банкет вел Г.Г. Сванидзе, директор ЗакНИГМИ Госкомгидромета (кстати, где 9 месяцев когда-то в начале прошлого века проработал наблюдателем И.В. Джугашвили). Гиви Геденович был академиком АН Грузии, большим авторитетом в республике и стране. Он умел и любил шутить. Открывая праздник, он сказал примерно так: «Сегодня большой день, праздник, и мы для этого ничего не пожалели. Столько-то, – сказал он, – стоит этот стол. Столько-то (примерно в 10 раз больше) стоят ракеты, выпущенные в качестве салюта. И примерно на 10 млн рублей (тогда рубль был крепким) нанесен ущерб от снежных заносов виноградникам в Алазанской долине», ну и дальше достойный событию тост. Все с удовольствием посмеялись на эти слова, похожие на правду, оценив искрометность юмора академика. И, закончив трапезу, разошлись.



ЗАХАРОВ ВЛАДИМИР МАТВЕЕВИЧ

В 1979 г. по предложению Ю.А. Израэля назначен начальником Управления контроля активных воздействий Госкомгидромета СССР. С 1985 г. – заместитель Председателя Госкомгидромета. В январе 1992 г. в связи с несогласием с политикой нового руководства Комитета был вынужден уйти из Гидрометеослужбы. Работал в Министерстве по сотрудничеству с государствами-участниками СНГ. В 1996–1998 гг. – в Совете Безопасности РФ. После выхода на пенсию работает в ЦАО и Институте глобального климата и экологии (ИГКЭ). Лауреат Государственной премии СССР, имеет правительственные награды СССР и Российской Федерации.

В.М. Захаров родился 29 июля 1938 г. в Москве. В 1961 г. закончил физический факультет МГУ (кафедра молекулярной физики) и два года работал инженером в НИИ-1 Комитета по авиационной технике. С 1966 г. перешёл в Центральную аэрологическую обсерваторию (ЦАО) в лабораторию перспективных разработок под руководством профессора Е.Г. Швидковского. С 1970 по сентябрь 1979 г. – заведующий отделом лазерных методов исследования атмосферы. В 1974 г. защитил докторскую диссертацию, с 1981 г. – профессор. Опубликовал свыше 150 научных работ и четыре монографии (в соавторстве),

посвященные использованию лазеров и лидаров для исследования атмосферы, климата и загрязнений окружающей среды. Следует отметить монографию «Лазеры и метеорология», написанную совместно с О.К. Костко в 1972 г. и посвященную первым в мире исследованиям по применению квантовых генераторов для изучения атмосферы. Являлся членом экспертного совета ВАК.

В.М. Захаров участвовал в работе Госкомиссии РСФСР по ликвидации последствий аварии в Чернобыле. Был членом ряда межведомственных комиссий: в том числе по запуску Советско-Американского проекта «Метеор-Томс» для исследования озонового слоя, по ликвидации ракет средней дальности, по приемке Рокского тоннеля и т.д. Принимал участие в работе Международной комиссии по сохранению озонового слоя, а затем в разработке Венской конвенции по защите озонового слоя и Монреальского протокола к ней. Руководил работами по Межправительственным соглашениям: с Республиками Вьетнам и Куба в области тропической метеорологии и исследовании ураганов, а также с Аргентиной, Болгарией, ГДР, Индией, Монголией и Сирией по метеорологии.

В.М. Захаров под руководством Ю.А. Израэля участвовал в работах по сохранению климата Земли, в том числе проведению ограниченных экспериментов в тропосфере с использованием летательных аппаратов.

На следующий день уже в Москве, дома, вечером по телевизору в телевизионной программе «Время» я обратил внимание на сообщение: «Необычное для этого времени года явление – в Алазанской долине на цветущие виноградники выпал снег. Ущерб составил свыше 10 млн рублей».

Вот так тогда умели шутить.

ЦАО и ГГО совместно с ВГИ творчески и, надо сказать, эффективно работали над созданием технических средств для АВ, в том числе наземных генераторов ядер кристаллизации для засева облачных систем, противорадовых ракет ПГИ, «Облако», «Алазань», приборов для микрофизических и других исследований облаков и осадков.



БЕДРИЦКИЙ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ

В 1992—1993 гг. — первый заместитель Председателя Комитета по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Министерства экологии и природных ресурсов РФ. С 1993 по 2009 г. — руководитель Росгидромета, одновременно с 2003 по 2011 г. был президентом Всемирной метеорологической организации (ВМО). Советник Президента Российской Федерации по вопросам изменения климата. Кандидат географических наук. Участник ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени, орденом Мужества, медалью «За трудовую доблесть», отмечен Благодарностью Президента РФ, лауреат Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Александр Иванович Бедрицкий родился в 1947 г. В 1975 г. окончил Ташкентский электротехнический институт связи. С 1980 по 1992 г. работал заместителем начальника Узбекского республиканского управления по гидрометеорологии. В 1992—1993 гг. — первый заместитель Председателя Комитета по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Министерства экологии и природных ресурсов РФ, а в 1993 г. возглавил Росгидромет. Ещё с 1978 г. он принимал активное участие в деятельности ВМО и других международных организаций и конференций, касающихся проблем окружающей среды, а также двусторонних и многосторонних соглашений. С мая 1993 г. он являлся постоянным представителем Российской Федерации при Всемирной метеорологической организации (ВМО). В 2003 г. Александр Бедрицкий был избран президентом ВМО. В 2007 г. был переизбран на второй четырехлетний срок. С 27 ноября 2009 г. — советник Президента Российской Федерации. С 25 января 2010 г. — специальный представитель Президента Российской Федерации по вопросам изменения климата.

Велись работы по повышению эффективности реагентов, в том числе в НПО «Тайфун». Для этих и других микрофизических исследований аэрозолей здесь был создан целый комплекс автоматизированных установок, об аналогах которых за рубежом и сегодня ничего не слышно.

Важным этапом дальнейшего развития науки и практики АВ на гидрометпроцессы стало создание к середине 70-х годов прошлого века эффективного исследовательского и оперативного инструмента для дистанционного обнаружения облаков и осадков в привязке к географическим координатам с хорошей точностью — метеорологического двухчастотного радиолокатора МРЛ-5. Этот локатор позволил проводить дистанционные измерения распределения по высотам плотности облаков, количества осадков из них, направления и скорости их перемещения на значительных (до 200 км) расстояниях от локатора. Локатор был создан Производственным объединением «Электромаш» (Горький) по техническому заданию, подготовленному ВНИИРА (Ленинград), ВГИ, ЦАО и другими. Создание МРЛ-5 позволило тогда существенным образом улучшить и расширить противорадовые работы в нашей стране, повысить их физическую и экономическую эффективность.

За разработку и внедрение в гидрометеорологическое обеспечение народного хозяйства методов и технических средств радиометеорологических наблюдений за облаками и опасными явлениями погоды целый ряд руководящих работников, учёных и специалистов были награждены Государственной премией СССР в области науки и техники, среди них М.Т. Абшаев — заведующий отделом ВГИ, В.Д. Степаненко — заместитель директора ГГО им. А.И. Воейкова, И.И. Бурцев — начальник управления Госкомгидромета, А.А. Черников — директор ЦАО, Г.Ф. Шевела — начальник отделения ВНИИРА и другие.

Пример эффективного развития в СССР работ по активным воздействиям на гидрометпроцессы в интересах различных отраслей экономики не остался незамеченным в развивающемся мире. Так, противорадовые работы стали эффективно осваивать у себя Аргентина, в западной своей провинции Мендоса, которая славилась виноградом и была существенно подвержена градобитиям, что делало нерентабельным все

производство винограда. Модераторами от нашей страны были ВГИ и Чебоксарский завод им. В.И. Чапаева, освоивший к тому времени промышленное производство противорадовых ракет.

В те годы научным руководителем большинства проектов по искусственному регулированию осадков у нас в стране и за рубежом был директор ЦАО, доктор физико-математических наук А.А. Черников — высокообразованный и по-хорошему активный руководитель, — он умел творческой, работающей идеей сплотить коллектив ученых и специалистов на достижение конечного результата. И эти результаты были достигнуты как в разработке научно обоснованных методов воздействия, так и в создании технических средств воздействия, в организации и обеспечении должной эффективности опытно-производственных работ.

Проектов по искусственному увеличению (регулированию) осадков было достаточно много. Значительная работа была тогда проделана учеными и специалистами ЦАО в засушливых районах Испании (провинция Вальядолид) в рамках международного проекта по увеличению осадков (ПУО). В восьмидесятые годы по просьбе Кубинского правительства на Кубе была создана совместная советско-кубинская лаборатория по искусственному увеличению осадков. Со стороны Госкомгидромета в работе лаборатории приняли участие специалисты ЦАО, ГГО, НПО «Тайфун», из технических средств были востребованы там советские метеорадиолокаторы, самолеты, оборудование под исследование микрофизики облаков, наземные генераторы ядер кристаллизации и др. Лаборатория просуществовала более пяти лет и вела исследовательские и экспериментально-производственные работы по увеличению осадков в засушливых регионах Кубы (в частности, провинция Камагуэй). Результаты этих работ имели хорошую эффективность в сельхозпроизводстве страны и высоко оценивались правительством Кубы. Вместе с тем, в 90-е годы в связи с финансовыми трудностями России и Кубы совместная деятельность была прекращена. Однако не было с тех пор ни одного визита высокопоставленных кубинских руководителей, когда бы ни ставился вопрос о возобновлении этой деятельности. Но в России на это денег уже не нашлось.

Другим методом приложения сил ЦАО в этом направлении стали работы по увеличению осадков в Сирии и Иране. В Сирийской Арабской Республике практически вся территория была оснащена радиолокаторами МРЛ-5 и оборудованы авиационными средствами воздействия четыре сирийских самолета. Эффективность работ была настолько высокой, что независимые эксперты из местных и зарубежных специалистов оценили стоимость 1 м³ воды, полученной из облаков в результате воздействий, в пределах 0,4 доллара США. Уйдя из Сирии, российские специалисты оставили объекты, оборудование, методики АВ сирийским властям. Была проведена большая работа по подготовке специалистов в области регулирования осадков из местных кадров. Система продолжала работать вплоть до обострения внутривосточной ситуации в стране и гражданской войны.

Работы в иранской провинции Язд были нацелены на наполнение водоемов в зимний период, когда для этого имеются облачные ресурсы дополнительных запасов воды. Работа проводилась в течение ряда лет достаточно эффективно и была передана в последующем подготовленным за это время иранским специалистам.

Ученые и специалисты из ГГО (Г.Г. Щукин и другие) провели большую работу во Вьетнаме по организации исследования облачных ресурсов с использованием советских метеорадиолокаторов МРЛ-5. Обученные за все эти годы вьетнамские специалисты до настоящего времени осуществляют на постоянной основе эти работы на поставленном в восьмидесятые годы оборудовании и по ещё советским методикам.

В середине 90-х в центральном аппарате Росгидромета по причине тяжелой экономической ситуации в стране и низкой заработной платы был настоящий голод на квалифицированные кадры. В этой связи переведённый тогда на должность начальника Отдела АВ Росгидромета из ГГО кандидат физико-математических наук В.Н. Стасенко, работавший там заведующим лабораторией, оказался как нельзя кстати. Он организационно и профессионально поддержал и продолжил работы по АВ в Службе. В будущем он возглавил и геофизическое направление работ в Росгидромете.

Дезинтеграция СССР и последовавшие за ней финансово-экономические проблемы привели к сильному сокращению научных исследований в сфере деятельности

по АВ, а также стагнации закупок и производства высокоэффективных, но дорогостоящих на ту пору технических средств АВ, таких как радиолокаторы МРЛ-5, пусковые установки противорадиолокационных ракет ТКБ-040 и других. В 3–4 раза сократились коллективы наших научно-исследовательских институтов. В сложном положении по материально-финансовому обеспечению оказались военизированные службы по борьбе с градом Росгидромета. Сохранить достаточное для поддержания работ по АВ финансирование в 90-е и последующие годы в условиях меняющихся в сфере финансово-экономических отношений между центром и субъектами Федерации было, мягко говоря, непросто. Ухудшилась подготовка кадров: с разрушением СССР ОГМИ отошёл к Украине, где эта специализация оказалась не востребованной; постепенно деградировала эта ветвь образования и в ЛГМИ – ныне Российском государственном гидрометеорологическом институте. Так что новый виток развития в стране этих работ должен быть связан и с возобновлением подготовки дипломированных специалистов по АВ.

Важным достижением 90-х, однако, стало то, что несмотря на усиленное давление

со всех сторон по сокращению вплоть до ликвидации науки, как непродуваемой силы, удалось всё-таки, хотя и в несколько урезанном виде, сохранить 17 научно-исследовательских институтов Росгидромета по основным направлениям деятельности. В то время, как мы знаем, тысячи НИУ других министерств и ведомств были ликвидированы со сладкой надеждой, что Запад, если что, нам поможет. И сегодня, когда на нас вполне ожидаемым образом наехали западные санкции, многие технологии оказались за рубежом, но все-таки у нас в России, в Росгидромете, центры компетенции по направлениям остались – это облегчает положение Службы в кризисное время и дает надежду на её рост и развитие.

Общее существенное сокращение финансовой деятельности Гидрометеослужбы России в 90-е годы было сильно урезано, что не могло не сказаться на её функционировании: существенно, на 10–30 %, сократилась наблюдательная сеть, это привело к некоторому ухудшению прогностической деятельности. И когда 29 июня 1998 года в Москву с юга нагрянул сильный шторм (до 25 м/с и более) с поваленными деревьями, рекламными щитами и искалеченными ими жителями и гостями столицы, мэрия Москвы



ДЯДЮЧЕНКО ВАЛЕРИЙ НИКОЛАЕВИЧ (1947–2016)

С 1980 по 1984 г. – заместитель начальника Управления применения активных воздействий в народном хозяйстве. С 1982 по 1988 г. – секретарь парткома Госкомгидромета СССР, с 1988 по 1993 г. – ректор Института повышения квалификации руководящих работников и специалистов Госкомгидромета СССР. С 1993 по 2013 г. – заместитель руководителя Росгидромета. С 2013 по 2016 г. – заместитель директора ФГБУ НИЦ «Планета». Кандидат технических наук. Награжден орденами и медалями Советского Союза и Российской Федерации, в том числе орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени. Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Дядюченко Валерий Николаевич родился в 1947 г. в Бердянске. В 1971 г. окончил Московское высшее техническое училище им. Баумана. В 1976 г. защитил диссертацию на соискание степени кандидата технических наук.

С 1980 г. начал работать в Госкомгидромете СССР в должности заместителя начальника Управления применения активных воздействий в народном хозяйстве. Был секретарем парткома Госкомгидромета СССР, ректором института повышения квалификации руководящих работников и специалистов Госкомгидромета СССР, где приложил значительные усилия для становления института и развития отраслевой системы образования в целом.

В 1993 г. В.Н. Дядюченко был назначен заместителем руководителя Росгидромета.

За годы работы В.Н. Дядюченко внес большой вклад в организацию исследований в области активных воздействий на гидрометеорологические процессы и явления, принимал участие в создании нормативной базы работы Военизированных служб по активным воздействиям, в совершенствовании их технической оснащенности за счет поставки новых метеорологических радиолокаторов, пусковых установок, современных систем связи. Осуществлял руководство метеозащитой Москвы и Санкт-Петербурга.

в лице Ю.М. Лужкова указала на Росгидромет, как на виновника всех бед. Ради справедливости укажем, что соответствующие предупреждения от Гидрометцентра все-таки были, но не везде они дошли до экстренных служб по разным причинам. Хотя правда и то, что и при полученных штормопредупреждениях ни рекламные щиты никто бы не демонтировал, ни деревья не спилил.

Раздражение в правительстве Москвы дошло до того, что велись разговоры о создании собственной независимой столичной Гидрометеослужбы, а Правительство России при этом затаило дыхание – в Москве финансовый маневр было тогда (как и сейчас) сделать легче, чем в целом в стране. Однако Москва хоть и большая, хоть и столица, но всё же точка на карте. А сделать уверенный прогноз в точке на сутки можно, если знаешь данные всех систем наблюдения за погодой, включая наземные, аэрологические, космические, радиолокационные на площади с расстоянием до 1,5 тысяч км от этой точки. В общем, создание независимой столичной Гидрометеослужбы при наличии Росгидромета стало бы затратным абсурдным делом. Мэр Москвы Ю.М. Лужков, в конце концов, это понял и после двух-трехнедельной паузы дал поручение своему первому заместителю Б.В. Никольскому урегулировать ситуацию с целью существенного улучшения обеспечения оптимальным образом москвичей и специальных служб города прогностической и штормовой информацией.

Борис Васильевич Никольский оказался на радость умным, профессионально крепким и организационно сильным начальником. Решено было создать Гидрометеобюро Москвы и Московской области в статусе совместного предприятия на базе отдела прогнозов по Москве и Московской области Гидрометцентра России, при этом средства на содержание Метеобюро выделяли Москва и Московская область, Росгидромет же обеспечивал полное информационное обеспечение созданной совместной структуры.

И Московское Гидрометеобюро во главе с А.А. Ляховым с тех пор достойно справлялось с задачей своевременного доведения оперативных прогнозов и штормопредупреждений до жителей, организаций и спецслужб Москвы и области и несомненно сыграло свою позитивную роль в повышении

эффективности использования прогнозов в регионе.

Кроме того, существование Московского Гидрометеобюро в последующие годы позволило привлечь финансовые средства Москвы для поддержания дорогостоящей системы метеорадиолокационных наблюдений Центрального кольца в составе МРЛ-5, расположенных в Крылатском (Москва), Калуге и Твери. Эти наблюдения являются важнейшим источником оперативной текущей информации о надвигающихся на Москву мощных стихийных явлениях: дождь, ледяной дождь, ливень, снег, буря, шквалы, с их координатами, масштабами, скоростью и направлением перемещения.

Наличие такой достаточно точной и оперативной информации о надвигающихся штормах внесло свой вклад в упорядочение деятельности коммунальных и других чрезвычайных служб города и области, помогло им чаще «во всеоружии» или близко к этому встретить погодные катаклизмы. Кроме того, эта система единого метеорадиолокационного поля в Московском регионе использовалась для организации и управления работами по улучшению погодных условий в Москве в праздничные дни.

Кстати, именно Б.В. Никольский от лица Мэрии высказал пожелание создать в Москве структуру для организации активных воздействий на гидрометпроцессы в регионе в целях улучшения погодных условий в Москве в дни проведения праздников и народных гуляний и выразил готовность правительства Москвы оказать финансовую поддержку этим работам. Это послужило толчком к созданию Росгидрометом АНО «Агентство атмосферных технологий» (Агентство АТТЕХ), директором этого Агентства был назначен В.П. Корнеев, который имел большой опыт организации и проведения работ по АВ как в Центральной аэрологической обсерватории, так и в центральном аппарате Госкомгидромета, где он возглавлял Отдел технических средств воздействия. И в том, что вот уже 17 лет Агентство АТТЕХ востребовано Москвой и другими регионами в деле сокращения осадков в период праздничных мероприятий, его услуга высока.

Вообще деятельность по улучшению погодных условий в период праздничных мероприятий у нас в стране – важный и очень

чувствительный, я бы сказал нервный, раздел нашей деятельности, поскольку результаты этой деятельности важны для политиков высокого и самого высокого ранга.... Было бы время и талант, то можно было бы написать об этом деле производственный бестселлер не хуже «Аэропорта» или «Отеля» Артура Хейли.

Поскольку значимость работ по АВ в праздничные дни весьма высока, правительство Москвы, нанимая Агентство АТТЕХ для их выполнения, фактически привлекало к этой работе Росгидромет, который нес ответственность за конечный результат. Мне, как куратору работ по АВ в руководстве Росгидромета, в наиболее ответственных случаях приходилось от зари до зари присутствовать на Пункте управления этими работами и выслушивать претензии высокопоставленных заказчиков (реже благодарности), а также участвовать в организации обеспечения этих работ информацией со всей наблюдательной сети – наземной, аэрологической, космической, метеорадиолокационной и, конечно, прогностической информацией. Нужны были данные о структуре и высоте облачности, температуре, направлению и скорости перемещения облаков и осадков, о тенденциях естественного развития облачности и др. Особое значение имеет выделение слоёв облачности с температурой от 0 до -10 °С, как наиболее эффективных в смысле реагирования на «засев» льдообразующими реагентами.

Именно такой комплект исходных данных нужен был руководителям работ (а ими в разное время были высококлассные, уникальные специалисты своего дела Г.П. Берюлёв и Б.П. Колосков) для принятия решения о месте, интенсивности и направлении воздействия на облачные системы со специально оснащенных самолетов для прекращения осадков или снижения их интенсивности на подступах к защищаемой от осадков территории.

География таких работ – это Москва, Санкт-Петербург, Челябинск, Ташкент, Алма-Ата, Пекин (открытие и закрытие Олимпиады) и другие. Тогда-то кстати и появился, благодаря творчеству Игоря Крутого и Ильи Резника, песенно-поэтический образ «Я тучи разведу руками», и это произведение стало настоящим хитом.

В целом за эти годы выполнено свыше 60-ти мероприятий по предотвращению осадков в праздничные дни. Из них 45 можно отнести к успешным по сравнению с прогнозом количества и интенсивности осадков. Практический опыт воздействия на облака с целью подавления осадков самолетным методом показал, что подавлению поддаются почти полностью осадки интенсивностью до 4–5 мм/ч. Если естественная интенсивность осадков из облаков выше, то речь может идти об уменьшении с помощью АВ их интенсивности в среднем в три раза. Это и есть критерий эффективности АВ. Однако обычно такой результат заказчиком воспринимается как неудача, поскольку при любых осадках проводить многолюдные мероприятия некомфортно.

Вспоминается накал страстей вокруг празднования 300-летия Санкт-Петербурга 31 мая 2003 года, когда на мероприятия празднования были приглашены многие лидеры зарубежных стран. А прогноз был крайне неважный по осадкам. Действительно утром метеорадиолокаторы показали, что вдоль Финского залива в сторону Санкт-Петербурга движется огромное поле дождящей облачности, и к 12 часам, когда планировались в центре северной столицы основные мероприятия, этот дождь должен был накрыть город. В распоряжении группы управления было до 10-ти переоборудованных под воздействия крупных самолетов. Нашим самолетам никто не мешал – Управление воздушного движения Северо-Запада предоставило им приоритет над другими полетами. Тем не менее, управление воздействием осуществлялось под надзором высокопоставленных представителей МЧС – это что-то вроде заградотряда. Работы осуществлялись как по переднему краю дождящей облачности, так и с боков. Визуально на экранах компьютеров было видно, как спереди и с боков вследствие АВ сокращается полосами дождящая облачность. Где-то в 2 часа дня, когда передний фронт дождя был на расстоянии уже примерно 50 км (при его скорости перемещения около 40 км/ч), поступила команда нашим самолетам покинуть на 40 мин зону полетов – взлетал самолет с убывающим президентом США Д. Бушем. За это время фронт приблизился к городу настолько, что возобновившие через 40 мин работу

самолеты воздействия едва успели предотвратить ливень в городе – дождь был остановлен на стрелке Васильевского острова и до конца дня не возобновлялся. Вышло солнце. У жителей и гостей города продолжалось хорошее праздничное настроение.

Другая, в чем-то схожая ситуация, была в Москве 9 мая 2005 года, когда страна отмечала 60-летний юбилей Дня Победы. Все было готово к параду на Красной площади. В 7 часов утра состоялось совещание в Кремле с участием мэра Москвы Ю.М. Лужкова, со стороны Росгидромета был я и директор Мосгидрометбюро А.А. Ляхов. В связи с дождливым прогнозом речь шла о предпринимаемых усилиях по недопущению осадков в центр Москвы во время парада и далее до конца дня. Нами была доложена ситуация, а прямо на экране компьютера была выведена картинка надвигающихся на Москву с юго-юго-востока (примерно от Коломны) двух дождящих облачных полей, одно за другим на расстоянии 50 км друг от друга. Группа управления воздействием Агентства АТТЕХ уже с 4-х часов утра обрабатывала эти облачные поля различными реагентами с целью снижения или прерывания осадков. Однако было видно, что передний край первого поля осадков уже вплотную приблизился к московской кольцевой дороге и входит на территорию Москвы, где полеты запрещены, и интенсивность осадков в нем после длительной обработки средствами АВ составляет 1–1,5 мм/ч. Конечно не ливень, но некомфортно.

Нам были сказаны самые убедительные слова по поводу движущегося к центру Москвы поля осадков и нашего, оказывается, полного непонимания высокой ответственности момента. Самолеты продолжали подавлять дождь на заднем краю облачности, находящейся за пределами МКАД. Нас выручило то, что оправдался данный нами в тот момент прогноз на основании измеренной скорости переноса облачности, что дождь на Красной площади из первого дождящего поля облаков закончится в 9.40, то есть за двадцать минут до парада, и что поэтому (это почему-то особо интересовало организаторов парада) Министр обороны может выезжать для принятия парада не в плаще, а в костюме.

Когда разъезжались с отвратительным настроением, не ожидая из Кремля ничего

хорошего, начинался мелкий противный дождь. После 9-ти утра к Красной площади по такой погоде потянулись лимузины с высокопоставленными гостями с флагами стран-гостей праздника. (А хорошая погода на параде в результате работ Росгидромета была анонсирована СМИ еще за несколько дней!) И, конечно, это время нам в центре управления активными воздействиями трудно было пережить, наблюдая за Красной площадью на экране телевизора... Однако в 9.40 утра дождь в центре столицы прекратился. Затем выглянуло солнце. Министр обороны С.Б. Иванов выехал из Спасской башни без плаща. На праздничных трибунах убрали зонтики. По телевизору было видно, как Президент России показал американскому Президенту на небо и, судя по артикуляции, сказал примерно, что у нас, мол, вот так. Парад начался. Следующее поле осадков, направлявшееся на Москву, в связи с наличием дополнительного времени было подавлено. И в этот день над Москвой было солнечно. Москвичи и гости столицы приняли участие в праздничных народных гуляниях.

Возвращаясь к противоградовым службам, следует сказать, что после дезинтеграции СССР, образования независимых республик и в результате последующих финансово-экономических программ во многих республиках эти службы были сокращены, законсервированы или ликвидированы. В Российской Федерации, тем не менее, противоградовые службы были сохранены, однако 90-е годы из-за сокращения финансирования пережили они очень трудно. Вместе с тем, совместными усилиями руководства Росгидромета, администраций субъектов Федерации, депутатов Госдумы России (М.Ч. Залиханова и А.Н. Чилингарова) финансирование по принципу примерно 50 % из Центра и 50 % от субъектов Федерации было сохранено. Что касается инвестиционных средств, в первую очередь на обновление морально устаревших радиолокаторов МРЛ-5 этих средств пока не выделяется, однако к 2010 году были проведены ремонт и некоторая модернизация этих важнейших для противоградовой работы инструментов, что позволяет им с напряжением, но в целом успешно справляться с задачами по обеспечению защиты сельхозугодий от градобитий в Северо-Кавказском регионе на общей площади около 2,5 млн га.

Сложности «добывания» средств на содержание и развитие системы АВ в 90-е годы заставили нас обратить внимание на необходимость обновления нормативно-правовой базы, регламентирующей эту деятельность. В принятом в 1998 году «Законе о Гидрометеослужбе» с последующими дополнениями впервые на территории нашей страны было законодательно закреплено определение активных воздействий как воздействий на метеорологические и другие геофизические процессы в целях их регулирования и уменьшения возможного вреда от данных процессов населению и экономике. Определены виды таких работ, проводящийся на территории Российской Федерации, – это защита сельскохозяйственных растений от градобития, регулирование осадков, рассеивание туманов и принудительный спуск снежных лавин.

Был введен также государственный надзор за проведением на всей территории Российской Федерации работ по активным воздействиям на метеорологические и другие геофизические процессы, с возложением этих функций на Росгидромет. С этого времени и по 2012 год на меня были возложены, кроме прочих, обязанности главного государственного инспектора Российской Федерации по надзору за работами по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. Введение государственного надзора за работами по активным воздействиям способствовало повышению эффективности и необходимой безопасности этих работ, отсеиванию с рынка этих услуг частных предпринимателей с методами воздействия, не прошедшими необходимой экспертной оценки на эффективность и безопасность.

Несмотря на финансово-экономические сложности тех лет, работы и технологии активных воздействий продолжали развиваться где-то даже лучше, чем иные научно-технические направления в других отраслях экономики. И естественной оценкой той деятельности стало награждение группы ученых и специалистов во главе с академиком РАНМ.Ч. Залихановым Премией Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2008 год. Среди лауреатов той премии – М.Т. Абшаев, В.П. Корнеев, Г.П. Берюлёв и другие.

К 2010 году нам удалось совместно с коллегами из Концерта «Алмаз-Антей» со-

здать новый отечественный доплеровский двухполяризационный метеорадиолокатор С-диапазона с компрессией импульса, с параметрами, соответствующими лучшим зарубежным образцам. При этом ДМРЛ-С был оснащен системой обработки и представления метеорадиолокационной информации в целом отечественного производства (Программа ГИМЕТ-2010). Ее разработчиками были ЦАО, ВГИ и ГГО и конкретно Г.Г. Щукин, А.В. Шаповалов, М.Т. Абшаев, Ю.В. Мельничук, И.С. Вылегжанин и некоторые другие ученые и практики этого дела.

К настоящему времени начался, по сути, необратимый, несмотря на сложности с финансированием, процесс создания единого метеорадиолокационного поля над территорией Российской Федерации для обнаружения и прогнозирования быстроразвивающихся опасных стихийных гидрометеорологических явлений. К настоящему времени установлено на позициях свыше 60 ДМРЛ-С из 140 запланированных, из них около 30-ти включены в систему оперативных наблюдений, их данные доступны Гидрометцентру России и всем центрам по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в регионах, а также сторонним потребителям через Интернет. В 2015 году программа доработана совместно ВГИ (М.Т. Абшаев) и Концерном «Алмаз-Антей» (И.С. Вылегжанин) для работы в системе градозащиты с переходом в 10-сантиметровый диапазон волн (ДМРЛ-10). Первый в мире доплеровский радиолокатор, способный управлять противоградовыми работами, установлен в г. Зеленокумске Ставропольского края. Будем надеяться, что этим метеорадиолокатором со временем будут оснащены все противоградовые службы России.

Совместно с коллегами из ГГО (В.С. Снегуров) и ВГИ (А.А. Аджиев) проведены работы по созданию первой очереди сети грозопеленгационных наблюдений над территорией нашей страны, данные которой используются для системы штормопреждения в регионах. Эти данные также используются и для прогноза градоопасности в Северо-Кавказском регионе, служат материалом для исследования зависимости градоопасности облака от его электрического состояния, а также в разработке метода подавления града воздействием на его электрические параметры (М.Н. Бейтуганов).

Был создан также специализированный самолет-лаборатория Як-42Д «Росгидромет» для геофизических и микрофизических исследований в атмосфере и проведения работ по АВ. Вызывает сожаление, что из-за трудностей с бюджетным финансированием этот, по сути, лучший в мире по своим инструментальным возможностям самолет не используется в должной мере.

Важным направлением дальнейших исследований в активных воздействиях на гидрометпроцессы остается поиск новых эффективных реагентов, создание новых технических средств, разработка трехмерной нестационарной численной модели конвективного облака, способной описывать процессы в облаке при АВ и далее управлять этими работами. В этой работе в настоящее время принимают участие ГГО (Ю.А. Довгалюк, А.А. Синькевич), ЦАО (Б.Г. Данелян), ВГИ (А.В. Шаповалов), НПО «Тайфун» (В.Н. Иванов) и другие.

Новой возможностью для прогнозистов становятся композитные карты на ГИС-технологиях (ЦАО - Ю.Б. Павлюков, НИЦ «Планета» - В.Н. Стасенко, ГГО - В. С. Снегуров, ВГИ - А. А. Аджиев и другие), которые включают в себя данные целого ряда новых подсистем наблюдения – космической, метеорадиолокационной, грозорегистрационной, аэрологической, наземной и других, что является крайне важным для разработки оперативных прогнозов и штормо-

предупреждений, используемых в том числе и для целей АВ.

Вместе с тем, на мой взгляд, мы находимся на максимуме доступной эффективности работ по АВ, которая в основе своей всё-таки зиждется на теоретических и экспериментальных исследованиях облачности, ее микрофизических свойств и реакции на АВ, проведенных в позднесоветские годы. Новые шаги в повышении эффективности работ нужно связывать с возобновлением и углублением этих серьезных исследований – их результаты укажут нам путь развития технических средств и других компонентов систем активных воздействий.

Заканчивая это моё краткое эссе, я хотел бы сказать, что, наверное, мне в жизни повезло. Я вошёл в немногочисленную, если не сказать редкую, группу людей – специалистов, ученых, организаторов работ по активным воздействиям на гидрометпроцессы, таких людей и у нас в стране, и в мире очень немного. В известном смысле они все друг друга знают. У них есть общая черта: высокий профессионализм в своём деле, нацеленность на успех, романтизм и любовь к выбранной профессии, связанной с небом, солнцем, облаками, погодой, самолётами, ракетами – со всем тем, что так характерно для Человека вообще как ценителя природы и, где-то, её покорителя.

И у этих людей, у их дела, как мне представляется, большое будущее.

В.В. Мартанов

ДВАДЦАТЬ ЛЕТ В УПРАВЛЕНИИ АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Более 20 лет я проработал в центральном аппарате Гидрометеослужбы и закончил государственную службу в должности заместителя начальника Управления геофизического мониторинга, активных воздействий и государственного надзора Росгидромета (УГМАВ).

В 1976 году после службы в Советской Армии я пришел на работу в Управление активных воздействий Главного управления по гидрометеорологии при Совете Министров СССР (УАВ ГУГМС) в отдел разработки технических средств воздействия на должность старшего инженера. Впоследствии ГУГМС при СМ СССР было переименовано в Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю окружаю-

щей среды – Госкомгидромет СССР, а УАВ – в Управление применения активных воздействий в народном хозяйстве.

Управление в то время возглавлял кандидат физико-математических наук И.И. Бурцев, который был не только прекрасным специалистом в области активных воздействий, но и хорошим организатором как самих работ в области активных воздействий, так и коллектива Управления. Его заместителем был кандидат физико-математических наук М.П. Власюк. В управление входило три отдела: отдел противогололедной защиты (начальник В.Г. Захаров), отдел искусственного увеличения осадков (начальник В.А. Нетесов) и отдел разработки средств воздействия (начальник М.Н. Епинатьев,



Сотрудники Управления активных воздействий ГУГМС в 1970-х годах.

Первый ряд (слева направо): С.В. Чикина, Л.Н. Чернышева, М.В. Бутузова, И.И. Бурцев, В.В. Филимонова, Т.В. Коновалова, С.А. Семина. *Второй ряд* (слева направо): А.Н. Рочев, В.А. Нетесов, М.Н. Епинатьев, А.Н. Пономарев, И.А. Еремеев, Э.А. Лесных, М.П. Власюк, Т. Семеновых. *Третий ряд* (слева направо): В.В. Мартанов, Ф.М. Гончаренко, Н.Б. Москалева



БУРЦЕВ ИВАН ИВАНОВИЧ
(1939–2005)

После окончания Кабардино-Балкарского государственного университета с 1962 г. Иван Иванович Бурцев работал в Высокотермическом геофизическом институте (ВГИ) в должности младшего научного сотрудника. После защиты кандидатской диссертации в 1967 г. был назначен заместителем директора ВГИ. С 1975 по 1996 г. – начальник Управления активных воздействий ГУГМС СССР (Госкомгидромета СССР). И.И. Бурцев внес большой вклад в развитие активных воздействий в СССР в разработку технологий и технических средств противорадовой защиты, искусственного регулирования осадков, рассеяния туманов, борьбы со снежными лавинами. Доктор физико-математических наук. Участник ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Автор многих научных работ и изобретений. Лауреат Государственной премии СССР.



ЗАХАРОВ ВЛАДИМИР ГЕОРГИЕВИЧ
(1940–1996)

С 1971 по 1977 г. Владимир Георгиевич Захаров работал начальником Краснодарской территориальной противорадовой экспедиции. В 1977 г. переведен в центральный аппарат Госкомгидромета СССР на должность заместителя начальника УАВ – начальника отдела противорадовых служб. В 1996 г. был назначен начальником Управления активных воздействий Госкомгидромета СССР.



ВЛАСЮК МИХАИЛ ПЕТРОВИЧ
(1936–2002)

С 1966 г. Михаил Петрович Власюк работал в Институте прикладной математики АН СССР. В 1974 г. защитил кандидатскую диссертацию. С 1975 г. работал в системе ГУГМС на должности заместителя начальника управления активных воздействий, с 1979 г. перевелся на работу заведующим лабораторией искусственных осадков отдела активных воздействий Центральной аэрологической обсерватории.

впоследствии отдел возглавляли В.Г. Волков и В.П. Корнеев). Численность управления составляла более 20 человек.

Задача нашего отдела состояла в организации разработок технических средств активного воздействия: средств противорадовой защиты, самолетных и наземных средств для искусственного увеличения осадков, средств борьбы с туманами, а также противорадиационных средств.

Я, в основном, занимался организацией разработок технических средств для искусственного увеличения осадков, как авиационных, так и наземных.

С целью реализации самолетного метода по техническим заданиям НИУ Госкомгидромета СССР на предприятиях Минавиатпрома СССР и Минрадиопрома СССР были изготовлены аппаратура и технические средства воздействия, которыми оборудовались специально выделенные под эти цели самолеты типа Ил-18, Ан-12, Ан-30, Як-40,

Ту-16, впоследствии названные самолетами-метеолaborаториями «Циклон». На этих самолетах сотрудники Центральной аэрологической обсерватории Госкомгидромета СССР проводили летные эксперименты по отработке методов искусственного вызывания осадков на метеополгонах Ставрополя и Пензы. В свою очередь, специалисты Украинского НИИ Госкомгидромета СССР проводили аналогичные работы на полигоне под г. Днепропетровск. Эти эксперименты подтвердили научные выводы о том, что самолетным способом воздействия можно увеличивать сезонные осадки в среднем до 30 %.

С целью исследования возможностей искусственного увеличения осадков в бассейне озера Севан Госкомгидрометом СССР совместно с Армянской Академией наук была создана полевая экспериментальная база «ПЭБ Севан», на которой специалисты Центральной аэрологической обсерватории и Института прикладной геофизики проводили



ЕПИНАТЬЕВ МИХАИЛ НИКОЛАЕВИЧ,
начальник отдела разработки средств воздействия УАВ в 1976–1979 гг.



ВОЛКОВ ВЛАДИМИР ГЕОРГИЕВИЧ,
начальник отдела разработки средств воздействия УАВ в 1979–1985 гг.,
кандидат технических наук



КОРНЕЕВ ВИКТОР ПЕТРОВИЧ,
начальник отдела технических средств
воздействия УАВ в 1985–1989 гг.



НЕТЕСОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ,
начальник отдела искусственного
увеличения осадков УАВ



ПОНОМАРЕВ АНАТОЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ
(1924 – дата смерти неизвестна)

В 1957 г. окончил Военную артиллерийскую инженерную академию им. Ф.Э. Дзержинского. После окончания Академии проходил военную службу в различных частях Советской Армии, полковник-инженер. С 1975 по 1989 г. работал ведущим инженером в отделе разработок средств воздействия УАВ. За разработку и организацию производства средств активного воздействия ему в составе группы авторов присуждена Премия Совета Министров СССР за 1985 г. в области науки и техники.



МИХЕЕВ МИХАИЛ ДЕМЬЯНОВИЧ
(1922–2007)

С 1943 г. Михаил Демьянович Михеев проходил военную службу в частях Авиации Военно-Морского Флота. В 1954 г. закончил Военно-воздушную академию им. Жуковского, ветеран Великой Отечественной войны, полковник-инженер. В центральном аппарате Росгидромета работал с 1978 по 1998 г. на должности ведущего инженера, а затем заместителя начальника отдела противорадовых служб УАВ. С 1998 по 2007 г. работал в АНО «Агентство атмосферных технологий» в должности главного специалиста. Награжден многими боевыми трудовыми наградами СССР.



МОСКАЛЕВА НАДЕЖДА БОРИСОВНА
(1945–2013)

В 1962 г. Надежда Борисовна Москалева окончила Московский гидрометтехникум (г. Кучино Московской области) по специальности метеоролог. По окончании поступила на работу в отдел противорадовых служб Управления активных воздействий ГУГМС при СМ СССР на должность инженера. В 2007 г. была назначена заместителем начальника отдела активных воздействий УГМАВ Росгидромета.

исследования в области искусственного воздействия на облака с помощью комплекса наземных генераторов с дистанционной системой управления «Букет».

На этой же базе, на горной возвышенности, была установлена система «Суперметеотрон», автором которой являлся академик Е.К. Федоров. Установка представляла собой шесть турбореактивных двигателей РД 3М-500, соединенных в общую форсажную камеру. Смысл работы этой установки заключался в том, что при создании мощного потока тёплого влажного воздуха, направленного вертикально вверх, должна создаваться область пониженного давления и возникать условия для формирования осадков.

Летом 1980 года проводились приемочные испытания опытного образца установки «Суперметеотрон». Я был включен в состав приемочной комиссии. Для запуска авиадвигателей был приглашен специалист Армянского РПО Гражданской авиации. После

запуска третьего двигателя началась сильная вибрация каменного массива, на котором был установлен «Суперметеотрон», в результате чего из соображений безопасности, испытания были остановлены. В дальнейшем, по ряду причин, испытания установки «Суперметеотрон» больше не проводились.

Особо хочется упомянуть моего старшего коллегу, прекрасного специалиста Анатолия Николаевича Пономарева, который буквально с первых дней стал моим наставником и делился со мной своим богатым опытом чиновничьей работы.

Также хочется упомянуть специалистов отдела противорадовой защиты: М.Д. Михеева, Н.Б. Москалеву, В.В. Филимонову, Я.А. Гневушеву, которые буквально опекали противорадовые службы в части своевременного и полного финансирования противорадовых работ, снабжения служб радиолокаторами, противорадовыми установками и изделиями.

Впоследствии, в связи с распадом СССР, Госкомгидромет СССР был реорганизован в Федеральную службу по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Наше управление было сокращено до отдела активных воздействий, включающего вместе с начальником 4 человека.

В конце 2005 года в структуре центрального аппарата Росгидромета было создано Управление геофизического мониторинга, активных воздействий и государственного надзора (УГМАВ), начальником которого стал доктор физико-математических наук Стасенко В.Н., а я был назначен его заместителем.



СТАСЕНКО ВАЛЕРИЙ НИКИФОРОВИЧ

С 1985 по 1996 г. Валерий Никифорович Стасенко работал в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова в должности заведующего лабораторией. С 1996 по 2012 г. – в Центральном аппарате Росгидромета начальником отдела АВ, затем начальником Управления геофизического мониторинга, активных воздействий и государственного надзора. В настоящее время работает заместителем директора Научно-исследовательского центра космической гидрометеорологии «Планета». В.Н. Стасенко – доктор физико-математических наук, автор более 90 научных публикаций, награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством 2-й степени», орденом Дружбы, нагрудным знаком «Почетный работник Гидрометеослужбы России», наградами Федерации Космонавтики России. Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

В.Н. Стасенко родился в г. Горловка Донецкой области 5 мая 1947 г. В 1971 г. окончил Ленинградский электротехнический институт. После службы в Советской Армии, с 1973 по 1985 г., работал в Ленинградском гидрометеорологическом институте (кафедра космических и авиационных методов исследования атмосферы). В 1985 г. ему присуждена ученая степень кандидата технических наук, и он был переведен в Главную геофизическую обсерваторию им. А. И. Воейкова (впоследствии в Научно-исследовательский центр дистанционного зондирования атмосферы ГГО), где в должности заведующего лабораторией радиотехнического контроля активных воздействий (АВ) занимался организацией и проведением экспериментальных исследований. В 1996 г. В.Н. Стасенко переведен на работу в Центральный аппарат Росгидромета, где работал в должностях начальника отдела АВ и начальника Управления геофизического мониторинга, активных воздействий и государственного надзора. В качестве эксперта по дис-

танционным методам зондирования облачной атмосферы В.Н. Стасенко более 15 лет представлял Росгидромет во Всемирной метеорологической организации (рабочей группе по физике облаков и АВ). С 2004 г. осуществлял организацию и координацию работ Росгидромета по созданию оперативной системы мониторинга геофизической обстановки над территорией РФ с использованием космических аппаратов. С 2012 г. работает заместителем директора Научно-исследовательского центра космической гидрометеорологии «Планета» и непосредственно участвует в создании и внедрении в практику систем обработки и использования данных оперативных и экспериментальных спутников гидрометеорологического назначения. Под его руководством разрабатываются технологии интегрирования данных космического и наземного мониторинга опасных явлений погоды (грозы, град, осадки и др.).



Сотрудники Управления геофизического мониторинга, активных воздействий и государственного надзора Росгидромета (май 2012 г.). *Первый ряд* (слева направо): М.В. Костюкова, В.Н. Стасенко, В.В. Герасенкова, Д.Б. Лемехов. *Второй ряд* (слева направо): И.Ю. Аракелова, Н.Б. Москалева, А.И. Чесноков. *Третий ряд* (слева направо): Н.А. Комиссарова, Ю.В. Корнилов, Д.В. Елсукова, В.В. Марганов



МАРТАНОВ ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

Василий Васильевич Мартанов родился в 1949 году. В 1972 г. окончил Киевское высшее инженерно-авиационное военное училище ВВС. В 1976 г. поступил на работу старшим инженером отдела разработок средств воздействия УАВГУГМС. С 2005 по 2014 г. работал заместителем начальника управления геофизического мониторинга, активных воздействий и государственного надзора Росгидромета.

В настоящее время работает в АНО «Агентство атмосферных технологий» в должности заместителя директора. Принимал участие в проведении оперативных работ по метеозащите Москвы, Ташкента, Санкт-Петербурга, Астаны, в работах по ИУО в Республике Саха (Якутия).



МАЛКАРОВА АМИНАТ МАГОМЕТОВНА

Аминат Магометовна Малкарова родилась в 1972 году. В 1994 г. окончила физико-математический факультет Кабардино-Балкарского государственного университета и была направлена на работу в ВГИ, где работала инженером, научным сотрудником, старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией. Ею разработаны методы оценки физической и экономической эффективности противорадовых работ, экспресс оценки предотвращенного ущерба, экологической чистоты ракетного метода борьбы с градом. Проведена статистическая оценка эффективности противорадовой защиты в Российской Федерации и странах, где применяется российская технология. А.М. Малкарова – доктор физико-математических наук, доцент, Лауреат Международной премии за выдающиеся достижения в области модификации погоды и Премии Росгидромета имени академика Е.К. Федорова. Автор более 90 научных статей, 5 монографий, 2 патентов РФ. С 2012 г. по настоящее время работает в Росгидромете начальником Отдела активных воздействий и государственного надзора Управления специальных и научных программ. Награждена почетными грамотами Росгидромета и ВГИ, занесена на Доску почета Минприроды России.

Благодаря Федеральной целевой программе по геофизике, подготовленной и выпущенной с помощью УГМАВ, стало возможным оснащение наших организаций техническими и программными средствами мирового класса. Для обнаружения быстроразвивающихся опасных явлений погоды создан первый отечественный доплеровский метеорадиолокатор (ДМРЛ-С). Он разработан и создан совместными усилиями НИУ Росгидромета, прежде всего ЦАО, ВГИ и ГГО, а также Концерном «Алмаз-Антей». Формируется доступное для потребителей единое метеорадиолокационное поле с режимом 10-минутного обновления информации. Модификация этого радара – ДМРЛ-S – сможет в перспективе заменить устаревшие МРЛ-5 в противорадовых службах страны. Создан уникальный по своим возможностям самолет лаборатория на базе самолет Як-42Д, оснащенный самыми современными техническими средствами.

Начиная с 2014 года этот самолет участвует в работах по созданию благоприятных погодных условий в Москве во время проведения праздников и торжественных мероприятий.

В 2012 году по возрасту В.Н. Стасенко ушел из Росгидромета и стал заместителем директора Научно-исследовательского центра космической гидрометеорологии «Планета». В 2014 году закончилась и моя работа в центральном аппарате, и я вернулся в АНО «Агентство атмосферных технологий», где сейчас и тружусь. Наше Управление теперь называется Управлением специальных научных программ. Начальником Управления назначен заместитель директора ИПГ С.В. Тасенко, а начальником отдела активных воздействий и государственного надзора – дочь М.Т. Абшаева А.М. Малкарова. Жизнь продолжается....

АКТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СРЕДСТВА ИХ КОНТРОЛЯ

Человек с давних времен боролся с опасными последствиями гидрометеорологических процессов. Ещё в Древнем Египте люди строили плотины и дамбы от наводнений, прокладывали каналы для орошения полей, страдающих от засухи, строили заграждения от крупных морских волн, предохраняли виноградники от града, натягивая над ними сетки и т.д. Такая пассивная борьба со стихией продолжается и сейчас во всем мире.

Но не всегда такие технические мероприятия приносят успех в борьбе со стихией. Если дамба в Финском заливе предохраняет город на Неве от крупных наводнений, то в Новом Орлеане, «благодаря усилиям» урагана «Катрина», дамбу прорвало из-за плохого ее состояния. Надо сказать, что не только Соединенные Штаты подвержены воздействию тропических циклонов (ТЦ). От них в той или иной мере страдают и другие страны Карибского бассейна, а также Япония, страны Юго-Восточной Азии и отчасти восток России. Но вернемся к тропическим циклонам чуть ниже, а сейчас немного истории.

Уже в средние века человек стал задумываться, как можно бороться не с опасными стихийными бедствиями, а с гидрометеорологическими процессами, которые вызывают эти бедствия, то есть активно вмешиваться в эти процессы (активно воздействовать на них). В XVIII веке люди пытались бороться с градом с помощью стрельбы из пушек по градоносным облакам или разгонять их с помощью колокольного звона. В начале прошлого века, после нескольких международных научных конференций по борьбе с градом, правительства Франции, Италии, Австрии, надеясь на успех, ассигновали большие средства для проведения воздействий на градовые облака с помощью пушек. Но они оказались неудачными.

В 1931 году голландский профессор Фераат впервые сумел вызвать искусственный дождь, сбросив с самолета в переохлажден-

ное облако размельченную твердую углекислоту. Но результаты его работ были неоднозначны и не получили поддержки. Однако сама идея управлять погодой не была оставлена.

В 30-х годах прошлого века теория управления атмосферными процессами получила большое развитие в ряде стран, в том числе и в Советском Союзе. В то напряженное предвоенное время Советское государство пошло на значительные затраты, создав Ленинградский Институт экспериментальной метеорологии, основной задачей которого было искусственное получение осадков для борьбы с засухой.

Вторая мировая война приостановила работы по активному воздействию на атмосферные процессы во всех странах. Все внимание было сосредоточено на прогнозах погоды, необходимых для обеспечения военных операций. Но сразу после окончания войны проблема воздействия на атмосферные процессы стала одной из важнейших в физике атмосферы.

В конце 40-х и начале 50-х годов были найдены новые эффективные средства кристаллизации облаков. В это время в СССР, Австралии и других странах были проведены опыты, которые надежно подтвердили возможность искусственно вызывать осадки из переохлажденных облаков. Стало казаться, что управление осадками уже в руках человека. В 1954 году группа экспертов Всемирной метеорологической организации, подводя итоги этого периода, указала на безусловную достоверность искусственного вызывания осадков из переохлажденных облаков.

Успехи воздействия привлекли к себе внимание и недоброжелателей нашей страны. В арсенале средств «холодной войны» появился новый термин «метеорологическая война». Так, еще в 1953 году в Бюллетене американского метеорологического общества было опубликовано выступление некоего Гугснгейма о возможностях, используя

географическое положение СССР, искусственно создать засуху на его территории или, наоборот, залить его дождями, не рискуя получить в ответ что-либо подобное. На рубеже 50-х и 60-х годов прошлого века термин «метеорологическая война» временно исчез с горизонта. Но к концу 60-х годов появились новые, более совершенные методы, реагенты и технические средства воздействия на процессы развития облаков, особенно тропических, и вызывания из них ливневых осадков. Соединенные Штаты незамедлительно использовали эту возможность для вызывания ливневых дождей во время войны во Вьетнаме в семидесятые годы.

В нашей стране в 60-е – 80-е годы интенсивно развивались исследования по активным воздействиям на гидрометеорологические и другие геофизические процессы. С целью координации и развития этих

работ в Госкомгидромете СССР в 1979 году было образовано Управление контроля активных воздействий. Возглавил его доктор физико-математических наук В.М. Захаров, до этого руководивший отделом в ЦАО. В Управлении многие годы работали как сотрудники Комитета, переведенные из его других управлений (А.А. Рочев, В.Л. Ферберов, С.В. Чикина), так и специалисты, пришедшие из организаций Гидрометеослужбы и других ведомств (Н.А. Блинков, И.В. Мазуров, Н.Н. Петров, Л.М. Славина, Т.Е. Швидковская, Г.Е. Шуляковский).

Несколькими Постановлениями ЦК КПСС и Совета Министров СССР были определены задачи и направление работ, выделены средства на проведение НИОКР. В основном они имели двойное назначение – как в интересах обороны, так и для народного хозяйства страны. Разрабатывались



ШУЛЯКОВСКИЙ ГЕНРИХ ЕФИМОВИЧ

Генрих Ефимович Шуляковский родился 24 августа 1940 года в Ленинграде. В 1962 г. окончил физический факультет Воронежского Госуниверситета и был распределен в Центральную аэрологическую обсерваторию, где и проработал до октября 1979 г. С 1962 по 1970 г. принимал активное участие в разработке и опытной эксплуатации бортового научного комплекса первого советского метеорологического ИСЗ «Метеор», а также в оборудовании первого в Гидрометеослужбе самолета – метеорологической лаборатории Ил-18Д «Циклон». Занимался исследованиями в области инфракрасной радиометрии. С 1970 г. работал в должности заведующего группой Отдела лазерных методов исследования атмосферы. Руководил проведением комплекса экспедиционных наземных и самолетных исследований по распространению лазерного излучения в атмосфере. В 1979 г. назначен ведущим инженером Управления контроля активных воздействий Госкомгидромета. С 1986 по январь 1992 г. – ведущий специалист, начальник отдела Главного управления активных воздействий, их контроля и специальных задач (ГУАВК). С 1992 по 1996 г. – главный специалист отдела по гидрометеобеспечению в чрезвычайных ситуациях Управления гидрометеорологического обеспечения (УГМО) Росгидромета. Награжден медалью «За трудовую доблесть». С 1997 г. – пенсионер.

и практиковались методы раскрытия от туманов и низкой облачности аэродромов, палуб авианосных кораблей, акваторий портов, морских нефтегазодобывающих платформ. Изучалась возможность противодействия электронным и оптическим средствам слежения вероятного противника: наземным, корабельным, авиационным и спутниковым. Рассматривались также вопросы улучшения прохождения радиоволн, предупредительного и целенаправленного спуска снежных лавин, вскрытия ледового покрова и т.д. Предусматривалось создание новых типов противорадиолокационных ракет, метеорадиолокаторов, оборудование метеополлигонов, а также выделялись и переоборудовались самолеты для проведения работ в этих целях. Создавались военизированные службы для борьбы с градом, лавинами и с целью вызывания осадков в засушливых районах страны. Одновременно создавалась система контроля за гидрометеорологическими и другими геофизическими процессами, как локальными, так и крупномасштабными, естественными и искусственными, в том числе цунами, землетрясениями и другими.

Этими же Постановлениями было обеспечено строительство лабораторных корпусов и жилых домов для сотрудников Гидрометеослужбы в различных городах страны, от Европейской части до Дальнего Востока и Крайнего Севера, в том числе в Москве и Ленинграде, Нальчике, Южно-Сахалинске, Обнинске и Долгопрудном. Главным ведомством был определен Государственный Комитет СССР по гидрометеорологии и контролю окружающей среды.

Учитывая важность проводимых работ в интересах народного хозяйства и обороны страны, была создана Межведомственная комиссия во главе с Председателем Госкомгидромета СССР академиком Ю.А. Израэлем. Для координации работ была введена должность заместителя Председателя Госкомгидромета СССР. Управление контроля активных воздействий в 1986 году было преобразовано в Главное управление активных воздействий, их контроля и специальных задач (ГУАВК). Начальником управления был назначен Н.Н. Петров. В ГУАВК были включены Управление применения активных воздействий в народном хозяйстве (начальник – И.И. Бурцев, заместитель – В.Г. Захаров) и Отдел прикладной гидрометеорологии и

геофизики (В.В. Денисов, Н.А. Рощин). Головной организацией по проблеме было определено НПО «Тайфун» (Генеральный директор В.П. Тесленко), созданное на базе ИЭМ. К работам привлекались ААНИИ, ВГИ, ГГО, ДВНИГМИ, ИПГ, ИГКЭ, ЦАО и другие организации Госкомгидромета, а также организации Академии наук СССР и ряда промышленных министерств и ведомств. Многие методы и средства активных воздействий успешно использовались и используются сейчас в народном хозяйстве, некоторые были приняты на вооружение Советской Армии.

Ряд аэродромов систематически раскрылся от переохлажденных туманов и низких облаков. Противорадиолокационную защиту, которая в основном была успешной, получили громадные территории. Регулярно проводились работы по дополнительному вызыванию осадков над районами, где засуха могла погубить урожай. Особенно надо отметить проведенные воздействия на облачные системы за пределами 30-километровой зоны от Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) в течение шести месяцев после аварии. Это предотвратило выпадение осадков и, следовательно, смыл радионуклидов в бассейн рек Припяти и Днепра. В тоже время, учитывая метеопрогноз в районе ЧАЭС и просьбу руководства Ставропольского края, один самолет-метеолaborатория периодически работал в этот период в Ставрополе с целью увеличения осадков. По отзывам местных хлеборобов это позволило увеличить урожай с 21–22 центнеров с гектара по прогнозам до 26–27 центнеров.

Активно развивались методы и средства борьбы с лавинами, как наземные – пушки, специальные ружья, детонационные шнуры, так и самолетные, и вертолетные. Они использовались для защиты горнолыжных курортов (Домбай, Терскол и другие) и горных перевалов, в частности, Рокского перевала.

Все перечисленное стало в восьмидесятые годы уже реальностью, стоящей на прочной научной основе, что исключало возможность скомпрометировать идею активных воздействий на гидрометеорологические процессы.

Правительством СССР была дана высокая оценка результатов применения в народном хозяйстве и для обороны страны разработанных методов и средств. Академики

АН СССР М.Ч. Залиханов, К.Н. Шамшев и начальник Научно-технического Управления инженерных войск Минобороны генерал-майор В.В. Келпш были удостоены звания Героя Социалистического Труда. Около 35 человек стали Лауреатами Государственных премий СССР, в том числе член-корреспондент АН СССР В.В. Богородский, профессор, доктор наук Ю.С. Седунов, профессор, доктор наук О.А. Волковицкий, профессор, доктор наук В.М. Захаров, Ю.С. Серегин, Н.К. Рогов, В.Р. Болов, И.И. Кулаков, Н.К. Петров и другие. Свыше 40 человек, в том числе полковники Е.М. Шклярчук и Е.Н. Кашицин (ныне генерал-лейтенант), майор С.И. Григоров (ныне генерал-полковник, Герой России), Н.Н. Петров, В.П. Трипольников, В.П. Гаврило получили правительственные награды. Премию Ленинского Комсомола получил ряд молодых ученых, в том числе В.Н. Иванов.

В это же время интенсивно развивалось международное сотрудничество по использованию разработанных в нашей стране методов и средств: по борьбе с градом – с Аргентиной и Болгарией, по вызыванию дополнительных осадков – с Кубой, Монголией, Сирией и по их предотвращению – с Вьетнамом.

Работы по активным воздействиям на крупномасштабные гидрометеорологические процессы, к которым относятся и тропические циклоны (тайфуны, ураганы), а также на климат, могли проводить только экономически мощные и технически развитые страны – СССР и США. Еще с 60-х годов в США интенсивно развивались проекты работ по изменению климата, по возможности создания искусственных цунами и землетрясений, а также по активному воздействию на тропические циклоны с целью их разрушения или изменения их траекторий. По расчетам американских ученых, которые рассматривали движение тропического урагана как движение волчка, достаточно разрушить часть облачности в каком-либо секторе. Это нарушит его энергетический баланс и приведет к изменению траектории движения. Однако проведенные ими в начале 80-х годов по проекту «Штормфюри» эксперименты не подтвердили, хотя и не опровергли эти предположения.

В нашей стране теоретические исследования процессов в тропической зоне и

тропических циклонов (ТЦ) проводились начиная с 60-х годов. Интерес к этой проблеме был связан как с изучением общей циркуляции атмосферы, развитием методов прогноза погоды, так и с обеспечением безопасности Дальнего Востока страны, подверженного воздействию ТЦ. Первые схемы прогноза перемещения ТЦ были разработаны в Гидрометцентре СССР И.Г. Ситниковым. Экспедиции советских ученых ТРОПЭКС-72 и ТРОПЭКС-74 явились мощным стимулом развития работ в этом направлении. Под руководством В.Н. Иванова были проведены судовые экспедиции «Тайфун-75» и «Тайфун-78». Важным этапом, позволившим значительно расширить возможности изучения ТЦ и проводить их на регулярной основе, явилось заключение межправительственных соглашений с Кубой и Вьетнамом о научно-техническом сотрудничестве в области тропической метеорологии и исследования ураганов, и создание совместных советско-кубинской (1979 г.) и советско-вьетнамской (1982 г.) лабораторий. Эти лаборатории были оснащены современными приборами и оборудованием, обеспечивающими возможность заранее обнаруживать и исследовать ТЦ, прогнозировать траектории их движения: метеорологическими радиолокаторами, станциями приема спутниковой информации, системами радиозондирования атмосферы, вычислительной техникой. В Карибском и Южно-Китайском морях проводились совместные корабельные экспедиции по изучению условий зарождения ТЦ. С 1983 года на Кубе и во Вьетнаме было проведено шесть совместных авиационных экспедиций с использованием самолетов-метеолaborаторий Ил-18Д и Ан-12Д. Задачами их было исследование структуры ТЦ, в том числе и его «глаза», нахождение тех «болевых точек», действуя на которые можно было бы предотвращать развитие, уменьшать мощность, разрушать или изменять траекторию циклона. Были получены новые результаты, в том числе и по структуре ТЦ, что дало возможность приступить к моделированию различных методов воздействий. Результаты исследований, выполненных в совместных лабораториях, отражены в многочисленных публикациях и регулярно обсуждались на международных симпозиумах по тропической метеорологии.



Во время визита первого вице-президента АН Кубы Наэля Толедо.
Слева направо: Н.Н. Петров, А.А. Черников, В.М. Захаров, крайний справа – А.Ф. Нерушев

В это же время в СССР проводились теоретические работы, связанные с изучением возможности влияния на циклоны умеренных широт, а следовательно, на погоду в данном регионе. Проведенные расчеты показали принципиальную возможность таких влияний. Рассматривались также различные методы возможного влияния на климат Земли.

В американской прессе после урагана «Катрина» в августе 2005 года появились громкие обвинения в адрес нашей страны. Якобы этот ураган, уничтоживший Новый Орлеан, – дело рук российских военных специалистов. При этом метеоролог Скотт Стивенс и другие утверждают, что российские ученые еще во времена холодной войны разработали секретные установки, способные оказывать пагубное влияние на погоду. Здесь необходимо отметить, что никаких экспериментальных работ по модификации крупномасштабных атмосферных или тектонических процессов или климата ни в СССР, ни в России не проводилось.

К сожалению, начиная с 90-х годов, работы по активным воздействиям и созданию системы их контроля перестали финансироваться и были свернуты. Как следствие, нет притока молодых талантливых ученых – «школа активных воздействий» закрывается. Хотя и сейчас население может наблюдать, что в праздничные дни или по каким-то особым случаям, «активщики» предотвращают осадки над нужным районом.

В последнее время решениями Правительства России и по инициативе отдельных ведомств работы по некоторым направлениям активных воздействий и их контролю начинают возрождаться в организациях Российской Академии Наук, Росгидромета, МЧС и ряде других организаций, но эти процессы идут с большими трудностями из-за недостатка финансирования и потери кадров.

Важным обстоятельством, стимулирующим необходимость поисков путей управления погодой, является также хозяйственная деятельность человека: вырубка лесных массивов, создание больших искусственных водоемов, промышленные выбросы в атмосферу и т. д., влияющая на ход атмосферных процессов и, возможно, на климат Земли. Искусственная трансформация свойств атмосферы непрерывно нарастает, и это заставляет уже сейчас думать как о неизбежных

последствиях, так и о контрмерах, ибо возможности человека и окружающего его животного и растительного мира приспособиться к новым условиям ограничены.

Наука об управлении погодой, в целом, пока еще относительно молодая, поскольку, безусловно, не все основные идеи управления еще известны, и нет достаточно прочной физико-математической основы, на которой можно было бы строить обоснованный прогноз экономических или иных последствий их реализации. Управление погодой требует точнейшего анализа состояния атмосферы и возможной его эволюции, а также тщательного выбора средств и способов воздействия. В ряде случаев незначительный просчет не только может свести на нет само воздействие, но и вызвать нежелательный эффект либо непосредственно в районе опыта, либо в другом районе планеты. В этой связи уместно вспомнить слова академика Е.К. Федорова о том, что «глобальный характер явлений погоды и основных черт климата менее всего подходит для единичного вмешательства в их состоянии».

Атмосферные процессы тесно связаны между собой в единую цепь, в которой имеют место прямые и обратные, положительные и отрицательные связи. При этом в некоторых ситуациях, в определенных звеньях этой цепи, создаются условия для неустойчивого равновесия. Связь между звеньями оказывается такой, что вмешательство в одно из них, зачастую энергетически малозначимое, может повлечь за собой изменения в других звеньях, гораздо более значимые, а иногда и поистине катастрофические. Иными словами, в природе существуют некоторые каналы управления, умело используя которые, иногда можно при незначительных затратах энергии привести в действие атмосферную машину колоссальной мощности. Здесь имеется прямая аналогия с атомной энергетикой, притом энергетический выигрыш, если говорить о порядках величин, в обоих случаях примерно одинаков. Поэтому ещё в 70-х годах на повестку дня встал вопрос о необходимости включить активные воздействия на гидрометеорологические и другие геофизические процессы в список запрещенных для военных или иных враждебных целей и подлежащих международному контролю, наряду с ядерной энергией.

По предложению академика Е.К. Федорова, Советский Союз вышел с инициативой по разработке и подписанию международной конвенции по этому вопросу. Такой документ («Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду») был разработан СССР и США, подписан рядом стран и вступил в силу 5 октября 1978 года.

В настоящее время можно, используя теорию и модельные лабораторные эксперименты, с большей степенью достоверности заранее оценить, что принципиально возможно, а что невозможно в управлении атмосферными процессами. Но не исключено, однако, что появятся новые возможности за счет передачи на расстояние по любому направлению в атмосфере мощных энергетических и ионизирующих импульсов и воздействия ими на ионосферу, особенно в военных целях, что сейчас, по всей вероятности, и проводят США, создавая систему ХААРП, несмотря на вышеупомянутую Конвенцию. Стратосфера рассматривается как арена воздействия на атмосферные процессы, имеющая целью уничтожение жизни на Земле. Все это не может не вызывать тревогу, тем более что сама мысль о возможности ведения метеорологической войны оказывает психологическое воздействие на людей, особенно усугубляющееся неподдающимися пока еще достаточно точному научному объяснению аномалиями погоды, климата, характерными для современного периода развития Солнечной системы.

Вернемся к рассмотрению вопросов, связанных с крупномасштабными гидрометеорологическими и геофизическими процессами, такими как тропические циклоны, цунами, землетрясения и климат.

Тропические циклоны – одно из наиболее разрушительных природных явлений на Земле. Они наносят огромный материальный ущерб, исчисляемый иногда миллиардами долларов, и сопровождаются зачастую человеческими жертвами. На сегодняшний день места и природа их зарождения, прогнозирование мощности и направления движения наиболее изучены относительно других крупномасштабных гидрометеорологических и геофизических процессов. Можно надеяться, что в недалеком будущем человечество научится, используя космическую

технику, информационные технологии и наземные, морские и воздушные средства, управлять ими.

Цунами является последствием землетрясения. Но не каждое землетрясение приводит к возникновению цунами, тем более таких разрушительных, как в Юго-Восточной Азии в 2005 году, которые привели к гибели более двухсот тысяч человек. Причины возникновения цунами, взаимосвязь между мощностью землетрясения и мощностью цунами, то есть его скоростью и высотой волны, а также ряд других факторов еще недостаточно изучены. На сегодняшний день нет достаточных знаний, как можно управлять цунами с целью их «укрощения», впрочем, как и достаточных знаний для прогнозирования землетрясений и противодействия этому природному явлению.

Как ни странно, но наиболее продвинутыми явились работы по изучению возможности влияния человека на такую глобальную проблему, как климат Земли. В настоящее время средства массовой информации уделяют большое внимание вопросу потепления климата и его последствиям для человечества и планеты в целом. Существуют различные теории и причины сегодняшнего потепления на Земле. Здесь мы не будем их рассматривать, а рассмотрим возможность, как сказал академик Ю.А. Израэль, сохранить климат на сегодняшнем уровне. Развивая предложения академика М.И. Будыко, собственные теоретические работы и опираясь на экспериментальные данные по влиянию выбросов вулканов на климатическую температуру, Ю.А. Израэль предложил для уменьшения проникновения солнечного излучения забросить в стратосферу аэрозоль.

Таким аэрозолем могут быть соединения серы, которые образуются в атмосфере при извержении вулканов. Как показали экспериментальные данные, полученные после извержения вулканов, и теоретические расчеты, такое количество искусственно внесенного аэрозоля, которое было выброшено при извержении вулканов Кракатау или Агунг, приведет к понижению климатической температуры на 0,5–1° в течение приблизительно двух лет. При этом расчеты показывают, что никаких отрицательных последствий для биосферы и человека не должно быть или, точнее, они будут такими же, как и при извержении вулканов.

Предложенная методика не противоречит вышеназванной «Конвенции о запрещении военного или иного враждебного использования средств воздействия на природную среду». Конечно, проведение такого воздействия должно быть согласовано на международном уровне. Но эта задача сегодня технически вполне решаемая. Однако для выработки окончательных предложений для мирового сообщества имеет смысл провести ряд ограниченных экспериментов для подбора аэрозоля, наиболее эффективного для уменьшения проникновения солнечного излучения на Землю и для решения задач, связанных с оптимальной

технологией внесения. В 2011 году в нашей стране были проведены локальные эксперименты с выбросом сернистых соединений с самолета-метеолaborатории в тропосфере, которые показали возможность уменьшения температуры приземного слоя атмосферы. Надо отметить, что существуют подходы и к увеличению климатической температуры.

Управление атмосферными процессами и климатом Земли в мирных целях может и должно стать одним из важнейших средств развития производительных сил человеческого общества. Усилия в этом направлении должны объединять всех людей Земли.

НАЧАЛО ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ (2000–2014 ГГ.)

Мои краткие заметки не претендуют на полноту изложения истории АВ в Росгидромете. Однако с точки зрения аппаратного работника, следует отметить, что указанное направление науки и техники в советский период пользовалось значительной поддержкой центральных и местных органов государственной власти.

Сложившиеся научные направления и школы в головных НИУ Росгидромета (ЦАО, ВГИ, НПО «Тайфун», ГГО) в области активных воздействий (АВ) и дистанционного зондирования атмосферы (ДЗА) позволили реализовать многолетние программы теоретических и экспериментальных исследований, завершившихся разработкой и внедрением технологий АВ. В разных физико-географических регионах были созданы полевые экспериментальные базы (ПЭБ) (ВГИ на Северном Кавказе, ГГО в Ленинградской области, ЦАО в Тверской области, НПО «Тайфун» в Калужской области). В рамках направления «Технологии АВ на гидрометеорологические и геофизические процессы и явления» плана НИОКР Росгидромета Проблемный научный совет по ЦНТП-6 ежегодно проводил оценку результатов работ по отдельным направлениям: противорадовой и противолавинной защиты; новых методов и средств искусственного регулирования осадков, рассеивания облаков и туманов; воздействий на грозо- и смерчопасные облака; разработки, испытания и внедрения численного моделирования для задач АВ. Отрабатывались методы и средства мониторинга облачной атмосферы и связанных с нею опасных явлений погоды, формировалась нормативная база, оформлявшаяся в виде ведомственных руководящих документов. Все разработки технического и методического плана внедрялись в противорадовых и противолавинных службах Росгидромета, где по результатам пристрастного рассмотрения компетентным научным сообществом итогов работ формировалась доказательная база об эффективности методов и средств АВ, давались рекомендации по доработке и дальнейшему

развитию. Результаты этого анализа публиковались в ежегодных сводных отчетах о деятельности НИУ Росгидромета.

В 90-х годах, несмотря на резкое сокращение финансирования, угрозу прекращения работ в некоторых субъектах РФ, система обеспечения безопасности технологий АВ для населения и окружающей среды продолжала функционировать и развиваться. Значительное внимание уделялось разработке мер по контролю на всех уровнях (местном, территориальном и федеральном) за штатной реализацией технологий в строгом соответствии с требованиями по организации работ, применяемым техническим средствам, квалификации и опыту персонала. Был подготовлен и выпущен ряд постановлений Правительства РФ, регулирующих порядок организации и проведения работ по АВ на территории РФ. О действенности этих мер свидетельствует тот факт, что случаев ущерба от нештатного использования средств воздействия отмечено не было.

В этот период мы имели: отечественные 2-канальные метеорологические радиолокаторы МРЛ-5 с комплексами автоматизированной обработки данных АКСОПРИ, АСУ МРЛ, АСУ «Мерком»; ракетные и самолетные комплексы засева облаков с реагентами кристаллизующего и гигроскопического действия; центры управления противорадовой защитой (ПГЗ) Краснодарской, Ставропольской и Северо-Кавказской служб; камеры туманов для моделирования аэрозольных сред и др. Все это поддерживалось сокращенным штатным составом в отсутствии достаточных средств не только на развитие, но и на выплату денежного довольствия и надбавок, ремонт оборудования и помещений, формирование единого радиолокационного поля, что важно в условиях трансграничных грозоградных процессов на Северном Кавказе. Финансовое обеспечение служб не имело соответствующего закрепления в нормативных актах Правительства Российской Федерации.

Система обязательного страхования агропроизводства, действовавшая в СССР,

перестала работать. Попытка ее реанимации в 1998 году постановлением Правительства РФ ощутимых результатов не принесла. Удалось лишь с большим трудом закрепить протоколом совещания у Заместителя Председателя Правительства РФ А.В. Гордеева долевой принцип финансирования ПГЗ в соотношении: федеральный бюджет – 50 % и бюджеты субъектов РФ – 50 %.

С 1992 года выделение инвестиционных средств на приобретение специализированной техники (метеорологические радиолокаторы, пусковые ракетные установки, радиостанции и др.) прекратилось, и с этого времени парк метеорологических радиолокаторов, радиостанций и автотранспорта не обновлялся, несмотря на то, что многие из них выработали свои ресурсы. Более 70 % пусковых установок требовало замены. Практически все передвижные и стационарные жилые и служебные помещения требовали капитального ремонта.

Необходимо отметить, что в таких условиях Минсельхозом России ставились вопросы создания единой службы по ПГЗ территорий Южного и Северо-Кавказского федеральных округов с единой радиолокационной сетью, финансируемой за счет средств федерального бюджета. Однако, ни Минсельхоз России, ни МЧС России так и не решились взять на себя сложные в научно-техническом и организационном исполнении обязанности по проведению ПГЗ.

В такой очень непростой обстановке сотрудники наших служб, преданные своему профессиональному долгу, сохранили коллективы и технику. Огромная благодарность за это Н.Г. Штульману, Х.Х. Чочаеву, П.Е. Вавилову, Х.Х. Джангуразову, В.И. Лозовому и другим нашим руководителям, и специалистам.

Не прекращал работы по совершенствованию методов и средств противорадовой и противолавинной защиты Высокогорный геофизический институт совместно с другими НИУ. Свой достойный вклад в коммерческое использование технологий искусственного регулирования осадков для поддержания благоприятных погодных условий в дни торжественных и праздничных мероприятий по заказам Правительства Москвы и других субъектов РФ внесли АНО «Агентство АТТЕХ» совместно с Центральной аэрологической обсерваторией.

В начале 2000-х произошел интересный исторический факт, когда, несмотря на очевидные трудности и вопреки складывающимся в тот период неблагоприятным обстоятельствам в бюджетной сфере, наметилась положительная динамика технического развития организаций, работающих в области АВ. Эта динамика – результат постоянных усилий внедренческих организаций, таких как Агентство АТТЕХ, ВНИИП «Дарг» и других. Так, Агентство АТТЕХ в течение ряда лет финансировало из своей прибыли отдельные разработки НИУ по ЦНТП-6. Однако главную роль в получении федерального финансирования сыграло настойчивое взаимодействие руководства Росгидромета (А.И. Бедрицкого и В.Н. Дядюченко) и головных НИУ с Правительством РФ, когда была реализована возможность технического переоснащения ведомственных организаций в рамках создания национальной системы геофизического мониторинга. Для решения этой задачи в центральном аппарате Росгидромета было создано Управление геофизического мониторинга, активных воздействий и государственного надзора. Мы использовали средства ФЦП по геофизике, в частности, для совершенствования методов получения, обработки и представления результатов ДЗА в НИУ, развития численного моделирования облаков в ВГИ и ГГО, создания (доработки) облачных камер в НПО «Тайфун» и ЦАО как возможности совершенствования инструментального контроля естественных процессов в облачной атмосфере. Сегодня НИУ используют это подспорье для развития методов и средств АВ.

К сожалению, из-за завершения ФЦП эта задача не была решена полностью, однако упорный труд коллективов разработчиков, изготовителей и воздействующих по сохранению потенциала АВ в целом реализовался в новом научно-техническом направлении Росгидромета, где этим технологиям предстоит занять достойное место.

В целом за данный период в Росгидромете созданы и внедрены следующие новые технические средства воздействия и контроля их результатов:

1. Уникальный по своим возможностям самолет-лаборатория Як-42Д «Росгидромет», оснащенный самым современным измерительным оборудованием и техническими средствами воздействия.



Самолет-метеолоборатория Як-42Д «Росгидромет»

2. Первый отечественный доплеровский метеорадиолокатор со сжатием импульса и кросс-поляризационной обработкой сигналов ДМРЛ-С. Он разработан и создан совместными усилиями НИУ Росгидромета, прежде всего ЦАО, ВГИ и ГГО, а также концерном «Алмаз-Антей». Модификация этого радара – ДМРЛ-S – сможет заменить отработавшие свой срок МРЛ-5 в противорадовых службах страны.

3. Противорадовые ракеты нового поколения «Алазань-9» и «Ас», противорадовые установки «Элия» и «Элия-МС», самолетные пиропатроны ПВ-26-01, самолетные аэрозольные льдообразующие генераторы САГ-ПМ и САГ-26.

4. Наземные аэрозольные генераторы йодистого серебра НАГ-07 и генераторы фейерверочного типа ГЛА-105 и их модификации.

5. Мобильный противолавинный комплекс «Нурис».

6. Сети грозорегистраторов в Северо-Кавказском и Московском регионах в рамках поэтапного создания единой системы мониторинга гроз в РФ, обеспечивающей получение количественных данных о местоположении и токовых характеристиках молний разного типа (внутри облачных/

межоблачных и наземных), в том числе для целей АВ.

В эти же годы в ВГИ на основе разработанной трехмерной нестационарной модели конвективного облака с детальным учетом гидротермодинамических, микрофизических и электрических процессов были проведены численные эксперименты по исследованию формирования микроструктуры конвективных облаков в реальной неустойчивой атмосфере и при фоновом ветре. Для сопоставления с данными МРЛ в модели рассчитывается радиолокационная отражаемость облака на двух длинах волн (3,2 и 10 см) и реализуется их трехмерная визуализация. Продемонстрирована значительная степень совпадения реального и численного облака, что является важным результатом для оценки эффективности АВ.

Наряду с этим, в ВГИ и НИЦ «Планета» были разработаны алгоритмы интегрированной обработки радиолокационной, грозорегистрационной спутниковой информации, которые позволили изучать трехмерное распределение областей с разной отражаемостью (фазовым составом, интенсивностью осадков), интенсивной электризацией и грозовой активностью. Появилась возможность



Допплеровский метеорологический радиолокатор ДМРЛ-С

обнаруживать в облаках местоположение электроактивных зон, оценивать эффективность (производительность) грозового генератора и осуществлять регулирование грозовой активности методами АВ.

Фактически, наряду с разработкой новых технических средств АВ, сегодня реализуется потенциал быстрого развития комплексных методов получения и обработки цифровых данных наземных и аэрокосмических наблюдений с помощью геоинформационных технологий, в том числе, с применением численных моделей разного уровня сложности.

Такие комплексные методы сделают определение эффектов воздействия физически более понятным. Закономерности формирования ОЯ (град, избыточные осадки, интенсивные атмосферные вихри – смерчи и шквалы) могут быть представлены как результат определенных причинно-следственных взаимосвязей в облаках, а по документируемой (во времени и пространстве) цепочке физических превращений можно оценить реакцию облака на воздействие, то есть перейти к физическому способу оценки результатов АВ.

ИСТОРИЯ АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В ЛГМИ-РГГМУ

Проблема активных воздействий на погоду и климат разрабатывается в ЛГМИ-РГГМУ с середины прошлого века. У истоков этого научного направления стоят два профессора ЛГМИ – Лев Григорьевич Качурин и Виталий Георгиевич Морачевский.

В.Г. Морачевский сосредоточился на возможностях использования поверхностно-активных веществ (ПАВ) для воздействия на облака и туманы. С конца 50-х годов XX века он изучал различные ПАВ-реагенты с целью рассеяния туманов, вызывания осадков из тёплых (с температурой выше нуля градусов) облаков. Его теоретические и экспериментальные исследования свойств ПАВ известны во всем мире. Сначала он проводил свои исследования на кафедре физики атмосферы в Ленинградском государственном университете, а затем – на кафедре общей метеорологии ЛГМИ, которой он заведовал около 25 лет.

В период руководства кафедрой ЭФА Л.Г. Качуриным наиболее интересными

были экспедиции в Алазанскую долину. Эти экспедиции организовывал молодой ученый Леонид Исаевич Дивинский. Каждый год в конце апреля его сотрудники выезжали в Алазанскую долину на базу службы борьбы с градом, принадлежащую ИГАН. Сотрудники Н.К. Екатериничева, Е.В. Осокина, Б.Д. Иванов, В.С. Соболев и другие ездили туда почти каждый год в течение 18 лет. За два десятилетия ЛГМИ доставило на базу такое количество оборудования, которое потребовало, вероятно, целый железнодорожный эшелон! Это были многочисленные радиолокационные станции, каждая из которых занимала целую платформу, множество приборов и уникальные установки, сделанные руками сотрудников кафедры. Проводились исследования радиоизлучения облаков в самых разных частотных диапазонах, сотрудники занимались радиолокацией молниевых разрядов, причем одновременно с различных точек. Эти работы послужили основой многочисленных публикаций и

дали возможность выяснить причины возникновения такого радиоизлучения. Территориальная близость отряда ЛГМИ к Службе борьбы с градом давала возможность оценить результаты воздействия на облака с помощью льдообразующих реагентов.

Льдообразующие реагенты – это, главным образом, йодистое серебро и йодистый свинец. И тот, и другой реагенты имели существенные недостатки. Первый достаточно дорог, второй – токсичен и может накапливаться в почве. Поэтому в научном мире непрерывно шел поиск новых реагентов. В начале 70-х годов прошлого века Л.Г. Качурин предположил, что в качестве такового мог использоваться водяной пар, который

вызывал бы образование в облаке ледяных кристаллов. Проведенные исследования показали, что активность собственно водяного пара невысока, но вместе с существующими реагентами он способен резко повышать их активность. Такой способ применения, названный «паровая активация реагентов» был доказан экспериментами в морозильной камере в Тбилиси, проведенными сотрудниками кафедры ЭФА Н.О. Григоровым, В.Ф. Псаломщиковым, Ю.Г. Осиповым и В.С. Соболевым в конце 70-х годов. Впоследствии этот способ был запатентован. В экспериментах принимали участие сотрудники ИГАН Грузии А.И. Карцивадзе, А. Окуджава и В. Чихладзе.



КАЧУРИН ЛЕВ ГРИГОРЬЕВИЧ
(1920–1997)

Лев Григорьевич Качурин родился 21 июня 1920 г. в Вологде. После окончания школы он поступил на физический факультет ЛГУ. Учеба Л.Г. Качурина была прервана Великой Отечественной войной. Во время войны капитан Л.Г. Качурин служил в войсках тяжелой артиллерии главного командования. В боях на Дону был тяжело ранен, потерял ногу. После лечения демобилизовался и продолжил учебу в ЛГУ. После войны Л.Г. Качурин поступил работать в ЛГМИ, где скоро защитил кандидатскую, а затем и докторскую диссертации. Возглавил созданную им кафедру экспериментальной физики атмосферы и бессменно руководил ею до 1997 г. Научные интересы Л.Г. Качурина были весьма обширны: физика атмосферы, кинетика фазовых превращений воды, радиоизлучение облаков, механизм гроз и методика воздействия на погоду и климат, радиоизлучение грозовых облаков, лавины и предотвращение их схода, обледенения судов и его предотвращение, численные модели кучевых облаков. Нельзя не упомянуть и о литературных произведениях Л.Г. Качурина, посвященных Великой Отечественной войне, и опубликованных в журнале «Звезда» под псевдонимом «Лев Вологдин».

Л.Г. Качурин создал большую научную школу. Он подготовил несколько десятков аспирантов и соискателей, многие из которых стали впоследствии докторами наук. В течение многих лет читал курсы лекций, посвященные физическим основам воздействия на погоду и климат,



МОРАЧЕВСКИЙ ВИТАЛИЙ ГЕОРГИЕВИЧ
(1925–1998)

Виталий Георгиевич Морачевский окончил с отличием Военно-воздушную академию имени А.Ф. Можайского в 1952 г., где в 1957 г. защитил кандидатскую диссертацию. С 1960 г. В.Г. Морачевский работал на кафедре физики атмосферы физического факультета ЛГУ. В 1965–1985 гг. — заведующий кафедрой общей метеорологии ЛГМИ (докторскую диссертацию защитил в 1969 г.), а после возвращения на географический факультет университета в 1989–1995 гг. возглавлял созданную по его инициативе кафедру геоэкологии. Представлял нашу страну во многих международных организациях, являлся членом Американского географического общества и Американского геофизического союза, действительным членом Нью-Йоркского университета, почетным профессором ряда университетов мира, лауреат Вулбрайтского фонда. Среди учеников В.Г. Морачевского — 56 кандидатов и докторов наук.

а также курс, посвященный метеорологической измерительной технике. Его перу принадлежат такие фундаментальные публикации, как «Физические основы воздействий на атмосферные процессы», «Кинетика фазовых переходов воды в атмосфере» (в соавторстве с В.Г. Морачевским), а также десятки статей в научных советских, российских и зарубежных изданиях.

Л.Г. Качурин – организатор и энтузиаст больших экспедиционных работ, которые проводились кафедрой экспериментальной физики атмосферы (ЭФА) в течение почти 20 лет совместно с Институтом геофизики АН Грузинской ССР. В рамках этих работ проводились ежегодные экспедиции в Алазанскую долину, а также ставились эксперименты в большой морозильной камере ИГАН в Тбилиси. Неоднократно заключались договоры с Высокогорным геофизическим институтом в Нальчике, проводились экспедиции для изучения снежных лавин в Приэльбрусье на Северном Кавказе. Кафедра ЭФА сотрудничала также с Московским государственным университетом и пользовалась базой МГУ в пос. Азау (Приэльбрусье), с Томским государственным университетом, с Арктическим и Антарктическим институтом в Ленинграде. Сотрудники кафедры ЭФА занимались и такими экзотическими направлениями, как исследование радиоизлучения глобального резонатора Земля-ионосфера, исследование радиоизлучения при разломе ледников и ледяных полей, ставили многочисленные лабораторные эксперименты, моделирующие эти природные явления. Л.Г. Качурин неоднократно бывал за границей, участвовал во многих научных симпозиумах и конференциях, а в 90-х годах был в длительной командировке в США и Канаде, где читал лекции и занимался научной работой.



ДИВИНСКИЙ ЛЕОНИД ИСАЕВИЧ

Леонид Исаевич Дивинский родился 19 января 1939 году, в Киеве. В 1962 г. окончил Ленинградский электротехнический институт связи им. профессора Бонч-Бруевича. Далее работал в отделе Главного конструктора Всесоюзного научно-исследовательского института телевидения. С 1966 г. работает в РГГМУ. Прошёл путь от ассистента до профессора кафедры экспериментальной физики атмосферы, доктор физико-математических наук. Является ведущим преподавателем, отвечающим за подготовку

студентов в области электротехники и радиоэлектроники. Обучал студентов дисциплинам "Автоматика и телемеханика гидрометеорологических систем", "Эксплуатация гидрометеорологических систем". С 1966 г. и по настоящее время преподаёт дисциплину "Основы метеорологической радиолокационной техники". В настоящее время – декан метеорологического факультета РГГМУ. В 2008 г. Указом Президента РФ ему присвоено почётное звание "Заслуженный метеоролог Российской Федерации".

Л.И. Дивинский многие годы являлся председателем Методического совета университета. Он автор большого числа методических разработок, существенно облегчающих планирование и организацию учебного процесса в университете. Принимал участие в разработке новых Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования по подготовке бакалавров и магистров по направлению "Прикладная Гидрометеорология".

Л.И. Дивинский имеет более 100 научных работ, включая 11 учебных пособий, 7 научно-методических разработок и 1 монографию. Область научных интересов – изучение особенностей развития опасных природных явлений радиотехническими средствами. Много лет осуществлял радиолокационные исследования грозовых облаков с целью своевременного выявления молниеопасных для самолетов зон пространства.

Под его научным руководством с 1967 по 1982 г. в одном из самых грозоопасных мест в мире – в Алазанской долине Грузии – функционировал радиолокационный полигон, благодаря которому получены уникальные данные о грозовых процессах. Разработанная под руководством Л.И. Дивинского аппаратура для предупреждения пилотов о приближении к молниеопасным облакам устанавливалась на самолёт и испытывалась в Летно-исследовательском институте (г. Жуковский).

Участвовал в совместных международных научных и образовательных проектах «WANTS Arctic» по исследованию радиолокационных характеристик зимних кучевых облаков и осадков, а также в подспутниковых наблюдениях с Японией, Швецией и Канадой. Руководил исследованиями «Системы пассивной радиолокации для обнаружения грозовых и предгрозовых облаков», выполняемыми совместно с Германским институтом физики атмосферы (г. Оберпфaffenхофен).

В конце 70-х – начале 80-х годов на кафедре ЭФА возникает еще одно научное направление – исследование радиоизлучения природных процессов в инфранизкочастотном диапазоне (от 1 до 20 Герц). Оказалось, что многие процессы – циклоны, лавины и некоторые другие – являются генераторами инфранизкочастотного электромагнитного излучения. Для изучения этого явления были организованы экспедиции на Северный Кавказ, в Приэльбрусье. Работа проводилась в тесном сотрудничестве с ВГИ в Нальчике и МГУ. В течение нескольких сезонов сотрудники ЛГМИ выезжали в летние (для изучения ледников) и зимние сезоны (для изучения лавин) на базу ВГИ и МГУ в пос. Терскол и Азау. От ЛГМИ в этих работах участвовали В.Ф. Псаломщиков, И.А. Степанюк (впоследствии доктор наук), Н.О. Григоров, В.Я. Андросенко и Ю.Г. Осипов, от ВГИ – М.Н. Бейтуганов и молодой аспирант Карданов.

От МГУ в этих работах принимал участие Б.Л. Берри. К работе привлекались многочисленные студенты, защищавшие дипломные работы по отдельным направлениям этой темы. В результате было доказано существование радиоизлучения при сходе лавин, что послужило основой нескольких изобретений, и излучения при раскалывании льда, что также впоследствии было оформлено, как изобретение. Параллельно с этими основными работами было замечено очень интересное глобальное явление – возбуждение резонатора «Земля–ионосфера» и генерация мощных искусственных взрывов и запусков ракет. Эти явления были изучены как в экспедициях в Приэльбрусье, так и в других, проводимых в пределах Ленинградской области.

Работа на кафедре ЭФА не ограничивалась исследованиями в экспедиционных условиях. Было выполнено много лабораторных экспериментов и теоретических расчетов. Так, в лабораторных условиях было

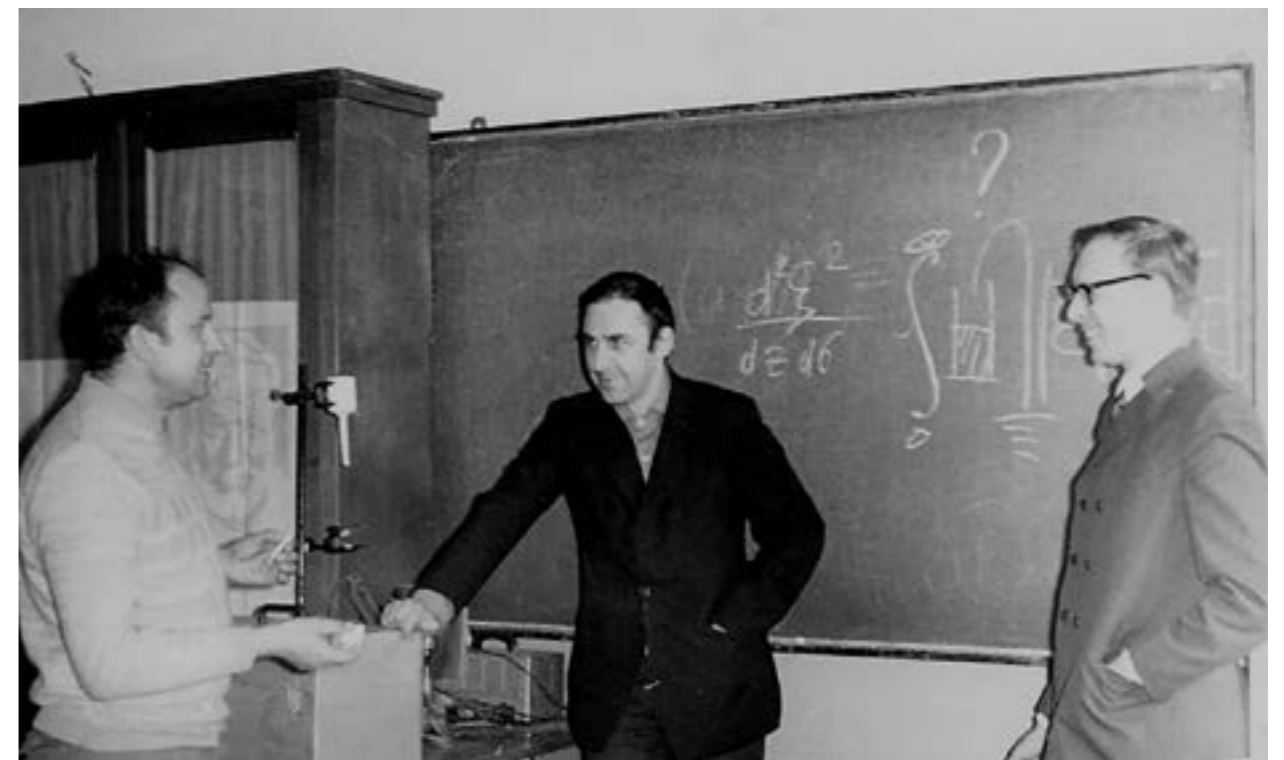


Экспедиция ЛГМИ в Алазанской долине, на базе Грузинской военизированной службы борьбы с градом. Слева направо: Ю.Г. Осипов, Л.И. Дивинский, Л.Г. Качурин, И.М. Имянитов, А.И. Карцивадзе, А.В. Белоцерковский, В.Н. Андреев



КУЗНЕЦОВ АНАТОЛИЙ ДМИТРИЕВИЧ

Анатолий Дмитриевич Кузнецов родился в 1946 году. После окончания в 1971 г. физического факультета ЛГУ работает в Российском государственном гидрометеорологическом университете, где прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего одной из ведущих кафедр РГГМУ – кафедры экспериментальной физики атмосферы, одной из тематик которой являются активные воздействия на атмосферу. Доктор физико-математических наук, профессор. Основные научные интересы: метеорологическая радиолокация, дистанционное зондирование атмосферы, текущее прогнозирование атмосферных процессов, автоматизация обработки данных метеорологических измерений. Ведет учебные дисциплины: «Методы зондирования окружающей среды», «Дистанционное зондирование атмосферы», «Теория переноса излучения в газах», «Методы и средства гидрометеорологических измерений», «Автоматические метеорологические станции». Опубликовал более 100 научных работ, в том числе 3 монографии, 1 учебник, более 15 учебных пособий. Под руководством А.Д. Кузнецова защищено 8 кандидатских диссертаций. Является председателем диссертационного совета университета.



Молодые сотрудники кафедры ЭФА обсуждают научные проблемы, конец 70-х годов. Слева направо: И.А. Степанюк, В.Ф. Псаломщиков и Н.О. Григоров

обнаружено электромагнитное излучение заряженных моделей самолетов, причем частота излучения оказалась зависящей от размера самолета. В этой работе принимали участие сотрудники кафедры А.И. Мержеевский, Р.А. Орлов и И.А. Фомичев. Впоследствии эти результаты были подтверждены в натурных опытах на самолетах Ту-134. Многолетние работы по изучению струйных моделей облаков проводил В.И. Бекряев со своими помощниками К.И. Финкельбергом и М.В. Гуровичем. Результаты работ были опубликованы в многочисленных статьях и послужили основой нескольких диссертаций. Молодой кандидат наук Л.И. Гашин много лет занимался

вопросами обледенения судов. В 70-х годах к этим работам подключился аспирант И.А. Смирнов, который вскоре защитил диссертацию по этой теме. Совместные работы Л.И. Гашина и И.А. Смирнова позволили создать эффективную методику борьбы с обледенением, которая была внедрена на практике.

Сильный творческий коллектив кафедры позволил поставить в ЛГМИ-РГГМУ специальный курс «Физические основы воздействий на атмосферные процессы», который в течение многих лет читал сам Л.Г. Качурин, а затем его ученики В.И. Бекряев и С.В. Крюкова, которая ведет этот курс в настоящее время.

Г.Г. Щукин

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО АКТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ В ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ИМ. А.И. ВОЕЙКОВА

Искусственное регулирование осадков

Работы по искусственному увеличению осадков в России были начаты в Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова, им предшествовали работы по исследованию образования осадков. В начале 30-х годов в Ленинградском институте экспериментальной метеорологии под руководством В.Н. Оболенского проводились экспериментальные и теоретические работы по исследованию процесса осадкообразования в облаках различных форм.

Были получены важные результаты по теории конденсационного роста облачных частиц. В.В. Базилевич выполнил серию исследований конденсационных и коагуляционных явлений. Началось исследование микроструктуры облаков и осадков (Л.Т. Матвеев, В.Я. Никандров, Н.С. Шишкин). Первые данные о водности и размерах капель в облаках были получены в 40-х годах

Е.С. Селезневой, В.А. Зайцевым, И.И. Честной. В последующие годы эти исследования были продолжены Г.Т. Никандровой, В.А. Зайцевым, М.А. Химач, А.П. Чуваевым, Н.С. Шишкиным. Ими были выполнены многочисленные исследования микроструктуры мощных кучевых и кучево-дождевых облаков.

Следует особенно выделить вклад в понимание физики атмосферных процессов, динамики атмосферы, климатических изменений и в развитие работ по АВ в нашей стране крупных ученых ГГО – П.Н. Тверского, Я.И. Френкеля, М.И. Будыко, Е.П. Борисенкова, М.И. Юдина, Е.С. Селезневой, М.Е. Берлянда.

В.Н. Оболенский разрабатывал методы активного воздействия на атмосферные процессы; под его руководством впервые были проведены опыты по воздействию на облака



ОБОЛЕНСКИЙ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ (1877–1942)

Владимир Николаевич Оболенский в 1901 г. окончил физико-математический факультет Московского университета. В 1913 г. – старший физик по опытным исследованиям Главной физической обсерватории (в настоящее время ГГО им. А.И. Воейкова). С мая 1921 по июнь 1923 г. – директор ГГО, с 1915 по 1942 г. – заведующий кафедрой физики и метеорологии в Лесном институте (ныне Лесотехническая академия им. С.М. Кирова). С 1932 по 1940 г. – директор Ленинградского института экспериментальной метеорологии (ЛИЭМ), с 1940 по 1942 г. – консультант в ЛИЭМ. Доктор физико-математических наук, профессор, ученый, исследователь, педагог, один из организаторов гидрометеорологической службы в нашей стране – внес большой личный вклад в развитие советской метеорологии.

с целью вызывания из них осадков, по воздействию на туманы с целью их рассеивания, работы по воздействию на электрическое состояние атмосферы и др. Исследования В.Н. Оболенского положили начало экспериментальной метеорологии в СССР.

В 1931 г. в Москве состоялась Всесоюзная конференция по борьбе с засухой, в которой принимал участие В. Н. Оболенский. Вскоре после конференции была начата организация Института экспериментальной метеорологии с отделениями в Ленинграде (ЛИЭМ), Одессе и Ашхабаде. Первоначально

но ЛИЭМ размещался в стенах Лесного института, в помещении кафедры физики и метеорологии. Затем было построено отдельное здание, в котором размещается теперь ГГО им. А.И. Воейкова. В 1942 г. ЛИЭМ вошел в состав ГГО.

В ЛИЭМ в качестве основного направления исследований изучались процессы фазовых и микроструктурных преобразований атмосферной влаги. В связи с этим в структуре ЛИЭМ были организованы два сектора: сектор изучения физики облаков и туманов в лабораторных и полевых исследованиях

и сектор по разработке и испытанию методов активных воздействий на облака и туманы с отделами электрофизических и химических методов исследования. По мнению В.Н. Оболенского, результаты изучения особенностей атмосферных процессов должны лечь в основу разработки методов активных воздействий на облака с целью вызывания или предотвращения выпадения осадков, рассеяния облаков и туманов.

Экспериментальные исследования велись на полевой базе, расположенной вблизи поселка Тосно, а также в высокогорных

экспедициях (Гагры, Эльбрус). На Кавказе исследовались облака, возникающие над вершинами и у склонов гор, кроме того, собирались данные в зоне пролета самолета.

В высокогорных экспедициях экспериментальные исследования по физике облаков и активным воздействиям проводились в 1934–1936 и 1938–1940 годах. Программы всех экспедиций разрабатывались при непосредственном участии В.Н. Оболенского, был разработан и применен целый ряд методов по определению характеристик тумана: испытан метод Гольцмана,



ШИШКИН НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ (1912–1981)

Николай Сергеевич Шишкин окончил физический факультет ЛГУ в 1937 г. В 1940 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. В 1941 г. был мобилизован в ряды Советской Армии и до конца войны служил в частях Дальневосточного фронта. С 1946 г. профессиональная деятельность Н.С. Шишкина тесно связана с Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова. По его инициативе в 1958 г. был создан Отдел физики облаков и активных воздействий, которым он и руководил до конца своей жизни. Доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Награжден орденом «Знак Почета» и орденом Октябрьской Революции, золотой и серебряной медалями ВДНХ.

Н.С. Шишкин внес существенный вклад в разработку научных основ физики облаков, осадков и грозового электричества, а также активных воздействий на них. В сфере его интересов входил весьма широкий круг вопросов: фазовые переходы воды в облаках, процессы взаимодействия облачных частиц и частиц осадков разного фазового состава, механизмы электризации капель и кристаллов, вертикальные движения воздуха в облаках и их роль в процессах облако- и осадкообразования и др. Н.С. Шишкин одним из первых приступил к исследованиям процессов зарождения града и провел численное моделирование роста градин в конвективном облаке. Он разработал одну из первых микрофизических моделей конвективного облака и совместно с сотрудниками провел цикл исследований

влияния динамики облака и других факторов на закономерности естественного и искусственного осадкообразования. Ему первому удалось объяснить роль коронных разрядов в развитии грозовых явлений. Многие из результатов проведенных исследований нашли широкое практическое применение. Так, разработанный им специализированный краткосрочный прогноз развития конвективных облаков широко используется в работах по тушению лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками.

Николай Сергеевич был ученым-энтузиастом. Будучи по образованию физиком-теоретиком, он постоянно участвовал в экспериментальных натуральных и лабораторных исследованиях. Самолетные эксперименты по изучению конвективных облаков, проведенные под его руководством, позволили создать уникальную базу данных, которая стала фундаментом количественной теории физики естественного и искусственного осадкообразования и электризации облаков. Он лично планировал многие лабораторные эксперименты и участвовал в их проведении. Ясное понимание сложности проблем, глубокое проникновение в их физическую сущность обеспечивали Николаю Сергеевичу получение убедительных результатов при проведении воздействий на облака. Н. С. Шишкиным было опубликовано более 150 научных работ, в том числе две монографии. Под его редакцией выпущено более 30 сборников «Трудов ГГО» по физике облаков и активным воздействиям. Николай Сергеевич наряду с научной деятельностью вел большую педагогическую работу. В течение ряда лет он преподавал в высших учебных заведениях. Под его научным руководством был подготовлен и защищен ряд кандидатских диссертаций по проблемам физики облаков и активных воздействий.

нейтральные поглотители, химический адсорбционный метод, способ Келлера с подогреваемым психрометром Ассмана, был разработан и применен на практике туманограф. Для характеристики электрических параметров тумана был использован способ измерения пространственного заряда по методу Томпсона. Счет числа ионов производился прибором Беккера, для измерения заряда капель использовался метод Милликена.

Для проведения воздействий были использованы установки, изготовленные в институте: резонансный трансформатор Тесла, рентгеновская установка и ионный генератор, передвижная установка для ввода в атмосферу ядер конденсации путем возгонки

водных растворов различных солей и кислот. В целях изучения искусственной ионизации были выполнены опыты с порошком отработанных радиоактивных руд. В 1936 году был испытан способ осаждения тумана при помощи порошка хлористого кальция. В результате распыления порошка удалось получить коридор очищенного от тумана пространства на несколько сот метров. Однако этот метод не получил развития вследствие вредного воздействия на окружающую среду. Во время экспедиций в районе Гагр проводились воздействия с помощью электрических методов. Было показано, что количественный эффект таких воздействий невелик, не более 50–100 м от места установки, в то время как влияние искусственной

ионизации воздуха прослеживалось на расстоянии 1–2 км.

ЛИЭМ имел в своем распоряжении два научно-исследовательских самолета. Первый самолет применялся для научного и оперативного зондирования нижнего 5-километрового слоя атмосферы с использованием метеорографа, приборов по измерению прозрачности облака и состава облачных капель. Второй самолет был оборудован для проведения активных воздействий на облака. В нем был установлен бункер для сброса в облака сыпучих веществ. В 1936–1938 годах был проведен ряд опытов по сбрасыванию с самолета песка, размельченного льда и распылению воды. В некоторых случаях под обработанным облаком наблюдались

полосы падения, а в месте сброса песка наблюдался эффект рассеяния облака. Следует отметить, что в этих полетах В.Н. Оболенский участвовал лично, так что его по праву можно считать и научным руководителем первого экспериментального полета в СССР, который проводился с целью активных воздействий на облака. На 1941 год были запланированы полеты со сбросом в облака твердой углекислоты, но лишь в 1946 году их удалось осуществить.

Основные труды В.Н. Оболенского посвящены вопросам общей метеорологии, атмосферному электричеству, физике приземного слоя, облаков и осадков. В 1937–1941 годах вышли два сборника трудов ЛИЭМ под редакцией и с вступительными статьями



БОРИСЕНКОВ ЕВГЕНИЙ ПАНТЕЛЕЙМОНОВИЧ (1924–2005)

После окончания школы в 1941 г. Евгений Пантелеймонович Борисенков добровольцем ушел на фронт. После окончания войны закончил Высший военный гидрометеорологический факультет Советской Армии. С 1962 по 1972 г. работал в Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте, с 1972 г. – в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (1972–1994 гг. – директор, с 1995 г. – главный научный сотрудник). Доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники России, вице-президент Петровской академии наук и искусств, автор более 500 научных работ, в числе которых 25 монографий, учебники и учебные пособия. Ряд его работ был переиздан за рубежом. Награжден орденами Трудового Красного Знамени, Отечественной войны, Красной Звезды, орденом “Знак Почета”, 22 медалями.

В разные годы в круг научных интересов Е.П. Борисенкова входили проблемы физики атмосферы и океана, спутниковой метеорологии, теоретической и прикладной климатологии, истории климата. Е.П. Борисенков в течение нескольких десятилетий активно развивал работы по созданию численных физико-статистических схем

долгосрочных метеорологических прогнозов, которые продолжают использоваться в оперативной практике. Он также много занимался изучением влияния солнечной активности на погоду и климат. В течение последних 20–25 лет под его руководством и непосредственном участии были выполнены фундаментальные исследования общей и прикладной климатологии. Вышла из печати серия климатических справочников и монографий, в том числе «Атлас гидрометеорологических данных Европы». Цикл этих работ был отмечен присуждением премии имени А.И. Воейкова. Результатом исследований по истории климата стала публикация трех монографий–летописей необычайных явлений природы за последнюю тысячу и за две с половиной тысячи лет.

Новые и важные результаты были получены Е.П. Борисенковым по моделированию углеродного цикла в системе «атмосфера–океан–биосфера». В результате моделирования состояния климатической системы с учетом антропогенных нагрузок на больших интервалах времени (порядка тысячелетия) он показал, что не столько парниковый эффект, сколько негативное воздействие на биосферу из-за неконтролируемого сжигания ископаемого топлива может стать ближайшей опасностью для климатической системы. Почти 40 лет Е.П. Борисенков вел активную педагогическую работу в ЛВВИКА им. А. Ф. Можайского, Санкт-Петербургском государственном университете и Российском государственном гидрометеорологическом университете. Им подготовлено более 20 кандидатов наук, пятеро из которых стали докторами наук.

В.Н. Оболенского – публикации, имеющие большое значение для метеорологии, так как впервые в отечественной литературе было показано значение экспериментальных исследований для решения проблемы

Рассеяние туманов

В России исследования условий формирования туманов и разработка принципов воздействия на них были начаты

активных воздействий на облака и туманы. Он автор двух учебников: «Метеорология» в 2-х томах и «Курс метеорологии для высших учебных заведений».

в 1946–1948 гг. (в ГГО – В.Я. Никандров, в ЦАО – И.И. Гайворонский).



НИКАНДРОВ ВЛАДИСЛАВ ЯКОВЛЕВИЧ (1905–1985)

В 1934 г. Владислав Яковлевич Никандров окончил Лесотехническую академию, более полувека проработал в системе Гидрометеорологической службы и более 40 лет в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, практически постоянно находясь на руководящих постах. В 1935–1937 гг. он был директором Карельского НИИ, в 1940–1941 гг. – заместителем директора по научной работе ЛИЭМ, в 1941–1947 гг. – начальником ГГО ГУГМС Красной Армии, а затем директором и заместителем директора ГГО. Доктор физико-математических наук, профессор, один из основоположников активных воздействий на гидрометеорологические процессы. В.Я. Никандровым написано более 100 научных трудов, в том числе несколько монографий, изданных в Советском Союзе и за рубежом. Заслуги Владислава Яковлевича были отмечены орденом Трудового Красного Знамени, двумя орденами «Знак Почета», шестью правительственными медалями и золотой медалью ВДНХ.

Имя Владислава Яковлевича Никандрова неразрывно связано со становлением и развитием в нашей стране одной из сложнейших отраслей метеорологии – активными воздействиями на облака и туманы, вся его научная деятельность была посвящена реальному воплощению основных идей об управлении погодой. В.Я. Никандров разрабатывал физические основы методов активных воздействий на переохлажденные облака и туманы, исследуя процессы фазовых преобразований воды в атмосфере. Им рассматривались вопросы образования твердой фазы воды, как при наличии ядер сублимации, так и без них. Результаты выполненных в 50-е годы лабораторных экспериментов по изучению взаимодействия переохлажденных капель воды

с частицами различных веществ не утратили своего значения до настоящего времени.

Развитые В.Я. Никандровым представления о механизме действия твердой углекислоты в переохлажденных облаках имели важное значение не только для понимания физических основ активных воздействий, но и позволили решить ряд важных практических вопросов, в частности определить нормы расхода углекислоты при разных методах воздействия. Под его руководством и при непосредственном участии были проведены первые в нашей стране летные и наземные экспедиции по воздействию на облака и туманы.

Верный принципу поиска нового, передового в науке Владислав Яковлевич стал инициатором работ по подавлению града с помощью ракет. В 1958 г. он посетил Италию для ознакомления с работами по борьбе с градом. Вернувшись из поездки, в 1959 г. организовал экспедицию на Кавказ, в которой сотрудниками ГГО совместно с ИГ АН СССР были проведены первые в СССР испытания итальянских противогорадовых ракет, начиненных йодистым серебром. Высота подъема таких ракет составляла 1000–1200 м. В последние годы В.Я. Никандров занимался исследованием влияния различных примесей на кристаллизацию водных растворов и электризацию облачных частиц. Итогом этой интересной работы явилась монография «Метеорологический аспект электризации конвективного облака», изданная в 1981 г.

Много сил и энергии Владислав Яковлевич отдавал научно-организационной работе. Он был членом рабочей группы по физике облаков аэрологической комиссии ВМО, членом научного совета по проблеме «Физика облаков и осадков» Отделения физико-математических наук АН СССР, заместителем председателя Координационного совета ГУГМС по активным воздействиям, возглавлял метеорологическую секцию Редакционного совета Гидрометеорологического издательства.

У Владислава Яковлевича много учеников. Это студенты, которым он читал лекции в Ленинградском государственном университете и Ленинградском гидрометеорологическом институте, слушатели Военно-воздушной академии им. А.Ф. Можайского, его аспиранты и практически все специалисты по активным воздействиям, которые воспитывались на его трудах. Книга В.Я. Никандрова «Искусственные воздействия на облака и туманы» для многих является настольной.

Первые результаты применения методов искусственного воздействия на переохлажденные туманы с целью раскрытия аэродромов были обобщены в 50-х годах В.Я. Никандровым (ГГО). В 60-х годах были разработаны теоретические основы метода воздействия, согласно которым основным процессом, обеспечивающим рассеяние тумана, является создание в области тумана достаточно большого количества центров

Борьба с грозами

В 1947 году в ГГО (Б.В. Кирюхин, В.Л. Гаевский) были начаты работы по искусственному воздействию на облака в натуральных условиях. В основу был положен принцип искусственного изменения фазового состояния микроструктуры обла-

кристаллизации (ледяных кристаллов) путем искусственного введения в туман специальных веществ (реагентов).

В качестве реагента была выбрана твердая углекислота, созданы самолетные и наземные установки, позволившие в значительной мере автоматизировать процессы гранулирования, дозирования и засева туманов.

ков в соответствии с идеями Бержерона-Финдайзена с помощью твердой углекислоты и йодистого серебра. В последние годы в ГГО сложился коллектив (В.Я. Никандров, А.В. Чуваев, И.М. Имянитов, Н.С. Шишкин), начавший новый этап

искусственного воздействия на электрическое состояние конвективных облаков. Проводились теоретические, лабораторные и полевые самолетные эксперименты по исследованию электризации облаков и воздействия на их электрическое состояние. Появились разные гипотезы. В частности, Н.С. Шишкин отстаивал идею о решающей роли ионных механизмов электризации облака, а И.М. Имянитов считал, что основной вклад в электризацию облака вносят контакты частиц.

И.М. Имянитов, Ю.П. Михайловский, В.Д. Степаненко на основании имеющихся данных о зарядах на частицах и электрических полях в реальных облаках показали, что уже на предгрозовой стадии действие электрических сил на некоторые заряженные

частицы превышает действие гравитационных. Таким образом, движение заряженных частиц в развитом облаке определяется не только весом частиц и скоростями воздушных потоков, но и величиной и знаком зарядов на частицах и величиной и направлением вектора электрического поля в данной точке облака. В связи с этим ряд ученых считают, что роль электрических сил для процессов в конвективных облаках является решающей.

Первые научные эксперименты по воздействию на электрическое состояние облаков были проведены в 30-х годах 20-го столетия в Ленинградском институте экспериментальной метеорологии во главе с В.Н. Оболенским. При этом основными методами воздействия были методы



ИМЯНИТОВ ИЛЬЯ МОИСЕЕВИЧ (1918–1987)

Илья Моисеевич Имянитов, окончив в 1941 г. Ленинградский политехнический институт, ушел добровольцем на фронт; получив тяжелое ранение в боях под Ленинградом, был эвакуирован на Урал, а по выходе из госпиталя поступил на работу в Главную геофизическую обсерваторию им. А.И. Воейкова, где трудился до последних дней своей жизни. Доктор физико-математических наук, профессор, награжден двумя орденами Отечественной войны и многими медалями, знаком «Отличник Гидрометеослужбы СССР», удостоен медали ВДНХ.

Еще в сороковых годах И.М. Имянитов пришел к выводу о необходимости распространить исследования атмосферного электричества на всю толщу тропосферы. Вместе со своими сотрудниками Илья Моисеевич разработал методы и приборы для исследований атмосферного электричества с помощью летательных аппаратов и выполнил ряд систематических измерений, в результате которых вырисовалась отчетливая картина строения электрического поля в атмосфере. Результаты этих работ были обобщены в двух монографиях, вызвавших большой интерес специалистов: «Приборы и методы для изучения электричества атмосферы» (1957) и «Электричество свободной атмосферы» (1965). И.М. Имянитов и его коллеги были инициаторами исследований атмосферного

электричества во время Международного геофизического года и Международного геофизического сотрудничества, создателями системы регулярных наблюдений и Мирового центра данных по атмосферному электричеству. В течение длительного времени И.М. Имянитов возглавлял исследования электричества облаков и электризации самолетов, выполнявшиеся в связи с проблемой безопасности полетов. Им и его сотрудниками были получены уникальные данные по электрической структуре облаков и электризации самолетов в них, было открыто явление стимулирования электрических разрядов в слоистых облаках летательными аппаратами. Эти работы имели важное практическое значение. Они были использованы при разработке наставлений пилотам гражданской авиации, рекомендаций по уменьшению опасности статической электризации. Значительное место в сфере внимания Ильи Моисеевича заняло перспективное направление геофизики — активные воздействия на электричество облаков. Доклад об этих работах был сделан в 1986 г. на III Всесоюзном симпозиуме по атмосферному электричеству, одним из организаторов которого был И.М. Имянитов. В последние годы он интересовался вопросами экономической эффективности метеорологического обеспечения и предложил способ ее оценки — метод метеорологического фильтра. Эти результаты изложены в монографии «Метод оценки экономической эффективности метеорологических мероприятий и его приложения» (1985).

с использованием высокочастотных разрядов, ионных потоков, заряженного песка.

В 70-х годах начинается новый этап исследований электризации конвективных облаков и разработки средств и методов как для воздействия на электризацию, так и для контроля эффекта этих воздействий. Для проведения этих работ создается полевая экспериментальная база (ПЭБ) «Тургошь». При организации ПЭБ преследовалась цель проводить управление активными воздействиями на электрическое состояние облаков, осуществляемыми с самолетов-лабораторий и с помощью наземных средств воздействия, контролировать результаты таких воздействий, а также определять особенности временной изменчивости параметров конвективных (грозовых) облаков при естественной их эволюции.

Соответственно цели ПЭБ была оснащена наземными дистанционными пассив-

но-активными радиотехническими средствами (РТС), обеспечивающими проведение одновременных измерений параметров облаков как с помощью аппаратуры, установленной на борту самолета, так и наземными техническими средствами, разработанными под руководством Г.Г. Щукина коллективом сотрудников ГГО (В.Н. Вьюгинов, Н.Ф. Михайлов, А.А. Федоров, Н.С. Дорожкин) совместно с ВНИИРА (Г.Ф. Шевела, С.И. Ваксенбург, Н.В. Горностаев).

В создании ПЭБ ГГО принимали активное участие Н.С. Шишкин, Г.Г. Щукин, С.М. Гальперин, Г.Д. Кудашкин, В.Д. Степаненко.

С помощью радиотехнических средств ПЭБ «Тургошь» можно было решать следующие задачи:

– определять параметры грозовых облаков в процессе их эволюции, особенно

осуществлено развитие сети штормоповещения об опасных явлениях погоды, связанных с облаками (ливень, гроза, град, смерч) на базе метеорологических радиолокаторов МРЛ-2 и МРЛ-5, а также внедрение их за рубежом. За эти работы в 1986 г. он вместе с другими специалистами был удостоен Государственной премии СССР в области науки и техники. В течении ряда лет В.Д. Степаненко возглавлял метеорологический центр стран СЭВ по радиолокационной метеорологии. Под его руководством выходили труды «Радиолокационная метеорология. Материалы методического центра по радиолокационной метеорологии». Под руководством В. Д. Степаненко, начиная с 60-х годов, выполнен обширный комплекс теоретических и экспериментальных исследований электрического состояния облаков на основе применения радиотехнических средств. Эти исследования были выполнены в Ленинградской области (п. Сиверский, д. Тургошь). Совместно со своими учениками разработал теорию обнаружения эхо-сигналов молний с помощью РЛС. Было установлено, что радиоэхо молнии, фиксируемое РЛС метрового диапазона, как правило, сопровождается ее собственным излучением, воспринимаемым как шумовой фон, значение которого в несколько раз превышает собственные шумы приемного тракта РЛС. В 60-х годах В.Д. Степаненко были начаты работы по применению лидаров для определения характеристик атмосферы. В дальнейшем эти работы были расширены для определения содержания, пространственного распределения и изменчивости аэрозоля и газовых компонентов и для измерения характеристик облаков. В.Д. Степаненко возглавлял научную школу «Радиолокационные исследования грозовых облаков и возникающих в них ионизированных образований, а также облаков экстремальных ситуаций (ядерные и обычные взрывы, аварии на АЭС, пожары)». Исследования и разработки, выполненные научным коллективом школы, нашли применение при определении требований для системы радиолокационного и лидарного мониторинга. В.Д. Степаненко всегда придавал большое значение подготовке научных кадров. В течение многих лет он успешно сочетал свои научные исследования с педагогической работой. Более 45 лет он читал лекции в ВКА им. А.Ф. Можайского, ЛГМИ (ныне РГТМУ), ОГМИ. Под его руководством подготовлено 20 кандидатов наук, его ученики, многие из которых стали докторами наук, успешно работают в нашей стране и за ее пределами.



СТЕПАНЕНКО ВЛАДИМИР ДАНИЛОВИЧ (1922–2010)

Владимир Данилович Степаненко в 1944 г. окончил Высший военный гидрометеорологический факультет Советской Армии. С 1974 г. работал в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (1974–1986 гг. – заместитель директора, с 1986 г. – заведующий отделом, главный научный сотрудник). Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники России, академик Петровской академии наук и искусств, академик Нью-Йоркской академии наук. Автор более 270 работ, среди которых 11 монографий, имеет 14 авторских свидетельств на изобретения и награжден знаком «Изобретатель СССР». Награжден орденом Отечественной войны, двумя орденами Красной Звезды, орденом Дружбы народов, 23 медалями, в том числе «За боевые заслуги», нагрудным знаком «Почетный работник Гидрометеослужбы России».

В.Д. Степаненко участвовал в становлении радиолокационной метеорологии в нашей стране, в разработке первого отечественного метеорологического радиолокатора МРЛ-1, производство которого было организовано в 60-е годы во Всесоюзном научно-исследовательском институте радиоаппаратуры. В дальнейшем при его участии было

тех, которые вызывают наибольший ущерб (грозы, ливни), в частности, измерять геометрические размеры эхо-сигналов метеорологических объектов, отражаемость облаков и осадков, водозапас и водность облаков, оценивать турбулентность в них в дни возникновения конвективных облаков;

– проводить радиолокационное обнаружение каналов молний типа «облако–земля» и «облако–облако» в радиусе до 170 км, определять координаты их радиоэха в поле эхо-сигналов облаков и осадков и измерять параметры радиоэха молний;

– устанавливать взаимное расположение в облаках зон различной отражаемости, водности, турбулентности и молниевой активности, а также изменения их взаимного расположения при переходе облаков из одной стадии развития в другую;

– определять параметры метеообразований до проведения активного воздействия на облака, а также устанавливать их изменения после воздействия;

– прокладывать маршруты самолетов-метеолабораторий, осуществляющих работу по активному воздействию на облака, относительно расположения облаков и во время полетов через них;

– проводить испытания новых реагентов, средств их доставки, аппаратуры, разработанной в интересах решения метеорологических задач (наземных и бортовых РЛС, грозопеленгаторов и другой аппаратуры), а также испытания нетрадиционных методов проведения активного воздействия на облака;

– определять влияние метеоусловий на функционирование различных радиотехнических средств.

В результате многолетних экспериментальных исследований установлено:

– взаимное расположение в грозовых облаках зон молниевой активности, зон различной отражаемости облаков и осадков, повышенных значений водности и турбулентности, что весьма важно как при проведении метеообеспечения полетов авиации, так и для осуществления активного воздействия на электрическое состояние облака. Обнаружено несовпадение координат этих зон, изменение их расположения в грозовых облаках в зависимости от

стадии развития облаков (С.М. Гальперин, Д.М. Караваев, В.Н. Стасенко, В.Ю. Жуков, В.Д. Степаненко, Г.Г. Щукин);

– определены параметры эхо-сигналов молний, обнаруженных РЛС, работающих в дециметровом и метровом диапазонах длин волн, а также их электромагнитного излучения (ЭМИ) (В.И. Банников, С.М. Гальперин, В.Н. Стасенко, В.Д. Степаненко, В.И. Фролов);

– рассмотрены условия возникновения ЭМИ облаков при проведении одновременных наблюдений наземными радиотехническими средствами и бортовой аппаратурой (С.М. Гальперин, В.Н. Стасенко, Г.Г. Щукин);

– установлены параметры радиоэха аномальных грозовых облаков и возникающих в них грозовых разрядов (В.И. Банников, С.М. Гальперин);

– определены параметры метеообразований до проведения работ по активному воздействию, а также установлены их изменения после воздействия;

– проведены испытания новых реагентов, средств их доставки.

В районах ПЭБ «Тургошь» для определения результатов работ по активному воздействию на грозовые облака осуществлялись полеты самолетов-метеолабораторий типа Ан-2, Ан-12, Ан-26, Як-40, Ил-18, Ту-16 и вертолетов.

На основании результатов комплексных исследований ученым ГГО удалось создать эмпирическую модель электризации конвективных облаков, послужившую основой для разработки методики искусственного воздействия на электрическое состояние облаков и методики контроля эффекта воздействия (И.М. Имянитов, Ю.П. Михайловский). Следует отметить, что ряд экспериментов по воздействию на электрическое состояние облаков, проводившиеся ГГО, имели положительные результаты.

При натурных самолетных исследованиях была обнаружена закономерность перемены полярности электрического облачного диполя в процессе развития облака, подтверждающая приобретенную роль ледяной фазы в процессе развития электрической активности облаков.

Специалисты ГГО (С.М. Гальперин, В.Н. Стасенко, Г.Г. Щукин) провели актив-

ные воздействия на грозовые облака в Одесской области.

Тушение лесных пожаров искусственно вызванными осадками

В конце 60-х годов специалисты ГГО совместно с ЛенНИИЛХ предложили метод тушения лесных пожаров с использованием искусственно вызванных осадков. В основу научных предпосылок были положены следующие критерии:

1. Конвективные облака, наблюдающиеся над зоной пожаров, имеют запас влаги в несколько десятков тонн.

2. Перенос облачной влаги в зону пожаров не требует больших материальных затрат, так как используется энергия переноса воздушных масс и гравитационное осажение.

3. Размеры площадей выпадения осадков из конвективных облаков соизмеримы с площадями крупных лесных пожаров.

Первые опыты по искусственному вызыванию осадков из мощных кучевых облаков для тушения лесных пожаров были проведены в 1966–1969 гг. ЛенНИИЛХ совместно с ГГО им. А.И. Воейкова. В опы-

тах принимали участие Е.С. Арцыбашев, П.А. Губин от ЛенНИИЛХ, А.П. Чуваев, В.М. Сороковик от ГГО им. А.И. Воейкова. Опыты проводились в пожароопасный период над территорией Волховского района Ленинградской области.

В течение 1968–1969 годов производилась опытная проверка метода тушения лесных пожаров искусственными осадками над территориями Сибири и Дальнего Востока. Исследования проводились в течение июня-июля на самолетах-зондировщиках и на специально оборудованном для воздействия на облака самолете-метеолаборатории Ил-14 под руководством Ю.П. Сумина.

С целью совершенствования способа тушения лесных пожаров выполнялись климатологические исследования по оценке облачных ресурсов, начатые под руководством А.П. Чуваева и продолженные Е.В. Оренбургской, Г.Л. Углановой, Г.И. Осиповой.



Снаряжение самолета Ан-2 генераторами САГ-П на устройстве КУСАГ-П

Как показали опытно-экспериментальные работы, наличие температурного порога кристаллизации большинства известных в практике АВ реагентов является существенным недостатком при внедрении методов АВ в оперативные работы. В начале 90-х годов в НИЦ ДЗА был разработан физико-химический состав для вызывания осадков в широком диапазоне температур на базе пиротехнических составов (ПС), которые образуют ионогенный гигроскопический аэрозоль.

В 1977–1980 годах с применением самолетных аэрозольных генераторов (САГ) были выполнены эксперименты по воздействию на мощные конвективные облака под руководством Г.Д. Кудашкина. В этот период произведено обоснование целесообразности разработки пиротехнических само-

Работы по борьбе с заморозками

Исследование заморозков с целью разработки методов и технических средств воздействия для защиты сельскохозяйственных культур впервые в СССР были начаты в конце 30-х – начале 40-х годов (ЛИЭМ – Н.Н. Оболенский, И.С. Семенов, А.Ф. Чудновский; ГГО – М.Е. Берлянд, И.А. Гольберг, П.Н. Красиков; ВАСХНИЛ – С.В. Астапов, С.П. Казаков и др.; ОГУ – Г.Я. Федосеев, Д.И. Полищук).

В филиале ГГО НИЦ ДЗА (А.А. Решетников, В.А. Фомин и др.) показано, что для целей предотвращения заморозков на почве можно использовать нетоксичные вещества в газовой фазе, достаточно тяжелые (тяжелее воздуха) с малой диффузией в вертикальном направлении, понижающие радиационный отток тепла от поверхности в безоблачной ночи, когда происходит резкое снижение температуры почвы за счет радиационного выхолаживания. Подстилающая поверхность (почва) излучает в атмосферу тепловую радиацию, величина потока которой для поверхности, являющейся черным телом, определяется формулой Планка. Не останавливаясь подробно на этой формуле,

Лабораторные исследования по образованию облачной среды и туманов

Значительный вклад в понимание и уточнение закономерностей фазовых переходов воды в облаках внесли лабораторные эксперименты. Эти эксперимен-

летных генераторов кристаллизующих реагентов с целью инициирования осадков из конвективных облаков для тушения лесных пожаров с применением легкомоторных самолетов типа Ан-2. Для проведения работ началась разработка кассетного устройства и его летные испытания.

В конце 80-х годов научно-исследовательские и конструкторские разработки завершились созданием технического устройства (КУСАГ-II) и технологии применения самолета Ан-2, оборудованного им, для искусственного вызывания осадков из кучевых облаков над очагами пожаров. В работах принимали участие Краснодарский филиал ГосНИИГА, ГГО, ЛенНИИЛХ, производственное объединение «Авиалесоохрана».

надо отметить, что результаты экспериментов показывают наибольший парниковый эффект, который создается за счет газов с полосами поглощения в области длин волн 7,5–12,5 мкм, где сосредоточена большая часть уходящего излучения.

С учетом требований охраны окружающей среды от загрязнения более перспективным представляется способ борьбы с заморозками с помощью искусственных туманов. Первая работа в России в этом направлении была выполнена в начале 40-х годов в Ленинградском институте экспериментальной метеорологии. В дальнейшем эпизодические эксперименты проводились в Одесском гидрометеорологическом институте. Большой цикл работ по созданию искусственных туманов для борьбы с заморозками проведен в НПО «Тайфун». В ГГО разработан метод создания искусственных облачных образований в подинверсионном слое, предотвращающих выхолаживание земной поверхности и образование тумана. Однако эти работы пока не доведены до стадии внедрения в практику.

ты проводились в лабораторном комплексе (камере туманов), созданном под руководством В.Я. Никандрова. Сотрудниками ГГО (М.А. Химач, Г.А. Чикирова, Н.С. Шишкин,

Н.П. Тверской, Г.М. Башкирова, Т.А. Першина, В.В. Шлыков, Т.Н. Громова, В.Н. Каменцев, А.А. Синькевич, Ю.Ф. Пономарев, Н.Н. Волков) был выполнен большой объем экспериментов по моделированию различных микрофизических процессов в облаках, включая:

- искусственное рассеяние тумана;
- измерение электрических характеристик тумана;
- исследование льдообразующей активности различных веществ;
- влияние электрического поля на кристаллизацию водного аэрозоля;
- замерзание и электризацию капель при контакте;

Разработка моделей в области АВ

Одна из первых численных микрофизических моделей была создана Н.С. Шишкиным. Ее дальнейшее развитие было проведено Т.А. Учеваткиной, Д.Д. Сталевич, Ю.А. Довгалюк. Значительное внимание было уделено развитию метода слоя, который позволяет при использовании данных сети пунктов радиозондирования оценивать возможные суммарные объемы и водозапасы конвективных облаков над большими территориями, а также давать прогноз максимального количества ливневых осадков, что нашло применение при тушении лесных пожаров. Под руководством Ю.А. Довгалюк (Е.Н. Станкова, В.Г. Баранов, А.В. Зинченко)

– заряджение тумана при наличии коронного разряда и др.

Под руководством Т.Н. Громовой выполнены исследования кристаллизующих свойств многих веществ (растворы фтороглюцина и йодистого свинца, пиротехнические составы с PbJ_2 , порошки CUS). В 1960-х годах теоретически и экспериментально был испытан порошок $NaCl$, который нашел практическое применение.

Под руководством И.М. Имянитова (Н.Н. Климин, И.Н. Дьяконова) выполнен цикл работ по моделированию процессов контактной электризации облаков в камере туманов.

была создана полуторамерная осесимметричная нестационарная модель конвективного облака. Выполнены работы по моделированию электризации конвективных облаков, исследованию влияния электрических разрядов на фазовые и микроструктурные преобразования воды в облаках (В.А. Пачин, Ю.А. Довгалюк, А.А. Синькевич, Н.Е. Веремей, Ю.Ф. Пономарев, В.Г. Баранов, Л.В. Кашлева). Под руководством Ю.А. Довгалюк осуществляются работы по разработке и совершенствованию трехмерной нестационарной модели осадкообразующего конвективного облака.



ДОВГАЛЮК ЮЛИЯ АЛЕКСАНДРОВНА

Юлия Александровна Довгалюк родилась в 1935 году. В 1958 г. после окончания физического факультета Ленинградского государственного университета поступила в Главную геофизическую обсерваторию им. А.И. Воейкова. В ГГО она прошла путь от инженера до заведующей Лабораторией физики облаков. Юлия Александровна – кандидат физико-математических наук, является высококвалифицированным специалистом в области физики конвективных облаков и осадков. В область ее научных интересов входят вопросы моделирования облачных процессов и активных воздействий на облака. Ю.А. Довгалюк является автором более 200 статей, а также обзоров по проблеме заряджения облачных капель в облаках,

монографии «Физика атмосферных аэрозольных систем». В 2009 г. за публикацию монографии «Применение полуторамерной модели для решения фундаментальных и прикладных задач физики облаков» Юлия Александровна в составе коллектива авторов стала лауреатом премии им. Б.П. Мультановского.

Под руководством Ю.А. Довгалюк и при ее непосредственном участии разработан ряд численных моделей конвективных облаков, с помощью которых решались фундаментальные и прикладные задачи физики облаков и процессов их развития. Совместно с сотрудниками лаборатории ею разработан специализированный прогноз развития конвективных облаков и связанных с ними опасных явлений на базе численной нестационарной полуторамерной модели конвективного облака. Модель внедрена в Северо-Западном УГМС. Она прошла испытания в аэропорту «Пулково» и рекомендована к использованию при прогнозировании развития конвективных облаков. Модель использовалась также для анализа экспериментов по активным воздействиям на облака с целью оценки их эффективности.

Ю.А. Довгалюк участвовала в постановке лабораторных экспериментов по исследованию закономерностей замерзания капель при воздействии различных факторов. В 2005 году по материалам исследований сотрудников отдела физики облаков и активных воздействий ГГО совместно с Т. А. Першиной ею был составлен и издан Атлас снежинок (снежных кристаллов).

Ю.А. Довгалюк ведет постоянную работу по подготовке молодых научных кадров. Более 40 лет она читает лекции в Санкт-Петербургском государственном университете, руководит курсовыми и дипломными работами. Под ее руководством подготовлены и защищены 4 кандидатские диссертации по физике конвективных облаков, построению их численных моделей с учетом действия различных факторов. Ею написаны два учебных пособия: «Физика водных и других атмосферных аэрозолей» и «Физические основы экологии».

В последние годы Ю.А. Довгалюк возглавляет работы по созданию и совершенствованию трехмерной нестационарной модели осадкообразующего конвективного облака, в выполнении которых принимают участие четыре ведущих научных учреждения Росгидромета.



СИНЬКЕВИЧ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Андрей Александрович Синькевич родился в 1951 году. В 1975 г. после окончания Ленинградского института авиационного приборостроения А. А. Синькевич начал работать в отделе физики облаков и активных воздействий ГГО им. А.И. Воейкова. В ГГО А.А. Синькевич занимал должности инженера, старшего инженера, младшего, старшего, ведущего научного сотрудника, заместителя заведующего, а впоследствии заведующего Отделом физики облаков, активных воздействий и радиационных исследований. В 1982 г. защитил кандидатскую диссертацию «Экспериментальное исследование термических характеристик облаков с помощью радиометра ИК-диапазона», а в 1992 г. — докторскую диссертацию «Создание комплекса самолетной метеорологической аппаратуры, разработка методики ее применения и результаты экспериментальных исследований облаков». Награжден знаком «Почетный работник Гидрометеослужбы России».

В период с 1977 по 1992 г. под непосредственным руководством А.А. Синькевича на самолетах Ил-14 и Як-42 были созданы лаборатории для исследований по физике облаков и активных воздействий. В результате многочисленных самолетных экспериментов были получены данные о термодинамическом состоянии облаков, проведены работы по воздействиям на облака и оценке эффективности этих воздействий. Результаты этих работ обобщены в монографии о характеристиках облаков Северо-Запада России. А.А. Синькевич неоднократно принимал участие в работах по активным воздействиям на облака с целью предотвращения осадков в Ленинграде.

Исследования А.А. Синькевича связаны с проведением лабораторных экспериментов по изучению микрофизических и электрических процессов в облаках. Им также выполнен цикл работ по исследованию динамики кучево-дождевых облаков на основе радиолокационных данных и информации спутника «Метеосат». Активно участвовал в международных проектах и экспериментах по активным воздействиям, проводимых в Южной Корее, США, Индии, Канаде и Саудовской Аравии.

Им опубликовано более 150 научных работ, среди которых несколько монографий. Член Проблемного совета Росгидромета по активным воздействиям.



МИХАЙЛОВСКИЙ ЮРИЙ ПАВЛОВИЧ

Юрий Павлович Михайловский родился в 1949 году. В 1976 г. поступил на работу в ГГО им. А.И. Воейкова на должность старшего инженера после окончания Ленинградского государственного университета. В 1990 г. защитил диссертацию «Электризация конвективных облаков (полевые самолетные исследования)». В настоящее время является ведущим научным сотрудником, кандидат физико-математических наук и одним из ведущих специалистов в области самолетных исследований электрических характеристик атмосферы и облаков, активных воздействий на электрическое состояние облаков. Список опубликованных работ и докладов превышает 100. Награжден знаком «Почетный работник Гидрометеослужбы России».

В течение многих лет являлся научным руководителем полетов по тематике диссертации, налетал в этом качестве на самолетах-лабораториях около 4000 летных часов. В работах по воздействиям использовались самолеты Ил-14 и Ил-18 ГГО, АнН-12, Ил-18, Ту-104 и Ту-16 проекта «Циклон», Як-40 ИГАН. Помимо самолетных работ участвовал также в работах Отдела атмосферного электричества по воздействиям на грозы наземными ракетными методами в Молдавии и Грузии (Алазанская долина, Руиспири).

В.Н. Козлов

РАБОТЫ ПО АКТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ЦЕНТРЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ (ФИЛИАЛЕ ГГО)

Исследования и оперативные работы по активным воздействиям (АВ) на геофизические и гидрометеорологические процессы с 1994 по 2010 год проводились в НИЦ ДЗА (филиале ГГО). Основными видами работ являлись разработка новых реагентов и технологий их применения, оперативные работы по метеозащите мегаполисов, снижение класса пожарной опасности

лесов и тушение лесных пожаров искусственно вызванными осадками, исследования атмосферного электричества и методов его мониторинга, совершенствование радиолокационного обеспечения, разработка методов СВЧ-зондирования атмосферы, мониторинг малых газовых составляющих атмосферы.

Разработка реагентов для искусственного вызывания осадков из конвективных облаков

Вопрос о разработке реагентов для искусственного вызывания осадков (ИВО) возник в связи с работами лесопатрульной авиации по снижению класса пожарной опасности лесов и тушения лесных пожаров. Анализ ресурсной облачности в пожароопасный период показал, что развитие конвекции в это время происходит преимущественно ниже уровня расположения нулевой изотермы в свободной атмосфере. Такая облачность характеризуется как «теплая». Разработанные реагенты на основе йодистого серебра с температурным порогом активации -6°C не всегда эффективны для ИВО. В связи с этим крайне важно иметь реагент, который был бы не ограничен температурным порогом применения для активных воздействий на облака с целью искусственного регулирования осадков. Руководство лесопатрульной авиации обратилось с просьбой провести разработку более эффективного реагента для использования с легкомоторных самолетов, эксплуатируемых ФГУ «Авиалесоохрана». В результате проведенных исследований совместно с СКТБ «Технолог» при Ленинградском технологическом институте (в настоящее время – университете) был разработан гигроскопический реагент и технические средства его применения.

Данный реагент предназначен для вызывания осадков прежде всего из теплых облаков, хотя может быть применен и к пере-

охлажденным облачным системам. Наличие таких реагентов позволяет исключить температурный порог активности применения реагента из технологии ИВО, а также снять ограничения с высоты засева облаков и использовать дополнительное выделение скрытой теплоты конденсации водяного пара для более значительного увеличения энергии неустойчивости в облачной среде.

Введение такого реагента в восходящий поток облака, в том числе с его нижней границы, осуществляется в макетах штатных пиропатронов ПВ-26. Методика введения реагента с нижней границы облака с использованием легкомоторных самолетов значительно уменьшает расходы на работы по воздействию

Теоретическое обоснование применения ионогенных гигроскопических реагентов для вызывания осадков выполнено В.В. Клинго, разработка реагента выполнена под руководством В.Н. Козлова, в работе участвовали В.А. Фомин, А.В. Лихачев, С.М. Окунев.

Оперативно-производственные работы по искусственному регулированию осадков

Работы по АВ в данном направлении выполнялись под научным руководством Г.Г. Щукина, методическое обеспечение работ осуществлялось В.Н. Козловым, радиотехническое – С.М. Гальпериним, Н.С. Дорожкиным, в полетах участвовали С.М. Окунев, Е.А. Будко.

Сотрудники НИЦ ДЗА с 1994 по 2006 год проводили работы по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы с целью создания благоприятных погодных условий при проведении общественных мероприятий в таких мегаполисах, как Санкт-Петербург (Игры Доброй Воли, 1994 г., 300-летие Города, 2003 г., Саммит «Большой восьмерки», 2006 г., Алые паруса, 2006 г.), Ташкент (Празднование Нав-

руза и Дня Независимости, 2002, 2003 гг.), Казань (Празднование 1000-летия города, 2005 г.).

Реализация работ обеспечила решение ряда задач, имеющих большое социальное значение, а именно: создание благоприятных погодных условий при проведении массовых мероприятий на открытых площадях; предотвращение ущерба от выпадения осадков. Работы в 2000-х годах проводились совместно с АНО «Агентство АГТЕХ» и показали высокие результаты применения методов активного воздействия на гидрометеорологические процессы. Это наглядно видно на примере проведения метеозащиты Санкт-Петербурга в 2006 г.



ЩУКИН ГЕОРГИЙ ГЕОРГИЕВИЧ

Георгий Георгиевич Щукин родился в 1938 году. В 1961 г. окончил радиотехнический факультет Ленинградского института точной механики и оптики. С 1961 по 2010 г. работал в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (с 1971 по 1986 г. – заведующий Отделом радиометеорологических исследований, с 1986 по 2009 г. – заместитель директора ГГО, директор филиала ГГО Научно-исследовательского центра дистанционного зондирования атмосферы). С 2011 г. – профессор Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ и КБР, заслуженный метеоролог РФ, почетный профессор МИ ВлГУ, академик РАЕН, один из ведущих ученых в области радиометеорологии, дистанционного зондирования и распространения радиоволн. Является автором более 500 научных работ, включающих 10 монографий и 21 изобретение. Награжден орденом «Знак Почета», медалью «Ветеран труда», знаком «Почетный работник Гидрометеослужбы России», занесен в книгу почета Госкомгидромета СССР. Лауреат научной премии губернатора Ленинградской области и Санкт-Петербургского научного центра РАН.

Г.Г. Щукин участвовал в становлении отечественной аэрокосмической микроволновой радиометрии. Разработанные при его участии самолетные методы СВЧ-радиометрического определения характеристик облаков, осадков, водной поверхности и ледяного покрова нашли применение при интерпретации данных, полученных с ИСЗ «Космос-243», запущенного в 1968 г., на два года раньше аналогичного американского спутника.

Г.Г. Щукиным и его учениками выполнены теоретические и экспериментальные исследования взаимосвязей между радиофизическими характеристиками и метеорологическими параметрами атмосферы, на основании которых впервые были разработаны радиофизические модели атмосферы и облаков, связывающие между собой гигрометрические характеристики, определяющие характер развития основных атмосферных процессов, с параметрами собственного и рассеянного радиоизлучения. Эти модели послужили основой для радиофизических методов исследования микрофизических характеристик облаков и контроля их состояния.

Под руководством Г.Г. Щукина выполнен крупный цикл теоретических и экспериментальных исследований распространения радиоволн в различных метеорологических условиях и впервые установлена зависимость интенсивности радиотеплового излучения атмосферы от рефракции. Результаты исследований были использованы для оценки эффективности корабельных радионавигационных систем и влияния атмосферной рефракции на дальность их действия.

Г.Г. Щукин внес крупный вклад в развитие радиометеорологии. При его непосредственном участии была создана сеть штормооповещения об опасных явлениях погоды, связанных с облаками (ливень, гроза, град, смерч) на базе метеорологических радиолокаторов МРЛ-2 и МРЛ-5 для обеспечения оперативной информацией различных отраслей народного хозяйства и, прежде всего, метеообеспечения авиации. В 2007–2010 гг. осуществлено также участие и в разработке технического задания, в которое Г.Г. Щукиным были введены режим поляризации и СВЧ-радиометрический канал, и испытаниях первого отечественного доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С, поступившего на сеть Росгидромета.

Г.Г. Щукин является основателем и руководителем нового научного направления – комплексного пассивно-активного радиолокационного зондирования окружающей среды (методов активной радиолокации и радиотеплолокации). Данный метод получил широкое применение в работах по контролю активных воздействий на метеорологические процессы, проведенных на Полевой экспериментальной базе в Ленинградской области, которая была организована под его руководством и непосредственном участии для обеспечения проведения активных воздействий на облака с целью регулирования грозовой (молниевой) активности и контроля их результатов. ПЭБ была оснащена комплексом радиотехнических средств, в состав которых входила и разработанная под научным руководством Г.Г. Щукина пассивно-активная радиолокационная станция на базе МРЛ-2П. Выполненный на ПЭБ обширный комплекс экспериментальных работ позволил получить новую информацию о физических процессах, происходящих в мощных конвективных облаках на разных стадиях развития, включая грозовую.

Под руководством Г.Г. Щукина проведена серия работ в области активных воздействий на облака с целью создания благоприятных погодных условий в различных регионах России и за рубежом. Наиболее ответственными были работы в дни празднования 300-летия Санкт-Петербурга. За успешное их проведение Указом Президента РФ был награжден медалью «В память 300-летия Санкт-Петербурга».

Г.Г. Щукиным внесен существенный вклад в развитие радиофизических (СВЧ-радиометрический, пассивно-активный радиолокационный) методов исследования температурно-влажностных характеристик атмосферы, влагодозапаса и водности облаков и интенсивности осадков и их применение для контроля эффективности результатов активных воздействий на облака с целью регулирования осадков и грозовой (молниевой) активности.

Г.Г. Щукин успешно сочетает научную деятельность с подготовкой кадров. Является членом 3-х докторских диссертационных советов. Член бюро Научного совета РАН по распространению радиоволн и председатель секции «Дистанционное зондирование атмосферы и земных покровов». Им подготовлено 7 докторов и 22 кандидата наук.

Применение методов искусственного регулирования осадков для метеозащиты Санкт-Петербурга

При подготовке работ по улучшению погодных условий в Санкт-Петербурге в дни проведения Саммита «Большой восьмерки» 15–17 июля 2006 г. в соответствии с существовавшими синоптическими прогнозами были приняты меры по обеспечению возможности воздействия на широкий спектр форм и типов облачности. Техническое оснащение самолетов средствами воздействий позволяло им производить воздействия как на слоистообразные облака с целью их рассеяния и прекращения осадков, так и на изолированные или затопленные зоны конвекции с целью их разрушения и предотвращения ливней.

Воздействия планировалось осуществлять с применением технологий, разработанных в Росгидромете и основанных на засевах слоистообразных форм облачности с самолетов гранулированной твердой углекислотой, йодистым серебром или жидким азотом. Для подавления развития кучевых облаков и предотвращения ливневых осадков из них предусматривался засев таких облаков дозированными порциями порошкообразного реагента, иницирующими в облаках нисходящие движения. В качестве аэропорта базирования самолетов на период работ был выбран аэродром «Чкаловский».

Техническое обеспечение работ средствами воздействий, их подготовку и техническое обслуживание, а также изготовление упаковок с порошкообразными реагентами осуществляло ЗАО «Центр внедрения методов и средств активного воздействия на погоду "АКВА"».

Работы по борьбе с лесными пожарами

Работы проводились под руководством В.Н. Козлова с участием С.М. Окунева и Е.А. Будко и сотрудников авиабаз ФГУ «Авиалесоохрана» с применением разработанного гигроскопического ионогенного реагента.

Проведенные опытно-экспериментальные работы по тушению лесных пожаров искусственным вызыванием осадков (ИВО) в 2000–2006 годах показали их высокую эффективность. Всего в работах по вызыванию осадков было задействовано 15 авиабаз ФГУ «Авиалесоохрана», из них 12 проводили вызывание осадков для тушения лесных

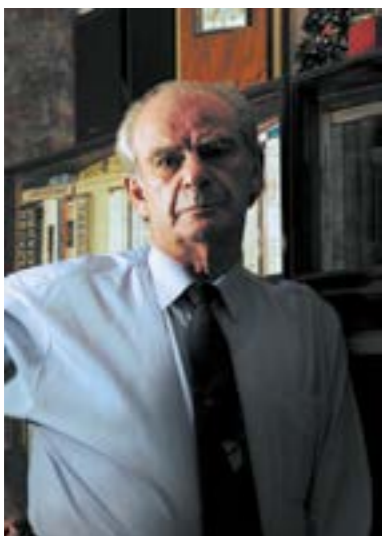
Специалистами НИЦ ДЗА была проведена необходимая работа со специализированными организациями управления воздушным движением в Санкт-Петербургской воздушной зоне, в результате которой была подготовлена и утверждена в установленном порядке «Временная инструкция по организации и производству полетов по созданию благоприятных погодных условий в дни проведения Саммита "Большой восьмерки"» в Санкт-Петербурге 15–17 июля 2006 г.

На Пункте управления работами на радиолокационном комплексе НИЦ ДЗА в пос. Воейково в дополнение к имеющейся здесь радиолокационной информации был организован также прием синоптической и спутниковой информации и данных радиоветрового зондирования, что наряду с поступающими по радио данными самолетного зондирования атмосферы обеспечивало группу оперативного управления всей информацией о синоптической обстановке и характеристиках облачных полей, необходимой для принятия оперативных решений о проведении воздействий.

Самолетные работы по АВ проводились в эти дни на фронтальные облака.

После проведения воздействий наблюдалось либо полное прекращение осадков, либо уменьшение их интенсивности в 5–10 раз, а также имело место уменьшение площади облачного массива и высоты верхней границы облаков при прохождении их над Санкт-Петербургом.

пожаров, а 3, включая Тюменскую, Западно-Сибирскую и Уральскую, использовали ИВО и для снижения класса пожарной опасности лесов (КПО). Общая площадь погашенных пожаров ИВО составила 133328 га, эффективность ИВО равна в среднем по всем авиабазам 77 %. Наиболее показательные результаты были получены Красноярской авиабазой, где такие работы проводились ежегодно, и было погашено 42081 га с эффективностью вызывания осадков 87 %. Авиаработы проводились преимущественно с самолета Ан-26, оборудованного системой отстрела ПВ-26.



ГАЛЬПЕРИН СЕМЕН МИХАЙЛОВИЧ (1926–2009)

В июле 1943 г. Семен Михайлович Гальперин был мобилизован и стал курсантом 1-й школы младших авиаспециалистов ВВС Тихоокеанского флота. В декабре 1943 г. был направлен в одно из его подразделений. После окончания в 1958 г. Ленинградской военно-инженерной академии им. А.Ф. Можайского был оставлен в ней для проведения научных исследований. В 1966 г. С.М. Гальперин защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, которая была посвящена разработке и исследованию комплексного радиолокационно-пеленгационного метода обнаружения грозных облаков. В 1977 г. после демобилизации начал работать в отделе радиометеорологических исследований в ГГО им. А.И. Воейкова, в котором занимал должности ведущего научного сотрудника, заведующего лабораторией и заведующего отделом в филиале ГГО – НИЦ ДЗА. Награжден знаком «Почетный работник Гидрометеослужбы РФ». Имеет правительственные награды: медаль «За боевые заслуги», медаль ордена «За заслуги перед Отечеством» 2-й степени и 12 военных медалей.

В конце 50-х годов прошлого века С.М. Гальперин вместе со специалистами ВНИИРА участвовал в разработке и полевых испытаниях первой отечественной двухдиапазонной радиолокационной метеорологической станции МРЛ-1. Он внес большой вклад в изучение не дождевых облаков с использованием миллиметрового диапазона волн. В конце 60-х – начале 70-х годов при исследовании грозных облаков дистанционными техническими средствами ему совместно с коллегами впервые удалось обосновать, обнаружить и исследовать возможности и особенности применения метровых РЛС для изучения ионизированных каналов молний. Широкую известность среди специалистов получила его монография «Радиотехнические методы исследований гроз», написанная им в соавторстве. С.М. Гальперин принял активное участие в организации и становлении экспериментальной базы в поселке Тургошь Ленинградской области. Созданный под его руководством уникальный комплекс активных и пассивных средств дистанционного зондирования атмосферы позволил в течение многих лет проводить экспериментальные исследования грозных облаков, развивающихся естественным образом и при активных воздействиях. С.М. Гальперин активно участвовал в деятельности методического центра СЭВ по радиолокационной метеорологии, а также в метеорологическом обеспечении запусков отечественного космического аппарата «Буран».



КОЗЛОВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ

Владимир Николаевич Козлов родился в 1936 году. После окончания Военного гидрометеорологического факультета Советской Армии в 1959 г. проходил службу в Вооруженных силах СССР. С 1986 г. по настоящее время – заведующий лабораторией в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (с 1994 по 2009 г. – в филиале ГГО Научно-исследовательском центре дистанционного зондирования атмосферы). Доктор технических наук, доцент, специалист в области активных воздействий на гидрометеорологические процессы, неоднократно руководил работами по метеозащите мегаполисов в РФ и за рубежом, искусственным вызыванием осадков при борьбе с лесными пожарами, занимался разработкой новых реагентов и совершенствованием технологии искусственного вызывания осадков для предотвращения засух. В. Н. Козлов – автор 59 научных публикаций, в том числе двух монографий, трех руководящих документов по искусственному вызыванию осадков для тушения лесных пожаров, 50 изобретений. Награжден нагрудными знаками «Почетный работник Гидрометеослужбы России» и «Отличник охраны природы» Министерства природных ресурсов РФ.



ФОМИН ВАЛЕРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ (1939–1997)

Валерий Алексеевич Фомин в 1962 г. окончил Ленинградское высшее инженерно-морское училище им. адмирала С.О. Макарова по специальности инженер-океанолог, кандидат технических наук. С 1981 г. работал в ГГО (филиале ГГО – НИЦ ДЗА) старшим научным сотрудником, с 1987 г. – заведующим отделом активных воздействий. Организатор исследовательских работ по активным воздействиям на атмосферные процессы. Под руководством В.А. Фомина и при его непосредственном участии были выполнены теоретические и экспериментальные работы по разработке методов искусственного вызывания осадков для тушения лесных пожаров новыми реагентами на основе низкотемпературной плазмы. В 1994 г. В.А. Фомин руководил самолетными работами по метеозащите Санкт-Петербурга в период проведения Игр Доброй Воли с 22 июля по 7 августа. Соавтор 5 изобретений. В.А. Фомин был неоднократно отмечен ведомственными поощрениями. Трагически погиб в сентябре 1997 г.



ОКУНЕВ СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ (1954–2012)

Сергей Михайлович Окунев в 1976 г. окончил Политехнический институт в Ужгороде. С 1977 по 1994 г. работал в ГГО им. А.И. Воейкова в должности инженера, а с 1994 г. – в Научно-исследовательском центре дистанционного зондирования атмосферы (филиале ГГО) в должности научного сотрудника в Отделе активных воздействий. В 1994 г. С.М. Окунев руководил работами на борту самолета Ан-2 по метеозащите Санкт-Петербурга от выпадения осадков ионогенными реагентами (САГ-ФХС). В 2002–2006 гг. С.М. Окунев руководил работами на борту самолета Ан-12 по метеозащите Ташкента, Казани и Санкт-Петербурга. Автор 16 научных работ и 6 патентов на изобретения.

С.М. Окунев с 1978 г. принимал активное участие в работах по исследованию конвективной облачности и искусственному вызыванию осадков для тушения лесных пожаров. При его участии был разработан пиротехнический генератор йодистого серебра (САГ-П) и устройство для искусственного вызывания осадков с легкомоторных самолетов КУСАГ-П. С 1986 по 1995 г. участвовал в разработке генераторов САГ-ФХС на основе калиево-магниевых смесей для искусственного вызывания осадков из теплых облаков, которые являются основным видом конвективной облачности в пожароопасный период. С 1997 по 2006 г. принимал активное участие в борьбе с лесными пожарами в таежной зоне Российской Федерации.

Б.Г. Данелян

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО АКТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЭРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Работы по активным воздействиям были начаты в ЦАО в 1948 году по инициативе И.И. Гайворонского. В 1954 году была

создана Лаборатория активных воздействий, которая выросла затем в отдел, в течение 22 лет возглавлявшийся И.И. Гайворонским.

Рассеяние облаков и туманов

Первой задачей, решенной в рамках нового направления, явилась разработка метода рассеяния переохлажденных облаков и туманов. Уже к 1951 году, значительно опережая зарубежных исследователей, группа активных воздействий тропосферного отдела ЦАО под руководством Ю.А. Серегина выполнила большой цикл натурных экспериментов и создала самолётную методику искусственного рассеяния переохлажденных облаков и туманов для нужд авиации.

В 1952–1954 годах были проведены широкие натурные испытания разработанной в отделе методики рассеяния переохлажден-

ных облаков и туманов в различных физико-географических районах страны.

В 80-е годы работы в области искусственного рассеяния низких переохлажденных облаков и туманов были сосредоточены на создании автоматизированных самолётных и наземных средств воздействия на основе хладореагентов различных типов (углекислота, пропан, жидкий азот) и на разработке методики их практического применения.

Для научного обоснования технических характеристик наземных средств воздействия под руководством Л.И. Красновской



ГАЙВОРОНСКИЙ ИВАН ИВАНОВИЧ (1910–1975)

Иван Иванович Гайворонский родился в городе Царицыне (Сталинграде, Волгограде) в 1910 году. В 1931 г. окончил Саратовский сельскохозяйственный институт, агрометеорологический факультет. Кандидат физико-математических наук. Работал в ЦАО с 1946 г. в лаборатории радиозондирования. В 1955 г. назначен начальником лаборатории Отдела активных воздействий, с 1965 г. – заведующий Лабораторией воздействия на облака и туманы, с 1970 – заведующий Отделом активных воздействий. При его активном участии были выполнены теоретические и экспериментальные исследования по регулированию развития переохлажденных облаков и туманов твердой углекислотой. За разработку и внедрение метода защиты сельскохозяйственных культур от градобития удостоен Государственной премии СССР. Награжден орденами Трудового Красного знамени, «Знак почета», медалью «За доблестный труд». Автор более 50 научных работ и 10 авторских свидетельств.



СЕРЕГИН ЮРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ (1929–1993)

Юрий Алексеевич Серегин родился в Москве 29 декабря 1929 года. В 1953 г. окончил Московский энергетический институт по специальности «теплофизические установки». С 1953 г. работал в ЦАО в Отделе стратосферных исследований, с 1954 по 1967 г. – в Центральном аппарате Главного управления Гидрометеослужбы СССР в должности заместителя начальника управления и затем начальника Управления активных воздействий. В январе 1976 г. возвратился на работу в ЦАО и работает заведующим Отделом активных воздействий. Кандидат физико-математических наук. Автор более 100 печатных работ и нескольких десятков изобретений. За разработку и внедрение средств и методов борьбы с градом Ю.А. Серегин был удостоен звания Лауреата Государственной премии СССР.

Ю.А. Серегин провел большую работу по изысканию методов и средств борьбы с градом, в разработке и создании практических методов и средств искусственного рассеяния переохлажденных облаков и туманов. Ю.А. Серегин был предложен и развит метод разрушения конвективных облаков с помощью грубодисперсных порошков. Являлся соавтором большинства используемых в стране технических средств воздействия и куратором проекта по созданию самолетов-метеолaborаторий серии «Циклон». Организовал многолетний проект по увеличению осадков в Сирийской Арабской Республике и до конца жизни был руководителем этого проекта.



КРАСНОВСКАЯ ЛЮДМИЛА ИВАНОВНА

Людмила Ивановна Красновская родилась 2 января 1930 года в Фергане. В 1953 г. окончила Среднеазиатский государственный университет, физико-математический факультет. В 1956 г. была зачислена в Лабораторию воздействий на облака и туманы ЦАО. Основной задачей лаборатории в этот период была разработка методики рассеяния переохлажденных низких облаков и туманов с использованием твердой углекислоты для улучшения видимости при взлете и посадке самолетов. Кандидат физико-математических наук. В 1979 г. избрана на должность заведующей Лаборатории искусственного рассеяния тумана. Автор более 30 научных статей, изобретений, патентов. Награждена медалью «За трудовую доблесть».

были проведены лабораторные исследования, направленные на изыскание эффективных способов введения в туман хладореагентов и определение их максимальной эффективности.

Несмотря на высокую эффективность, достигнутую при лабораторных исследованиях жидкого пропана и при испытании экспериментальных образцов автоматизированной системы пропановых установок, в дальнейшем при эксплуатации системы таких установок был выявлен ряд технических трудностей, послуживших причиной отказа от широкого внедрения этой системы. За рубежом (США, Франция) эти трудности, по-видимому, отсутствовали, и аналогичные системы применяются на аэродромах до настоящего времени. В эти же годы для обеспечения самолетных работ совместно с Производственным объединением «ЗИЛ» был разработан экспериментальный образец отечественного гранулятора для получения калиброванных по размеру твердых гранул из жидкой углекислоты. Совместно с предприятиями МАП разработан и установлен на самолет Ан-26 самолетный дозатор СДУ, позволяющий дозировать сброс гранулированной CO_2 .

В 1983 году М.П. Власюк, Ю.А. Серегин, А.В. Серогодский и А.А. Черников предложили использовать для генерации ледяных кристаллов жидкий азот, экологически

безопасный и легко доступный хладореагент. Дальнейшее развитие методов рассеяния переохлажденных туманов проводилось в направлении исследований и создания генераторов на жидком азоте. А.В. Серогодским были предложены и под руководством М.П. Власюка реализованы разработки нескольких типов наземных и самолетных азотных генераторов мелкодисперсных ледяных частиц.

Выполненные в Кишиневе и Минеральных Водах эксперименты по рассеянию туманов позволили в 1988–1992 годах осуществить успешную опытную эксплуатацию этой системы в Алма-Ате и аэропорту Шереметьево. Благодаря операциям по рассеянию тумана в двух аэропортах было обеспечено свыше 2500 взлетов и посадок самолетов. В 1997–2001 годах азотная технология ЦАО успешно использовалась в работах ЦАО по рассеянию туманов в аэропортах (Л.И. Красновская, Б.Н. Сергеев, А.А. Черников) и на автотрассах Северной Италии (М.П. Власюк, Б.П. Колосков).

Одновременно с экспериментальными исследованиями в 80-х годах был выполнен большой цикл теоретических работ с использованием методов численного моделирования. В.И. Хворостьяновым с сотрудниками был разработан комплекс двумерных и трехмерных численных моделей эволюции зон искусственной кристаллизации и просвета.



ВЛАСЮК МИХАИЛ ПЕТРОВИЧ (1937–2001)

Михаил Петрович Власюк родился в 1937 году (ст. Коростень-Подольский УССР). В 1961 г. окончил Ленинградский институт точной механики и оптики по специальности «математические и счетно-решающие приборы и устройства». С 1966 г. работал в Институте прикладной математики АН СССР. Кандидат физико-математических наук. С 1975 г. работал в системе ГУГМС на должности заместителя начальника Управления активных воздействий, с 1979 – заведующий лабораторией Отдела активных воздействий ЦАО. Под его руководством были разработаны новые средства воздействия с использованием в качестве хладореагента жидкого азота. Были созданы наземные и самолетные генераторы мелкодисперсных кристаллов льда. Автор нескольких десятков научных работ и изобретений.

Впоследствии они были обобщены для моделирования искусственного регулирования осадков из фронтальных, конвективных и орографических облаков (В.И. Хворостьянов, Г.Р. Тороян, А.П. Хаин). А.Ф. Кузнецовым было исследовано влияние гравитационных волн на мезомасштабную структуру тумана и процесс образования просвета при его искусственной кристаллизации.

В 50–60 годы А.Д. Соловьевым с сотрудниками были выполнены первые в стране фундаментальные исследования возможных методов рассеяния теплых туманов (имеющих температуру выше 0 °С). В созданной лабораторной облачной камере было изучено действие на туман различных классов химических веществ (гигроскопических, поверхностно-активных, смачиваемых, пенообразующих и т.д.) и дана оценка степени перспективности выдвигавшихся в этот период многочисленных предложений по рассеянию теплых туманов. Выполнена работа

по обоснованию методов рассеяния и предложены универсальные критерии их эффективности, основанные на энергетических затратах на очищение от тумана единичного объема атмосферы (А.Д. Соловьев).

В 90-е годы в ЦАО под руководством А.А. Черникова исследованы возможности электрического осаждения капель и применения технических средств одновременного нагрева и осушения воздуха для рассеяния теплового тумана (А.А. Черников, М.Н. Хайкин).

Новый всплеск исследований рассеяния теплых туманов с помощью электрофизических методов получил в последнее время в ФГБУ «НПО «Тайфун» (В.Н. Иванов, А.А. Палей, Н.П. Романов). Созданы электрические фильтры, использующие коронный разряд. Проведен целый цикл работ в Большой аэрозольной камере НПО «Тайфун». В настоящее время в ЦАО исследования по рассеянию теплых туманов

продолжены с использованием растворов гигроскопических реагентов (Т.В. Баззаев, А.Н. Хижняк).

В ЦАО был создан генератор мелкодисперсных гигроскопических растворов (ГМГР), разработанный на основе ротор-

ного распылителя ASC-A20-24 (США), позволяющий регулировать размер капель для создания узкого спектра с необходимым модальным размером при достаточно большой объемной концентрации ($\sim 10^3$ кап/см³).

Разработка реагентов для активных воздействий и исследование их льдообразующей эффективности

Одним из основных направлений с начала работ в ЦАО по активным воздействиям являлись исследования искусственных льдообразующих аэрозолей, как наиболее универсального средства воздействия на облака. Они были начаты в конце 40-х годов изучением действия на переохлажденные облака и туманы аэрозолей йодистого серебра

(И.И. Гайворонский, Ю.А. Серегин). В опытах по рассеянию переохлажденных туманов в аэропортах Алма-Аты и Минеральных Вод был оценен температурный порог действия аэрозоля, получаемого сжиганием ацетонового раствора йодистого серебра, и определены дозировки реагента, необходимые для эффективного рассеяния тумана. Уже в этот



СОЛОВЬЕВ АЛЕКСЕЙ ДМИТРИЕВИЧ
(1921–1983)

Алексей Дмитриевич Соловьев родился в 1921 году в городе Ардатов Нижегородской области. В 1947 г. окончил Московский государственный университет по специальности «физик». Кандидат физико-математических наук. В 1955 г. был принят на работу в ЦАО на должность младшего научного сотрудника Лаборатории активных воздействий. Последняя должность – заведующий Лабораторией моделирования Отдела активных воздействий. Им создана общая теория воздействия на теплые туманы с ее метеорологическими и физико-химическими аспектами. Автор многочисленных научных публикаций, докладов на конференциях.

А.Д. Соловьев выполнил большой и важный цикл экспериментальных и теоретических исследований эффективности и общих закономерностей действия ряда классов реагентов при их введении в теплые облака и туманы. Неоценим вклад А.Д. Соловьева в работы по поиску новых льдообразующих реагентов. Камеры туманов ЦАО, созданные под его руководством, широко использовались для изучения эффективности механизма первичного взаимодействия реагентов и частиц тумана.



ЧЕРНИКОВ АЛЬБЕРТ АЛЕКСЕЕВИЧ
(1936–2007)

Альберт Алексеевич Черников родился в 1936 году в Новомосковске. В 1959 г. окончил Московский физико-технический институт по специальности «радиофизик». С 1959 г. работал в ЦАО, где прошел путь от младшего научного сотрудника до директора института, доктор физико-математических наук, профессор. Под его руководством выполнен цикл исследований, направленных на изучение свойств радиолокационных сигналов от облаков и осадков и разработки методов и аппаратуры метеорологической радиолокации в получении оперативной информации об опасных явлениях, связанных с облаками. Автор более 70 научных трудов, 8 изобретений и одного открытия. Лауреат Государственной премии СССР в области науки и техники, награжден орденом «Дружба народов» и медалью «За доблестный труд», участник ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС.

Под руководством А.А. Черникова проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по проблеме активного воздействия на гидрометеорологические процессы. Долгие годы Альберт Алексеевич возглавлял проблемный совет Росгидромета по активным воздействиям. Принимал активное участие в осуществлении проектов по увеличению осадков в Испании, Сирийской Арабской Республике, Исламской Республике Иран, в Республике Куба.

период делались попытки исследовать химический состав и дисперсность аэрозолей при диспергировании льдообразующих веществ (А.Д. Малкина). В 1958–1960 годах в ЦАО создается облачная камера для количественных исследований льдообразующих аэрозолей. Под руководством Н.О. Плауде разрабатывается методика определения выхода льдообразующих частиц на единицу массы реагента (Н.О. Плауде, М.Я. Аксенов).

Разработанная Н.О. Плауде методика измерений абсолютной величины выхода льдообразующих частиц позволила получать объективную характеристику льдообразующей способности вещества. Методика стала общепринятой во всех институтах бывшего СССР, занимавшихся исследованиями льдообразующих реагентов. Одновременно развивается методика электронно-микроскопического исследования дисперсности льдообразующих аэрозолей (М.Я. Аксенов). Важным практическим достижением в области исследований льдообразующих аэрозолей явилось создание эффективных реагентов для воздействия на градовые облака. Для диспергирования льдообразующих веществ, используемых в противоголовых ракетах, ЦАО совместно с НИИПХ и Институтом геофизики АН Грузинской ССР был предложен метод возгонки веществ в пиротехнических

смесях, нашедший впоследствии широкое применение также в наземных и самолётных средствах воздействия. В качестве не дефицитного льдообразующего соединения вместо йодистого серебра на первом этапе был применен йодид свинца (И.И. Гайворонский, И.И. Вернидуб, Н.О. Плауде, В.В. Шишминцев). Использование разработанных пиротехнических составов позволило организовать, начиная с 1964 года, производственную защиту от града на территории Молдавской ССР, исключив из употребления дефицитное дорогостоящее йодистое серебро. Однако токсичность йодида свинца и опасность его накопления в природной среде при расширении масштабов работ по активным воздействиям потребовали поиска других реагентов.

В 1965–1975 годах в ЦАО был обследован на льдообразующую активность большой ряд химических соединений, не обладающих токсичностью йодистого свинца, в частности, органических льдообразующих веществ. Всестороннему исследованию в отношении льдообразующих свойств и эксплуатационных характеристик были подвергнуты флороглюцин, 1,5-диоксинафталин, ацетилацетонат меди. В ходе исследования ацетилацетоната меди, предложенного в качестве льдообразующего реагента А.Д. Малкиной и В.В. Патрикеевым,

впервые была обнаружена специфическая чувствительность льдообразующей активности к пересыщению водяного пара у органических соединений (Н.О. Плауде). Для испытания органических веществ в природных облаках разработан самолётный генератор органических льдообразующих аэрозолей (Т.В. Баззаев, М.Я. Аксенов).

В ЦАО был развит способ измерения предельного выхода активных частиц как наиболее объективной характеристики льдообразующей способности веществ и установлена максимальная достижимая активность для основных льдообразующих реагентов (Н.О. Плауде, М.Я. Аксенов). Были выполнены детальные исследования йодистого серебра, которые показали уникальность этого вещества как реагента и обосновали возможность уменьшения относительного содержания йодида серебра в пиротехнических средствах активных воздействий.

Разработанные НИИПХ и испытанные в ЦАО и НПО «Тайфун» пиротехни-

ческие составы с 2-процентным содержанием йодистого серебра на протяжении более 15 лет являлись основой отечественных аэрозольных средств воздействия. Выполненные в 1981 году прямые сравнения разработанного состава с зарубежными льдообразующими пиросоставами того времени показали его существенное преимущество в уровне активности и эффективности использования йодистого серебра. Высокая эффективность состава была продемонстрирована испытаниями в натуральных условиях на слоистых облаках (М.Я. Аксенов, Т.В. Баззаев, Б.Н. Лесков, Н.О. Плауде). В дальнейшем усилия были сосредоточены на поисках способов повышения эффективности пиротехнических смесей с йодистым серебром. Был решен вопрос об оптимальных размерах частиц йодистого серебра (М.Я. Аксенов, Н.О. Плауде, Е.В. Сосникова), показана возможность активации пиросоставов добавками гигроскопических соединений, обеспечивающих осуществление наиболее эффективного механизма



ХИЖНЯК АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ

Александр Николаевич Хижняк родился в 1945 году в поселке Красная Яруга Белгородской области. Окончил Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана в 1970 г. по специальности «автоматические и информационные устройства». С 1971 г. работает в ЦАО. Кандидат технических наук. С 2003 г. – научный сотрудник Отдела физики облаков и активных воздействий. За время работы в ЦАО занимался вопросами рассеивания переохлажденных и теплых туманов, включая разработку технических средств воздействия и контроля, является разработчиком лабораторной методики исследования возможных механизмов применения ИК-излучения для рассеивания теплых туманов. В 1996–1998 гг. принимал участие в работах по рассеиванию переохлажденных туманов на аэродроме города Парма в Италии. Автор более 25 научных публикаций и докладов на конференциях.



ПЛАУДЕ НОРА ОСКАРОВНА (1933–2014)

Нора Оскаровна Плауде родилась в 1933 году в Ленинграде. В 1955 г. окончила Ленинградский государственный университет по специальности «геофизика». В 1959 г. была принята на работу в ЦАО, в Лабораторию активных воздействий на облака и туманы. Вся творческая жизнь Н.О. Плауде была связана с ЦАО, здесь она прошла путь от младшего научного сотрудника до заведующего Лабораторией льдообразующих аэрозолей. Кандидат физико-математических наук. Многие годы была ученым секретарем комиссии по физике облаков междуведомственного геофизического комитета. В 1984 г. за разработку пиротехнических составов с малым содержанием йодистого серебра для активных воздействий на гидрометеорологические процессы в атмосфере ей в составе группы ученых была присуждена премия Совета Министров СССР. Является автором монографии «Льдообразующие свойства аэрозолей йодистого серебра и йодистого свинца», соавтором книги «Характеристики атмосферного аэрозоля в Московском регионе» и нескольких десятков научных работ и докладов на конференциях.

льдообразования–конденсации–замерзания (Е.В. Сосникова).

Усилиями ЦАО и других организаций (Центр «АКВА», ВНИИП «ДАРГ», НПО «Тайфун», Чебоксарское производственное объединение им. В.И. Чапаева) продолжена работа по повышению льдообразующей активности пироставов и их устойчивости к условиям использования и хранения. Полученные составы с 7–10 % йодистого серебра обладают большей стабильностью и более высоким температурным порогом действия.

С середины 70-х годов наряду с исследованиями искусственных льдообразующих аэрозолей в ЦАО было начато изучение природных льдообразующих частиц (ледяных ядер). По инициативе и под руководством А.Д. Соловьева была создана камера смешения для регистрации атмосферных льдообразующих ядер и организованы систематические измерения в районе проведения работ по активным воздействиям

Противоградовые работы

В 50–60-е годы значительный вклад был внесен ЦАО в создание отечественной системы оперативных служб по борьбе с градобитиями. ЦАО приступила к разработке противоградового метода в 1958 году

в МССР. За 14 лет измерений получены данные о естественных вариациях содержания ледяных ядер в атмосфере и о влиянии активных воздействий на концентрацию и характеристики ледяных ядер (А.Д. Соловьев, Е.И. Потапов, Е.И. Зотов, М.В. Вычужанина).

В 1976–1985 годах с помощью самолётных и вертолётных измерений в различных регионах страны были получены данные о вертикальном распределении ледяных ядер в слое до 3500 м (М.В. Вычужанина, В.И. Мирошниченко, И.П. Паршуткина). С 1987 года систематические измерения характеристик ледяных ядер и общего атмосферного аэрозоля ведутся в Долгопрудном на территории ЦАО. Установлены закономерности межгодовых и сезонных вариаций компонент атмосферного аэрозоля, оценено влияние на них природных и антропогенных факторов (М.В. Вычужанина, Н.О. Плауде).

совместно с Институтом геофизики АН Грузинской ССР. На основе обобщения накопленных экспериментальных данных по воздействиям на конвективные облака и использования принципиально новых

технических средств (противоградовых ракет повышенной дальности и высоты полёта) был создан практический метод защиты сельскохозяйственных культур от градобитий (И.И. Гайворонский, А.И. Карцивадзе). Это дало возможность организовать в 1961 году первую в стране противоградовую службу при Министерстве сельского хозяйства Грузинской ССР.

В 1964 году такая служба по инициативе и при непосредственном участии ЦАО была создана в Молдавии, в 1968 году – в Крымской области УССР. За разработку и внедрение методов и средств борьбы с градом И.И. Гайворонский и Ю.А. Серегин были удостоены в 1969 году Государственной премии СССР. На экспериментальной базе ЦАО в Молдавии с 1964 по 1991 год был выполнен широкий круг исследований грозоградных процессов (Л.А. Диневиц, И.И. Гайворонский, Б.И. Зимин, Г.С. Воронов). Он включал в себя исследования метеорологических условий развития градных облаков, изучение особенностей их эволюции, детальное исследование радиолокационных параметров градных облаков, выработку критериев градоопасности. Особенностью проводившихся на Молдавском полигоне

противоградных работ являлось одновременное изучение влияния противоградовой защиты на изменение режима осадков в регионе (И.И. Гайворонский, М.В. Вычужанина). Были получены уникальные данные о модификации режима конвективных осадков средствами противоградовой защиты и показано благоприятное для сельского хозяйства побочное воздействие противоградных работ – ослабление особо опасных ливней и интенсификация общих осадков из кучево-дождевых облаков на десятки процентов от многолетней нормы (М.П. Леонов, Л.А. Диневиц, С.Е. Диневиц, Ю.А. Серегин, Г.П. Берюлев).

Второй отличительной особенностью противоградных работ в Молдавии являлся систематический контроль над степенью загрязнения окружающей среды. На протяжении 14 лет на защищаемой от града территории проводились ежедневные измерения содержания в атмосферном воздухе реагентов активных воздействий и количества льдообразующих частиц (А.Д. Соловьев, Е.И. Потапов, Е.И. Зотов, М.В. Вычужанина). Ежегодно в начале и конце сезона противоградных работ контролировалось содержание реагентов



БАЗЗАЕВ
ТАЙМУРАЗ ВЛАДИМИРОВИЧ

Таймураз Владимирович Баззаев родился в 1949 г. в поселке Квайса Юго-Осетинской автономной области. В 1973 г. окончил Московский энергетический институт по специальности «промтеплоэнергетика». В 1978 г. принят на работу в ЦАО на должность заместителя заведующего Лабораторией моделирования, с 1991 – научный сотрудник Отдела активных воздействий. В 1986 г. принимал участие в работах по ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. Кандидат физико-математических наук. Участвовал в работах по увеличению осадков в различных регионах нашей страны и за рубежом (Сирийская Арабская Республика, Исламская республика Иран, Республика Куба). Занимался проведением самолетных испытаний новых реагентов и аэрозольных генераторов различного типа.



СОСНИКОВА ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА

Елена Владимировна Сосникова родилась 29 июля 1954 году в селе Внуково Дмитровского района Московской области. В 1976 г. окончила Московский институт химического машиностроения по специальности «Машины и технология переработки полимерных материалов в изделия и детали». Работает в ЦАО с 1979 г. и является ведущим специалистом в области исследования аэрозолей. Е.В. Сосниковой был внесен большой вклад в изучение льдообразующих аэрозолей многокомпонентного химического состава. С 1994 г. стала активным участником регулярных измерений микроструктуры и конденсационных свойств приземного атмосферного аэрозоля на территории ЦАО. Результаты 17-летних измерений вошли в книгу «Характеристики атмосферного аэрозоля в Московском регионе» (2013 г.). Кандидат физико-математических наук. Автор более 50 научных работ по исследованиям свойств природных атмосферных аэрозолей и льдообразующих аэрозолей для активных воздействий.

более чем в 100 водоемах на защищаемой и контрольной территориях. Полученные данные позволили оценить максимальное количество реагентов, допустимое для введения в атмосферу в сезон противорадовой защиты без осязательного загрязнения

окружающей среды, и показать безопасность осуществляемых в Молдавии противораговых работ (Е.И. Потапов, Е.И. Зотов, Н.О. Плауде).



ЛЕОНОВ МИХАИЛ ПЕТРОВИЧ (1910–1986)

Михаил Петрович Леонов родился в г. Сердобск Пензенской области в 1910 г. В 1937 г. окончил Московский гидрометеорологический институт, метеорологический факультет. Долгое время работал в УкрНИГМИ. С 1976 г. работал в ЦАО в должности старшим научным сотрудником, а затем заведующим лабораторией Отдела активных воздействий. Доктор географических наук, профессор. Внес большой вклад в исследования процессов осадкообразования и активные воздействия на облака и туманы. Автор нескольких монографий и множества научных статей и докладов. Награжден медалями «За победу над Германией» и «За доблестный труд».

Свою трудовую деятельность М.П. Леонов начал в должности младшего научного сотрудника Центрального бюро погоды. До 1976 года работал в разных учреждениях УГМС, в том числе в УкрНИГМИ и на преподавательской работе в вузах. С 1976 года работал в должности старшего научного сотрудника в Научно-методической лаборатории Противорадового центра ЦАО, с 1979 года – заведующий Лабораторией искусственных осадков. В 1949 году защитил кандидатскую диссертацию, в 1969 году – докторскую. Его научная деятельность была посвящена вопросам синоптической метеорологии и активных воздействий на облака и туманы. М.П. Леонов внес неоценимый вклад в развитие работ по искусственному увеличению зимних осадков. Работы были проведены на Днепропетровском метеорологическом полигоне коллективом ученых УкрНИГМИ. Монография «Активные воздействия на облака в холодное полугодие», написанная им в соавторстве с Г.И. Перелетом, до настоящего времени не потеряла актуальность и является настольной книгой специалистов по активным воздействиям. Под его руководством были сделаны оценки влияния противорадовой защиты в Молдавской ССР на режим осадков.

Динамическое разрушение конвективных облаков

Принципиально новой разработкой ЦАО в области активных воздействий явилось создание динамического метода разрушения конвективных облаков. В конце 50-х годов в опытах, направленных на подавление развития конвективных облаков, Ю.А. Серегиним была обнаружена возможность быстрого разрушения таких облаков введением в растущую вершину грубодисперсных порошков нерастворимых веществ. Обширным комплексом последующих натурных и лабораторных экспериментов было установлено, что действие порошков состоит в инициировании нисходящего воздушного потока, который и вызывает быстрое разрушение облака. Была показана возможность эффективного воздействия, как на одноячейковые, так и многоячейковые мощные конвективные облака (Л.П. Зацепина, В.П. Беляев, Л.Б. Зонтов, В.В. Петров, Ю.А. Серегин).

В опытах с порошками, имеющими различные поверхностные и дисперсные характеристики, была оценена роль удельного

веса и распыляемости порошков (Л.П. Зацепина, Б.И. Зимин). Л.П. Зацепиной и Б.И. Зиминим была выполнена большая серия экспериментов по воздействиям на облака, в которых решение о проведении воздействия принималось случайным образом (так называемые рандомизированные эксперименты). Положительный эффект воздействия, который оценивался путем сравнения двух выборок облаков с воздействием и без него, оказался значимым на уровне меньше 5 % согласно статистическому критерию Манна-Уитни (Б.И. Зимин).

Проведенные исследования позволили создать не имеющую аналогов в мировой практике эффективную технологию разрушения мощных конвективных облаков вплоть до стадии грозových. Технология подавления развития облаков была с успехом использована для предотвращения осадков в районе промплощадки Чернобыльской АЭС (Ю.А. Серегин, Л.П. Зацепина, Г.П. Берюлев, Б.Г. Данелян, Л.Б. Зонтов, В.П. Беляев). Практически полное предотвращение



ЗАЦЕПИНА ЛЮДМИЛА ПЕТРОВНА (1926–1991)

Людмила Петровна Зацепина родилась в Кирове в 1926 г. В 1949 г. окончила Карело-Финский университет в Петрозаводске по специальности «физика». В ЦАО начала работать с 1957 г. в должности старшего научного сотрудника, а затем заведующего лабораторией. Кандидат физико-математических наук. Внесла большой вклад в исследования по разработке методов воздействия на конвективные облака, включая грозových. При непосредственном участии Л.П. Зацепиной разрабатывался ракетный способ воздействия на конвективные облака и метод воздействия с использованием грубодисперсных порошков, разработана методика контроля результатов воздействия. Участвовала в выполнении большого комплекса натурных экспериментов по воздействию на мощные кучевые и кучево-дождевые облака с использованием высотных самолетов и наземных средств контроля. Автор более 30 научных работ. Награждена медалью «За доблестный труд», участник ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС.

осадков в период с 10 мая по 9 июня 1986 года за счет разрушения кучево-дождевых и грозовых облаков на ближних подступах и в районе промплощадки Чернобыльской АЭС позволило предотвратить смыв радиоактивных загрязнений дождевыми стоками в реку Припять до завершения обвалования ее берегов.

В начале мая 1986 года группой специалистов ЦАО и УкрНИГМИ под руководством А.А. Черникова была разработана концепция активного воздействия на облака с целью уменьшения атмосферных осадков на заданной площади, важным компонентом которой являлся метод разрушения

Регулирование атмосферных осадков

Конец 70-х – начало 80-х годов ознаменовались в тематике активных воздействий на конвективные облака переходом от воздействий с целью разрушения мощных кон-

вективных облаков. В настоящее время разработанная технология подавления развития облаков применяется регулярно в целях улучшения погодных условий в Москве в дни проведения массовых мероприятий в праздничные дни.

В середине 60-х годов Б.И. Зиминным были предприняты исследования возможности ослабления грозовой активности при засевах мощных конвективных облаков льдообразующими аэрозолями. Они способствовали развитию современного понимания процесса электризации грозовых облаков и разработке эффективных методов воздействия на него.

вективных облаков и предотвращения гроз к активным воздействиям с целью регулирования осадков. Специалисты ЦАО под руководством Г.П. Берюлева и Ю.В. Мельничука

приняли активное участие в международном проекте по увеличению осадков (ПУО), решение о проведении которого было принято на конгрессе ВМО в 1975 году. Основная задача проекта ПУО заключалась в демонстрации на достаточном уровне статистической значимости в течение короткого экспериментального периода (около 5 лет) возможности успешного искусственного воздействия на метеорологические процессы с целью увеличения количества осадков над территорией с площадью порядка 10 000 кв. км.

В 1979–1981 годах специалисты ЦАО приняли участие в полевой фазе Проекта (ФВП-3), заключавшейся в проведении физических исследований облачности и осадков с целью определения пригодности полигона в бассейне р. Дуэро в Испании для проведения эксперимента по засеву облаков. В ходе выполнения полевой фазы специалистами Обсерватории был разработан и впервые применен на практике радиолокационный метод оперативного обнаружения переохлажденной воды в облаках, основанный

на использовании информации о неоднородностях поля ветра в пограничном слое атмосферы (Б.П. Колосков, Ю.В. Мельничук, А.А. Черников).

Использование нового дистанционного метода обнаружения в облаках и облачных системах зон, содержащих переохлажденную воду и, следовательно, потенциально пригодных для засева льдообразующими реагентами с целью увеличения осадков, позволило, базируясь на данных самолетных исследований облачности над территорией Проекта, получить оценки пригодности полигона ПУО в Испании для проведения экспериментов по засеву облаков.

В ЦАО (Ю.А. Серегин, А.А. Черников и др.) была разработана концепция повышения осадкообразующей способности конвективных облаков путем их интенсивного засева, которая была реализована в экспериментах в Поволжье (Пензенский метеорологический полигон ЦАО), в Молдавии и на Кубе.

На Пензенском экспериментальном метеорологическом полигоне в 80-х годах были



ЗОНТОВ ЛЕВ БОРИСОВИЧ

Лев Борисович Зонтов родился в 1938 году в деревне Савинская слобода Звенигородского района Московской области. С 1957 по 1960 г. проходил срочную службу на Северном флоте. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт в 1965 г. по специальности метеорология. В 1965 г. был принят на работу в Центральную аэрологическую обсерваторию на должность инженера лаборатории воздействий на облака и туманы. С мая 1968 года, начальник научно-методического сектора Молдавской экспериментальной базы. С 1972 по 1982 г. – заместитель заведующего Отделом активных воздействий, с 1988 по 1993 г. – научный сотрудник, с 1993 г. – главный инженер по активным воздействиям Отдела физики облаков и активных воздействий ЦАО. Л.Б. Зонтов является одним из авторов метода динамического разрушения конвективных облаков. Принимал участие во многих летних экспедициях по изучению атмосферных процессов, проведением и контролем активных воздействий как на территории СССР, так и за рубежом (Монголия, Куба, Сирийская Арабская Республика). Автор нескольких десятков научных работ. Является участником ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. За участие в ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС награжден медалью «За трудовую доблесть».



ЗИМИН БОРИС ИВАНОВИЧ (1942–2013)

Борис Иванович Зимин родился в 1942 году в Саратове. В 1966 г. после окончания географического факультета Саратовского государственного университета начал работу в Молдавской полевой экспериментальной базе ЦАО в должности инженера, а в 1970 г. стал начальником Научно-методического центра Молдавской противогололедной экспедиции. С 1973 г. младший научный сотрудник Отдела активных воздействий. Кандидат физико-математических наук. Последняя занимаемая должность в ЦАО – ведущий научный сотрудник Отдела физики облаков и активных воздействий. Б.И. Зимин участвовал в проектах по увеличению осадков в Испании, в Поволжье. На основе большого экспериментального материала Б.И. Зиминим были сформулированы критерии грозовой опасности облаков, гипотеза воздействия льдообразующими аэрозолями на грозовые облака с целью уменьшения их электрической активности и требования к проведению рандомизированного эксперимента. Автор монографии и более 50 статей.



БЕЛЯЕВ ВИТАЛИЙ ПЕТРОВИЧ (1936–1999)

Виталий Петрович Беляев родился в Донецке. В 1959 г. окончил Одесский гидрометеорологический институт по специальности «метеорология». С 1959 г. работал в ЦАО, где прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего Лабораторией приборов и методов самолетных измерений. В 1974 г. защитил диссертацию, кандидат физико-математических наук. В 1974 г. принимал участие в Международном тропическом эксперименте в Сенегале. Создал ряд оригинальных приборов для исследования турбулентности атмосферы, проводил исследования полей неоднородностей температуры воздуха с самолетов различных типов. Участвовал в разработке методики воздействия на многовершинные облака, гряды и облачные кластеры с целью их разрушения. Занимался разработкой методов воздействия на конвективные облака тропической зоны и разработкой способов комплексного контроля результатов воздействия. Участник ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. Является соавтором многочисленных публикаций и двух авторских свидетельств на изобретения.

ПЕТРОВ ВИКТОР ВАДИМОВИЧ



Виктор Вадимович Петров родился 1954 г. в Донецке. После окончания МФТИ в сентябре 1977 г. был принят на работу в ЦАО в Отдел активных воздействий в Лабораторию воздействий на конвективные облака. Внес значительный вклад в летные исследования конвективных облаков и в разработку методов регулирования атмосферных осадков. С 1988 по 1992 г. работал в Совместной советско-кубинской лаборатории в Гаване, принимал участие в проектах по увеличению осадков в Сирийской Арабской Республике, в Якутии, в Иране. С 2002 по 2009 г. – заместитель директора АНО «Агентство атмосферных технологий». В 2005–2007 гг. руководил самолетной частью комплексных работ по искусственному увеличению осадков на Кубе. С 2009 г. – начальник ЛНИЦ ЦАО. При его непосредственном участии создан самолет-метеолаборатория Як-42Д «Росгидромет». Кандидат физико-математических наук, автор более 50 научных работ.

проведены исследования, направленные на разработку эффективного метода воздействия на конвективные облака с целью увеличения осадков и оценку облачных ресурсов для получения дополнительных осадков. В расширенном диапазоне высот облаков до изотермы $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ было проведено более 200 рандомизированных опытов по засеву конвективных облаков с помощью пиропатро-

нов, содержащих йодистое серебро. Сравнение выборок засеянных и контрольных облаков показало, что эффект воздействия проявляется в увеличении площади и продолжительности осадков. При этом осадков из засеянных облаков выпадает в 1,5–2 раза больше по сравнению с контрольными облаками (Ю.А. Серегин, Л.П. Зацепина, Б.И. Зимин, Л.Б. Зонтов, В.Н. Поздеев).



БЕРЮЛЕВ ГЕННАДИЙ ПЕТРОВИЧ

Геннадий Петрович Берюлев родился 1936 году в Нарофоминске Московской области. В 1960 г. окончил Московский физико-технический институт по специальности «радиотехника». В 1964 г. был принят на работу в ЦАО, где прошел путь от старшего инженера до заведующего Отделом физики облаков и активных воздействий. В 1971 г. защитил диссертацию, кандидат физико-математических наук. Занимался проблемой создания метода и аппаратуры для радиолокационного измерения атмосферных осадков, искусственного регулирования фронтальных осадков. Является автором и соавтором многочисленных научных работ, патентов и руководящих документов. В 1999 г. Указом Президента Российской Федерации награжден медалью ордена «За заслуги перед отечеством». Заслуженный метеоролог РФ. За создание и внедрение технологий сохранения жизнеобеспечивающих функций окружающей среды на основе инновационных разработок искусственного регулирования атмосферных осадков в 2009 г. присуждена премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Г.П. Берюлев участвовал в проекте по увеличению осадков в Сирийской Арабской Республике, в двухсторонних исследованиях по проблеме искусственного регулирования осадков в Монголии, Болгарии, руководил работами по увеличению осадков в Исламской республике Иран. Успешно провел четыре летные экспедиции по исследованию тропических циклонов в Республике Куба. В 1986 году участвовал в работе по ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС в составе летных экипажей ГОСНИИ и ЦАО. За время работы в ЦАО Г.П. Берюлев вырос в одного из ведущих специалистов в области метеорологической радиолокации и активных воздействий на метеорологические процессы.

В Молдавии, на территории Военизированной службы по активным воздействиям, были проведены серии засевов конвективных облаков с целью увеличения осадков с помощью противорадиальных ракет. Анализ показал, что засев слабых и умеренных ливней приводит к увеличению осадков, тогда как засев сильных ливней – к их уменьшению (М.П. Леонов, Л.А. Диневич, С.Е. Диневич, Ю.А. Серегин, Г.П. Берюлев).

Численные эксперименты с двумерной микрофизической моделью конвективного облака показали, что на различных стадиях развития конвективного облака интенсивность осадков может иметь колебательный характер, а воздействие может приводить как к увеличению, так и к уменьшению осадков,

что можно использовать для целенаправленного регулирования осадков над заданной мишенью (В.И. Хворостьянов, А.П. Хаин).

По Межправительственному соглашению с Республикой Куба в провинции Камагуэй в начале 80-х годов были проведены совместные советско-кубинские исследования возможности увеличения осадков из конвективных облаков в тропической зоне. На созданном здесь полигоне с 1984 по 1988 год был проведен пятилетний рандомизированный эксперимент по воздействию на облака с засевом их верхней части вблизи изотермы $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ с помощью пиропатронов с йодистым серебром.

В 1987–1988 годах были осуществлены эксперименты с облачными кластерами.



КОРНЕЕВ ВИКТОР ПЕТРОВИЧ

Виктор Петрович Корнеев родился в 1945 году в Москве. В 1969 г. окончил Московский авиационный институт им. С. Орджоникидзе. В 1978 г. переведен в ЦАО из Центрального научно-исследовательского института химии и механики (ЦНИИХМ) руководителем группы Научно-производственного центра противорадиальной защиты, затем перешел в Отдел активных воздействий. С 1985 по 1988 г. работал начальником отдела в Управлении применения активных воздействий в народном хозяйстве Госкомгидромета СССР. В 1990 г. возглавил Центр внедрения методов активных воздействий ЗАО «АКВА». В 1999 г. возглавил созданное АНО «Агентство атмосферных технологий». Является автором более 80 публикаций, монографии и 18 заявок на изобретения и патентов. Награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» 2 степени, медалями «В память 850-летия Москвы» и «В память 300-летия Санкт-Петербурга». Отмечен благодарностями Правительства Республики Узбекистан, Правительства Республики Саха (Якутия), Правительства Москвы, Оргкомитета по подготовке 60-летия Победы в Великой Отечественной войне, знаком «Почетный работник Гидрометеослужбы». Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники.

В.П. Корнеев принимал участие в разработке противорадиальной ракеты «Небо» и в усовершенствовании противорадиальных ракет «Облако-М» и «Алазань-2М», аппаратуры для исследования параметров облаков, а также технических средств искусственного регулирования атмосферных осадков. Участвовал в летных экспедициях по искусственному увеличению осадков в Средней Азии, Молдавии, в Западной Сибири, Республике Саха (Якутия), в Сирийской Арабской Республике, был ответственным исполнителем НИР по рассеянию облаков над станцией слежения за спутниками в отрогах Гиссарского хребта Памира, участвовал в организации и проведении работ по рассеянию туманов в Италии на автотрассе Венеция-Триест. Является идеологом создания быстрострельных приборных комплексов и технических средств воздействий для самолетов лабораторий, участвующих в работах по активным воздействиям. Начатая В.П. Корнеевым в Центре «АКВА» линия по доведению научных и технических разработок до уровня конструкторской и эксплуатационной документации с последующим внедрением их в практику



ДАНЕЛЯН БАГРАТ ГРИГОРЬЕВИЧ

Баграт Григорьевич Данелян родился в 1953 году в г. Тетри-Цкаро Грузинской ССР. В 1976 г. окончил Тбилисский государственный университет по специальности «геофизика» со специализацией «активные воздействия на радиальные процессы». С 1976 по 1979 г. работал в Военизированной службе по борьбе с градом. С 1979 г. поступил на работу в Молдавскую полевую экспериментальную базу ЦАО. В 1982 г. переведен на работу в ЦАО, в Лабораторию искусственного регулирования фронтальных осадков. За годы работы в ЦАО прошел путь от инженера до заведующего Отделом физики облаков и активных воздействий. С 1980 г. Б.Г. Данелян участвовал во всех исследовательских проектах ЦАО по искусственному увеличению атмосферных осадков из облаков конвективных и слоистообразных форм. Кандидат физико-математических наук. Является автором более 50 научных работ.

Б.Г. Данелян являлся одним из разработчиков и организатором комплексного физико-статистического эксперимента по искусственному увеличению осадков на мезо-метеорологических полигонах Молдавии, Поволжья и Кубы. Участник проектов по увеличению осадков на территории Сирии, Ирана, Португалии и Якутии, а также крупномасштабных работ по улучшению погодных условий в Москве, Санкт-Петербурге, Ростове-на-Дону, Астане. В 1986 году участвовал в работе по ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС.

оперативно-производственных работ была продолжена в Агентстве атмосферных технологий. При его участии создан современный противогорадовый ракетный комплекс для борьбы с градом «Алазань-9», серия самолетных и наземных генераторов для воздействия на облака и туманы.

Анализ рандомизированных экспериментов по воздействию на конвективные облака и облачные кластеры на Камагуэйском полигоне (Республика Куба) и Пензенском метеополигоне в Поволжье показал, что увеличение размеров облака и продолжительности выпадения осадков наблюдалось при засева облаков с температурой на уровне верхней границы от -10 до -20 °С. Осадки, выпадавшие из изолированных облаков и кластеров при воздействии, примерно в 2 раза превышали осадки из них без воздействия. Полученные результаты

широко использовались в оперативных работах по увеличению осадков, как на территории России (СССР), так и зарубежных стран (Ю.А. Серегин, Л.П. Зацепина, Б.И. Зимин, В.П. Беляев, В.В. Петров, В.Н. Поздеев, Б.Г. Данелян).

В результате проведения в различных географических регионах многолетних экспериментов по воздействию на конвективные облака была разработана методика оперативного засева облаков с целью увеличения осадков, которая прошла успешные испытания в Молдавии и Ставропольском крае



МЕЛЬНИЧУК ЮРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

Юрий Васильевич Мельничук родился в 1937 году в Калуге. В 1959 г. окончил Московский физико-технический институт. В 1961 г., поступив в аспирантуру, был командирован к ЦАО для выполнения диссертационной работы, которую в 1964 г. успешно защитил, получив учёную степень кандидата физико-математических наук. За период работы в ЦАО Ю.В. Мельничук прошел путь от младшего научного сотрудника до заместителя директора. Внес большой вклад в развитие работ по активным воздействиям в нашей стране и за рубежом. Под руководством Ю.В. Мельничука защищено большое количество дипломных работ и кандидатских диссертаций. Автор многочисленных печатных работ, авторских свидетельств и изобретений. Многократно был отмечен высокими правительственными наградами, среди которых орден «Знак Почёта», медаль «В память 850-летия Москвы», почетное звание «Заслуженный метеоролог РФ» и «Почетный работник Гидрометеослужбы РФ», а также медалями ВДНХ и другими наградами.

Под руководством Ю.В. Мельничука был выполнен ряд разработок радиолокационной техники. В частности, была создана радиолокационная аппаратура «Осадки» на базе МРЛ-2 для измерения осадков, обнаружения зон турбулентности и неоднородностей поля ветра, которая с успехом была применена при метеорологическом обслуживании «Олимпиады-1980». В 1986 году под руководством Ю.В. Мельничука на базе МРЛ-5 был разработан автоматизированный радиолокационный комплекс АКСОПРИ, на основе которого была создана первая в России автоматизированная радиолокационная система «Московское кольцо», функционирующая по настоящее время. Система состоит из 6 комплексов (Москва, Тверь, Калуга, Нижний Новгород, Смоленск, Валдай). Важнейшую роль комплексы АКСОПРИ играют в работах по активным воздействиям, являясь важным элементом в технологии работ по увеличению атмосферных осадков. Радиолокационные комплексы АКСОПРИ были развернуты в международных проектах по увеличению осадков в Сирии, Иране и на Кубе. Активно применяются в работах по улучшению погодных условий над Москвой. В 1993–1997 годах руководил международным проектом по увеличению осадков в Сирии. В 2002–2004 годах Ю.В. Мельничук руководил коллекти-



ШМЕТЕР СОЛОМОН МОИСЕЕВИЧ (1920–2005)

Соломон Моисеевич Шмeтер родился во Владивостоке. В 1937 г. поступил на механико-математический факультет МГУ, который в 1941 г. эвакуировали в Ашхабад. Через год был переведен в Харьковский гидрометинститут, также находящийся в эвакуации в Ашхабаде. После окончания института был направлен в Якутскую геофизическую обсерваторию. В 1947 г. вернулся в Москву и поступил в аспирантуру ЦАО, где принимал участие в полетах на самолетах-метеолaborаториях, исследуя связи химического состава облачных капель с их размерами. В 1951 г. защитил кандидатскую диссертацию. С 1951 по 1955 г. С.М. Шмeтер возглавлял лабораторию в Отделе стратосферных исследований, но затем перешел в Отдел тропосферных исследований, посвятив свою жизнь изучению облаков. Позднее возглавил Отдел физики облаков и динамики атмосферы ЦАО. Занимался анализом воздействий на облака, совместно с учеными Отдела активных воздействий ЦАО. В 1999 г. был создан Отдел физики облаков и активных воздействий, в котором С.М. Шмeтер проработал главным научным сотрудником до конца своих дней. Профессор, доктор физико-математических наук, Заслуженный деятель науки РСФСР, автор многих книг, монографий, справочников и публикаций.

вом специалистов НИУ Росгидромета по разработке «Общих технических требований на радиолокационные метеорологические системы нового поколения, предназначенные для оснащения единой радиолокационной сети Росгидромета». В начале 2008 году с его участием разработан проект «Технического задания на доплеровский метеорологический радиолокатор нового поколения 5,3 см диапазона».

в 1986–1989 годах, на Кубе в 1987–1988 годах, в районах Нечерноземья ЕТС и восточных районах России в 1988–1989 годах.

В середине 80-х годов ЦАО была осуществлена большая экспериментальная программа по изучению возможностей искусственного регулирования зимних осадков из фронтальных слоистообразных облачных систем (Г.П. Берюлев, Б.Г. Данелян). В качестве базовой концепции была принята идея комплексного физического эксперимента, позволяющего в отличие от схемы статистического (рандомизированного) эксперимента при определенных условиях получать оценку эффекта засева облаков в каждом конкретном опыте по засеву. Оценка эффектов обеспечивалась специальной методикой засева облаков (модуляционный засев) и особыми приемами обработки осадкомерной информации (метод движущихся мишеней).

В результате проведения большого объема опытов по засеву зимних слоистообразных облачных систем гранулированной твердой углекислотой были получены надежные данные о происходящих при этом изменениях спектрального состава облачных частиц в зонах воздействия (Г.П. Берюлев, А.Н. Невзоров, Б.Г. Данелян). Показано, что наиболее успешными оказываются воздействия на облачные системы холодных фронтов и фронтов окклюзии в условиях существования циклонов или барических ложбин. При этом в конкретных опытах интенсивность осадков при воздействии может возрастать на 60 % и более, а обусловленное воздействиями увеличение сезонного слоя осадков с учетом частоты появления пригодных для этого условий составляет не менее 15–20 %. В эти годы были проведены также самолётные исследования и численное

моделирование орографической облачности и воздействия на нее льдообразующими аэрозолями.

На основе комплексного анализа физических процессов при образовании орографических облаков разработаны рекомендации по засеву таких облаков с земли, установлено оптимальное размещение аэрозольных генераторов, проведены оценки дополнительного количества осадков (Г.П. Берюлев, М.П. Власюк, Б.Г. Данелян, В.И. Хворостьянов, Г.Р. Тороян).

В конце 80-х годов в ЦАО получили развитие новые методы статистической оценки и планирования рандомизированных опытов по увеличению осадков (О.И. Шипилов). Разработанные аналитические методы оценки необходимой длительности эксперимента позволили провести сравнение различных планов эксперимента (экспериментальных единиц, контрольных площадей и т.п.) и предложить оптимизированные схемы рандомизированных экспериментов в облачных полях (О.И. Шипилов, Ю.В. Мельничук, Б.П. Колосков).

Несомненным достижением ЦАО является окончательная отработка и внедрение технологии оперативного увеличения осадков для нужд различных отраслей народного хозяйства (Ю.А. Серегин, Г.П. Берюлев, Ю.В. Мельничук).

Важнейшими составляющими технологии являются:

- обоснованная селекция пригодных для засева облаков;
- обеспечение массивного засева облаков льдообразующими реагентами с целью быстрой кристаллизации их переохлажденной части и, как следствие, роста их вертикальной мощности и обусловленной этим интенсификации процесса осадкообразования;

- использование для засева специально разработанных пиротехнических генераторов (пиропатронов) с высоким удельным выходом льдообразующих частиц.

В технологии используется специально разработанный метод статистической оценки эффективности воздействий, основанный на модифицированном способе исторической регрессии и базирующийся на данных самолётных метеорологических и навигационных измерений, радиолокационных измерений осадков и динамики перемещения осадкообразующих облачных систем, измерений слоев осадков наземной осадкомерной сетью (Б.П. Колосков, Ю.В. Мельничук, Г.П. Берюлев).

Технология позволяет осуществлять операции по увеличению осадков на площади более 150 тысяч квадратных километров. В 1992–1997 годах ЦАО выполнила проект по увеличению осадков на территории Сирийской Арабской Республики (САР). В полевых условиях, за 3 месяца были оборудованы разработанными в ОАВ ЦАО измерительно-вычислительными комплексами «Циклон-02» и средствами активных воздействий две пары самолётов – Ан-26 и Як-40 (А.В. Литинецкий, В.В. Волков, Б.Л. Красновский, Л.А. Уваркин).

Эти самолёты, совместно с развернутой в Сирии автоматизированной сетью из 4-х метеорологических локаторов МРЛ-5,

КОЛОСКОВ БОРИС ПАВЛОВИЧ



Борис Павлович Колосков родился в 1946 г. в Пхеньяне, КНДР. В 1973 г. закончил факультет радиотехники и кибернетики Московского физико-технического института и был направлен на работу в Лабораторию радиолокации Отдела радиометеорологии ЦАО. Принимал участие в создании автоматизированного радиолокационного комплекса «Осадки» на базе радиолокатора МРЛ-2. С 1986 по 1990 г. работал на Кубе в составе советско-кубинской лаборатории по теме «Искусственное увеличение осадков из тропических конвективных облаков на Кубе». Разработал модифицированный метод оценки эффективности работ по увеличению осадков на больших территориях с сложным рельефом. Доктор физико-математических наук, автор монографии и нескольких десятков статей и докладов.

В 1979–1981 годах в составе группы советских специалистов Б.П. Колосков принимал участие в работах международного «Проекта увеличения осадков» (ПУО) в Испании. С 1990 года принимал участие в многочисленных экспериментах и опытно-производственных работах по ИУО на территории Сирии, Ирана, Португалии и Якутии, искусственному рассеянию переохлаждённых туманов на автодорогах и аэропортах в Италии, Казахстане, а также в крупномасштабных работах по улучшению погодных условий в Москве, Санкт-Петербурге, Ростове-на-Дону, Астане и Пекине.

были внедрены в эксплуатацию и позволили успешно выполнить проект. По результатам работ сезонное увеличение осадков составило в среднем 12 % (Ю.А. Серегин, Ю.В. Мельничук, А.С. Азаров, Г.П. Берюлев, Б.Г. Данелян, В.П. Корнеев, В.В. Петров, Б.П. Колосков).

В 1996–1998 годах совместно с Центром внедрения методов и средств активного воздействия на погоду «АКВА» (В.П. Корнеев) были осуществлены 4 самолётные экспедиции для увеличения осадков на территории Республики Саха (Якутия).

С 1999 года ЦАО успешно использует разработанную технологию в коммерческом

проекте по увеличению водных ресурсов в провинции Йязд Исламской Республики Иран. В эти же годы в ЦАО отработывалась технология регулирования осадков для улучшения погодных условий на заданной территории. Задача уменьшения облачности и осадков на заданной площади ставится администрациями крупных городов для создания благоприятных метеорологических условий при проведении массовых общественных, спортивных и культурных мероприятий. Под руководством В.П. Корнеева работы по улучшению погодных условий в мегаполисах (Москва, Санкт-Петербург, Ташкент, Астана, Ростов-на-Дону и т.д.)

проводятся в течение последних 25 лет. ЦАО активно участвует в этих работах.

В результате проведения этих работ выработана комплексная технология, которая использует различные методы воздействия на метеорологические процессы и их комбинации (В.П. Корнеев, Г.П. Берюлев, С.М. Шметер).

Многолетние исследования динамики и мезоструктуры конвективных облаков и полученные результаты успешно использовались для развития методов активных воздействий на облака с целью регулирования осадков. В их число входит рассеяние

слоистообразных облаков льдообразующими реагентами, разрушение мощных кучево-дождевых облаков динамическим способом для предотвращения ливней и гроз, инициирование преждевременного выпадения осадков из облачных систем на навстречной стороне от заданной территории, интенсивный засев облачности, натекающей на территорию, с целью уменьшения осадкообразования путем «перезасева» облачных слоев.

Совместно с Агентством атмосферных технологий отработаны оптимальные схемы оперативного управления операциями



ПОЗДЕЕВ ВАЛЕРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

Валерий Николаевич Поздеев родился в 1947 г. в поселке Хлебниково Московской области. С 1965 по 1971 г. учился на физико-химическом факультете Московского химико-технологического института имени Д.И. Менделеева. После окончания очной аспирантуры и защиты кандидатской диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук (1976 г.) принят на работу в ЦАО на должность младшего научного сотрудника Лаборатории искусственных осадков Отдела активных воздействий. С 1988 г. – научный сотрудник, с 2000 г. – заместитель начальника отдела физики облаков и активных воздействий. Основная научная деятельность В.Н. Поздеева связана с проведением научных рандомизированных экспериментов по активным воздействиям на кучевые облака. Полученные результаты позволили уточнить критерии пригодности мощных кучевых облаков и их кластеров льдообразующими аэрозолями, определить временной интервал пригодности их для активных воздействий. Участник ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. Автор более 30 научных работ.

С 1979 по 1981 год работал в совместной советско-кубинской лаборатории института метеорологии АН республики Куба. Принимал участие во второй советско-вьетнамской летной экспедиции. В качестве научного и сменного руководителя полетов принимал активное участие в научно-оперативных работах в Сирийской Арабской республике, Исламской Республике Иран и на территории СССР и Российской Федерации.



ЛИТИНЕЦКИЙ АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ

Александр Викторович Литинецкий родился 1 сентября 1953 г. в Москве. В 1976 г. после окончания факультета прикладной математики Московского института электронного машиностроения поступил на работу в Центральную аэрологическую обсерваторию, где проработал до 1996 г. инженером, руководителем комплекса, руководителем группы Летного научно-исследовательского центра (ЛНИЦ), затем заведующим лабораторией, ведущим специалистом Отдела активных воздействий (ОАВ). Занимался созданием самолетной аппаратуры для исследования термодинамических параметров атмосферы и облаков, автоматизацией процесса сбора, обработки самолетных данных. Руководил созданием бортового измерительно-вычислительного комплекса ИВК «БАРС-1» для самолетов-метеолaborаторий Ил-18 «Циклон» и «Метеор», на Ан-12 «Циклон», а также ИВК «Циклон-01» на самолете Ан-26 «Циклон». В 1983–1984 гг. принимал участие в советско-вьетнамских летных экспедициях по исследованию тропических циклонов (тайфунов) в акватории Южно-Китайского моря, а в 1987–1990 гг. участвовал в серии исследовательских полетов в суперураганы «Гилберт», «Габриэль», «Хьюго» и ряд тропических штормов и тропических ураганов на Кубе. В 1992–1994 гг. участвовал в Проекте по искусственному увеличению осадков в Сирии, руководил работами по переоборудованию четырех самолетов сирийских ВВС измерительно-вычислительных комплексами и средствами активного воздействия на облака. Кандидат технических наук. Автор более 30 научных работ.

по активному воздействию на облака с одновременным участием до 12 самолётов в условиях значительной авиационной загрузки воздушного пространства (В.П. Корнеев, Г.П. Берюлев, Б.Г. Данелян).

С 2008 года в связи работами по созданию самолёта-метеолоборатории нового поколения ЦАО значительно обновило парк научно-измерительной аппаратуры. Приобретены самые современные приборы для измерения микрофизических параметров облаков и осадков с борта самолёта

и технические средства для проведения воздействий. Одновременно создан новый наземный аэрозольный комплекс для измерения приземного атмосферного аэрозоля в широком диапазоне размеров и концентраций. Проведение исследовательских и оперативных работ по активным воздействиям сопровождалось созданием нормативно-методических документов. В практику работ Росгидромета внедрены Методические указания по основным видам активных воздействий на облака и туманы.

В.В. Петров

РАБОТЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЯМ ОБЛАКОВ И УВЕЛИЧЕНИЮ ОСАДКОВ НА КУБЕ

Активными воздействиями на Кубе начинали заниматься еще до революции совместно с американцами и продолжают в настоящее время. Воздействовать пытались сухим льдом с маленьких самолетов. Однако ввиду того, что нулевая изотерма на Кубе находится на высотах около 4500 м, успеха эти воздействия не имели.

Были попытки проведения исследований облачных характеристик. В 70-е годы на Кубе работал специалист из Болгарии Любомир Левков. Вместе с Марио Вальдесом Олазарра они выполнили несколько пересечений облаков и пытались измерить вертикальные движения с помощью самолетного датчика перегрузок.

В конце 1970-х годов на Кубе, при Министерстве сахарной промышленности, была создана Национальная группа искусственного увеличения осадков. Руководил этой группой Марио Вальдес Олазарра, одновременно являвшийся начальником Отдела активных воздействий Института метеорологии Кубы и научным руководителем темы по исследованию возможностей получения дополнительных осадков. Эта группа проводила оперативные работы по засеву облаков на всей территории Кубы. Для воздействий кубинцы установили на самолет Ан-26 систему отстрела пиропатронов (2 балки АСО-2И, каждая емкостью по 32 патрона ПВ-26) и систему отстрела собственной конструкции, которая позволяла отстреливать французские пиропатроны с йодистым серебром калибром около 40 мм.

Руководил полетами Марио Вальдес. Все выглядело шикарно. Отправляясь в полет, Марио заезжал на своем «Фиате» в самолет и летел стрелять в облака. А поскольку они летали по всей территории Кубы, то в любом аэропорту Марио автоматически был на собственном транспорте.

Кроме наших и французских систем отстрела пиропатронов, кубинцы устанавливали на Ан-26 специальную шлюзовую камеру, предназначенную для сброса гранулированной углекислоты, что было

вполне оправдано, поскольку самолет Ан-26 в условиях Кубы мог подниматься до высот 6000–6500 м.

В конце 1970-х годов в рамках Советско-Кубинского научно-технического сотрудничества было решено организовать на Кубе работы по исследованию возможностей получения дополнительных осадков из тропических конвективных облаков. Основная цель планируемых исследований состояла в научном обосновании возможностей получения дополнительных осадков из облаков Кубы в результате воздействия и выбор совокупности облаков, пригодных для проведения таких воздействий. Планировалось организовать исследования с использованием методик, наработанных при подготовке и проведении Проекта по увеличению осадков в Испании. На этапе подготовки кубинского проекта был выбран экспериментальный полигон в провинции Камагуэй и контрольные территории в соседних провинциях.

Работы проходили под руководством Отдела активных воздействий (ОАВ) Центральной аэрологической обсерватории. Научным руководителем темы был заведующий ОАВ Юрий Алексеевич Серегин. Большой вклад в эти работы на подготовительной стадии внесла старший научный сотрудник ОАВ Алла Васильевна Кондратова, которая неоднократно ездила на Кубу, занимаясь сбором и обработкой материалов о процессах образования осадков на территории острова.

В 1979 году в Гаване в Институте метеорологии Кубы в рамках межправительственного соглашения о научно-техническом сотрудничестве между СССР и Республикой Куба была создана Совместная советско-кубинская лаборатория по тропической метеорологии (ССКЛ). Лаборатория имела смешанный советско-кубинский штат, состоящий из командированных на длительные сроки специалистов из институтов Гидрометеослужбы СССР и кубинских научных сотрудников Института метеорологии. Лабораторию возглавляли два



Кубинский самолет АН-26

содиректора – с кубинской и советской стороны. Первым содиректором с советской стороны с 1980 по 1982 год был Александр Федорович Нерушев из Института экспериментальной метеорологии. Бессменным содиректором лаборатории с кубинской стороны в течение всего периода ее существования (1980–1992 годы) являлся Альфредо Морено Родригес.

В ССКЛ выполнялся ряд совместных тем по тропической метеорологии, среди которых важное место занимала тема, посвященная исследованиям возможностей искусственного увеличения осадков из тропических конвективных облаков. Первым советским специалистом, работавшим в лаборатории по этой теме в период с 1979 по 1981 год, был младший научный сотрудник ОАВ ЦАО Валерий Николаевич Поздеев.

Первоначально планировалось направить на Кубу для выполнения работ по исследованиям облаков и проведения их засева самолет Ил-18 «Циклон». Летный и научный экипажи самолета приступили

к подготовке к экспедиции. Даже тема была такая – «МикроКуба», в ходе которой отрабатывались выходы на точку в Черном море и пересечения облаков на Молдавском метеополígоне. Однако в высоких эшелонах власти СССР не решались послать этот самолет на Кубу во избежание излишней напряженности между СССР и США – уж больно похож был этот самолет на самолет-шпион! Весь в обтекателях радиолокаторов, антеннах с длинной носовой штангой.

Наконец в ходе межправительственных встреч кубинская сторона выступила с предложением: Куба предоставляет свой самолет Ил-14, а советскую сторону просили предоставить научное оборудование для самолета и командировать своих специалистов, которые должны были установить это оборудование на самолет и обучить кубинских специалистов работе с аппаратурой. Первоначально планировалось установить на самолете всего 2 прибора – самолетный метеорограф (СЭМ), который позволял регистрировать температуру, влажность, давление, скорость и высоту полета, а также измеритель разме-

ров крупных облачных частиц (ИРЧ), конструкции А.Н. Невзорова, который позволял измерять концентрации и спектры размеров облачных частиц в диапазоне от 200 до 6000 микрон. Для регистрации измеряемых параметров использовались шлейфовые осциллографы К10-51 и К20-22, регистрирующие показания приборов на рулоны фотобумаги.

Перед началом работ было намерение согласовать установку оборудования на самолет Ил-14 с КБ Ильюшина, имея ввиду то обстоятельство, что в 1980 году ЦАО уже согласовывала с этим КБ установку аналогичного оборудования на самолет Ил-14 Киевского объединенного авиаотряда. Однако КБ заявило, что для оценки состояния самолета необходимо направить на Кубу на три недели бригаду специалистов КБ Ильюшина в количестве 6-ти человек за счет средств Госкомгидромета. Юрий Алексеевич Серегин на это заявил: «Бог подаст!» и принял решение послать специалистов и оборудование без согласования с КБ. И вот осенью 1981 года оборудование было отправлено на Кубу, а старший научный сотрудник ОАВ Беляев Виталий Петрович и инженер Летного научно-исследовательского центра ЦАО Серегин Алексей Юрьевич были направлены в заграничную командировку сроком на 2 месяца.

На авиационно-технической базе в Сантьяго де Куба оборудование было установлено и выполнено несколько тестовых полетов. Нашим специалистам помогали кубинские специалисты из института метеорологии из Гаваны: Марио Вальдес Олазарра (в то время руководитель Национальной группы искусственного увеличения осадков), Даниэль Мартинес Кастро, Карлос Альберто Перес Санчес из Камагуэйского метеорологического центра, Архимедес Руис и Гийермо Пуенте из Метеоцентра провинции Сантьяго де Куба.

В этот же период, следуя методике проведения комплексного эксперимента по искусственному увеличению осадков, на базе Метеоцентра провинции Камагуэй стали создавать специализированный метеополígон.

Для наблюдения за самолетами, выполняющими засев облаков, была установлена радиолокационная станция АРС-3. Для наблюдения за облаками и осадками

на полигоне был установлен советский двухволновый метеорологический радиолокатор МРЛ-5. От Советского Союза для обеспечения работоспособности этого локатора был командирован технический специалист – Роман Тычина, которого впоследствии сменил Вилорий Кравченко из Молдавской противорадовой службы. Одновременно стала формироваться кубинская группа радиолокационных исследований облаков. Деятельное участие в создании этой группы принял Орландо Родригес, впоследствии руководитель радиолокационной метеорологической сети Кубы. Для калибровки локатора и контроля данных о количестве выпадающих осадков, на территории полигона был создан «осадкомерный куст» – сеть пловиметров.

В начале 1982 года после окончания двухлетнего контракта В.Н. Поздеева в ССКЛ сменил Георгий Андреевич Медведев из Молдавской полевой базы ЦАО, который до этого долгое время преподавал аэрологию в Одесском Гидрометеорологическом Институте (ОГМИ).

В 1982 году в развитие первых успехов на Кубу была направлена экспедиция в составе 5-ти советских специалистов – представителей институтов Гидрометеослужбы СССР, которые привезли на Кубу новую самолетную аппаратуру, а также средства воздействия – устройства для отстрела пиропатронов ПВ-26.

От Института экспериментальной метеорологии на Кубу был командирован Георгий Ираклиевич Схиртладзе, который привез фотоэлектрический счетчик мелких облачных капель ФЭС конструкции Александра. Счетчик позволял измерять концентрации и спектры размеров облачных частиц в диапазоне от 2-х до 50 микрон. От Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института в работах принял участие Александр Костенко, который привез регистратор прозрачности, конструкции А.Н. Невзорова с оптической базой 1 метр. От Главной геофизической обсерватории в работах принял участие Сергей Васильев, который привез систему отстрела пиропатронов АСО-2И. От ЦАО в работах приняли участие те же Виталий Беляев (руководитель экспедиции) и Алексей Серегин, которые привезли самолетный измеритель влажности облаков СИВ-3 конструкции Зайцева-Ледоховича.

Так же, как и первая, вторая экспедиция базировалась в Сантьяго-де-Куба, где привезенное оборудование было установлено на самолет Ил-14. После этого в период с 15 августа по 12 октября 1982 год было выполнено 28 исследовательских полетов, в которых было проведено 230 измерительных режимов в 152 конвективных облаках, развивавшихся в восточных провинциях Кубы и на Камагуэйском метеополигоне. Измерения проводились при пересечении облаков на всех высотах – от основания до верхней границы.

В результате в 1982 году были получены первые данные о микрофизических характеристиках кубинских конвективных облаков. Правда, данные – это громко сказано. Были получены десятки метров фотолент, которые необходимо было обрабатывать вручную – снимать ординаты с помощью линейки, заносить в таблицы, считать на арифмометре и т.п. Однако кое-что все-таки удалось обработать прямо во время экспедиции. Были получены слегка неожиданные результаты. Куба – относительно узкий остров в океане, продуваемый насквозь пассатами из Атлантики, и ожидалось, что по своей микроструктуре кубинские облака будут близки к морским облакам с низкими концентрациями мелких капель и широкими спектрами. Однако первые измерения спектров капель на острове показали, что развивающиеся над островом ближе к континентальным, чем к морским. В облаках были получены узкие спектры, с высокой концентрацией мелких капель (больше 1000 капель в кубическом сантиметре со средним размером – 3–5 микрон). Результаты измерений были подтверждены в дальнейшем расчетами средних радиусов капель и концентраций с использованием данных измерителя влажности и регистратора прозрачности, а так же прямыми измерениями спектров размеров облачных капель с помощью импакторного заборника облачных частиц.

А вот по характеристикам крупнокапельной части спектра облачных капель (для капель диаметром больше 200 мкм) облака Кубы оказались ближе к облакам тропической Атлантики, исследованным при проведении экспериментов ТРОПЭКС-72 и ТРОПЭКС-74, чем к континентальным облакам, исследованным на Днепропетровском полигоне на Украине.

После завершения экспедиции все приборы и материалы были оставлены на Кубе, и были переданы кубинской стороне методики обработки самолетных измерений. Кубинские специалисты за время экспедиции научились эксплуатировать аппаратуру в полетах и хотели провести еще ряд измерений после отъезда советских специалистов. После отъезда советских специалистов было проведено еще несколько полетов и была начата обработка результатов самолетных измерений.

В 1983 году была организована комплексная экспедиция с участием специалистов по самолетным измерениям и специалистов по радарной метеорологии из Отдела радиолокационной метеорологии ЦАО. В составе экспедиции было 4 специалиста по самолетным исследованиям (сотрудники ОАВ Виталий Петрович Беляев и Алексей Юрьевич Серегин, уже проработавшие на Кубе две экспедиции, Виктор Вадимович Петров и Валерий Иоганесович Уйбо) и 2 специалиста по радиолокационным исследованиям (сотрудники ОРМ Александр Кимович Моргоев и Юрий Иванович Руденко).

В дополнение к имеющимся на Кубе приборам экспедиция привезла перегрузочный комплекс, позволявший измерять скорости вертикальных движений воздуха, самолетный пульсационный термометр и опытный экземпляр двухфазного самолетного измерителя влажности облаков ДИВО конструкции Молоканова, а также радиостанцию «Микрон» для обеспечения связи с самолетом с Наземного пункта управления экспериментом. Моргоев и Руденко привезли созданный в ОРМ комплект автоматизированной цифровой системы обработки радиолокационных сигналов (АЦОРС), поскольку до этого радиолокационная информация, как и самолетная, обрабатывалась вручную.

Для меня это была первая заграничная командировка, как и вообще поездка за рубеж. Подготовка экспедиции началась с прохождения всяких бюрократических формальностей. Кандидатов на заграничную командировку должны были утвердить на всех уровнях: уровень лаборатории, уровень отдела, партбюро обсерватории, выездная комиссия обсерватории, райком партии в Мытищах, коллегия Госкомгидромета, Ц КПСС. Везде нужно было доказать, что кандидат

достоин, справится с поставленными задачами и не посрамит посылающую его за границу державу ни на бытовом уровне, ни на работе. После положительного решения – везде инструктаж, практически как в песнях Высоцкого «...и инструктора послушал: что там можно, а что нельзя!»

Параллельно с оформлением выездных дел происходила подготовка аппаратуры, комплектование ЗИП и расходных материалов (рулонная фотобумага, проявители, закрепители и т.д.) и, наконец, подготовка всего этого груза к отправке. Это поиски подходящей тары, упаковка и маркировка, отправка на таможню.

Здесь следует сказать, что в те времена таможня была совсем не такая строгая, как сейчас, не было необходимости составлять подробные упаковочные листы, вплоть до указания количества и происхождения болтов и гаек. Тогда все оформлялось просто списком. Конечно, мы этим пользовались, и тот личный перегруз, который превышал 20 кг багажа на нос, мы клали в экспедиционный груз. При этом не обходилось без приключений. В 1983 г. мы загрузили в ящик с техническими описаниями аппаратуры пару банок селедки, которой на Кубе нет, а кроме всего прочего, это было отличным подарком советским сотрудникам ССКЛ. Груз благополучно прошел таможню и был принят к отправке в аэропорт «Шереметьево». Однако отправка самих участников экспедиции задерживалась, и вся команда вылетела в Гавану в середине августа. Полет был длинный, с посадкой в Ирландии в Шенноне и легким шоком от товаров во фришопе аэропорта. Еще 9 часов полета, и мы выходим из самолета в аэропорту «Хосе Марти» Гаваны.

5 утра местного времени. Первый вдох произвел сильное впечатление – липкая духота с какими-то тропическими ароматами с примесями нефти. Пока дошли до аэровокзала (около 100 м) я весь промок и начал думать, как бы уехать из этого рая домой поскорей! Но вошли в аэровокзал, а там – кондиционер, запах гаванских сигар, и жизнь стала налаживаться.

Только часов в 10 часов утра к нам приехали содиректор ССКЛ Михаил Авраамович Сорочинский, сменивший на посту Александра Нерушева, и Артуро Гарсия – администратор лаборатории. Возникла какая-то

путаница в телексах, и мы просидели 5 часов в аэропорту.

Нас сразу привезли в небольшой район восточной Гаваны ла Байя. Поселили в домах, очень похожих на наши хрущевки. Каждому специалисту досталось по комнате. В квартирах была оборудованная кухня, санузел, душ, стиральный уголок, черно-белый телевизор и вентиляторы. Горячей воды не было, да в общем-то мы легко обходились и без нее. При температуре воздуха +36 °C вода в трубе имела такую же температуру, на Кубе все трубы прокладывались снаружи строений. Минусовых температур ведь никогда не бывает!

Приняли душ и сразу все стало веселей. Через пару часов приехал Артуро Гарсия и привез нам деньги, по 450 кубинских песо каждому. Мы были командированы по системе безвалютного обмена, при котором договаривающиеся стороны взаимно командируют специалистов на какое-то количество человеко-дней. Авиабилеты оплачивает командирующая сторона, а зарплату и проживание оплачивает принимающая сторона.

Кроме денег Артуро привез нам «тархетки» – карточки в магазин. На Кубе карточная система, и отовариваться можно только в магазинах, к которым человек прикреплен со своими карточками, в соответствии с имеющимися нормами. Нормы для иностранных специалистов были вполне хорошие. Если покупать только по насущной необходимости, то норму «съесть» было очень трудно.

На следующее утро мы поехали в институт метеорологии, куда уже был доставлен прибывший из Союза наш экспедиционный груз. Институт расположен на верхней части холма ла Кабанья в западной части Гаванской бухты, рядом с 20-метровой статуей Христа. Из института открывается великолепный вид на Гавану, и советские сотрудники ССКЛ обычно начинали свой рабочий день с перекура с видом на Гавану.

Когда мы подходили к складу, где хранилось прибывшее оборудование, сопровождающие нас кубинцы начали хихикать. Открыли ворота. В нос ударил запах тухлятины. Как потом оказалось, от разорвавшейся в ящике той самой банки с селедкой. Содержимое вытекло и внутри склада, где температура была за 40, протухло. А самое противное, это то, что содержимое банки залило описание аппаратуры, которые мы потом

еще долго отмачивали и сушили. Но легкий душок все равно остался. Проверив, все ли в порядке в остальных ящиках, мы передали их кубинской стороне, чтобы они отправили самолетный груз в Сантьяго, а радиолокационный груз в Камагуэй.

А вечером Сорочинский пригласил и привез нас к себе в Аламар – коттеджный поселок на берегу океана, где жили иностранные специалисты, в том числе и работающие в ССКЛ. Советская часть ССКЛ устроила нам праздничный прием. Сотрудники лаборатории, командированные из институтов Гидрометеослужбы, жили в Аламаре, от которого до института было около 5-ти километров. Сотрудники с детьми жили в маленьких коттеджиках – бунгало с маленьким участком, на котором можно было посадить несколько бананов, а те, которые без детей, жили в домах типа хрущевки.

В лаборатории велось много тем и, соответственно, здесь жили представители из многих институтов: Слава Степанов из ИЭМ занимался изучением и прогнозированием тропических ураганов, Слава Соколенко из ГГО занимался актинометрическими измерениями, Слава Морозов из ГГО – климатолог, Гудуша Арвеладзе из ЗакНИГМИ – агрометеоролог, Вилорий Кравченко из Молдавской противорадовой службы – специалист по техническому обслуживанию локаторов. ЦАО представлял Георгий Медведев, в обязанности которого входило проведение работ по активным воздействиям.

Через пару дней наступила пора отъезда в Сантьяго-де-Куба. Мы погрузились на самолет и полетели в Сантьяго-де-Куба с посадкой в Камагуэй, где высадили локаторщиков Моргоева, Руденко и Кравченко. По прилету в Сантьяго нас встретили и поселили в огромный коттедж, оставшийся от дореволюционных хозяев. Огромный дом, с садом с мандариновыми деревьями, на которых висели почти созревшие мандарины. Кубинские коллеги жили в аналогичном коттедже в соседнем квартале.

Утром поехали в аэропорт на самолет. Первое, с чего мы начали, – это приведение аппаратуры в рабочее состояние, поскольку оказалось, что за время отсутствия наших специалистов оставленное кубинцам в 1982 году оборудование вышло из строя. Параллельно занимались установкой аппаратуры на тот самый старенький кубинский

Ил-14. Через три недели оборудование было восстановлено, установлено на самолет и проверено в облете, и мы перелетели в Камагуэй для проведения полетов в районе создаваемого в то время Камагуэйского метеополгона (КМП).

На следующий день выполнили первый полет по облакам. Тут нужно сказать, что кубинские пилоты нас положительно удивили. Во-первых, они смело заходили в любые облака, а там трясло так, что все незакрепленное в самолете начинало летать по салону, включая непристегнутых специалистов. Пилоты – бывшие военные летчики, которые прошли Анголу и Никарагуа. Они заявляли, что в боевых условиях они уходили, используя любые прикрытия, в том числе и грозовые облака. В отличие от наших пилотов из ГосНИИГА они не гнались за налетом часов. Как только работы с облаками заканчивались, они буквально камнем падали вниз со скоростями до 20 м/с (и это на стареньком Ил-14!). Наши же пилоты обычно нарежали круги по коробочке, снижаясь со скоростью 2–3 м/с.

Свои военные привычки кубинские пилоты старались не утратить и при возвращении на аэродром. Регулярно мы летали на бреющем полете на высотах несколько метров ниже пальм, а при полетах над водохранилищами едва не касались воды винтами, стараясь напугать рыбаков, которые однажды попрыгали с лодки при приближении нашего самолета. А нам приходилось заниматься воспитанием и обучением наших кубинских коллег, которые начали с нами летать на самолете в качестве операторов.

К сожалению, наши полеты в сезоне 1983 года не заладились. В Камагуэй мы успели установить на локаторе радиостанцию «Микрон» для связи с самолетом. Натянули антенну и проверили связь при пробном облете. Провели пару полетов для отработки методики измерений в облаках. Перед третьим полетом у самолета заклинило двигатель. Самолет вырлился на взлетную полосу, дал полный газ, еще стоя на тормозах, и вдруг, у меня было такое впечатление, как будто по самолету долбанули здоровенной кувалдой. Левый винт встал намертво. Как потом выяснилось, лопнул шатун в одном из 14 цилиндров левого мотора. Таким образом, Ил-14 выбыл из строя, не успев начать исследования.

Кубинцы предложили продолжить работы с использованием самолета Ан-26, который они использовали для проведения оперативных работ. Идея состояла в том, чтобы начать рандомизированный эксперимент по воздействию на изолированные конвективные облака, развивающиеся над полигоном. Рабочей гипотезой проведения эксперимента была гипотеза динамического засева переохлажденных вершин облаков льдообразующими реагентами. Процесс искусственной кристаллизации должен приводить к выделению дополнительного тепла, из чего следует увеличение плавучести, и к увеличению размеров, продолжительности жизни и количества осадков, выпадающих из облака. Ан-26 должен был пересекать вершины облаков выше изотермы -6°C (порог срабатывания реагента), проводить засев облака, а наземный радиолокатор должен был проводить наблюдения за эволюцией этих облаков. Данные радиолокационных наблюдений позволили определять стадию развития облака на момент его пересечения самолетом и, соответственно, связать эффект воздействия со стадией развития облака и впоследствии определить совокупность облаков, пригодных для проведения воздействий. Однако Ан-26 мог быть выделен только в октябре, после завершения очередного этапа оперативной компании.

А поскольку нам с Виталием Беляевым предстояло находиться на Кубе еще 2,5 месяца, вынужденный простой мы заполнили анализом условий, при которых образуются облака над полигоном в период влажного сезона – с мая по октябрь. Все необходимые для анализа данные имелись в Метеоцентре провинции Камагуэй, и мы смело приступили к решению этой проблемы вместе с Рохером Ривера Вега и Карлосом Альберто Пересом Санчесом.

Опыт оставления самолетной аппаратуры на Кубе оказался отрицательным. Аппаратура выходит из строя даже просто в связи с тяжелыми условиями хранения – очень высокая температура и влажность. Поэтому было решено всю самолетную аппаратуру отправить назад в Союз, где ее можно будет привести в порядок и не тратить время на ее восстановление на Кубе перед очередной экспедицией. Поскольку Ил-14 быстро восстановить было невозможно, то мы сняли с него научную аппаратуру и отправили

в Гавану для дальнейшей отправки в Союз. Экспедиция перелетела в Гавану и стала готовиться к отлету домой.

Через несколько дней мы получили печальное известие о том, что Ан-26, который планировался для использования в эксперименте, тоже вышел из строя, и ему требовался серьезный ремонт. Когда самолет находился на стоянке в аэропорту Хосе Марти в Гаване, в него въехал трактор (трактористу стало плохо, он потерял сознание).

Большая часть экспедиции улетела в Москву. С ними в отпуск улетел и Георгий Медведев. А мы с Беляевым остались, как говорится, у разбитого корыта. В этой ситуации мы решили заняться анализом самолетных данных, полученных в 1982 году и, как было доложено, полностью обработанных.

Первый просмотр материалов выявил много ошибок и артефактов. Начиная с того, что часто были элементарно перепутаны кривые измеряемых параметров, и заканчивая простыми ошибками в вычислениях. Два месяца мы вместе с кубинцами скрупулезно исправляли все ошибки, фактически обрабатывали все заново. Кубинцы после отстранили Медведева от самолетных исследований, переключив его на работу с радиолокационными и синоптическими данными, а мы с Беляевым получили первые, достаточно надежные, данные по микрофизическим характеристикам кубинских конвективных облаков.

А с радиолокационными данными получился некий конфуз. Данные взялся обрабатывать специалист метеоцентра Луис Батиста. Радиолокационные данные обрабатывались вручную, и работа была очень кропотливой. Здесь мы столкнулись с некоторыми особенностями кубинских кадров, о которых мы, правда, слышали ранее, но не придавали особого значения. Кубинцу мало объяснить, что он должен делать, необходимо еще убедиться, что у него все для работы есть. В противном случае он мог ничего не делать несколько дней, а когда требовался результат, он говорил, что у него не было каких-либо принадлежностей и никто не спросил его об этом.

На эти же «грабли» мы наступили с Луисом Батистой. Беляев у него спросил, где радиолокационные данные, которые он обещал обработать. Батиста сказал, что он еще работает и скоро данные предоставит.

Приближалась пора нашего отъезда в Гавану, а Батиста нас «кормил завтраками». В конце концов Беляев не выдержал (нужно сказать, что он отличался атлетическим сложением), зажал Батисту в угол и спросил: «Где данные?» И тут мы просто сели. Батиста ответил: «Петров, Беляев, я много работал, но у меня умерла лампочка!» – «Когда?» – «Три недели назад!» Вот так-то! Пришлось отложить анализ радиолокационных данных на следующий год.

В 1984 году научным руководителем экспедиции был назначен старший научный сотрудник ОАВ Борис Иванович Зимин, который в начале 80-х годов принимал участие в проведении, в обработке и анализе данных международного проекта по увеличению осадков в Испании. В состав экспедиции был также включен младший научный сотрудник этого же отдела Баграт Григорьевич Данелян – молодой, но уже один из самых опытных руководителей воздействий на самолетах-лабораториях.

На 1984 год для проведения экспериментов кубинская сторона выделила два самолета: Ан-26 с установленной на нем системой отстрела пиропатронов АСО-2И, предназначенный для проведения воздействий на вершины облаков и Ил-14 для измерения характеристик облаков в их средней и нижней частях. К сожалению, из-за технических проблем Ил-14 так и не смог принять участия в экспериментах. Но полеты на Ан-26 позволили отработать взаимодействие с наземным радиолокатором и провести первые пробные воздействия с контролем результатов, что позволило в этом сезоне провести отработку методики воздействия на облака и взаимодействие с наземным радиолокационным комплексом.

Очередная экспедиция состоялась в 1985 году. В ее состав вошли представители ОАВ: Б.И. Зимин – руководитель экспедиции, В.П. Беляев, В.В. Петров, Б.Г. Данелян и представители отдела физики облаков и динамики атмосферы (ОФОиДА) Владимир Константинович Дмитриев и Виктор Георгиевич Потемкин.

Дмитриев являлся разработчиком двух самолетных приборов: самолетного измерителя истинных значений скорости и температуры (СИИСТ) для измерения истинных значений продольных пульсаций ветра, температуры и ее пульсаций и автоматизированного

перегрузочного комплекса (АВПК), который позволял измерять скорости вертикальных потоков в облаках и окружающей атмосфере. Потемкин был учеником и одним из ближайших сотрудников Анатолия Николаевича Невзорова – автора приборов микрофизического комплекса.

Привезенное оборудование было установлено на самолет Ил-14, который выполнил 15 исследовательских полетов, в ходе которых было исследовано 79 облаков, развивающихся в районе Камагуэйского полигона, был выполнен 141 измерительный режим. Кроме того, в этом сезоне было выполнено два полета по исследованию строения облачных гряд, развивающихся вдоль оси острова, в результате бризовой конвергенции и дающих большой вклад в осадки.

В июне–августе 1985 года самолет Ан-26 приступил к проведению рандомизированного исследовательского эксперимента, в ходе которого проверялась гипотеза динамического засева облаков с целью увеличения осадков и осваивалась методика воздействий на конвективные облака тропической зоны. Были проведены исследования 50 экспериментальных облаков, 30 из которых были засеяны, а 20 были контрольными, была отработана методика воздействий, был определен расход реагента и определены предварительные критерии пригодности облаков для засева.

В 1986 году в ССКЛ произошли большие изменения. После окончания контракта в Союз вернулся содиректор лаборатории Михаил Авраамович Сорочинский. Его заменил Олег Николаевич Белинский – начальник лаборатории из Гидрометцентра СССР – специалист по аэросиноптическому анализу. Вилория Кравченко заменил Казаков – специалист по техническому обслуживанию МРЛ-5 из Краснодарской противорадовой службы.

Администратор лаборатории Артуро Гарсия ушел на пенсию, его заменил Рикардо Вийянуэво. После окончания контракта вернулся в Союз и Георгий Медведев. Его заменил Борис Павлович Колосков из ОРМ ЦАО. Колосков имел большой опыт работ в области метеорологической радиолокации и принимал непосредственное участие в Проекте по искусственному увеличению осадков в Испании, экспериментах в Молдавии и на Пензенском экспериментальном полигоне.

В соответствии с общепринятыми требованиями к экспериментам по искусственному регулированию осадков, в экспедициях 1986–1987 годах на Камагуэйском метеополигоне была проведена подтверждающая фаза рандомизированного эксперимента по засеву изолированных конвективных облаков. В ходе эксперимента было выполнено 25 исследовательских полетов на самолете Ил-14 и 21 полет на Ан-26, в ходе которых было проведено 133 измерительных режима на самолете Ил-14 и 68 режимов на самолете Ан-26.

Поскольку в эксперименте стало принимать участие сразу два оборудованных самолета, кубинская сторона в 1987 году обратилась в Госкомгидромет с просьбой направить для работы в ССКЛ специалиста по обработке и анализу данных самолетного зондирования. Юрий Алексеевич Серегин сделал такое предложение мне, и я согласился.

Я уехал на Кубу для работы в ССКЛ в апреле 1988 года. В 1988 году было выполнено 25 исследовательских полетов на оборудованном самолете Ан-26 и 8 полетов на самолете Ил-14. Всего было исследовано 62 облака (12 на уровне 3500 м 27 измерительных режимов и 50 на уровне 5500–6000 м – 98 измерительных режимов).

После отлета экспедиции в ССКЛ мы остались трудиться по этой тематике вместе с Борисом Колосковым. Он по радиолокационной части, а я по части анализа самолетных данных. Большую помощь в обработке материалов оказывали специалисты метеоцентра Карлос Альберто Перес Санчес, который летал с нами в качестве руководителя воздействия, и Соня Сервантес, тоже летавшая с нами. В конечном счете в начале зимы 1989 года все полученные в самолетной экспедиции данные были обработаны. Данные были занесены на электронные носители, я написал комплекс программ для их обработки на компьютере.

Очередная экспедиция прилетела на Кубу летом 1989 года. Однако из-за кубинских внутривластных проблем самолеты не получили разрешения на участие в полетах по программе. Экспедиция, не дождавшись самолетов, улетела в Москву, оставив на меня и разоборудование самолетов и отправку аппаратуры в Союз.

Разрешения были получены лишь в начале октября. Для того чтобы получить от оборудованных самолетов хоть как-то пользу, 17 и 18 октября 1989 года было предпринято два полета по изучению микрофизических характеристик облаков, развивающихся над полигоном и на Карибском море. Причем в течение одного и того же полета проводились измерения спектров размеров капель как над островом, так и над акваторией Карибского моря. Всего было исследовано 18 облаков – 6 над островом и 12 над морем.

Осенью 1989 года на Кубе проходил международный семинар по проблемам активных воздействий на облака с целью увеличения осадков. От СССР на семинар прибыли Юрий Алексеевич Серегин – научный руководитель темы, Соломон Моисеевич Шметер – заведующий отделом физики облаков и динамики атмосферы ЦАО. В Ала-маре состоялся «военный совет» во главе с Серегиним, с участием Шметера, Колоскова и меня. Там было принято решение, что в связи истечением 3-летнего контракта работы в ССКЛ у Б.П. Колоскова на его замену придет из ОРМ А.К. Моргоев, неоднократно принимавший участие в Кубинских экспедициях в качестве специалиста по радиолокационным исследованиям. А.К. Моргоев прибыл на Кубу в начале 1990 года.

В 1990 году эксперименты были продолжены. К сожалению, по своему техническому состоянию Ил-14 больше не смог участвовать в полетах. Экспедиция 1990 года проводила исследования только с использованием самолета Ан-26. За период с 12 июля по 3 сентября 1990 года было выполнено 24 полета, в которых исследовано 44 облака и было выполнено 75 исследовательских режимов.

В 1987–1990 годах основное внимание было сосредоточено на опытах с кластерами, представляющими собой мезомасштабные облачные скопления, объединенные общим основанием и расположенные на площади 400–600 км². Совместное использование радиолокационных наблюдений вместе с одновременными самолетными измерениями позволило проследить эволюцию основных облачных параметров в течение всего периода жизни облака. Результаты рандомизированных экспериментов по засеву изолированных конвективных

облаков и мезомасштабных облачных систем в 1986–1990 годах показали возможность их модификации и получения дополнительных осадков путем динамического засева облаков льдообразующим реагентом.

Основываясь на полученных в 1986–1990 годах результатах, в 1991 году было решено продолжить проведение рандомизированных экспериментов по засеву облаков на КМП, используя плавающую мишень площадью около 1500 км². Экспедиция 1991 года прибыла на Кубу под руководством Бориса Колоскова. В состав оборудования Ан-26, кроме термодинамического и микрофизического комплексов, был включен 8-миллиметровый СВЧ радиометр, который позволял выполнять дистанционные измерения содержания жидкой воды в облаках (с прибором работал Юрий Агапов из ОРМ), а также измерители напряженности электрического поля, с которыми работал Юрий Павлович Михайловский из отдела атмосферного электричества ГГО. Воздействия на облака в этом сезоне осуществлялись с самолета Як-40, на откидной трап которого кубинцы установили систему отстрела пиропатронов ПВ-26, научным руководителем воздействий на этом самолете летал В.Н. Поздеев из ОАВ ЦАО, ранее работавший в ССКЛ.

Методика воздействия состояла в следующем: самолет Як-40, по рандомизированной методике принимал решение о засева облаков. После первого засева самолет старался засеять (или не засеять) все облака в круге радиусом 20 км от первого облака. Наземный радиолокатор должен был проводить непрерывные наблюдения за облаками и осадками, на территории этой мишени, летал сбоку от облаков мишени на высоте нулевой изотермы и проводил дистанционные измерения интегрального содержания жидкой воды в исследуемых облаках.

В 1991 году фактически была только отработана методика проведения такого эксперимента. Основные работы были запланированы на 1992 год. Однако в 1992 году из-за финансовых проблем, связанных с перестройкой и распадом СССР, ССКЛ прекратила свое существование. Все советские сотрудники лаборатории были отозваны в Союз, как было написано в письме из комитета во «временный отпуск», который оказался бессрочным. Эксперименты на

КМП были прекращены. И, как оказалось, на целых 14 лет.

В 2005 году в связи с неблагоприятными погодными условиями, наблюдавшимися на Кубе в последние годы, правительство Республики Куба приняло решение продолжить эксперименты по воздействию на мезомасштабные облачные образования с целью продолжения разработки технологии искусственного увеличения осадков на территории Кубы. В январе 2005 года правительственная делегация Республики Куба посетила Росгидромет и пригласила трех российских специалистов на Кубу для подготовки и подписания контракта на проведение работ по активным воздействиям. Я к этому времени уже трудился в Агентстве атмосферных технологий заместителем директора.

14 февраля 2005 года делегация российских специалистов в составе директора АНО «Агентство атмосферных технологий» Корнеева Виктора Петровича, начальника управления комитета Стасенко Валерия Никифоровича и меня прибыла на Кубу. В течение недели были подготовлены и подписаны два контракта между Кубинским внешнеторговым предприятием «Авиаимпорт» и АНО «Агентство атмосферных технологий». В рамках этих контрактов на Кубу были поставлены пиропатроны ПВ-26 и устройства для их отстрела и организована экспедиция российских специалистов. В состав экспедиции входили: В.В. Петров – руководитель экспедиции, Б.П. Колосков – руководитель радиолокационных исследований, Скуратов Сергей Николаевич, Крутиков Николай Олегович, Данелян Баграт Григорьевич и Поздеев Валерий Николаевич.

Участники экспедиции совместно с кубинскими коллегами провели оборудование кубинских самолетов Ан-26 средствами воздействия и аппаратурой измерительно-вычислительного комплекса (ИВК) для измерения микрофизических и термодинамических характеристик атмосферы и облачности. Установили на борт самолета и в оперативный центр управления работами систему радиообмена данными, которая позволяет отображать траекторию самолета непосредственно на географической и радиолокационной картах, как на борту, так и на мониторах оперативного центра управления. Была проведена проверка и доработка

программного обеспечения автоматизированного радиолокационного комплекса, созданного кубинскими специалистами на базе метеорологического радиолокатора МРЛ-5, применительно к задачам активных воздействий на облака;

В период с 15 августа по 20 октября 2005 года выполнены работы по исследованию и засеву облаков на территории КМП. За этот период было выполнено 26 полетов, из которых три полета были методическими, 4 – исследовательские и в 19 полетах наряду с исследованиями были проведены воздействия на 121 облако. Работами с кубинской стороны руководили начальник Центра атмосферных исследований Института метеорологии Кубы Даниэль Мартинес Кастро и ведущий научный сотрудник Камагуэйского метеорологического центра Карлос Альберто Перес Санчес, принимавшие непосредственное участие во всех экспериментах начиная с 1981 года.

Таким образом, после 14-летнего перерыва в 2005 году были сделаны важные шаги по воссозданию на более современном техническом уровне информационно-измерительной системы для проведения работ по активным воздействиям на облака с целью искусственного увеличения осадков на территории Республики Куба. Исследования были продолжены в 2006, 2007 и 2010 годах.

В 2006 и 2007 годах в состав экспедиции были приглашены специалисты по исследованиям термодинамических характеристик

облаков и атмосферы – Михаил Александрович Струнин, который только что защитил докторскую диссертацию, посвященную проблемам турбулентности, и Дмитриев Владимир Константинович, неоднократно участвовавший в кубинских экспедициях в 80-е годы. Дмитриев подготовил и установил на борт самолета термодинамический комплекс, позволяющий измерять турбулентные характеристики облаков и атмосферы.

Результаты исследований облаков, выполненные в 2005–2007 годах, показали, что по своим характеристикам они практически совпадают с облаками аналогичной мощности, исследованным на Кубе в 80-е годы, что дает основания использовать для этих облаков критерии пригодности для засева, разработанные в 80-е – 90-е годы. Однако в силу различных причин, обусловленных проблемами кубинской стороны, эти работы были приостановлены в 2010 году.

Но, судя по всему, на этом история совместных исследований облаков и увеличения осадков на Кубе не заканчивается: в августе 2015 года кубинская сторона обратилась в Росгидромет с просьбой о направлении на Кубу российского самолета-лаборатории Як-42Д «Росгидромет», оснащенного комплексом современного оборудования для исследования микрофизических и термодинамических характеристик облаков и атмосферы, а также системой отстрела пиропатронов.

САМОЛЁТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТАЙФУНОВ И УРАГАНОВ В 1983–1990 ГГ.

Самолётные исследования тропических циклонов (ТЦ) в СССР были начаты в 80-х прошлого века в рамках научно-технического сотрудничества с дружественными странами, расположенными в тропической зоне. До начала 80-х годов монополистами в этой области являлись США, которыми был накоплен большой опыт самолётной разведки и исследований активной части тропических циклонов. Самолётные методы явля-

ются важнейшим средством изучения. ТЦ. Поскольку именно они позволяют получать необходимые данные о структуре ТЦ, включая данные о распределении термодинамических параметров и характеристик облачности, без знания которых невозможно создание и совершенствование физических и прогностических моделей эволюции, а также информацию о перемещении этих опасных метеорологических явлений.

Самолётные исследования тайфунов во Вьетнаме

Первые экспедиции по исследованию ТЦ были проведены в Социалистической Республике Вьетнам (СРВ) в 1983–1984 годах в рамках научно-технического сотрудничества между СССР и СРВ в области тропической метеорологии, для чего был подготовлен самолет-метеолaborатория Ил-18 «Циклон» (№ 75442) оснащённым самыми современными на ту пору научными измерительными комплексами.

Одним из самых важных (для этих исследований) комплексов оборудования являлся измерительно-вычислительный комплекс ИВК «Барс-1», позволявший в реальном времени измерять и отображать метеорологические параметры на уровне полета (скорость и направление ветра, температуру, влажность, давление), пилотажно-навигационные параметры полета (барометрическую высоту, высоту полёта над подстилающей поверхностью, координаты местоположения самолета).

Самолет-метеолaborатория Ил-18 «Циклон» был также оснащён мощной радиолокационной аппаратурой: радиолокатором кругового обзора (360°) и радиолокаторами вертикального (в нади́р и зенит) зондирования. Отдельное внимание было уделено термодинамическому комплексу: измерителям пульсации температуры и ветра, а также микрофизическим измерениям: спектрам размеров облачных частиц, значений интегральной водности, прозрачности облаков и их фазового состава.

В качестве экспериментального оборудования были установлены СВЧ-радиометры для измерения интегральной водности

облаков и система сбрасывания с борта самолета метеорологических радиозондов.

В работе экспедиции принимали участие сотрудники Лётного научно-исследовательского центра ЦАО, работники других отделов (Отдела радиометеорологии, Отдела активных воздействий), работники НПО «Тайфун», а также сотрудники советско-вьетнамской исследовательской лаборатории (ССВЛ). Выполнял полеты на Ил-18 «Циклон», лётный испытательный экипаж Государственного научно-исследовательского института гражданской авиации (ГосНИИ ГА), большую помощь в работе экспедиции постоянно оказывал синоптический центр аэропорта г. Хошимин.

Перед экспедицией стояла задача сбора данных о внутреннем строении тропических циклонов на разной стадии их развития, включая зрелую стадию тропических штормов и тайфунов. Какие-либо прикладные задачи, такие, как активные воздействия на облака и облачные системы, в то время не рассматривались и не ставились.

Первая лётная научная экспедиция по исследованию тайфунов над акваторией Южно-Китайского моря под руководством начальника ЛНИЦ ЦАО, кандидата физико-математических наук Н.К. Винниченко прилетела во Вьетнам в конце сезона тайфунов, в ноябре 1983 года и продолжалась 25 дней. Экспедиция носила ознакомительно-методический характер. Удалось провести однодневное исследование дальней периферии тропического шторма на ранней стадии его развития.



Ил-18Д № 75442 «Циклон» готовится к встрече с тайфунами. Вьетнам, 1983 г.

Экспедиция встретила радушный прием принимающей стороны. Весь научно-исследовательский экипаж экспедиции, а также приехавший с проверкой заместитель Председателя Госкомгидромета СССР В.М. Захаров, были удостоены званий «Почётный гражданин города Хошимин». Эта экспедиция заложила основы успеха всех последующих лётных экспедиций в СРВ.

В сентябре 1984 года стартовала вторая летная экспедиция под руководством заведующего лабораторией НПО «Тайфун», кандидата физико-математических наук В. Ипатова. Основной костяк научного экипажа по-прежнему составляли сотрудники ЦАО. В начале экспедиции, в период подготовки самолета к полетам в тропических облаках (установки противорадиолокационных решеток на двигатели) слег в больницу В. Ипатов. Исполняющим обязанности руководителя экспедиции был назначен я.

Главным достижением второй экспедиции стала серия из 6-ти научно-исследовательских полетов в тропическом шторме Уоррен, как в центральной его части, так и на периферии. Шторм неделю, не спеша,

перемещался с востока на запад над акваторией Южно-Китайского моря.

Многодневное зондирование в акватории Южно-китайского моря тропического шторма Уоррен с многократным пересечением его активной зоны позволило расширить представление о возможностях исследовательских полётов в интенсивных конвективных зонах, а также собрать интересные экспериментальные данные.

Пилотируемый ГосНИИ ГА лётчиком-испытателем Вадимом Котовичем, вторым пилотом-испытателем Хайдаром Сулеймановым, штурманом-испытателем Александром Лалыкиным и штурманом-лидеровщиком Николаем Рябовым, самолет Ил-18 «Циклон» впервые в отечественной практике выполнил полёты в активной зоне сильного тропического шторма, с многократными пересечениями его центральной части на высотах от 0,5 до 6 км.

В ходе исследований был собран бесценный экспериментальный материал о мезоструктуре полей ветра и температуры, турбулентности и микрофизическом составе облаков и осадков в тропическом циклоне

на различной стадии его развития, включающей «тропический шторм».

Одной из важных прикладных задач, решаемых нами в той экспедиции, было оперативное определение центра циркуляции ТЦ. Многократное в ходе полета пересечение центра позволило инструментально с большой точностью определить направление и скорость перемещения всей системы шторма (тайфуна, урагана), что имеет принципиальное значение для организации штормового оповещения прибрежного населения с целью его защиты и эвакуации.

Благодаря собранным данным были проведены исследования мезоструктуры полей ветра и температуры, а также опубликован

рад научных работ о метеорологических явлениях в ТЦ, опасных для выполнения исследовательских полётов.

В первых советско-вьетнамских лётных экспедициях в 1983–1984 годах был получен опыт полётов в тропических штормах, который дал впоследствии исходный материал для разработки методики полётов исследовательских самолётов в сильные тропические циклоны: тайфуны и ураганы. Этот опыт очень пригодился впоследствии, в 1988–1990 годах, при выполнении уникальных по сложности и опасности исследовательских полётов в тропические циклоны на Кубе.



По курсу СМЛ Ил-18 «Циклон» тропический шторм «Уоррен»



Участники первой советско-вьетнамской лётной экспедиции по исследованию тропических циклонов. Ноябрь, 1983 г. Второй слева – начальник ЛНИЦ ЦАО Н.К. Винниченко

Самолётные исследования ураганов на Кубе 1986–1990 гг.

В ходе совместных советско-кубинских лётных экспедиций, выполнявшихся на советских самолётах-метеолaborаториях Ил-18Д «Циклон» (1986, 1987 годы) и Ан-12БП «Циклон» (1988–1990 годы), проводились экспериментальные исследования тропических циклонов Северной Атлантики. Цель исследовательских полётов состояла в получении данных о распределении полей метеорологических элементов и их эволюции, в изучении макрофизических и микроструктурных характеристик их облачных систем и полей осадков, как в активных зонах (внутреннего ядра) циклона, так и на его периферии. Прикладной задачей исследований являлось оперативное и точное определение местоположения динамического центра циркуляции (так называемого «глаза» урагана) и вектора его движения для обеспечения прогноза его дальнейшего перемещения и принятия оперативных мер по штормовому оповещению населения Кубы и близлежащих стран.

Исследовательские полёты в тропические циклоны выполнялись в период осенней циклонической активности в Атлантике, с сентября по ноябрь. Экспедиции базировались в центральном районе Кубы – в г. Камагуэй, в аэропорту им. Игнасия Аграмонте.

На протяжении 1986–1990 годов были выполнены многократные полёты в активных зонах четырех тропических депрессий, пяти тропических штормов: «Эмили» (1987), «Айрис» (1988), «Джерри» (1988), «Клаус» (1990), «Марко» (1990) и трёх суперинтенсивных ураганов: «Гилберт» (1988), «Габриэль» (1989), «Хьюго» (1989). В большинстве случаев полёты характеризовались значительной продолжительностью (до 8 часов и более) и сопровождалась неоднократными (до пяти-шести за полёт) пересечениями центральной зоны циклонов на высотах от 600 до 4200 м.

В лётных экспедициях отработаны методические аспекты организации и проведения полётов в сложных метеоусловиях, включая вопросы их безопасности, получены интересные экспериментальные данные о целом ряде объектов исследования.

Важный опыт был получен при полётах в активной зоне тропического шторма «Эмили» и на периферии ТЦ «Флойд» во время экспедиции 1987 года.

При пересечении самолётом Ил-18Д «Циклон» спиральной дождевой полосы вблизи центра циркуляции тропического шторма «Эмили», на уровне полета 5400 м, обнаружилась большая плотность осадков. Также была обнаружена высокая концентрация крупных ледяных частиц, послуживших причиной существенного повреждения радиопрозрачных обтекателей бортовой радиолокационной аппаратуры. Этот опыт был использован при организации последующих исследований ТЦ.

Большой объём экспериментальных данных о строении интенсивных тропических циклонов и их эволюции был собран в 1988–1990 годов во время экспедиции на Кубу самолета-метеолaborатории Ан-12БП «Циклон» в ходе третьей, четвертой и пятой лётных экспедиций. Самолёт-метеолaborатория пилотировалась лётно-испытательными экипажами ГосНИИГА, научный состав экспедиции состоял из сотрудников ЦАО и советско-кубинской лаборатории (ССКЛ). Возглавлял экспедиции зав. лабораторией ОАВ, кандидат физико-математических наук Г.П. Берюлев, научным руководителем полётов в ураганы был А.В. Литинецкий.

В период экспедиции 1988 года нами были выполнены исследовательские полёты в две тропические депрессии, а в период с 11–15 сентября было проведено 5 полётов в активную зону сверхинтенсивного тропического урагана «Гилберт» (Gilbert). При этом самолёт более 10 раз проникал в центральную часть («глаз») урагана с целью сбора данных о строении активной зоны урагана и уточнения положения центра динамической циркуляции, данные о котором оперативно передавались в прогностический центр института метеорологии в Гаване. Максимальная зарегистрированная на уровне полета 2400 м 13 сентября 1988 г. скорость ветра в урагане составила 67 м/с (240 км/ч). Недаром «Гилберт» был назван метеорологическим сообществом самым сильным ураганом XX века. В частности, пройдя через остров Ямайка, он принёс неисчислимые бедствия, уничтожив, по подсчётам экспертов, треть национального богатства страны.

Характер полученных в ходе полётов экспериментальных данных иллюстрируется для одного из полётов нашего СМЛ 13.09.1988 в активной зоне урагана на высоте

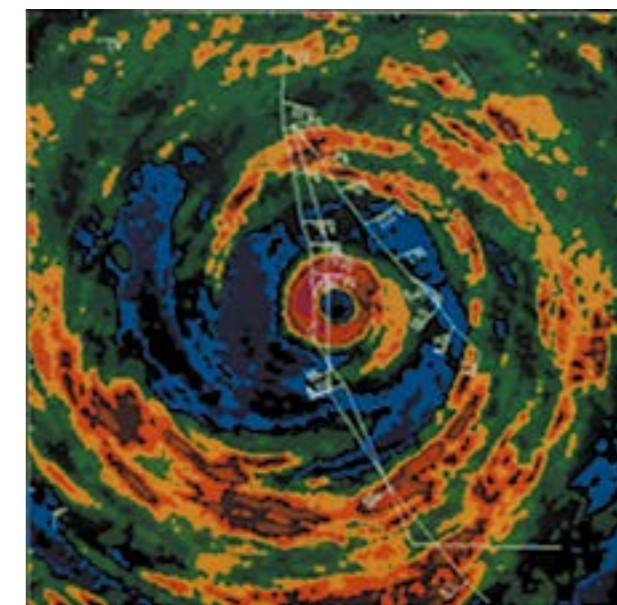


Самолет-метеолaborатория Ан-12БП «Циклон» № 11530, г. Камагуэй, Куба, 1988 г.

3,0 км. На траекторию нанесены измеренные значения ветра. Также приведено горизонтальное распределение радиолокационной отражаемости облаков и осадков в центральной зоне урагана по данным радиолокатора секторного обзора. Следует отметить, что приведённое на рисунке радиолокационное изображение является композиционным, то есть составлено из целого ряда мгновенных последовательных изображений вдоль трассы полета. Это объясняется тем, что используемые на Ан-12БП бортовые радиолокаторы с длиной радиоволны 3,2 см подвержены значительному ослаблению гидрометеорами, в результате чего радиус достоверного воспроизведения отражаемости на единичном изображении в центральной зоне урагана, как правило, не превосходил 15–20 км.

Полеты в суперурагане «Гилберт» позволили сформулировать основные положения методики самолётных исследований ТЦ и проверить на собственном опыте имеющиеся в зарубежной научной литературе разрозненные сведения о встречаемых в ТЦ метеорологических явлениях с точки зрения их опасности для проведения многочасовых лётных исследований ураганов (Г.П. Берюлев, А.В. Литинецкий, В.В. Волков).

Следует отдать должное мужеству и мастерству лётного экипажа ГосНИИГА, пилотировавшего СМЛ в супер-урагане: командиру корабля лётчику-испытателю Валентину Шутову, лётчику-испытателю Сергею



Траектории полета СМЛ Ан-12БП «Циклон» на фоне композиционного радиолокационного отражения облаков и осадков суперурагана «Гилберт»

Алтухову, штурману-испытателю Вахиту Загидуллину.

В лётной экспедиции 1989 года опыт полётов на самолёте-метеолоборатории Ан-12БП «Циклон» в экстремальных условиях ураганов был существенно расширен.

Во время полётов в циклонах «Габриэль», «Хьюго», «Джерри» высоты (барометрические) пересечения циклонов изменялись от 0,6 до 4,5 км. Было выполнено 7 радиальных пересечений облачной стены урагана Габриэль (5–6 сентября), около 12 радиальных пересечений урагана «Хьюго» (16, 17, 19 сентября), 6 радиальных пересечений центральной части тропического шторма Джерри. Стоит сказать, что и в урагане «Гилберт», и в «Габриэле» и «Хьюго» наблюдалась большая асимметрия в температурно-ветровом поле, однако ураган «Гилберт» имел в период исследований «классическую» структуру спиральных волос и облачной стены «глаза». Интенсивность осадков, по данным радиолокатора вертикального зондирования, и концентрация крупных частиц в активной зоне ураганов «Габриэль» и «Хьюго» были меньшими, чем в «Гилберте».

В ходе проведённых лётных исследований собран большой объём данных о структуре полей метеорологических элементов, их стратификации в тропических циклонах различной интенсивности, а также получен положительный опыт работы в зонах метеорологических явлений, классифицируемых руководящими документами гражданской авиации как опасных для полётов воздушного судна. К таким явлениям относятся:

вихревое поле (в прямом смысле ураганного) ветра; интенсивные восходящие и нисходящие потоки в зонах спиральных конвективных облачных полос и, в особенности, в конвективной облачной «стене глаза» урагана; сильная болтанка самолета; гроза, град и интенсивное обледенение.

Интересно отметить, что описанные полёты отечественного самолёта-метеолоборатории Ан-12БП «Циклон» в тропических ураганах «Гилберт», «Габриэль», «Хьюго» выполнялись в большинстве случаев одновременно с полётами американских самолётов-разведчиков ураганов WP-3D «Орион», что потребовало их определённой координации.

Собранные отечественными и американскими исследователями экспериментальные данные о строении активной зоны урагана «Гилберт» были совместно проанализированы (П.Г. Блек, А.В. Литинецкий) и представлены научному сообществу в мае-июне 1991 года на международных симпозиумах по тропическим циклонам в Майами и Обнинске.

Тропические циклоны до сего времени остаются одним из наиболее опасных метеорологических явлений, ежегодно уносящих многие человеческие жизни и причиняющих огромный материальный ущерб. В связи с этим чрезвычайно значение имеет объединение усилий учёных разных стран в исследовании ТЦ для создания надёжных методов прогнозирования перемещений и эволюции тропических циклонов, а также для изучения возможности активного воздействия на них с целью их подавления.

Г.П. Берюлев

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ПОЛЕТЫ В СУПЕРУРАГАН «ГИЛБЕРТ» (1988 Г.)

Около 30 лет назад, 11 сентября 1988 года, состоялся первый полет самолета-метеолоборатории Ан-12 «Циклон» Третьей совместной лётной экспедиции Центральной аэрологической обсерватории, НПО «Тайфун» Госкомгидромета СССР и Национального метеорологического института Республики Куба в приближающийся к Кубе тропический ураган «Гилберт». В ходе полета экспедиционный самолет проник в «глаз» урагана и выполнил в нем вертикальное зондирование атмосферы.

В последующие дни, до 15 сентября, по мере приближения урагана к Кубе, его прохода в непосредственной близости от острова, его выхода в Мексиканский залив и на территорию Мексики ежедневно выполнялись полеты летающей лаборатории в ураган с многократным зондированием атмосферы внутри «глаза» и проведением широкого комплекса измерений атмосферных и облачных параметров в «глазу» урагана и в его облачной системе.

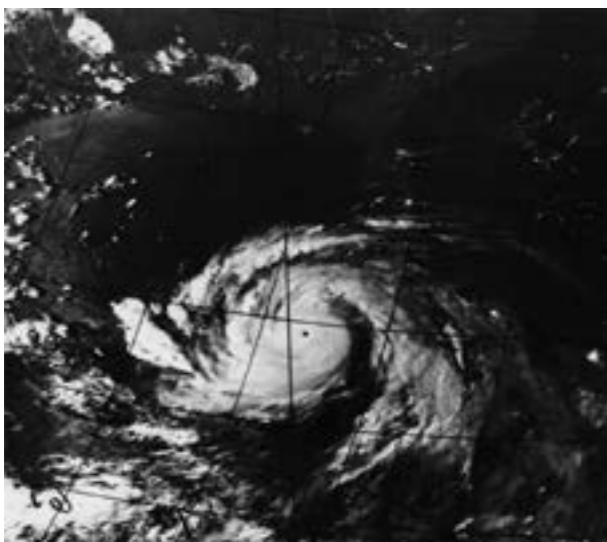
Указанные полеты проводились в рамках совместной советско-кубинской программы самолетного исследования тропических циклонов на разных стадиях их развития,

начатой еще в полетах 1986 и 1987 годов (Первая и Вторая совместные советско-кубинские лётные экспедиции на самолете-метеолоборатории Ил-18 «Циклон»). Однако в отличие от полетов первых сезонов, имевших эпизодический одноразовый характер зондирования тропических циклонов, полеты в тропический ураган «Джилберт» впервые стали примером длительного (пятидневного) самолетного зондирования характеристик исключительно мощного тропического циклона на всех стадиях его развития от этапа его перехода из стадии тропического шторма в тропический ураган до стадии максимального развития и до начала постепенного затухания с выходом на сушу.

Во время первого полета в ураган его центр располагался в 200 км от южной оконечности острова Гаити. Диаметр «глаза» составлял около 70 км, воздушное давление в нем – 967 гПа. Максимальное значение скорости ветра в облачной стене вокруг «глаза» доходило до 47 м/с. Во время второго полета 12 сентября центр урагана располагался вблизи восточной оконечности о-ва Ямайка. Диаметр «глаза» уменьшился до 50 км, давление в нем упало до 960 гПа, максимальная



Самолет-метеолоборатория Ан-12 «Циклон»



Ураган «Гилберт» со спутника

скорость ветра выросла до 53 м/с. Ко времени третьего полета 13 сентября центр урагана находился в акватории Карибского моря южнее центра Кубы. Давление в центре понизилось до 918 гПа, а скорость ветра в облачной стенке «глаза» выросла до 66 м/с.

Своего максимального развития ураган «Гилберт» достиг ко времени четвертого полета 14 сентября. К этому времени ураган вышел на побережье полуострова Юкатан. Его «глаз» имел диаметр около 30 км, давление в центре упало до 885 гПа, а максимальные скорости ветра достигали 93,6 м/с. Немного затормозившись над Юкатаном, ураган ослабел, так что ко времени пятого полета в него над Мексиканским заливом давление в его центре выросло до 960 гПа, а скорость ветра снизилась до 53 м/с.

Основываясь на данных приземных измерений ветра и других параметров, региональные специалисты-метеорологи охарактеризовали «Гилберт» как ураган пятой степени или «великий» ураган, так как приземные значения скорости ветра в период максимального развития достигали 250–300 км/ч с отдельными порывами более 315 км/ч. В прессе (см., например, газету «Правда» от 18 сентября 1988 года) высказывались суждения, что «Гилберт» оказался самым мощным ураганом за предшествующее ему столетие

метеорологических наблюдений. Интересно, что ряд ведущих американских специалистов связали появление урагана с ростом температуры поверхности Мирового океана в результате «парникового эффекта» и высказали мнение, что «Гилберт», возможно, является первым предвестником более частых и мощных стихийных бедствий на планете. Похоже, это оказалось справедливым для прошедших после этого урагана 20 лет.

Ураган нанес огромный ущерб островным государствам региона. Не стала исключением и Куба. Впрочем, для нее ущерб мог бы стать и более значительным, если бы не сообщения с борта экспедиционного самолета Ан-12 о точном местонахождении центра урагана и о его основных характеристиках, которые ежедневно передавались по радио во время полетов в Гавану и учитывались на острове в ходе подготовительных мероприятий к подходу урагана.

Выполненные полеты самолета-метеолоаборатории Ан-12 «Циклон» в ураган «Гилберт» оказались возможными благодаря высочайшему мастерству и мужеству летного экипажа испытателей Государственного научно-исследовательского института Гражданской авиации под руководством Заслуженного летчика-испытателя Валентина Шутова. По возвращении в Москву все советские участники полетов в ураган были отмечены в совместном Приказе Министра гражданской авиации и Председателя Государственного комитета СССР по гидрометеорологии.



Советско-кубинский научный экипаж самолета «Циклон»

Л.М. Федченко, А.Х. Аджиев

ИСТОРИЯ АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В ВЫСОКОГОРНОМ ГЕОФИЗИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

Свою историю Высокогорный геофизический институт ведет от Эльбрусской комплексной экспедиции Академии наук СССР, проводившейся с 1934 года.

По словам директора Эльбрусской экспедиции (послевоенного периода) лауреата Государственной премии СССР и премии имени Б.П. Мультиановского профессора Г.К. Сулаквелидзе, выбор места для экспедиции не был случайным. Эльбрус – это прекрасная естественная лаборатория с большими перепадами высот, температуры, атмосферного давления. Удачно местоположение района: он находится сравнительно недалеко от культурных и научных центров. К подножию Эльбруса уже в то время были проложены дороги, что дало возможность завезти в Приэльбрусье и поднять на высоту тяжелую научную аппаратуру. С ее помощью стали проводиться исследования по актинометрии и атмосферной оптике, физике облаков и осадков, атмосферному электричеству и космическим лучам, физике снега и льда, высокогорной биологии и медицине.

У истоков организации Эльбрусской экспедиции стояли такие выдающиеся деятели науки, как академики А.Ф. Иоффе и С.И. Вавилов, Г.М. Франк и И.М. Франк, А.А. Лебедев и П.А. Черенков и другие. Трудно переоценить вклад в науку первопроходцев Эльбрусской экспедиции. Все, что ими было сделано, открывало новую страницу в познании явлений природы. Именно здесь, на Эльбрусе, ученые разработали и впервые опробовали оптические методы исследования атмосферы, которые впоследствии нашли широкое применение в СССР и за рубежом. И именно здесь, в Эльбрусской экспедиции, были сделаны такие открытия, как оптический эффект аномальной прозрачности атмосферы при низком Солнце, суточные вариации свечений ночного неба, инфракрасное излучение Млечного Пути. К выдающимся достижениям в области изучения строения и оптических свойств атмосферы следует также отнести обнаружение в атмосфере на высоте 70–100 км слоя паров натрия, измерения спектральной прозрачности туманов,

определение спектральной толщины озонового слоя в стратосфере.

В предвоенные годы на склонах Эльбруса проводились первые в Советском Союзе систематические исследования в области космических лучей. Впервые были получены количественные данные об интенсивности мезонной компоненты космического излучения. За время проведения Эльбрусской экспедиции был накоплен обширный материал о воздействии высоты и ультрафиолетовых лучей на живые организмы, о запыленности нижнего слоя атмосферы, о распространении коротких и ультракоротких радиоволн в горах, об атмосферном электричестве. На базе Эльбрусской экспедиции вели исследования такие видные ученые, как В.И. Векслер, Г.Е. Владимиров, И.М. Франк, Н.Н. Сиротинин, С.Ф. Родионов, Н.Н. Калитин, А.Н. Гордов, И.А. Хвостиков, А.Х. Хргиан, Е.С. Селезнева и многие другие.

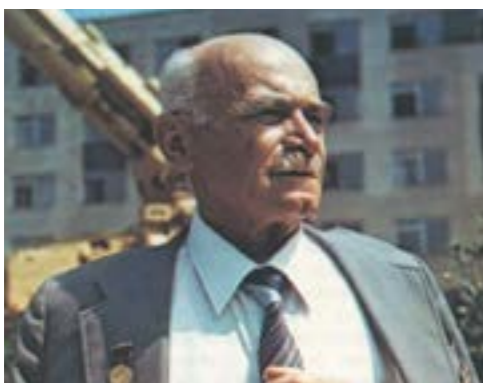
Великая Отечественная война приостановила исследования в Приэльбрусье. Многие ученые с оружием в руках сражались с врагом. В Баксанском ущелье более двух месяцев хозяйничали горные стрелки из немецкой дивизии «Эдельвейс». Все объекты Эльбрусской экспедиции были разрушены. Год 1948 следует считать годом ее второго рождения. Тогда по инициативе академика АН СССР Е.К. Федорова и профессора С.Ф. Родионова Президиум Академии наук СССР принял решение о воссоздании Эльбрусской комплексной экспедиции и о продолжении исследовательских работ. Восстановление экспедиции возглавил академик Евгений Константинович Федоров – известный советский полярник, Герой Советского Союза, выдающийся ученый и талантливый организатор.

В период с 1948 по 1955 год в Приэльбрусье возник крупный научно-исследовательский центр, который впоследствии был преобразован в Высокогорный геофизический институт (ВГИ). Заметную роль в создании научно-исследовательского центра и в становлении геофизического института

сыграл профессор Георгий Константинович Сулаквелидзе. В годы войны он в составе группы советских альпинистов участвовал в выполнении задания по снятию фашистских штандартов с Эльбруса. В послевоенные годы был сотрудником Эльбрусской экспедиции, затем ее руководителем, а позднее – первым директором ВГИ. Георгий Константинович Сулаквелидзе воспитал и подготовил большую группу молодых талантливых ученых – выпускников Кабардино-Балкарского университета. Сегодня его ученики занимают ответственные посты: стоят во главе института, лабораторий, отделов ВГИ. Главным объектом исследований Высокогорного геофизического института является природа. Поэтому вполне естественно, что основная работа ученых ВГИ протекает в поле, в горах. Для этого на

юго-восточном склоне Эльбруса в поселке Терскол создается обсерватория, на склонах Эльбруса функционируют геофизические станции, недалеко от города Баксан – научно-исследовательские полигоны.

Высокогорный геофизический институт добился значительных успехов в различных направлениях своей деятельности. Институт является головным научно-исследовательским учреждением в системе Росгидромета в области исследований физики конвективных облаков и активных воздействий на градовые процессы, а также по исследованию снежных лавин, разработке методов воздействия на их сход, и исследованию селевых процессов. В настоящее время усилия коллектива ВГИ направлены на исследование опасных гидрометеорологических явлений, поиск путей управления ими.



СУЛАКВЕЛИДЗЕ ГЕОРГИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ (1913–1983)

Георгий Константинович Сулаквелидзе родился в 1913 году. После окончания с отличием физико-математического факультета Тбилисского государственного университета (ТГУ) он поступил в аспирантуру. Однако Великая Отечественная война прервала его учебу. После войны в 1947 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. С 1948 г. – ученый секретарь Отдела естественных и математических наук АН ГССР, с 1951 г. работал заместителем директора по научной части Института геофизики АН ГССР, где успешно защитил в 1955 г. докторскую диссертацию; в 1957 г. ему присвоено звание профессора. С 1955 г. Георгий Константинович работал начальником Эльбрусской комплексной экспедиции. Под его руководством Эльбрусская экспедиция выросла в самостоятельный научно-исследовательский Высокогорный геофизический институт, директором которого он работал до 1970 г. С 1970 г. заведовал кафедрой метеорологии, климатологии и океанологии Тбилисского государственного университета. Г.К. Сулаквелидзе – лауреат Государственной премии СССР. Награжден орденами Трудового Красного Знамени и «Знак почета» и шестью медалями.

В годы Великой Отечественной войны он принимал активное участие в боевых действиях на подступах к Северному Кавказу в качестве начальника полковой разведки и старшего инструктора по альпинизму. В конце января 1943 г. в сложных условиях боевой обстановки группа альпинистов с участием Георгия Константиновича осуществила восхождение на вершину Эльбруса, откуда был снят фашистский флаг со свастикой и водружено Красное знамя. С 1955 по 1960 г. в Эльбрусской экспедиции он непосредственно руководил научно-исследовательскими работами по изучению физико-механических свойств снежного покрова и лавин на Эльбрусе. По его инициативе у подножия Эльбруса создана Лаборатория по изучению физики снега и лавин. Под его руководством проводились исследования теплопроводности снега, возникновения снежных лавин и воздушных волн, сопровождающих лавины. По инициативе академика Е.К. Федорова в конце 50-х годов была поставлена задача по созданию научных основ воздействия на конвективные облака. Профессором Г.К. Сулаквелидзе и его учениками был проведен комплекс теоретических и экспериментальных исследований по изучению механизма образования ливневых осадков и града и разработке метода воздействия на градовые процессы. Новый механизм образования града, предложенный Г.К. Сулаквелидзе и его учениками, широко обсуждался мировой научной общественностью. Он был включен как основной в справку о модификации погоды Всемирной метеорологической организации в 1967–1968 гг. Результаты опытно-производственных противоградовых работ 1964–1967 гг. позволили представить метод борьбы с градом, разработанный в Высокогорном геофизическом институте под руководством Г.К. Сулаквелидзе и в других учреждениях Росгидромета, на соискание Государственной премии СССР 1968 г. в области науки и техники. За создание термодинамического метода прогноза ливней, града и гроз Георгию Константиновичу в 1972 г. была присуждена премия имени Б.П. Мультановского. За 35 лет научно-педагогической деятельности Г.К. Сулаквелидзе опубликовал пять монографий и более 150 статей, причем четыре его монографии переведены на английский, испанский, немецкий, польский и другие языки. За изобретение разных приборов и методов исследования атмосферных процессов Г.К. Сулаквелидзе получил пять авторских свидетельств. Г.К. Сулаквелидзе всю свою жизнь занимался подготовкой молодых ученых. Под его научным

руководством защитили кандидатские диссертации несколько десятков молодых исследователей и около 10 его учеников защитили докторские диссертации. Как всякий человек с острым гражданским чувством, всегда зараженный научными идеями, Г.К. Сулаквелидзе был очень требователен к себе и своим ученикам. И не только в отношении к науке, но и ко всему, что относилось к понятиям научной этики, научной честности и вообще к общечеловеческим понятиям. Как учитель, он умел внушать молодым ученым чувство большой ответственности за каждую выраженную научную мысль, каждый научный результат. Он был счастлив, когда его ученик вступал с ним в дискуссию, умел отстаивать свою позицию, демонстрируя при этом хорошую подготовку.



ДОЛОВ МУХАРБИ АЛИЕВИЧ (1930–1984)

Мухарби Алиевич Долов родился в 1930 г. в Кабардино-Балкарии. В 1950 г. после окончания с отличием физико-математического факультета Кабардино-Балкарского государственного пединститута поступил в аспирантуру при Ленинградском государственном педагогическом институте. После окончания аспирантуры в 1953 г. и защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук был принят на работу в Кабардино-Балкарский государственный педагогический институт старшим преподавателем на кафедре физики. В 1955 г. назначен заместителем декана физико-математического факультета, а в 1957 г. – деканом факультета физики и основ производства. В 1958 г. избран заведующим кафедрой общей физики. В 1959 г. утвержден в ученом звании доцента. В 1963 г. М.А. Долов переведен на должность заместителя директора по научной работе в Высокогорный геофизический институт, а в 1970 г. назначен на должность директора института, проработав на этой должности до 1977 г. М.А. Долов проводил теоретические и экспериментальные исследования по физике снега и динамике снежных лавин, по влиянию особенностей деформации и трения снега на динамику возникновения и схода снежных лавин и др. Результаты его исследований опубликованы в 45 научных работах, в том числе в монографии «Физика снега и динамика снежных лавин» (в соавторстве с В.А. Халкечевым).

Высокогорный геофизический институт – это около 150 высококвалифицированных специалистов, среди которых более 40 докторов и кандидатов наук. Он располагает 13 лабораториями, научно-исследовательским полигоном, оснащенным комплексом современной аппаратуры для получения, сбора, хранения и передачи данных о конвективных облаках. Проводит научно-методические работы во многих регионах страны. Сотрудники ВГИ участвовали в разработке рекомендаций по защите от снежных лавин опасных участков БАМа, Транскавказской автомагистрали и других важнейших объектов, которые строятся в горах. В распоряжении ученых имеется новейшая исследовательская техника – лазеры, радиолокаторы, вычислительные машины, специально оборудованные самолеты и вертолеты, передвижные машины-лаборатории. Многие приборы разработаны по инициативе и при непосредственном участии сотрудников института.

В ВГИ были проведены первые исследования по физике градовых явлений. Впервые в мировой практике была построена модель градообразования, разработаны методика и техника искусственного воздействия на градовые процессы. В стране была создана специализированная военизированная служба градозащиты. В настоящее время эта служба помогает защищать от града сельскохозяйственные культуры в Российской Федерации и в ряде зарубежных стран.

Работы по исследованию механизма образования града с целью разработки метода воздействия на градовые процессы

После создания Высокогорного геофизического института (1961 г.) по инициативе академика Е.К. Федорова и под руководством профессора Г.К. Сулаквелидзе были продолжены начатые в Эльбрусской комплексной экспедиции исследования по особенностям образования и развития конвективных облаков, физике зарождения и роста града с целью разработки метода воздействия на градовые процессы. В то время в институте работали известные ученые, такие, как профессора Л.Н. Гутман, А.Д. Заморский, молодые грузинские ученые Н.Ш. Бибилашвили, Г.С. Бартишвили, В.Г. Хоргуани и др., которые впоследствии внесли существенный вклад в развитие проблемы предотвращения града.

Высокогорный геофизический институт имеет деловые контакты с научными учреждениями Москвы, Ленинграда, Киева, Тбилиси, Новосибирска, Ташкента и других городов России и стран СНГ, выполняет научно-исследовательские работы совместно с институтами этих стран, по некоторым направлениям является куратором таких работ. С исследованиями ВГИ знакомились ученые различных стран: Болгарии, Венгрии, США, Франции, Канады, Швейцарии, Аргентины, Испании и др. Сотрудники института выступали с докладами на различных международных конференциях и симпозиумах, выезжали в качестве экспертов Всемирной метеорологической организации в Болгарию, США, Японию, Великобританию, Францию, Швейцарию и другие страны.

Достижения сотрудников ВГИ отмечены Государственными премиями СССР и РФ, премиями Совета Министров СССР, Ленинского комсомола, имени Б.П. Мухомановского имени Е.К. Федорова, Государственной премией Кабардино-Балкарской республики по науке и технике. Ученые ВГИ за последние годы подготовили и опубликовали 11 монографий по направлениям деятельности института. Ежегодно институт выпускает сборники научных трудов по тематике исследований. Работы сотрудников ВГИ регулярно публикуются в центральных академических журналах и за рубежом. В институте работает специализированный совет по защите докторских диссертаций.

В 1961–1967 годах XX столетия ряды исследователей института были пополнены выпускниками Кабардино-Балкарского государственного университета (М.Ч. Залиханов, М.Т. Абшаев, И.И. Бурцев, Л.М. Федченко, Г.Г. Гораль, Н.М. Мальбахова, Ю.А. Дадали, Х.М. Калов, Я.А. Экба, М.И. Тлисов и др.).

С помощью многолетних лабораторных, натуральных и теоретических исследований были изучены основные процессы, способствующие образованию частиц осадков в конвективных облаках, механизмы образования града на зародышах разных типов. Накоплен большой материал, посвященный исследованию эволюции градовых облаков различных типов и формированию

их макро- и микроструктурных характеристик (Н.Ш. Бибилашвили, Г.К. Сулаквелидзе, М.Т. Абшаев, Л.М. Федченко, В.Г. Хоргуани, М.И. Тлисов, Б.А. Ашабоков, А.В. Шаповалов и др.).

Была разработана специальная аппаратура, с помощью которой процессы зарождения и роста града изучались в контролируемых лабораторных условиях, в том числе на естественных аэрозольных частицах

и льдообразующих ядрах (Х.Х. Медалиев, В.Г. Хоргуани, Я.А. Эмба, М.И. Тлисов, Б.М. Хучунаев).

Разработанная и изготовленная для изучения природы возникновения зародышей града аэродинамическая труба была установлена на высокогорной станции ВГИ (пик Терскол 3100 м над уровнем моря), где отрицательные температуры наблюдаются на протяжении большого периода времени.



ЗАЛИХАНОВ МИХАИЛ ЧОККАЕВИЧ

Михаил Чоккаевич Залиханов родился 22 июня 1939 г. в с. Эльбрус Кабардино-Балкарской Республики. С отличием окончил физико-математический, инженерно-технический и сельскохозяйственный факультеты Кабардино-Балкарского государственного университета. М.Ч. Залиханов 22 года возглавлял Высокогорный геофизический институт Росгидромета. Им проведены фундаментальные исследования снеголавинного режима ряда высокогорных районов страны и мира, имеющие большое прикладное значение. Профессор, действительный член АН СССР – РАН, Герой Социалистического труда, Лауреат государственных премий СССР и РФ, Заслуженный деятель науки РФ и КЧР. Народный депутат СССР, Депутат Госдумы РФ III, IV, V созывов. Автор более 400 научных трудов, в том числе 35 изобретений и 23 монографий. Награжден орденами Ленина, Дружбы народов, Красной звезды, «За заслуги перед Отечеством» 4-й и 3-й степеней и другими наградами, в том числе и иностранных государств.

Михаил Чоккаевич Залиханов – специалист в области гляциологии, изучения физики снега, снежных лавин и мониторинга загрязнения окружающей среды. Им проведено более 30 научных экспедиций по изучению экзогенных процессов, высокогорной экологии, снежного покрова и лавин в труднодоступных районах Кавказа, Карпат, Памира. Работы, посвященные проблемам охраны природы, детально разработанные схемы создания национальных природных и ледниковых парков в климатолого-бальнеологических центрах Кавказа нашли широкое использование при прогнозе и планировании развития производительных сил высокогорных территорий, комплексного и рационального освоения природных ресурсов. Эти исследования

На ней проведены уникальные эксперименты по зарождению и росту градин (Я.А. Эмба, М.И. Тлисов), которые позволили оценить термодинамические условия зарождения различных типов зародышей града. Было установлено, что в мощных градовых облаках зародышами града могут быть не только крупные капли, но и крупа, образованная на ледяных кристаллах. Было получено, что градины размером в диаметре более

4 см образуются, как правило, на спаренных зародышах. Соотношение типов зародышей термодинамических условий в облаке, при которых они формируются.

В дальнейшем усовершенствование аппаратуры для проведения исследований в лабораторных условиях позволило развить полученные результаты и существенно дополнить их новыми данными по изучению механизма образования и роста града,

М.Ч. Залиханова были отмечены премиями Госкомгидромета СССР имени академика Е.К. Фёдорова (дважды) и им. Б.П. Мультановского и В.А. Бугаева, а также премией Правительства РФ. Начиная с 1977 года М.Ч. Залиханов руководит и принимает личное участие в широкомасштабных работах прикладного характера, имеющих большое народнохозяйственное и оборонное значение. За эти разработки он был в 1987 году удостоен звания Героя Социалистического Труда. Является основателем научной школы по исследованию лавин, селевых потоков, разработке методов борьбы с их вредным воздействием. Среди его учеников более 30 докторов и кандидатов наук – известные ученые России и стран СНГ. Его исследовательская деятельность получила высокую оценку ученых и научной общественности не только в нашей стране, но и за рубежом. М.Ч. Залиханов является заслуженным деятелем науки и техники Дагестанской, Северо-Осетинской, Кабардино-Балкарской, Чечено-Ингушской и Карачаево-Черкесской республик. Почетный профессор МГУ им. Ломоносова, Ростовского, Кубанского, Ставропольского и 19 других ведущих вузов Юга России и известных вузов ряда зарубежных стран.

М.Ч. Залиханов был выдвинут РФ в состав Всемирной организации законодателей за сбалансированную окружающую среду (Глобе Интернешнл), где его избрали вице-президентом этой организации. На этой должности он проработал 12 лет и был удостоен высшей награды этой организации «Хрустальный глобус». Академик Залиханов остается экспертом этой авторитетной организации ООН. С 2000 г. М.Ч. Залиханов – научный руководитель ВГИ, является председателем Диссертационного совета по защите докторских (кандидатских) диссертаций ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», членом редколлегии семи журналов ВАК, в трёх из них М.Ч. Залиханов – главный редактор.

изучению влияния льдообразующих реагентов на процессы замерзания капель, изучению взаимодействия частиц реагента с моделируемой облачной средой и др. вопросов (Х.Х. Медалиев, В.Г. Хоргуани, Х.М. Калов, М.И. Тлисов, Б.М. Хучунаев).

Был создан и в течение ряда лет функционировал исследовательский комплекс из радиолокаторов, работающих в различных диапазонах длин волн в активном и пассивном режимах, а впоследствии и из доплеровских радиолокаторов (Н.Ш. Бибилашвили, М.Т. Абшаев, Ю.А. Дадали, Б.Х. Тхамоков, Х.Н. Кармов и др.). Был оснащен специальной аппаратурой самолет Ил-14, затем Як-40 для изучения термодинамических и микрофизических параметров облаков в начальной стадии их развития и характеристик околооблачного пространства, аэрозольного состава нижней и средней тропосферы (В.Г. Хоргуани, В.Г. Мяконьский, Г.В. Степанов, С.Л. Саркисов, А.С. Жихарев,

Н.А. Березинский, С.В. Подопривога и др.). В экспедиционных условиях проводилось изучение термодинамических и синоптических условий образования градовых облаков, пространственной структуры и динамики их развития, пространственно-временной структуры воздушных потоков в облаках (на основе в том числе и запуска пассивных радиолокационных отражателей), микроструктуры градовых облаков при естественном развитии и при внесении в облако аэрозолей льдообразующих реагентов (В.Ф. Лапчева, Н.И. Глушкова, Л.М. Федченко, Г.Г. Гораль, А.Н. Ковальчук, Н.М. Мальбахова, В.А. Беленцова, М.Т. Абшаев, Ю.А. Дадали и др.).

На основе проведенных исследований Г.К. Сулаквелидзе, Н.Ш. Бибилашвили и В.Ф. Лапчевой был предложен метод воздействия на градовые облака на основе так называемой гипотезы конкуренции зародышей града за облачную влагу, выдвинутой французским ученым Дессаном. Принцип

воздействия на основе указанной гипотезы заключается в искусственном стимулировании процессов кристаллизации переохлажденных капель в облаке и резком увеличении концентрации зародышей града в зоне их естественного образования и роста.

К началу экспериментов по предотвращению града, проводимым ВГИ, наиболее перспективными концепциями активного воздействия на градовые процессы, кроме названной гипотезы, считались: стимулирование коагуляционных процессов в теплой части облака с последующей кристаллизацией крупных облачных капель (комбинированный способ), полная кристаллизация переохлажденной части облака, понижение траектории растущих градин в облаке, искусственное стимулирование в облаке нисходящих потоков в период развития облака.

Тем не менее, в 60-е годы прошлого века наиболее распространенной, несмотря на противоречивые мнения исследователей,

считалась гипотеза конкуренции. Поэтому разработанный на основе этой гипотезы метод был положен в основу сначала опытных, опытно-производственных, а затем, начиная с 1967 года, и производственных работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий.

Наряду с опытно-производственными работами по воздействию на градовые облака с целью предотвращения града, в ВГИ проводились эксперименты по проверке реализации других концепций воздействия, в частности подавления градового облака созданием нисходящих потоков динамическим методом (с использованием противорадовых снарядов как начиненных льдообразующим реагентом, так и не содержащим его). Было проведено несколько десятков экспериментов путем внесения изделий в предвершинную часть облака (Н.Ш. Бибилашвили, Х.М. Калов). Установлено, что эффективность разрушения



БЕККИЕВ АЗРЕТ ЮСУПОВИЧ

Азрет Юсупович Беккиев родился в 1953 года. По окончании физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова работал в Высокогорном геофизическом институте и МГУ, после окончания аспирантуры защитил диссертацию и получил ученую степень кандидата физико-математических наук. В период с 1981 по 2000 г. работал в Высокогорном геофизическом институте в должностях от младшего научного сотрудника до директора института. За этот период организовал и возглавил в институте новое направление оптических исследований атмосферы. В 1997 г. ему присуждена ученая степень доктора технических наук.

В дальнейшем с 2000 г. руководил департаментами в Минпромнауки России и в Государственной корпорации «Ростехнологии», с 2011 г. работал генеральным директором концерна «Созвездие» в Воронеже. С 2017 г. – заместитель генерального директора объединенного холдинга «Росэлектроника» в Москве.

А.Ю. Беккиев – известный ученый, конструктор и специалист в области физики атмосферы, квантовой радиофизики, автоматизированных систем управления. Основные полученные научные результаты направлены на решение проблем распространения электромагнитного излучения

в атмосфере, исследование нелинейной оптики, телекоммуникационного взаимодействия сложных систем, построения современных систем связи и управления.

Под его научным руководством разработаны концептуальные основы лазерной диагностики конденсированных сред, мониторинга состояния окружающей среды, в том числе методом лидарного зондирования; выявлены закономерности распространения электромагнитного излучения видимого и ИК диапазонов в нестационарных условиях атмосферы, разработана методология и способы создания специальных оптических и других явлений в различных слоях атмосферы; созданы и внедрены в производство автоматизированные системы управления в оборонном комплексе, которые объединяют в единую информационную систему процессы управления, сбора и обработки данных с моделированием угроз и рисков.

Азретом Юсуповичем Беккиевым создана научная школа в области теории нелинейных колебаний и автоматизированных систем управления, он руководит аспирантами и докторантами. Автор около 150 научных работ и патентов, в 2016 г. избран член-корреспондентом Российской академии наук.

А.Ю. Беккиев лауреат Государственных премий КБР, РФ и премии Правительства РФ в области науки и техники. Имеет государственные награды.

облаков динамическим методом не зависит от наличия или отсутствия кристаллизующего реагента в противоградовых изделиях, но существенно зависит от уровня внесения снаряда, который должен быть вблизи высоты естественного зарождения в облаке нисходящего потока, зависящей от термодинамических условий развития облаков (Г.Г. Гораль). Показано, что динамический способ воздействия может приводить к положительным результатам, если высота облаков лежит в интервале 7,6–9,5 км.

В те же годы началось развитие и теоретических моделей облаков (Л.Н. Гутман,

Х.Х. Калажоков), впоследствии это направление развивалось в тесной взаимосвязи с возможностями вычислительной техники.

Многолетние измерения пространственно-временных изменений радиолокационных параметров градовых облаков и выпадающих из них осадков позволили установить, что градовые процессы различаются по условиям возникновения, особенностям структуры, динамике развития, зарождения и роста града, микрофизическими характеристиками и т.д. (Н.Ш. Бибилашвили, И.И. Бурцев, М.Т. Абшаев, В.Г. Хоргуани, М.И. Тлисов, Л.М. Федченко и др.).



ТАПАСХАНОВ ВАЛЕРИЙ ОЮСОВИЧ (1945–2016)

Валерий Оюсович Тапасханов родился 16 февраля 1945 г. Работал в ВГИ с 1975 по 2016 г. Принял участие в качестве ответственного исполнителя в 25 научных экспедициях. С октября 2000 по 2015 г. был директором ВГИ. Кандидат технических наук, Заслуженный метеоролог РФ, Лауреат Государственной премии КБР по науке и технике, специалист в области радиолокационной метеорологии, автоматизации обработки радиолокационной информации, автор более 40 научных трудов и изобретений. Являлся Председателем Ученого совета Высокогорного геофизического института, членом Научно-технического совета Росгидромета, членом Президиума Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук, Проблемного совета Росгидромета по активным воздействиям на гидromетеорологические процессы.

Валерий Оюсович Тапасханов руководил экспедициями, в ходе которых исследовались радиофизические характеристики грозоградовых облаков, что позволило найти новые подходы и алгоритмы для создания автоматизированной системы управления противоградовыми работами. В период руководства институтом Валерия Оюсовича проведена большая организационная работа по расширению тематики научной деятельности института, улучшению его финансового положения. При нем получены лицензии ГК Роскосмос, АО Роскартография на право проведения работ для нужд Министерства обороны Российской Федерации и геодезических и картографических работ.

Было установлено, что спектр мощных градовых процессов на Северном Кавказе можно разделить на три основных типа: одноячейковые, многоячейковые и суперячейковые, имеющие в основных чертах такие особенности структуры и динамики развития,

которые наблюдаются и в других регионах земного шара. Выделены были также классы неупорядоченных и слабоорганизованных многоячейковых процессов и процессов промежуточного типа или переходного типа, были исследованы циркуляционные,



БИБИЛАШВИЛИ НОДАР ШАЛВОВИЧ (1930–1985)

Нодар Шалвович Бибилашвили родился в 1930 года. Поступил в Тбилисский государственный университет на физический факультет, который окончил в 1954 г., по распределению поступил на работу в Эльбрусскую экспедицию. В 1962 г. защитил диссертацию, кандидат физико-математических наук. С 1963 по 1966 г. Н.Ш. Бибилашвили был заведующим Лабораторией физики облаков и активных воздействий ВГИ, с 1966 по 1969 г. работал в ЗакНИГМИ, потом вернулся в ВГИ. В 1969 г. за работы в области физики облаков и активных воздействий удостоен Государственной премии СССР. Внесен в Книги Почета ГУГМС и ВГИ, награжден Почетными грамотами Совета Министров КБ АССР.

В начале своей трудовой деятельности занимался проводимыми в ВГИ исследованиями по физике облаков и активным воздействиям, им написано около 50 научных трудов и 7 изобретений в этой области. Принимал непосредственное творческое участие в разработке артиллерийского метода борьбы с градом, внедрении метода в народное хозяйство на Северном Кавказе, в Закавказье. Следует отметить значительные заслуги Н.Ш. Бибилашвили в основании ВГИ и воспитании молодых научных кадров, он был неоднократно поощрен приказами директора ВГИ и начальника ГУГМС. В 1971 г. по рекомендации Главгидрометеослужбы Машприборинторг СССР командировал Н.Ш. Бибилашвили в Ливан, как эксперта, для изучения материалов о градовых явлениях и разработки рекомендаций по организации работ по борьбе с градом. Во время командировки Н.Ш. Бибилашвили показал себя как крупный специалист в области активных воздействий. Аналогичная командировка была в Испанию в 1976 г., затем были командировки в США на конференцию ВМО по физике облаков и модификации погоды, в Грецию в 1979 г. и Аргентину в 1977 г.

термодинамические условия формирования процессов каждого типа, а также влияние рельефа на их динамику развития (Л.М. Федченко, Г.Г. Гораль, В.А. Беленцова, Н.М. Мальбахова).

На основе анализа большого экспериментального материала была выдвинута новая концепция воздействия на градовые процессы – ускорение образования осадков в предполагаемой зоне формирования условий для зарождения града (М.Т. Абшаев). Засев данной зоны (температура в которой варьирует от 0 до –20 °С) кристаллизующим реагентом приводит, по мнению автора, к формированию смешанного облака (до внесения реагента оно содержало переохлажденные облачные капли), более раннему и быстрому росту облачных частиц, чем при естественном

ходе процесса, которые выпадают, так как не могут поддерживаться слабыми восходящими потоками. Это преждевременное выпадение дождя (твердые частицы небольших размеров тают при падении), по мнению автора, приводит к вымыванию водности областей будущего градообразования, подавлению слабых восходящих потоков за счет веса вымываемой воды и ликвидации условий для образования града. На основе этой концепции была разработана дифференцированная методика воздействия на одноячейковые, многоячейковые и суперячейковые градовые процессы (М.Т. Абшаев).

Эффективность противоградовой защиты в 11 регионах применения, по расчетам авторов работы (М.Т. Абшаев, А.М. Малкарова), в период 1966–2010 годов составила

84 %, а в период 1981–2010 – 87,7 %, ущерб от града сокращен в 8,1 раза, затраты на защиту окупались в 3–11 раз в зависимости от градоопасности региона и ценности защищаемых культур.

Вместе с тем, известно, что несмотря на проводимые воздействия, основной ущерб сельскохозяйственным культурам наносят сверхмощные градовые процессы. Причинами пропуска града являются не только организационные или технологические, но и недостаточные знания обо всей сложности и многообразии процессов, приводящих к образованию и выпадению градовых осадков, о закономерностях формирования макро- и микроструктурных характеристик градовых облаков, о роли их взаимодействия с окружающей средой и т.д.

Научные основы применяемых технологий предотвращения града до настоящего времени все еще остаются на уровне концептуальных моделей градовых облаков и физических гипотез их модификации, и дальнейшее их развитие требует строгого научного исследования.

С целью изучения процессов зарождения и роста града в облаках различных типов и усовершенствования на основе полученных результатов методики воздействия на сверхмощные градовые процессы в начале 80-х годов прошлого столетия на научно-исследовательском полигоне ВГИ (Кызбурун, Баксан, 910-я высота) в Кабардино-Балкарии был проведен специальный градовый эксперимент с привлечением широкого комплекса методов исследования и аппаратуры



ХОРГУАНИ ВЛАДИМИР ГРАМИТОНОВИЧ (1932–1996)

Владимир Грамитонович Хоргуани родился в 1932 году. В 1956 г. окончил физический факультет Тбилисского государственного университета и приехал в Нальчик на работу в Эльбрусскую комплексную экспедицию Академии наук СССР. В ВГИ Владимир Грамитонович проработал 30 лет до 1986 г., прошел путь от молодого специалиста до заведующего Отделом физики облаков и активных воздействий. Известный метеоролог, доктор физико-математических наук, профессор, лауреат премии Совета Министров СССР (1985), член-корреспондент Международной академии информатизации, действительный член Грузинской академии экологических наук. Занесен в «Книгу почета» института, награжден медалью «За доблестный труд», серебряной и бронзовой медалями ВДНХ, ему присвоено звание «Отличник Гидрометеослужбы СССР».

Отдел ВГИ, который возглавлял В.Г. Хоргуани, занимался проблемами физики конвективных облаков и активных воздействий, исследованием процессов зарождения облачных капель и кристалликов льда. Эти исследования велись как в лабораторных, так и в природных условиях, с использованием специально оборудованного самолета-лаборатории и другой уникальной аппаратуры. Рядом с ним эти работы выполняли его сотрудники и ученики: Н.А. Березинский, А.В. Будкова, А.С. Жихарев, Х.М. Калов,

Г.Б. Мяконький, С.В. Подопригора, Г.В. Степанов, С.И. Степанова, С.Л. Саркисов, М.И. Тлисов, Я.А. Экба, М.С. Эльмесов и др. В отношениях с коллегами он был всегда корректным и деликатным, интересным человеком, что привлекало молодых ученых. С каждым годом возрастала известность В.Г. Хоргуани в научном мире. Он избирается членом комиссии по физике облаков межведомственного геофизического комитета АН СССР, членом научного совета по проблеме «Активные воздействия на гидрометеорологические процессы» Госкомгидромета СССР. В 1984 году в Будапеште он был избран в Международный комитет по нуклеации и аэрозолям. Он неоднократно представлял советскую науку за рубежом на различных научных форумах. В.Г. Хоргуани является автором более 60 печатных работ в международных и центральных изданиях. На его счету 18 изобретений, на которые имеются авторские свидетельства. Он неоднократный участник ВДНХ СССР. В 1985 году В.Г. Хоргуани и Б.Н. Дубинин были удостоены премии Совета Министров СССР за создание новых высокоэффективных средств для защиты от града сельскохозяйственных культур. Научно-исследовательскую работу Владимир Грамитонович умело сочетал с педагогической деятельностью. В ВГИ под его руководством было защищено 14 кандидатских диссертаций и 4 докторские диссертации. В 1987 году по предложению Правительства Грузии В.Г. Хоргуани вернулся в Тбилиси, где в институте Геофизики АН Грузии до конца 1996 года заведовал отделом.

(Л.М. Федченко, М.Т. Абшаев, М.Т. Тхамков, Х.М. Калов, Я.А. Эмба, А.Х. Аджиев, М.Ю. Пашкевич, М.И. Тлисов, Б.М. Хучунаев, Х.Н. Кармов, М.И. Кармов). Аппаратурный комплекс включал радиолокационные станции сантиметрового, дециметрового и метрового диапазонов длин волн, радиометры, работающие в пассивном режиме, доплеровские радиолокационные станции, аппаратный комплекс для проведения учащенного радиозондирования атмосферы, ракеты «Облако» для запуска радиолокационных отражателей, наземную градомерную сеть. Были разработаны метод и аппаратура на базе МРЛ-5 для измерения поляриза-

ционных характеристик градовых облаков, позволяющие получить данные о фазовом строении облака. Поскольку территория полигона включала защищаемую от града территорию, воздействие проводилось силами Военизированной службы Северного Кавказа (Н.П. Штульман, В.А. Пометельников, Х.Х. Чочаев и др.).

Комплексный анализ результатов лабораторных, натуральных и теоретических исследований, проведенных в рамках эксперимента, показал, что зарождение и рост града в конвективном облаке носит более сложный характер, чем это представлялось при разработке существующих концепций

воздействия на конвективные облака с целью предотвращения образования града.

Вопрос о том, каким образом возникают зародыши града при естественном развитии облака и активном воздействии на него является одним из основных в изучении механизма образования града. Следует отметить, что среди исследователей нет однозначного мнения относительно природы зародышей града. Большинство из них считает, что преобладает зарождение града в виде снежной крупы различной формы, хотя они же не отрицают и существование прозрачных зародышей града без воздушных включений и допускают, что это переохлажденные замерзшие капли.

О природе этих замерзших капель также нет однозначного мнения: они могут возникать за счет реализации механизма «теплого дождя», за счет сдувания с растущих градин или за счет таяния ледяных частиц, в том числе и крупы. Были попытки связать тип зародыша с максимальным размером выпадающего града, с температурой основания облака и другими характеристиками облака (В.Г. Хоргуани, М.И. Тлисов, Б.М. Хучунаев, Я.А. Эмба).

Отсутствие доказательных ответов на все эти вопросы позволяет сомневаться в достаточной научной обоснованности применяемых для предотвращения града концепций воздействия на градовые процессы.



АБШАЕВ МАГОМЕТ ТАХИРОВИЧ

Магомед Тахирович Абшаев родился в 1941 году. Работу в Высокотомном геофизическом институте начал со студенческой скамьи, дойдя до должности заместителя директора ВГИ. Доктор физико-математических наук, профессор, академик РАЕН, Международной академии Творчества, Петровской академии наук и искусств, Лауреат Государственных премий СССР, КБР, Правительства РФ и Международной премии «За выдающиеся достижения в области модификации погоды». Заслуженный деятель науки РФ и КБР, член Общественной палаты КБР и Общественного совета при Президенте КБР. Награжден 11 медалями и дипломами ВДНХ СССР, знаками «Почетный работник Гидрометеослужбы России» и «Почетный работник охраны природы», занесен в книгу почёта Госкомгидромета СССР, является отличником Гидрометеослужбы Российской Федерации.

М.Т. Абшаев выполнил фундаментальные исследования в области радиолокационной метеорологии, физики облаков и активных воздействий на градовые процессы, разработал высокоэффективные методы и технические средства обнаружения, распознавания и активного воздействия на градовые процессы. Он инициировал создание и сделал серьезный вклад в развитие Северо-Кавказской радиолокационной сети штормооповещения и метеобеспечения авиации, а также в создание отечественного доплеровского радиолокатора ДМРЛ-С и метеорологического канала трассового радиолокатора с электронным сканированием луча. М.Т. Абшаев вложил много

труда в создание и развитие противоградовых служб в РФ, странах СНГ, Аргентине, Бразилии. С 1967 года осуществляет научно-методическое руководство Военизованными службами по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы на территории бывшего СССР, включая подготовку и аттестацию ведущих специалистов этих служб, создание библиотеки руководств, наставлений, методических указаний и руководящих документов, регламентирующих организацию и проведение противоградовых работ. М.Т. Абшаев является автором более 450 научных работ, включая 5 книг, 17 брошюр, 93 изобретений и патентов, большинство которых доведены до практического применения. Под его научным руководством защищены 22 кандидатских и 5 докторских диссертаций. На ежегодных Всесоюзных и Всероссийских курсах им подготовлены и аттестованы более 2900 специалистов в области модификации погоды, радиометеорологии, ракетной технике и др., в том числе около 450 специалистов других стран (Аргентины, Болгарии, Бразилии, Венгрии, Кубы, Монголии, Вьетнама, Китая, Северной Кореи и СНГ). Будучи избранным Президентом Кабардино-Балкарского отделения ВАКО «Союз» организовал для внешкольного образования учащихся кружки ракетно-космического компьютерного, судо- и авиамоделирования, где с помощью привлеченной им большой группы талантливых педагогов поставил творчество детей на научную основу. Сотни одаренных детей республики стали лауреатами Всесоюзных, Всероссийских и Международных конкурсов «Космос», «Шаг в будущее», Международных, Всероссийских конференций учащихся.

Для получения ответов на некоторые из этих вопросов при проведении комплексного градового эксперимента в 1983 году была создана крупнейшая в практике подобных исследований градомерная сеть, оснащенная пассивными индикаторами града, автоматическими градосборниками (10 штук), электронными градорегистраторами (в том числе микросеть с плотностью 1 прибор на 10 км^2) и т.д., которая позволила получить уникальные, разрешенные в пространстве и во времени данные о микрофизических, спектральных и энергетических характеристиках градовых частиц при естественном развитии процессов и активном воздействии на них (несколько сот приборов на площади $3,5 \cdot 10^3 \text{ км}^2$) (М.И. Тлисов, Б.М. Хучунаев).

Кроме того, был проанализирован огромный экспериментальный материал, полученный в результате анализа проб градин из градовых процессов разной интенсивности, из разных частей градовых

дорожек с помощью известных и специально разработанных методик по особенностям: кристаллического строения, пузырьковой структуре, аэрозольному, элементному и изотопному составу градин. В результате этих исследований получена определенная информация об условиях формирования градовых осадков из облаков различных типов (однойчейковых, многоячейковых, суперячейковых).

На основе анализа результатов проведенных исследований были установлены следующие особенности образования градовых частиц в облаках. В условиях Северного Кавказа наиболее часто они образуются на частицах крупы. Для большего числа градовых процессов было получено соотношение типов зародышей крупы–замерзшая капля: от 68:32 до 65:35. Максимальное относительное число капельных зародышей по месту выпадения соответствует правому краю градовой дорожки, а по времени выпадения – стадии

максимального развития градового процесса. Однойчейковые градовые процессы характеризуются абсолютным преобладанием одного из типов зародышей града. В многоячейковых градовых процессах практически всегда преобладают крупяные зародыши града. Суперячейковые градовые процессы характеризуются примерно одинаковым содержанием зародышей обоих типов. В таких процессах, вероятнее всего, реализуются оба известных механизма образования осадков (Бержерона–Финдайзена и «теплого дождя»). При этом в градовых процессах с кинетической энергией градин менее $50 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2}$, протекающих в весенние и осенние месяцы, основную роль играет механизм Бержерона–Финдайзена, а в градовых процессах, когда эта энергия превышает $50 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2}$, роль механизма «теплого дождя» в образовании града существенно возрастает.

Исследования пузырьковой структуры капельных зародышей града показали, что

наиболее вероятный температурный интервал их возникновения является различным в каждом градовом процессе. Примерно в 70 % случаев он составляет $-6 \dots -12 \text{ }^\circ\text{C}$. Установлено, что зародышевые капли кристаллизуются при понижающейся температуре на восходящей траектории. Капельные и крупяные зародыши формируются в различной по дисперсности аэрозольной среде. Крупяные зародыши, вероятнее всего, образуются в мелкокапельной среде, в относительно слабых восходящих потоках, в среде, в которую вовлекается воздух с более высоких околооблачных уровней с содержанием высокодисперсного аэрозоля. Капельные и крупяные зародыши имеют различный элементный состав. Изучение изотопного состава ледяных наслоений и зародышей града (по водороду) показали, что капельные зародыши и слои мокрого роста формируются при более высокой температуре, чем крупяные зародыши и слои сухого роста (М.И. Тлисов, Б.М. Хучунаев).



ФЕДЧЕНКО ЛЮДМИЛА МИХАЙЛОВНА

Людмила Михайловна Федченко родилась 18 декабря 1940 года. В 1963 г. окончила Кабардино-Балкарский государственный университет по специальности «физика». Работая в должности заместителя директора ВГИ по науке с 1977 г., внесла существенный вклад в исследования физики облаков и активных воздействий на гидрометеорологические процессы. Доктор географических наук, профессор, академик РАН и Международной академии Информатизации (МАИ), заслуженный деятель науки РФ (1995), заслуженный деятель науки КБР, премии им. Б.П. Мультановского (1972), Международной премии за выдающиеся достижения в области модификации погоды (2006). Награждена орденом Трудового Красного Знамени (1987), орденом Дружбы (2005), орденом «За заслуги перед Кабардино-Балкарской Республикой» (2015), медалью «За трудовое отличие», нагрудными знаками «Отличник Гидрометеослужбы СССР» и «Почетный работник Гидрометеослужбы России» (1995).

Под научным руководством Л.М. Федченко в Высокогорном геофизическом институте было создано и успешно развивалось новое научное направление по исследованию

влияния рельефа Северного Кавказа на возникновение опасных гидрометеорологических явлений, динамику и трансформацию атмосферных фронтов. По результатам исследований в области физики облаков, активных воздействий и прогнозов опасных явлений погоды ею опубликовано около 150 научных работ и изобретений, в том числе 4 монографии. Л.М. Федченко – крупный организатор научных исследований. Под ее руководством в стране был проведен Комплексный эксперимент по активным воздействиям на градовые процессы. В течение ряда лет руководила ежегодным Всесоюзным семинаром по активным воздействиям, являлась членом научно-технического совета Росгидромета, заместителем председателя секции научного совета Росгидромета по проблеме активных воздействий на гидрометеорологические процессы. С 1993 года была избрана депутатом Парламента Кабардино-Балкарской Республики, заместителем Председателя палаты Совета Республики Парламента КБР I и II созывов (1993–2003 годы), заместителем председателя Парламента КБР III созыва (2003–2009 годы). В настоящее время Л.М. Федченко научный руководитель программ ВГИ, главный научный сотрудник, заместитель председателя Диссертационного совета по защите докторских (кандидатских) диссертаций при ФГБУ «Высокогорный геофизический институт».

Анализ экспериментального материала осуществлялся с помощью численного моделирования, которое позволило по мере развития моделей изучать особенности эволюции в облаке микрофизических, гидротермодинамических и электрических параметров при естественном развитии облака и проведении воздействия (в последние годы) (Б.А. Ашабоков, А.В. Шаповалов). При этом разрабатывались численные модели разной степени сложности в зависимости от поставленных задач.

Результаты градового эксперимента не позволили однозначно ответить на вопрос, какая концепция воздействия реализуется при проведении противоградовой защиты, однако они показали, что процесс образования града в облаках имеет более сложный

характер, чем представлялось авторами концепции воздействия.

Понятно, что знание механизма и зоны зарождения града имеет принципиальное значение для обоснования применяемых методов воздействия, поскольку воздействие предусматривается в начальной стадии формирования града. Поэтому первостепенное значение имеет определение зоны в облаке, где первоначально формируются зародыши града, и определение траекторий их дальнейшего роста.

В связи с этим в институте с помощью лабораторного моделирования продолжают исследования особенностей образования града при различных условиях, процессов активации льдообразующих ядер в облачной среде, исследуются возможности

использования нанотехнологий на процессы зарождения града и т.д.

Для уточнения и развития эмпирических моделей градовых облаков на научно-исследовательском полигоне ВГИ осуществляются систематические наблюдения за возникновением и эволюцией градовых облаков с помощью РЛС МРЛ-5, регистрация выпадающих осадков, с помощью сети автоматических метеостанций регистрируются приземные поля метеоэлементов, осуществляется сбор аэрологической, аэросиноптической и др. информации в дни с развитием градовых процессов.

Разрабатываются численные модели конвективных облаков, в том числе трехмерная нестационарная численная модель конвективного облака с детальным учетом

микрофизики, в которой рассчитываются гидротермодинамические, микрофизические и электрические параметры в процессе эволюции облака, развивается модель управления, которая позволит, наряду с другими моделями, усовершенствовать метод воздействия на градовые процессы.

В дальнейшем необходимо продолжить исследования микрофизических процессов в облаках, относительно некоторых из них до сих пор не получены такие результаты, которые были бы достаточны для полного и корректного их учета в численных моделях облаков. Это относится, например, к процессам образования первичных капель и кристаллов за счет активации атмосферных ядер конденсации и сублимации, к процессам роста кристаллов различных



КАЛОВ ХАЖБАРА МАМИЗОВИЧ

Хажбара Мамизович Калов родился в 1942 года. С 1964 г. работает в Высокогорном геофизическом институте. Кандидат физико-математических наук (1982), доктор физико-математических наук (2002), профессор, заслуженный метеоролог РФ. Награжден орденом Дружбы (2005), медалью «За трудовую доблесть» (1980), Почетной грамотой Президиума Верховного Совета Кабардино-Балкарской республики (1993), нагрудными знаками «Отличник Гидрометеослужбы СССР» и «Почетный работник Гидрометеослужбы России».

Х.М. Калов – известный ученый в области метеорологии, климатологии, физики атмосферы, физики облаков и активных воздействий на гидрометеорологические процессы. Кандидатская диссертация была посвящена теме «Исследование динамики системы полидисперсных частиц и инициирования ею нисходящего потока», а докторская – «Физическое обоснование, создание и экспериментальные исследования эффективности нового комплекса технических средств и методов активных воздействий на облака и туманы». Он внес значительный вклад в развитие физики облаков и активных воздействий на метеорологические процессы и разработку метода и технологии активных воздействий на облака и туманы с целью их рассеяния. Им проведены теоретические и экспериментальные исследования по усовершенствованию

схемы засева грозоградовых облаков различными реагентами. Результаты его исследований докладывались в России и за рубежом, опубликованы в 210 научных работах, в том числе 5 монографиях и 6 изобретениях и патентах. Х.М. Калов руководил Высокогорным центром данных, выполнявшим работу в рамках национальной части Международного Альпийского эксперимента «АЛЬПЭКС», проводившегося в Европе с целью определения влияния горной системы на погоду и климат. Организовал и провел на Северном Кавказе более 30 научно-исследовательских экспедиций по изучению опасных природных процессов (лавины, селевые потоки) и проблем активных воздействий на гидрометеорологические явления и процессы (град, туманы и др.). Является членом Национального комитета РАН и Росгидромета по международному проекту «Климат и криосфера» Всемирной программы по исследованию климата и Проблемного научного совета Росгидромета по «Целевой научно-технической программе исследования климата, его изменений и их последствий. Оценка гидрометеорологического режима и климатических ресурсов». Со своими учениками и коллегами он проводит исследования по изменению климата и адаптации экономики страны к этим изменениям. Успешно занимается педагогической деятельностью: под его научным руководством защитили диссертации 6 аспирантов и соискателей, он является членом Диссертационного совета по защите докторских (кандидатских) диссертаций ФГБУ «ВГИ».

форм, к электризации облачных частиц и другим процессам. Также недостаточно изучены процессы взаимодействия частиц реагентов с облачной средой при различных условиях. Разработка методов воздействия на облака требует знания этих процессов, их формализации и включения в численные

модели облаков, теоретического и экспериментального изучения закономерностей взаимодействия облаков с окружающей атмосферой и их роли в процессах облакообразования.

Относительно изучения градовых процессов в натуральных условиях необходимо



ТЛИСОВ МУХАМЕД ИНДРИСОВИЧ (1946–2014)

Мухамед Индрисович Тлисов родился в 1946 г. на хуторе Киево-Жураковском, Кувинского района Ставропольского края. По окончании средней школы с золотой медалью в 1964 г. поступил на физико-математический факультет Кабардино-Балкарского государственного университета, который в 1969 г. закончил с отличием и поступил в аспирантуру Высокогорного геофизического института. Прошел путь от инженера до заведующего отделом (1979 г.). Доктор физико-математических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Кабардино-Балкарской Республики. Им опубликовано более 100 научных работ, в том числе трех монографий, 20 патентов на изобретения. М.И. Тлисов – лауреат Государственной премии КБР в области науки и техники (2002 г.), Почетный работник Гидрометеослужбы России (1996 г.).

Среди научных интересов профессора М.И. Тлисова – разработка научных основ создания новых реагентов для активных воздействий, способов воздействия на облака и туманы, приборов для измерения дождя и града. В его работах рассматриваются строение и свойства клатратных газовых гидратов – объектов супрамолекулярной химии. Другой важной научной проблемой исследований М.И. Тлисова являлись экологические аспекты активных воздействий на облака с целью вызывания осадков.

Профессор М.И. Тлисов – известный воспитатель высококвалифицированных кадров как в Кабардино-Балкарской Республике, так и за её пределами. Под его научным руководством защищено 15 кандидатских диссертаций, среди его учеников есть доктора наук. В отделе, которым он руководил, было защищено 6 кандидатских и две докторские диссертации. Был известен в республике как прекрасный преподаватель – многие годы он читал курсы лекций по метеорологии, физике облаков и осадков, климатологии студентам КБГУ.



АШАБОКОВ БОРИС АЗРЕТАЛИЕВИЧ

Борис Азреталиевич Ашабоков родился 1 января 1948 года в селении Заюково Баксанского района КБР. После окончания физико-математического факультета Кабардино-Балкарского государственного университета в 1971 г. по распределению был направлен на работу в Высокогорный геофизический институт. Работал в должности инженера, младшего и старшего научного сотрудника, заведующего вычислительным сектором, заведующего Лабораторией теоретических исследований облачных процессов, заведующим Отделом физики облаков. Доктор физико-математических наук, профессор, Заслуженный деятель науки КБР (2005 г.). Автор около 200 научных работ, в том числе 8 монографий. За цикл работ, посвященных разработке математических моделей градовых облаков и исследованию их образования и развития в естественных условиях и при активном развитии, в 2002 г. Б.А. Ашабоков был удостоен Государственной премии КБР в области науки и техники. Является членом ученого совета ВГИ и диссертационного совета по защите докторских (кандидатских) диссертаций.

Б.А. Ашабоков является одним из ведущих специалистов в области математического моделирования облачных процессов. Под его научным руководством проводится широкий круг исследований: разработка численных моделей конвективных облаков при естественных условиях развития и активном воздействии на них, изучению особенностей формирования макро- и микроструктурных характеристик облаков, их взаимодействия и влияния на процессы образования осадков; мониторинг состояния окружающей среды в различных климатических зонах Северного Кавказа; влияние изменения климата на социально-экономическое развитие региона. Кроме перечисленных направлений исследований, в отделе, которым руководит Б.А. Ашабоков, созданы установки и проводятся эксперименты по исследованию образования и роста различных типов зародышей градин, проводятся лабораторные эксперименты по исследованию взаимодействия частиц льдообразующего реагента с облачной средой при различных термодинамических условиях. Большое внимание в отделе уделяется разработке методов прогноза опасных конвективных явлений. Активно занимается подготовкой научных кадров. Под руководством Б.А. Ашабокова защищено более 10 кандидатских диссертаций, он научный консультант нескольких докторских диссертаций.

отметить, что в настоящее время эти исследования фактически заключаются в регистрации пространственно-временных изменений радиолокационных параметров облаков или в регистрации выпадения осадков различных видов. Анализ полученной информации в основном сводится к исследованию трансформации радиолокационной структуры облаков, оценке с определенной погрешностью микроструктурных характеристик облаков, определению спектра выпавшего града, что явно недостаточно для получения научных результатов о закономерностях формирования микроструктурных характеристик облаков в естественных условиях и при проведении активного воздействия. Учитывая преимущества дистанционных методов экспериментального исследования облаков, необходимо научиться более эффективно использовать возможности радиолокационного зондирования облаков, что требует разработки надежных методов перехода от инте-

гральных радиолокационных параметров облаков к их микроструктурным характеристикам. Таким образом, серьезное внимание должно быть уделено усилению физической интерпретации результатов экспериментальных исследований, для чего необходимо расширить использование современных и эффективных методов их анализа.

Необходимо подчеркнуть, что на современном этапе развития исследований по физике облаков в значительной степени повышается роль математического моделирования, которое становится основным средством изучения сложных систем, к которым относятся градовые облака. Здесь важно отметить, что исследование разных вопросов физики облаков может потребовать разработки различных моделей, и ограничиваться одной, пусть даже полной моделью облаков, не является целесообразным. Математические модели градовых облаков следует развивать в различных направлениях,

начиная с относительно простых для исследования конкретных процессов и заканчивая сложными трехмерными и нестационарными для исследования облаков в целом и моделирования активного воздействия с использованием разработанных эффективных методов, моделей управления и т.д. Разработка таких моделей возможна на основе хорошо спланированных лабораторных исследований начальной стадии облакообразования,

образования первичных капель и кристаллов, с использованием результатов в математических моделях градовых облаков.

Для научного обоснования применяемой технологии воздействия на градовые процессы и повышения эффективности воздействия на сверхмощные градовые процессы необходимо усилить взаимодействие между теоретическими и экспериментальными исследованиями.

Исследования грозового электричества с целью разработки метода воздействия на грозоградовые процессы

Исследования грозового и атмосферного электричества в Высокотемпературном геофизическом институте были обусловлены интенсивным развитием авиации в России в 70-х годах прошлого столетия, а также начавшейся производственной защитой от градобитий на Северном Кавказе.

Проблема мониторинга электрической активности конвективных облаков являлась

одной из актуальных и сложных проблем физики атмосферы. Нужды авиации, метеорологии, военного дела и ряда других областей науки и техники неразрывно были связаны с этой проблемой. Важность этой задачи была обусловлена необходимостью обеспечения безопасности летательных аппаратов и энергетических сооружений от попадания молнии, предупреждения лесных



ШАПОВАЛОВ АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ

Александр Васильевич Шаповалов родился в 1957 г. в г. Майском Кабардино-Балкарской Республики. По окончании средней школы и службы в рядах Советской Армии в 1977 г. поступил в Кабардино-Балкарский государственный университет, который окончил с отличием в 1983 г. С 1984 г. А.В. Шаповалов работает в Высокотемпературном геофизическом институте. Прошел путь от старшего инженера до заведующего лабораторией. Доктор физико-математических наук, профессор. Автор более 100 научных работ и 2-х патентов на изобретения. Лауреат Государственной премии КБР в области науки и техники, награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» 2-й степени. А.В. Шаповалов член ученого совета ВГИ и диссертационного совета по защите докторских (кандидатских) диссертаций.

А.В. Шаповалов является одним из ведущих специалистов в области математического моделирования облачных процессов, оптимального управления микроструктурными параметрами облаков, численного решения задач геофизики и экологии. Имеет большой опыт в области разработки и реализации современных информационных технологий, прикладного программно-математического обеспечения.

В лаборатории, которой он руководит, разработано несколько моделей, в том числе трехмерная численная модель конвективного облака мирового уровня, в которой рассчитываются гидротермодинамические, микрофизические и электрические параметры в процессе эволюции облака. На основе численных экспериментов с применением разработанных в лаборатории моделей уточняются закономерности формирования микроструктуры градовых облаков, исследуются термодинамические, микрофизические и электрические процессы в облаках, их взаимодействие, совершенствуются существующие и разрабатываются новые методы активных воздействий на облака различных типов, которые можно будет применять при воздействиях на градовые процессы, осуществляемых Военизированными службами Росгидромета ведется адаптация численных методов для решения прикладных задач геофизики, разработка программно-математического обеспечения для обработки данных доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С и для аппаратно-программного комплекса объединения грозо-регистрационных и радиолокационных данных. Профессор А.В. Шаповалов – известный специалист по подготовке молодых научных кадров. Под научным руководством А.В. Шаповалова защищено 6 кандидатских диссертаций, десятки дипломных и квалификационных работ.

пожаров и ликвидации возможности воздействия тока молнии на электрические сети. В эти годы интенсивно осваивалось воздушное пространство, бурно развивалось строительство сооружений в горных районах, значительно увеличился объем открытых горных разработок с применением взрывов и т.д. Очевидно, что при всем этом происходило увеличение вероятности попадания молнии в летательные аппараты и наземные объекты, а также повышалась опасность воздействия тока молнии на электрические сети, что увеличивало ущерб и в ряде случаев приводило к катастрофическим последствиям. Транспортная стратегия Российской Федерации (в тот период СССР) обусловила необходимость проведения работ по созданию системы раннего предупреждения и оповещения воздушных судов о формировании на пути их движения опасных атмосферных явлений.

До 70-х годов исследования в области грозозащиты ограничивались определением среднестатистических значений токов молний путем осциллографических регистраций напряженности поля, создаваемой разрядами молнии различного

типа. В соответствующих нормативных документах были поставлены задачи:

– создать методы и средства для мониторинга электрических процессов в атмосфере и облаках;

– выявить особенности развития грозозарядов в конвективных облаках;

– разработать методы активных воздействий на грозозаряды в конвективных облаках.

Научными руководителями указанных исследований стали выдающиеся ученые, профессора: Илья Моисеевич Имянитов (ГГО), Лев Григорьевич Качурин (ЛГМИ), Владимир Данилович Степаненко (ГГО). По их инициативе широкие исследования были развернуты и в Высокотехнологическом институте. Одной из задач, кроме перечисленных выше, в этих исследованиях ставилось выявление закономерностей изменения грозозарядов в конвективных облаках при активных воздействиях на грозозарядовые процессы.

Первым организатором исследований в ВГИ в данной области был Х.Х. Медалиев, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий лабораторией грозозащиты.

электричества. Среди ученых, внесших большой вклад в создание научно-технической базы ВГИ по исследованию грозозарядов электричества, Х.Х. Медалиев занимает видное место.

После его безвременной кончины в 1980 году исследования по грозозащиты были продолжены его учениками и учениками И.М. Имянитова и Л.Г. Качурина. Это А.Х. Аджиев, Х.М. Машуков, М.Н. Бейтуганов, С.М. Сижажев, Х.Х. Машуков, Е.М. Богаченко.

Актуальность проблемы, а также ее важность для решения многих народно-хозяйственных задач способствовали поступлению на вооружение исследователей таких уникальных систем, как радиолокаторы дециметрового и метрового диапазонов (П-12, П-15, П-30), аппаратура дальней связи и др.

Применение указанных РЛС, являющихся высокоточными и чувствительными инструментами для определения координат и параметров молниевых разрядов, обеспечило получение общей картины грозозарядности в месте проведения эксперимента по измерению амплитудно-временных характеристик их излучений.

Специалистами ВГИ в период с 1970 по 2000 годы проведен достаточно большой

комплекс исследований по изучению гроз Северного Кавказа.

С помощью радиотехнических методов и средств, а также с использованием данных визуально-слуховых наблюдений на сети Росгидромета, исследованы климатические и физико-географические характеристики гроз Северного Кавказа, такие, как среднегодовое число дней с грозой, продолжительность гроз, характерные трассы их перемещения, вероятность возникновения грозозарядов и интенсивность их протекания в зависимости от типов метеорологических процессов и стадий их развития, соотношение между наземными и всеми грозозарядами и распределение ударов молний в землю по территории.

Применение активно-пассивного радиотехнического комплекса позволило выделить в качестве объекта исследований и оперативной единицы для контроля эффективности активных воздействий индивидуальную конвективную ячейку, входящую в облачную систему. Получены вероятностные распределения продолжительности существования грозозарядов, максимальной частоты возникновения молний и общего числа грозозарядов, генерируемых за время жизни конвективной ячейки, а также уравнения



ИНЮХИН ВИКТОР СТЕПАНОВИЧ

Виктор Степанович Инюхин родился 4 января 1951 года. В 1973 г. окончил физический факультет ФГАОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» по специальности «Физика». После окончания университета два года служил в Советской Армии и работал учителем в СШ № 23 Нальчика. С февраля 1977 г. и по сей день работает в ВГИ. Начинал свою работу он в должности старшего инженера, сейчас – заведующий Отделом активных воздействий. В 1979 г. он защитил диссертацию, кандидат физико-математических наук. В сфере его интересов входит широкий спектр вопросов теоретического и практического использования радиолокационной и вычислительной техники для исследования конвективных облаков и проведения активных воздействий на гидрометеорологические процессы, вопросы применения компьютеров для цифровой обработки сигналов. Много лет отдал проведению натурных экспериментов на научно-исследовательских полигонах ВГИ. По результатам работы имеет более 140 научных публикаций и изобретений.



ХУЧУНАЕВ БУЗИГИТ МУССАЕВИЧ

Бузигит Муссаевич Хучунаев родился 20 июня 1953 год в с. Мукры Кировского района Талдыкурганской области Казахской ССР. Окончил КБГУ. Работает в ВГИ с 1979 г., занимается вопросами физики облаков, лабораторным моделированием облачных процессов, исследованием механизма образования града на основе натурных и лабораторных экспериментов. Заведующий Лабораторией микрофизики облаков. В лаборатории под его руководством выполняются исследования по взаимодействию различных реагентов с облачной средой и по использованию нанотехнологий для разработки более эффективных реагентов с целью воздействия на облачные процессы. Доктор физико-математических наук, Автор более 90 научных трудов и четырех изобретений. Член ученого совета и диссертационного совета ВГИ. Награжден Почетными грамотами Росгидромета и знаком «Почетный работник Гидрометеослужбы России».

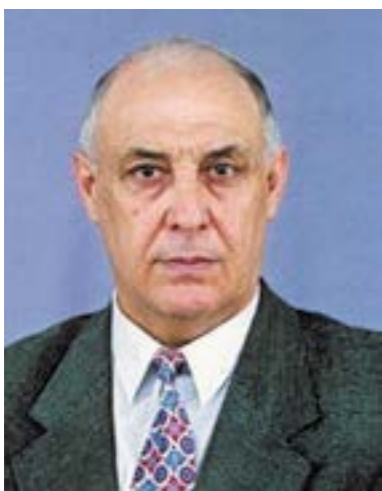
регрессии, связывающие между собой эти характеристики грозовой деятельности.

Были исследованы импульсно-временные характеристики радиоизлучения грозовых облаков в дециметровом диапазоне. Выявлена зависимость длительности пакетов радиоизлучения разрядных явлений от интенсивности грозовой деятельности облачной ячейки и фазы ее развития. Показана возможность оперативного контроля по СВЧ радиоизлучению электрического состояния отдельной конвективной ячейки, входящей в облачную систему, и, в совокупности с радиолокационными параметрами, ее градоопасности. По результатам этих исследований Высогогорным геофизическим институтом была подана заявка на регистрацию открытия – немолниевое радиоизлучение конвективных облаков (1985 г., авторы А.Х. Аджиев, М.Н. Бейтуганов, М.И. Кармов).

На основе результатов синхронной регистрации координат молниевых разрядов и обусловленных ими быстрых изменений напряженности электромагнитного поля получены вероятностные распределения для различных интервалов расстояний между источником и пунктом наблюдения временных ха-

рактеристик, параметры амплитудно-частотного спектра импульса напряженности электромагнитного поля главных стадий молний. Установлено соотношение молниевых разрядов, переносящих на землю заряды разного знака. Проведено сравнение амплитудно-временных характеристик импульсов напряженности электромагнитного поля для междуоблачных и переносящих на землю положительный и отрицательный заряды молний.

Разработаны методики активного воздействия на грозу льдообразующим реагентом (йодистое серебро) с применением противоградových артиллерийских средств и контроля его эффективности, на основании которых в 1976–1985 годах организованы и проведены эксперименты. Физико-статистический анализ результатов наблюдений позволил выделить ряд характеристик грозовой деятельности, являющихся наиболее информативными для осуществления контроля эффективности активных воздействий, проводимых в различных целях, на грозоградových процессы. Выработаны оперативные критерии эффективности льдообразующего действия реагента в облаке и успешности проведения активных воздействий. Показано наличие положи-



БАЙСИЕВ ХАДЖИ-МУРАТ ХАСАНОВИЧ

Хаджи-Мурат Хасанович Байсиев родился в 1939 году. Заведующий Лабораторией средств воздействия на гидрометеорологические процессы ФГБУ «ВГИ», работает в институте более 30 лет. Возглавляемая им лаборатория осуществляет научно-техническое сопровождение работ по созданию технических средств активных воздействий на градových процессы, включая совершенствование существующих противоградových ракет типа «Алазань-6» и разработку новых малогабаритных ракет «Алазань-9» и «Ас», а также ракетных пусковых установок «Элия» и «Элия-МР». При участии Х.-М.Х. Байсиева разработаны руководящие документы, регламентирующие общие технические требования к средствам воздействия на градových процессы и программа подготовки бойцов ракетных пунктов Военизированных служб. Кандидат технических наук, ученое звание «старший научный сотрудник». Заслуженный изобретатель Российской Федерации. Почетный работник Гидрометеослужбы России. Автор более 240 работ, в том числе 150 изобретений.

тельного эффекта при засеивании облачных ячеек в предгрозовой и в начале грозовой фаз развития. Влияние воздействия наиболее заметно проявляется в изменении характеристик слаботочных мелкомасштабных разрядных явлений, например, уменьшении длительности немолниевых разрядов. Показано, что активные воздействия аэрозолем йодистого серебра на мощную переохлажденную слоисто-дождевую и слоисто-кучевую облачность при определенных условиях (наличие величин электрических полей, близких к величинам полей в грозových облаках) могут инициировать в ней разрядные явления.

На основе проведения исследований сделана попытка использовать некоторые характеристики грозовой деятельности для контроля градového состояния облаков и оценки эффективности противоградových работ. Успешность проведения активных воздействий предлагается контролировать по сокращению длительности грозы, а следовательно, и града в засеянных градоопасных облачных ячейках по сравнению с аналогичными незасеянными. Дополнительно к оперативным радиолокационным критериям успешности противоградového воздействия степень градоопасности облачной ячейки можно контролировать по интенсивности грозы. Был получен патент на способ контроля эффективности льдообразующих реагентов в облаках в 1984 году (авторы А.Х. Аджиев, Е.М. Богаченко).

Были разработаны соответствующие устройства для регистрации разрядов молнии.

Разработаны и созданы оригинальная ракетная радиотелеизмерительная система и методика зондирования с ее помощью электрических и микрофизических характеристик грозоградových облаков (Х.М. Машуков, Х.Х. Машуков, Р.Х. Зекореев). Использование этой системы позволило впервые получить в грозových облаках достоверные экспериментальные данные об электропроводности среды, степени электризации приборов, эффективности противоградových работ и т.д.

Впервые в России для регулирования электрического состояния облаков и осадко-

Работы по исследованию снежных лавин и разработке метода предупредительного их спуска

Систематические исследования в области физики снега и снежных лавин в ВГИ начали проводиться с конца 50-х годов про-

образования была разработана и испытана система искусственного инициирования молниевых разрядов электропроводящими образованиями (Н.Н. Бейтуганов). На их основе были получены патенты. В настоящее время работы по обоснованию данного метода продолжают.

Исследования, проведенные в ВГИ в указанный период, получили высокую государственную оценку.

Следующий этап исследования грозового и атмосферного электричества в ВГИ связан с созданием на Северном Кавказе в 2008 году грозопеленгационной сети LS8000 и системы регистрации напряженности электрического поля атмосферы EFM 550 производства фирмы Vaisala (Финляндия).

Данные системы позволяют получать полную информацию об электрических явлениях в атмосфере, включая местоположение разрядов молнии, их классификацию на наземные положительные, наземные отрицательные, а также облачные и суточные вариации напряженности электрического поля атмосферы.

Благодаря таким инструментальным измерениям можно достаточно точно определять начало, окончание и продолжительность грозových явлений на юге европейской части России, а также динамику их развития и траекторию перемещения. С использованием указанной аппаратуры в настоящее время в ВГИ проводятся исследования динамики изменения электрических характеристик при активных воздействиях на градových процессы. Задачей исследований является поиск электрических предикторов для оценки физической эффективности противоградových работ. За рубежом подобные исследования, а также мониторинг опасных погодных явлений по электрическим характеристикам активно ведутся в США, ЮАР и других странах.

Данные построенной ВГИ на Северном Кавказе грозопеленгационной системы (LS8000) в настоящее время используются в различных отраслях народного хозяйства для решения целого ряда прикладных задач.

шлого века. Необходимость разработки технологий защиты людей и объектов инженерно-технической инфраструктуры от снежных

лавин напрямую была связана с темпами промышленного и рекреационного освоения горных и высокогорных территорий. Работы по изучению снеголавинных процессов проводились на научно-экспериментальной базе в пос. Терскол, на высокогорной станции «Терскол» и научной высокогорной снеголавинной станции «Пик Чегет».

Теоретические и экспериментальные результаты научных исследований Г.К. Сулаквелидзе, М.А. Долова, В.С. Читадзе, Г.М. Куваевой, М.Ч. Залиханова, А.М. Эльмесова, В.Р. Болова, Н.А. Урумбаева, М.М. Багова и многих других, по сути, сформировали фундаментальные основы в области физики и механики снега. Одновременно с этими

интенсивно развивались работы и в области картографирования параметров снеголавинных процессов. Результаты этих работ, изложенные в монографии исследований академика РАН М.Ч. Залиханова «Снеголавинный режим и перспективы освоения гор Большого Кавказа», являются образцом прикладных исследований, которые открыли перспективы развития горной и высокогорной туристической индустрии. А методы оценки параметров снежных лавин, разработанные А.В. Руничем и составленные на их основе карты лавинной опасности Приэльбрусья, впоследствии подтвердили не только высокую точность разработанного метода, но и универсальность его применимости.



АДЖИЕВ АНАТОЛИЙ ХАБАСОВИЧ

Анатолий Хабасович Аджиев родился 27 ноября 1946 году в Этоко-Зольском районе Кабардино-Балкарской Республики. В 1970 г. окончил Кабардино-Балкарский университет и продолжил учебу в аспирантуре ВГИ, его научным руководителем был известный геофизик, первый директор ВГИ, профессор Г.К. Сулаквелидзе. Окончив аспирантуру в 1974 г., он прошел путь от техника до заведующего отделом. Доктор физико-математических наук, профессор, Заслуженный метеоролог РФ, академик Петровской академии наук и искусств, академик международной Адыгской (Черкесской) академии наук, лауреат Государственной премии Кабардино-Балкарской республики в области науки и техники Национальной экологической премии «ЭкоМ», один из ведущих ученых в области исследования грозовых процессов и снежных лавин. Автор более 120 научных работ, включая 2 монографии и 24 изобретения. Награжден орденом Дружбы народов, орденом Почета, Почетной грамотой Президиума Верховного Совета КБР, Почетной грамотой Росгидромета, ему присвоено звание «Почетный работник Гидрометеослужбы». Он награжден тремя медалями ВДНХ.

Под научным руководством А.Х. Аджиева проведены оригинальные исследования по электризации облачных частиц, разделению электрических зарядов в конвективных облаках, по гляциологии, распространению электромагнитных волн в атмосфере и плазменным образованиям. Им построена карта поражаемости территории Северного Кавказа грозовыми разрядами и определены

В области прогнозирования снежных лавин важным этапом научных исследований явилось установление причинно-следственной связи между результатами исследований параметров физики, стратиграфии и кристаллографии снега с режимными гидрометеорологическими параметрами. Над решением этой задачи работали молодые ученые и исследователи лаборатории инженерной гляциологии С. Созаев, В. Путрин, В. Светашов, Л. Соколов и многие другие. На основе данных большого количества натуральных и лабораторных исследований, выполненных на научной высокогорной станции ВГИ «Пик Чегет», с использованием результатов теоретического моделирования и последующей

адаптации этих результатов к практическим расчетам, был разработан метод прогноза формирования лавиноопасных слоев снега, их параметров и в целом состояния устойчивости снега на склонах. Учитывая тот факт, что в основе метода лежат физические параметры, он обладает высоким уровнем универсальности, вне зависимости от физико-географических условий. Это, в частности, подтвердилось при совместной работе ученых ВГИ с французскими исследователями снега и снежных лавин во французских Альпах (1983–1984 годы).

Дальнейшее промышленное и рекреационное освоение горных и высокогорных районов Большого Кавказа, в частности

параметры молний, используемые в грозозащите, исследована взаимосвязь процессов градообразования и грозовой деятельности облаков. На их основе разработана методика оценки эффективности противоградовых работ. Им разработаны принципы и основные положения регулирования электрического состояния облаков под действием кристаллизующих реагентов и плазменных образований.

Под научным руководством А.Х. Аджиева получена наиболее полная и объективная информация о наборе и пространственной структуре потенциальных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера на территориях Южного и Северо-Кавказского федеральных округов РФ. В рамках подготовки и проведения XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр 2014 года в Сочи под его научным руководством создано и внедрено при проектировании и строительстве олимпийских объектов более 40 рекомендаций по защите от селей и лавин, более 20 карт и карто-схем (на геоинформационной основе) распространения (распределения) снего-лавинных процессов и селей на территории Краснополянского горного кластера. За успешное выполнение этих работ А.Х. Аджиев награжден Грамотой Президента РФ, а также грамотами МЧС РФ и Оргкомитета олимпиады «Сочи-2014».

Научную деятельность А.Х. Аджиев успешно сочетает с педагогической работой. С 1990 года является профессором КБГУ и руководителем магистратуры по геофизике. Под его научным руководством защищены одна докторская и одиннадцать кандидатских диссертаций.

строительство Байкало-Амурской и Транс-Кавказской магистралей, развитие горнолыжного спорта и других видов зимнего отдыха в горах вызвали необходимость разработки эффективных методов активной защиты от снежных лавин, так как даже самые точные карты лавинной опасности и надежные прогнозы не могут предотвратить сход лавин. Для решения этой задачи были поставлены и проведены исследования, направленные на детальное изучение механизма нарушения устойчивости снега на склонах. На основе полученных результатов была разработана методика активной обработки лавиноопасных склонов, направленная на регулирование размеров снежных лавин при их искусственном обрушении, а также методика составления соответствующих планшетов для предупредительного спуска снежных лавин. На основе полученных результатов, по поручению руководства Госкомгидромета СССР, в 1983 году в ВГИ было разработано и принято в качестве нормативного документа

по проведению работ по предупредительному спуску снежных лавин на территории СССР «Руководство по предупредительному спуску снежных лавин с применением артиллерийских систем КС-19» (В.Р. Болов).

В апреле 1993 года, по инициативе Председателя ГКЧС России С.К. Шойгу и Руководителя Росгидромета Ю.Ф. Зубова началась работа по подготовке постановления «О создании противолавинной службы», и через месяц Постановлением Правительства России от 11 мая 1993 года такая служба была создана в системе Росгидромета в составе 6 региональных противолавинных центров. О необходимости создания такой службы говорили все поколения исследователей снежных лавин в Советском Союзе. Много усилий в направлении создания противолавинной службы приложил и «патриарх» Советского лавиноведения профессор МГУ Г.К. Тушинский.

В настоящее время на территории РФ в системе Росгидромета противолавинные



БОГАЧЕНКО ЕВГЕНИЙ МОИСЕЕВИЧ

Евгений Моисеевич Богаченко родился 22 марта 1954 году в Ростовской области. В 1976 г. окончил Ростовский госуниверситет. С 1976 по 1998 г. работал в ВГИ, пройдя трудовой путь от инженера до заведующего отделом. В 1998 г. назначен на должность начальника Кабардино-Балкарского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета, где работает до сих пор. Кандидат физико-математических наук. Автор более 70 научных статей, соавтор двух монографий, нескольких изобретений. В составе группы ученых ВГИ удостоен Государственной премии КБР в области науки и техники. Имеет государственные награды. В 2010 г. присвоено звание «Заслуженный метеоролог Российской Федерации».

службы действуют в горах Центрального и Западного Кавказа, Сахалинского острова, Камчатке, Магаданской области, Забайкалье и др. В последнее время противолавинные службы создаются при акционерных обществах, например, РЖД, на горнолыжных курортах в п. Красная Поляна.

Работа всех противолавинных служб РФ осуществляется по единой методике и технологии, разработанной в Высокогорном геофизическом институте и включающей:

– наблюдения за снежным покровом, лавинами и факторами лавинообразования

(метеонаблюдения) на специализированных снеголавинных станциях;

– прогнозирование лавинной опасности;

– проведение работ по предупредительному спуску лавин;

– регистрацию и описание лавин;

– описание лавин при снегомерных и гляциологических работах, аэровизуальных наблюдениях и обследованиях;

– картографирование снежного покрова и лавин;

– сбор и систематизацию сведений о лавинах;



МАШУКОВ ХАСАН МУХАМЕДОВИЧ (1941–2014)

Хасан Мухамедович Машуков родился 14 января 1941 г. в городе Нальчике Кабардино-Балкарской АССР. После окончания в 1970 г. Кабардино-Балкарского государственного университета по специальности «физика» был направлен на работу в Высокогорный геофизический институт. Более 40 лет он проработал в ВГИ, пройдя путь от техника-лаборанта до заведующего научно-исследовательской лабораторией. Успешно занимался решением ряда научных и прикладных задач в области физики атмосферы, геофизики и обеспечения безопасности полётов авиации. Результаты проводимых им исследований докладывались на международных, всесоюзных и всероссийских конференциях, совещаниях и симпозиумах. Машуков Хасан Мухамедович – кандидат физико-математических наук, Почетный работник Гидрометеослужбы России. Х.М. Машуков является автором более 50 печатных научных работ и ряда изобретений. За разработку аппаратуры для исследования грозозового электричества он был награжден серебряной медалью ВДНХ, Почетной грамотой Кабардино-Балкарской Республики и удостоен звания «Почетный работник Гидрометеослужбы России».



МАШУКОВ ХАЗРАТАЛИ ХАМИДОВИЧ

Хазратали Хамидович Машуков родился 14 июня 1953 г. в с. Батах Зольского района КБР. После окончания в 1976 г. Кабардино-Балкарского государственного университета по специальности «физика» был направлен на работу на кафедру экспериментальной физики. В Высокогорном геофизическом институте работает с 1978 г., пройдя путь от инженера до заведующего научно-исследовательской лабораторией. Успешно занимался решением ряда научных и прикладных задач в области физики атмосферы, атмосферного и грозозового электричества. Кандидат физико-математических наук. Является автором более 60 печатных научных работ, ряда изобретений. Награжден Почетной грамотой Росгидромета, Почетной грамотой Парламента Кабардино-Балкарской республики, удостоен звания «Почетный работник Гидрометеослужбы России».

- обследование лавиноопасных районов по заявкам заинтересованных организаций;
- составление паспортов лавиносборов и кадастров лавин;
- разработку рекомендаций по защите от лавин.

Следующим шагом в развитии активных воздействий с целью предупредительного спуска лавин в ВГИ стала разработка противолавинного ружья для обеспечения безопасности людей при передвижении в горах. Ружье зарекомендовало себя с самой лучшей стороны, и было передано в экспериментальную эксплуатацию в Северо-Кавказскую ВС Госкомгидромета СССР. Разработка противолавинного ружья велась под руководством автора проекта В.Р. Болова. Изобретение противолавинного ружья было признано в тройке лучших изобретений 1986 года, а его автор В.Р. Болов был удостоен диплома Комитета по делам изобретений и открытий СССР.

Несмотря на экономические трудности 90-х годов прошлого столетия институт сохранил свой научный потенциал в области изучения лавин и подготовил кадры для дальнейшей научно-исследовательской работы.

В конце 90-х – начале 2000-х годов в ВГИ был разработан и в настоящее время внедрён в практику противолавинных служб РФ малогабаритный противолавинный комплекс, названный в честь одного из самых отважных исследователей лавин Н.А. Урумбаева «Нурис».

В настоящее время ФГБУ «ВГИ» является головным научно-исследовательским учреждением в системе Росгидромета в области снеголавинных исследований и осуществляет научно-методическое руководство работами противолавинных подразделений Росгидромета и ведомственных противолавинных служб. Ежегодно в институте проходят Всероссийские курсы повышения квалификации

инженерно-технического персонала противолавинных подразделений всех форм собственности на территории РФ и стран СНГ. Институт разрабатывает и издаёт нормативные документы, регламентирующие работы по мониторингу снеголавинных процессов и активному воздействию с целью предупредительного спуска лавин, разрабатываются и внедряются более совершенные методы прогноза лавинной опасности, совместно с ведущими научно-исследовательскими институтами РФ ведутся работы по разработке отечественных средств мониторинга и активного воздействия на снеголавинные процессы в рамках программы импортозамещения.

Огромный вклад сотрудники ВГИ внесли в организацию противолавинной безопасности при проведении тестовых соревнований, Олимпийских и Паралимпийских игр «Сочи-2014» в районе посёлка Красная Поляна. Были проведены исследования снеголавинного режима на территории горнолыжных курортов и мест строительства олимпийских объектов, включая спортивные сооружения, отели, дороги, трубопроводы различного назначения и пр. Были составлены карты лавинных очагов, рассчитаны параметры возможных лавин, разработаны рекомендации по защите территорий размещения олимпийской инфраструктуры от воздействия лавин, было проведено

согласование проектной документации по защите от лавин олимпийских объектов, разработан Сводный план организации противолавинного обеспечения олимпийских объектов на территории горного кластера Краснополянского поселкового округа. За вклад в обеспечение противолавинной защиты при проведении Олимпийских и Паралимпийских игр заведующая лабораторией научно-методического руководства противолавинными работами Отдела стихийных явлений О.А. Кумукова, научные сотрудники М.Д. Докукин и Кондратьева Н.В., ведущий инженер Н.М. Кузнецова были отмечены грамотами Министерства природных ресурсов РФ и памятной медалью «XXII Олимпийские зимние игры и XI Паралимпийские зимние игры 2014 года в г. Сочи»: Все работы по подготовке велись под научным руководством заведующего Отделом стихийных явлений доктора физико-математических наук, профессора А.Х. Аджиева.

Результатом изучения снежных лавин в Высокогорном геофизическом институте на протяжении почти 70-летнего периода явилось создание научной школы в области лавиноведения. Вклад каждого учёного, инженера, лаборанта в изучение лавин является потенциалом для дальнейшего исследования одного из самых грозных явлений природы – лавин.



БОЛОВ ВЛАДИСЛАВ РАМАЗАНОВИЧ

Владислав Рамазанович Болов родился в 1949 г. в г. Мукачево Закарпатской области Украинской ССР. После окончания в 1971 г. физико-математического факультета Кабардино-Балкарского государственного университета работал в ВГИ, где прошел путь от лаборанта до начальника центра института. С 1994 по 1996 г. являлся директором научно-исследовательского производственного центра «Антистихия» Росгидромета. В 1996 г. у был переведен на работу в МЧС России, где с 1996 по 1998 г. занимал должность заместителя начальника Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям, а с 1998 по 2014 г. – должность начальника Всероссийский центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Член Экспертного совета МЧС России. В 2014–2016 гг. работал в МО РФ начальником Научно-исследовательского центра экспертизы инновационных проектов. С 2017 г. директор ФГБУ «Конгрессно-выставочный центр «Патриот». Автор более 70 научных работ и 15 изобретений. Награжден орденом Красной Звезды, орденом Почета, медалью ордена «За заслуги перед Отечеством 2 степени», медалью «За трудовое отличие», медалью «От благодарного Афганского народа», ведомственными наградами МЧС России.



БАГОВ МУХАМЕД МАЦОВИЧ

Мухамед Мацович Багов родился 1 октября 1941 г. в с. Нижний Куркужин. В 1960 г. окончил среднюю школу № 1 и в том же году поступил в КБГУ, который окончил в 1966 г. После окончания учебы два года работал на кафедре общей физики КБГУ ассистентом, МНС. С 1968 по 1972 г. работал в разных районах Сибири. С 1972 по 1992 г. работал в ВГИ в Лаборатории физики снега и снежных лавин в должности старшего лаборанта, инженера, МНС, СНС. В 1981 г. окончил аспирантуру при ВГИ. С 1992 г. работал в НПЦ «Антистихия» начальником отдела, заместителем директора. С 1995 по 2000 г. работал заместителем начальника Северо-Кавказского ВС и начальником Северо-Кавказского регионального противолавинного центра. С 2000 г. по настоящее время работает заведующим Лабораторией гляциологии Отдела стихийных явлений в ВГИ.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПРОТИВОГРАДОВОЙ ЗАЩИТЫ

Историю развития системы противорадовой защиты в СССР условно можно разделить на два этапа.

Первый этап включал в себя разработку методов борьбы с градом, их испытание создание и становление противорадовых подразделений.

Артиллерийский метод был разработан в ВГИ под руководством профессора Г.К. Сулаквелидзе на основе исследований, проведенных сначала в Эльбрусской комплексной экспедиции, а затем – Вискогорном геофизическом институте после его создания в 1961 году. Метод предусматривал засев кристаллизующими частицами областей зарождения и роста града с целью увеличения в них концентрации зародышей града примерно в 1000 раз, конкуренция которых за облачную воду приведет к образованию мелкого града, который может растаять, не достигая поверхности земли. В разработку артиллерийского метода борьбы с градом и его составных элементов внесли большой вклад: Н.Ш. Бибилашвили, В.Ф. Лапчева – в исследования структуры воздушных потоков и механизма образования града и принципов воздействия; М.Т. Абшаев, Ю.А. Дадали – в разработку радиолокационных методов индикации града и схем засева; В.Г. Хоргуани, Х.И. Медалиев – в исследования микрофизики облаков, механизма образования и роста зародышей града; Н.И. Глушкова, Л.М. Федченко, О.И. Чеповская, Г.Г. Гораль – в исследования аэросиноптических условий образования и разработку прогноза града; М.А. Хаджиев, Ю.Х. Наурзоков, а в последующем А.М. Малкарова, – в разработку методов оценки физической и экономической эффективности и многие другие.

Ракетный метод борьбы с градом был создан под руководством И.И. Гайворонского, Ю.А. Серегина и А.И. Карцивадзе на основе обширных исследований градовых процессов, проведенных ЦАО в Молдавии и ИГ АН Грузинской в Алазанской долине. Этот метод также базировался на концепции конкуренции и предусматривал

засев передней части области повышенного радиоэха.

В ЗаКНИГМИ (Тбилиси) был разработан комбинированный артиллерийский метод предотвращения града (Бартишвили Я.Т., Гудушаури Ш.Л., Ломинадзе В.П.), предусматривавший ухудшение условий роста града путем засева теплой части облака гигроскопическими частицами, а переохлажденной части кристаллизующими частицами с использованием артиллерийских снарядов «Эльбрус-4» с AgI и NaCl.

В 1962–1963 годах были проведены авторские испытания артиллерийского и ракетного методов в Кабардино-Балкарии, Молдавии и Грузии.

В 1963–1966 годах были проведена опытная защита от градобитий на Северном Кавказе, в Молдавии, Армении и Грузии на площади около 900 тысяч га. Государственная комиссия положительно оценила результаты испытаний и рекомендовала методы борьбы с градом для широкого применения.

Постановлением Совета Министров СССР от 22 апреля 1967 года № 355 в системе ГУГМС при Совете Министров СССР были созданы Комплексные противорадовые экспедиции при ВГИ, ЗаКНИИ, САНИИ, а также при УГМС Армянской, Азербайджанской, Молдавской и Таджикской ССР, на которые было возложено проведение производственных работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий. На базе Кавказской противорадовой экспедиции ВГИ были созданы Северо-Кавказская, Краснодарская, Армянская, Грузинская, Азербайджанская и Таджикская территориальные противорадовые экспедиции, в 1969 году была создана Узбекская экспедиция, работавшие с применением артиллерийского метода.

На базе Молдавской экспериментальной базы ЦАО были созданы Молдавская противорадовая экспедиция ЦАО, в 1970 году – Крымская, работавшие с применением ракетного метода.

В 1976 году приказом ГУГМС при СМ СССР «О реорганизации противорадовых

подразделений Гидрометеослужбы» от 03.06.1976 эти противорадовые экспедиции были преобразованы в Военизированные службы по борьбе с градом (ВСБГ) – Северо-Кавказскую, Краснодарскую, Азербайджанскую, Армянскую, Таджикскую, Молдавскую, Крымскую и отдельные военизированные части УГМС Украинской, Грузинской и Узбекской ССР.

В 1982 году все ВСБГ и Отдельные военизированные части (ОВЧ) Приказом Государственного комитета по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды от 23.11.1981 г. были переименованы в Военизированные службы по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы.

Этот этап развития противорадовых работ завершился созданием трех вариантов (артиллерийского, ракетного и комбинированного) методов противорадовой защиты (ПГЗ) и формированием территориальных военизированных подразделений по борьбе с градом. Артиллерийский метод ВГИ применялся на Северном Кавказе, Закавказье и Средней Азии на площади около 6000 тыс. га, ракетный метод ЦАО и ИГ АН Грузинской ССР – в Молдавии и Грузии на площади 3300 тыс. га; комбинированный метод – в Грузии на площади 600 тыс. га.

Вторым этапом развития противорадовых работ можно считать унификацию трех вариантов метода ПГЗ и создание единой технологии.

На этом этапе большой вклад в развитие противорадовых работ внес Научно-производственный центр противорадовой защиты (НПЦ ПГЗ) ВГИ, созданный в 1980 году приказом Госкомгидромета СССР от 10.06.1980 г. На него было возложено дальнейшее развитие технологии и технических средств ПГЗ и научно-методическое руководство всеми ВСБГ. В рамках этой деятельности НПЦ ПГЗ под руководством М.Т. Абшаева в период с 1980 по 1986 год была создана унифицированная технология ПГЗ, в основу которой положены:

- новая концепция предотвращения града, предусматривающая ускорение осадкообразования в областях нового роста (областях будущего градообразования);
- единые одноволновые и двухволновые методы обнаружения града;
- единые радиолокационные средства – радиолокатор МРЛ-5, аппаратура многоконтурного изоэха «БОМО»;
- новые схемы засева градовых облаков различной структуры, основанные на классификации градовых процессов по особенностям их пространственной строения



ДАДАЛИ ЮРИЙ АСАНОВИЧ

Юрий Асанович Дадали родился в 1938 г. В 1963 г. окончил физико-математический факультет Кабардино-Балкарского государственного университета, кандидат физико-математических наук. В 1968–1969 гг. работал начальником Ставропольского противорадового отряда, в период с 1970 по 1979 г. – начальником ВСБГ Армянского УГМС, потом старшим научным сотрудником Лаборатории радиометеорологии ВГИ. Занимался проблемами радиолокационного обнаружения града и измерения осадков, предложил критериальный метод одноволновой индикации града. Будучи начальником Армянского ВСБГ разработал и внедрил батарейный артиллерийский метод защиты от градобитий, который применялся до 1990 г. Автор более 40 научных статей и 5 изобретений. Награжден Почетными грамотами ГУГМС при СМ СССР и УГМС Армянской ССР, Знаком победитель соцсоревнования, Почетными грамотами ВГИ.

и динамики развития, а также классификации объектов воздействия (ОВ) на 4 категории в зависимости от степени градоопасности;

– единые методики оценки физической и экономической эффективности ПГЗ;

– единые руководящие документы, регламентирующие организацию и проведение противоградовых операций;

– централизованная подготовка и аттестация специалистов по воздействию, радиолокации, ракетной и артиллерийской технике и прогнозам на ежегодных курсах;

– ежегодная инспекция всех ВСБГ с оценкой качества выполнения технологии, выявлением методических, технических и организационных проблем;

– регулярный анализ, систематизация и обобщение опыта ПГЗ;

– ежегодные совещания по обсуждению результатов работ во всех регионах.

НПЦ ПГЗ по договорам с предприятиями Минрадиопрома, Минмаша и Минхимпрома СССР на базе централизованного финансирования были созданы и внедрены в промышленное производство и практическое применение радиолокатор МРЛ-5, усовершенствованы ракетные комплексы

Создание средств засева градовых облаков

Для реализации артиллерийского метода борьбы с градом в НИИ Машиностроения (г. Москва) под руководством Г.К. Сулаквелидзе в 1961–1968 годах были созданы артиллерийские противоградовые комплексы в составе зенитных пушек КС-19, КС-30 и противоградовых снарядов «Эльбрус-2», «Эльбрус-4» калибра 100 мм и «Эльбрус-3» калибра 130 мм, начиненных AgI (Я.С. Чупров, Р.Н. Станков) и дистанционных взрывателей ДВЭ-1, ДВЭ-2 и ДВЭ-3 (Г.А. Окунь). Комплекс «Эльбрус-4» имел радиус действия 13–14 км и применялся с 1964 до 1990 года на Северном Кавказе, Закавказье и Средней Азии для защиты площади до 7 млн га. Комплекс «Эльбрус-3» применялся только в Кабардино-Балкарии до 1972 года. Серийное производство снарядов осуществлял Невьянский механический завод.

Для реализации ракетного метода борьбы с градом Московским Институтом Теплотехники (Н.Г. Карягин) и Тульским НИИ «Точмаш» (А.Н. Ганичев, В.И. Дмитриев) под научным руководством И.И. Гайворонского и Ю.А. Серегина были созданы

«Облако» и «Алазань-2М», созданы ракетные комплексы с дистанционным управлением «Небо» и «Кристалл» с повышенным радиусом действия.

В период 1982–1990 годов функционировали 10 ВС и ОВЧ Госкомгидромета СССР, которые из года в год расширяли площади защиты. До 1990 года в системе Госкомгидромета СССР была создана и функционировала стройная система ПГЗ, которая включала 10 территориальных ВС и ОВЧ, имевших в своем составе 96 противоградовых отрядов и 844 артиллерийских и ракетных пунктов, которые в наиболее градоопасных районах страны осуществляли защиту на площади 10491 га.

Из-за политических и экономических перемен в 1989 году была приостановлена защита в Грузии, в 1990 году – в Армении и Азербайджане, в 1992 – в Таджикистане, сокращены площади защиты в России и Молдове. С 1990 года прекращено применение артиллерийского комплекса. В 1996 году не было защиты в ряде субъектов Северного Кавказа. Но в последующие годы восстановлена защита в России, Молдавии, Таджикистане, Армении и Грузии.

противоградовые ракеты первого поколения «ПГИ-М» и «Облако», а под научным руководством А.И. Карцивадзе в НИИПХ (г. Сергиев Посад) создана ракета «Алазань-1» (Г.Г. Годораж и др.). Эти ракеты были снаряжены льдообразующими составами с PbI₂, а позже с AgI. Ракетные установки ТКБ-01, ТКБ-04, и ТКБ-040 для пуска ракет ПГИ-М, «Облако» и «Алазань-1», соответственно были разработаны Тульским КБ спортивно-го оружия «Скиф».

Ракетные комплексы ПГИ-М (радиус действия 3 км) и «Облако» (радиус действия 8 км) применялись в Молдавии, Крыму и Средней Азии, обеспечивая защиту на площади около 3,6 млн га до 1989 года. В 1967 году в НИИПХ были созданы (Н.С. Силин, П.А. Несмеянов) модификации двухступенчатой ракеты «Алазань-2» (радиус действия 8 км), и одноступенчатой ракеты «Алазань-2М-1Ст» (радиус действия 7 км), которые применялись в Грузии. В 1972 году эти ракеты были модернизированы и приняты на вооружение противоградовых служб ГУГМС при СМ СССР.



Артиллерийский противоградовый комплекс



Ракетные противоградовые комплексы первого поколения

Производство этих ракет осуществлялось Чебоксарским производственным объединением (ЧПО) им. В.И. Чапаева в кооперации с рядом других предприятий Министерства Машиностроения СССР, поставлявших ряд комплектующих. В 1990-е годы в связи с разрушением этой кооперации в НИИПХ (П.А. Несмеянов) под научным руководством и участии НПЦ ПГЗ ВГИ (М.Т. Абшаев, Б.К. Кузнецов) были разработаны ракеты «Алазань-ЧМ-15» (1994 г.), «Алазань-5» (1996 г.) и «Алазань-6» (2000 г.), комплектующие которых почти полностью изготавливались в ЧПО им. Чапаева. Для их пуска использовалась 12-ствольная ракетная установка ТКБ-040, производство и модернизация которой осуществлялось на Кишиневском электромеханическом заводе.

С 1981 по 1986 год в целях повышения эффективности и радиуса засева градовых облаков под научным руководством НПЦ ПГЗ (М.Т. Абшаев, Б.К. Кузнецов, Б.Н. Дубинин) были созданы ракетные комплексы второго поколения «Небо» и «Кристалл», имевшие системы телемеханического управления и пуска ракет.

Комплекс «Небо» состоял из ракеты «Небо» и 18-ствольной пусковой установки (ПУ) МС-280Н. Ракета «Небо» была разработана в НИИ Точмаш НПО «Сплав» (В.Х. Азиев) на базе пастообразного топлива,

созданного в Государственном институте прикладной химии (г. Ленинград) (ГИПХ), и обеспечивала засев облаков в радиусе 13 км. ПУ МС-280Н разработана в Свердловском КБ завода им. Калинина (О.Н. Кривошапка) и обеспечивала возможность пуска 12 ракет в минуту с перенаведением по азимуту после каждого пуска.

В состав комплекса «Кристалл» входила пусковая установка ТКБ-0183, ракеты «Кристалл-1» (для работы в горных условиях) и «Кристалл-2» (для работы в равнинных условиях). Эти ракеты разработаны в НИИПХ (П.А. Несмеянов, В.В. Серов), имеют головные части с модульным снаряжением, обеспечивающие объемный засев облаков за счет отстрела по траектории полета пиротехнических модулей, возгоняющих льдообразующий состав с AgI на пути 0,5 км. ПУ МС-280Н разработана в СКБ «Скиф» (А.А. Васильев, В.В. Бехтяков) и также обеспечивала пуск до 12 ракет в минуту с перенаведением по азимуту.

Применение комплексов «Небо» и «Кристалл» в регионах ПГЗ показало их высокую эффективность, однако из-за высокой стоимости ракет и ПУ их применение было прекращено.

В период 1986–1989 годов производилось до 240 тысяч противорадовых снарядов и ракет разных модификаций, в том



Ракетные противорадовые комплексы второго поколения

числе около 40–50 тысяч ракет на экспорт в Болгарию, Венгрию, Аргентину и Бразилию. Основным производителем ракет был ЧПО им. Чапаева, который выпустил более 2,3 млн ракет семейств «Алазань» и «Кристалл» и обеспечил их поставку в кризисные 1990 годы, когда остальные заводы прекратили их производство.

В период с 2002 по 2015 год были созданы ракетные комплексы третьего поколения. В основу их создания положены следующие требования:

- повышение льдообразующей эффективности противорадовых ракет;
- повышение точности и дальности доставки реагентов в облака;
- снижение габаритно-массовых характеристик и себестоимости ракет и ПУ;
- автоматизация противорадовых операций с целью повышения оперативности АВ и исключения источников субъективных ошибок;
- снижение себестоимости ПГЗ за счет сокращения расхода ракет, числа ракетных пунктов и численности персонала;
- повышение безопасности и экологической чистоты противорадовых ракет.

В соответствии с этими требованиями в НПЦ «Антиград» (М.Т. Абшаев) были сформулированы ТЗ, созданы кооперации заинтересованных НИИ и КБ выполнены НИОКР по созданию противорадовых комплексов нового поколения за счет самофинансирования.

Кооперацией ОАО НПО «Искра», НИИ ПМ, ОАО «Мотовилихинские заводы» создан ракетный комплекс «Алан-2»

(М.И. Соколовский, Г.А. Зыков, Е.И. Иоффе, А.П. Шварев), обеспечивающий высокий темп засева градовых облаков, однако ракета «Алан-2» и автоматизированная ПУ «Алан-МЗ» оказались дорогими для массового применения.

ООО НПЦ «Антиград» при финансировании ЧПО им. Чапаева и АНО «Агентство АТТЕХ» разработана ПУ «Элия» (М.Т. Абшаев, Б.К. Кузнецов), имеющая ручное и полуавтоматическое управление и сменные пакеты направляющих для запуска всех типов ракет с реактивным и минометным стартом: «Алазань-6», «Алан-2» и «Ас».

ОАО «Телемеханика» (А.М. Каиров, В.М. Черкашин) за собственный счет разработана и освоена в производстве модернизированная ПУ «Элия-МР» с ручным управлением на замену физически изношенных ПУ «ТКБ-040» и налажено серийное производство.

ВНИИП «Дарг» (П.А. Несмеянов) и ЧПО им. Чапаева (В.С. Поносов) по техническому заданию и при финансовой поддержке АНО «Агентство АТТЕХ» в 2011 создана малогабаритная противорадовая ракета «Алазань-9» калибра 60 мм с жестким оперением. Применение в ракетах «Алазань-9», так же, как и в ракетах «Алазань-6», ленточного заряда ВВ, размещенного вдоль корпуса, позволило при высокой надежности и меньшей стоимости получить повышенную безопасность изделия по сравнению с системой самоликвидации с сосредоточенным зарядом ВВ в ракетах «Алазань-2М» и «Кристалл».

Кооперацией ООО НПЦ «Антиград», НПП «ИРВИС» (г. Казань) и АО «НИИПМ»



КУЗНЕЦОВ БОРИС КОНСТАНТИНОВИЧ (1928–2014)

Борис Константинович Кузнецов родился в 1928 г. Окончил Воткинский машиностроительный техникум и Уральский политехнический институт. С 1947 по 1966 г. работал на предприятиях оборонной промышленности. С 1966 по 1970 г. работал заместителем директора – главным конструктором Института экспериментальной метеорологии. С 1970 по 1972 г. работал главным инженером МКБ «Радуга» (г. Дубна). С 1972 г. работал главным технологом НПО «Телемеханика», главным инженером Нальчикского станкостроительного завода и Нальчикского завода электровакуумных приборов, а с 1983 г. – заместителем директора НПЦ «Антиград». Автор 26 научных статей, изобретений и патентов. Награжден Почетными грамотами ГУГМС при СМ СССР, ВГИ, тремя медалями ВДНХ СССР, Знаком ударник коммунистического труда.



Ракетные противорадиолокационные комплексы третьего поколения

(г. Пермь) за счет самофинансирования каждого участника разработан автоматизированный ракетный противорадиолокационный комплекс «Ас-Элия» в составе малогабаритной ракеты «Ас» калибра 57 мм (Н.И. Михеев, Л.В. Кратиров) и автоматизированной ПУ «Элия-2» с беспроводным дистанционным управлением (М.Т. Абшаев, Б.К. Кузнецов, В.Ф. Котелевич, А.М. Абшаев), обеспечивающей пуск до 15 ракет в минуту с перенаведением по угловым координатам после каждого пуска.

Малогабаритная ракета «Ас» имеет двигатель на основе льдообразующего топлива, работающий на всей траектории полета, обеспечивающего реактивную тягу и

формирование активных льдообразующих частиц. Такое совмещение функций реактивного двигателя и головной части с реагентом позволило сократить габаритно-массовые характеристики по сравнению с аналогами в 5 раз, получить пологие траектории в радиусе $(10,5 \pm 0,7 \text{ км})$, из которых путь засева облаков достигает 9 км, сократить радиус «мертвой зоны засева» до 1,5 км. Высокая стартовая скорость (90 м/с) почти исключает влияние приземного ветра на точность полета. Дробление корпуса отработавшей ракеты без применения взрывчатых веществ обеспечивает повышение безопасности транспортировки и применения.

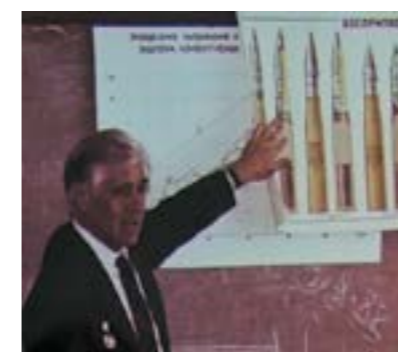
Создание средств радиолокационного обеспечения противорадиолокационных работ

Для радиолокационного обнаружения града на первом этапе развития противорадиолокационных работ были приспособлены радиолокаторы другого назначения: авиационные 3,2-сантиметрового диапазона («Кобальт», «Роз-1», ПСБН), корабельные («Лоза», «Дон»), станции орудийной наводки 10-сантиметрового диапазона «СОН-4» и «СОН-9». На их основе в ВГИ были смонтированы двухволновые радиолокаторы с синхронным вращением антенн «Град-1», «Град-2», «Град-3» (В.Е. Ефимов, Ю.Ф. Кузнецов, В.М. Соловьев, М.Т. Абшаев, Б.Х. Тхамоков). На базе метеорологического радиолокатора МРЛ-1, комплектующих спутникового радиолокатора и «СОН-4», вновь созданных двухволновых вращающихся переходов и трех волнового облучателя был смонтирован (М.Т. Абшаев, М.П. Шамис, В.А. Шапошников, 1967 г.) экспериментальный трехволновый радиолокатор, который явился прототипом двухволнового радиолокатора градозащиты МРЛ-5.

Решение о создании МРЛ-5 было принято на НТС ГУГМС при СМ СССР, проведенном академиком Е.К. Федоровым и начальником технического управления Б.Г. Рождественским в декабре 1968 года. Государственные испытания опытного образца МРЛ-5, проведенные в 1972 году на Куба-Табинском полигоне ВГИ, показали его высокую эффективность, но руководство завода «Электромаш» (г. Горький, ныне

Нижегород) отказалось от его производства, ссылаясь на не освоенность на заводе технологий микросхемотехники. Это удалось преодолеть в 1975 году в результате обращений в ЦК КПСС, СМ СССР и Горьковский обком КПСС руководителей республик и краев, в которых осуществлялись противорадиолокационные работы. В период 1976–1989 годов было выпущено более 200 МРЛ-5, из которых 95 были поставлены в ВС и ОВЧ Росгидромета, около 50 шт. – в сеть штормоповещения и НИИ Госкомгидромета, вплоть до Антарктиды и научных судов, около 35 шт. – в аэропорты ВВС МО и космодромы, около 50 шт. поставлены на экспорт в страны восточной Европы, Азии, Африки, на Кубу, Аргентину, Бразилию и др. Большинство этих МРЛ-5 эксплуатируются до настоящего времени.

Важным этапом явилось создание и внедрение в практику ПГЗ программно-технических комплексов (ПТК) автоматизации обработки радиолокационной информации и управления противорадиолокационными операциями АСУ «Антиград» (М.Т. Абшаев, В.А. Батищев, 1993 г.), «Мерком» (М.Д. Атабиев, А.В. Капитанников, 1994 г.), АСУ-МРЛ (М.Т. Абшаев, А.М. Абшаев, Н.В. Сирота, А.Ф. Котелевич, 2005 г.) и АСУ-ДМРЛ-10 (М.Т. Абшаев, А.М. Абшаев, 2015), которые автоматизируют радиолокационные наблюдения, рутинные операции по измерению параметров облаков и повышают информативность МРЛ.



ШЕЛКОВЫЙ ГРИГОРИЙ ТИХОНОВИЧ (1919–2006)

Григорий Тихонович Шелковий родился в 1919 г. Ветеран войны. Окончил военное училище и стал кадровым военным, служил в Советской Армии до 1970 г. и, выйдя в отставку в звании полковника, поступил на работу в ВГИ, где более 35 лет возглавлял ракетно-артиллерийский отдел ВГИ, внес неоценимый вклад в ракетно-артиллерийское обеспечение противорадиолокационных и противолавинных работ. Награжден орденами и медалями СССР, Почетными грамотами ГУГМС при СМ СССР, ВГИ, медалью ВДНХ СССР.

Встраивание аппаратной части созданных ПТК в отработавшие по 25–40 лет МРЛ-5 позволило осуществить их глубокую модернизацию за счет замены выработавших ресурсы аналоговых блоков и узлов на цифровые устройства. В результате такой модернизация обеспечивается высокая надежность функционирования, повышение метеопотенциала, снижение энергопотребления, автоматизация радиолокационных наблюдений, передача радиолокационной информации удаленным потребителям и продление срока службы МРЛ-5М.

ПТК АСУ-МРЛ успешно применяется в ряде стран, параллельно решая задачи управления противорадовыми операциями, штормоповещения и метеобеспечения авиации.

В режиме противорадовой защиты ПТК АСУ-МРЛ обеспечивает автоматический радиолокационный обзор полусферы по заданной сетке углов (от 0 до 85 градусов), обнаружение и измерение параметров облаков, распознавание градовых облаков и категорий объектов воздействия, локализацию места засева с учетом структуры градовых облаков, оптимальный выбор ракетных пунктов, выработку команд на ракетный

засев, документирование параметров объектов воздействия и материалов воздействия, получение 32 различных метеорологических карт, измерение 90 одномерных, двумерных и трехмерных параметров облаков, интеграцию с данными метеоспутников и грозопеленгаторов LS8000.

В режиме штормоповещения ПТК АСУ-МРЛ помимо этого обеспечивает:

- распознавания явлений погоды, определение направления и скорости их перемещения, подготовку бланк-карты и штормовой таблицы с координатами опасных для полетов авиации явлений (гроза, град, турбулентность) и т.д.;

- подготовку, кодирование в международные коды «FM-94 BUFR», «FM-20 RADOB», «OPERA», «BALTRAD» и передачу пакетов информации в сеть штормоповещения и метеобеспечения авиации;

- подготовку, передачу и отображение на автоматизированном рабочем месте авиадиспетчера пакетов информации об опасных явлениях погоды в кодах кодирования Euro-Control «ASTERIX CAT008» и «Строка-Ц».

В 2010–2015 годах АО «Лианозовским электромеханическим заводом концерна «Алмаз-Антей» по техническим заданиям



Радиолокаторы с программой автоматизации противорадовых операций

Росгидромета были созданы следующие метеорологических радиолокаторов нового поколения:

- многопараметровый доплеровский радиолокатор ДМРЛ-С (В.С. Ефремов, И.С. Вылегжанин) с рабочей длиной волны 5,3 см, двойной поляризацией и программным обеспечением «Гимет-2010», разработанным ВГИ (А.В. Шаповалов) на базе которого создается государственная сеть штормоповещения, метеобеспечения авиации и геофизического мониторинга;

- трассовый радиолокационный комплекс (ТРЛК) «Сопка-2» с рабочей длиной волны 11 см, антенной фазированной решеткой и доплеровский обработкой сигналов (В.С. Ефремов), в который встроен метеорологический канал (И.С. Вылегжанин, М.Т. Абшаев). Программное обеспечение метеоканала ТРЛК «Сопка-2» разработано НПЦ «Антиград» (А.М. Абшаев) и предназначено для метеорологического обеспечения авиации и управления противорадовыми операциями;

- доплеровский радиолокатор ДМРЛ-10 с рабочей длиной волны 10 см (И.С. Вылегжанин), предназначенный для обеспечения

противорадовых работ и штормоповещения в регионах с интенсивными грозоградовыми процессами, где информация на длине волны 5,3 см может искажаться за счет ослабления. Его программное обеспечение АСУ ДМРЛ-10 разработано ВГИ (А.М. Абшаев) и реализует современную автоматизированную технологию ПГЗ.

Таким образом, система противорадовой защиты Росгидромета в настоящее время располагает современными радиолокаторами, ракетными комплексами и средствами автоматизации, которые по многим параметрам превосходят мировые аналоги.

Автоматизированная ракетная технология ПГЗ применяется в Российской Федерации на площади 2,654 млн га, в ряде стран СНГ и дальнего зарубежья на площади около 3 млн га, обеспечивая сокращение потерь от града на 80–90 % и окупая затраты в среднем в 9–10 раз.

Однако в случае сверхмощных крупномасштабных градовых процессов не всегда удается полностью предотвратить градобитие из-за недостаточного темпа их засева. Для увеличения темпа засева облаков в 2014–2016 гг. ВГИ создан на базе



АБШАЕВ АЛИ МАГОМЕТОВИЧ

Али Магоматович Абшаев родился в 1978 г. В 1999 г. с отличием окончил математический и экономический факультеты КБГУ, работает в ВГИ заведующим Лабораторией технологии АВ, доктор физико-математических наук. А.М. Абшаев занимается теоретическим моделированием процессов воздействия на градовые облака, радиолокационными исследованиями градовых процессов и разработкой программно-технических комплексов автоматизации противорадовых операций. Автор 116 научных работ, в том числе 9 патентов и 3 статей в отчете экспертов ВМО. Лауреат Международной премии за выдающиеся достижения в области модификации погоды, Премии молодых ученых Росгидромета, Премии конкурса молодых исследователей Кавказа, Премии Росгидромета в области АВ имени академика Е.К. Федорова. Награжден почетными грамотами Росгидромета и ВГИ. Избирался членом молодежного совета Парламента КБР, был Председателем совета молодых ученых ВГИ.

Северо-Кавказской ВС действующий образец ПТК автоматизированного (роботизированного) комплекса «АСУ-Град» (А.М. Абшаев, М.Т. Абшаев, Х.Х. Чочаев), который обеспечивает требуемый темп засева, в том числе и сверхмощных крупномасштабных градовых процессов. В состав «АСУ-Град» входит:

– радиолокатор ДМРЛ-10 или модернизированный МРЛ-5М, или ТРЛК «Сопка-2», имеющие программу управления противорадовыми операциями;

– программно-технический комплекс управления АСУ-МРЛ или АСУ-ДМРЛ-10, обеспечивающие автоматизацию противорадовых операций;

– сеть автоматизированных ракетных установок «Элия-2»;

– система управления удаленными ракетными установками «АСУ-Элия»;

– малогабаритные противорадовые ракеты «Ас» и «Алазань-9»;

– система связи и управления на базе радиомодемов УКВ связи.

Апробация ПТК «АСУ-Град» на практике показала его функционирование в соответствии с заложенными алгоритмами и показала возможность реализации малолюдной более дешевой системы ПГЗ.

Я.А. Экба, М. Ю. Пашкевич

РАБОТЫ ПО ИСКУССТВЕННОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ ОСАДКОВ В СТАВРОПОЛЬСКОМ ФИЛИАЛЕ ВГИ

В связи с ежегодными потерями урожая сельскохозяйственных культур в Ставропольском крае, в 1987 году Постановлением Совета Министров РСФСР было принято решение организовать на Северном Кавказе работы по борьбе с засухами. Этому решению предшествовали успешные двухлетние работы по искусственному увеличению осадков (ИУО) в регионе, проводимые специалистами Центральной аэрологической обсерватории (Ю.А. Серегин, В.П. Беляев, Г.П. Берюлев, Б.Г. Данелян, М.П. Власюк и др.), а также пробные эксперименты самолетной экспедиции Высокогорного геофизического института (В.Г. Хоргуани, Г.В. Степанов, Г.Б. Мяконький, Н.А. Березинский, Г.И. Иванов, М.С. Эльмесов и другие).

Перед созданным в 1988 году Ставропольским филиалом ВГИ ставилась первоочередная задача организовать регулярные научно-производственные работы на территории края по искусственному увеличению осадков с целью сокращения потерь сельскохозяйственной продукции. Директором Ставропольского филиала на конкурсной основе был избран Январби Алиевич Экба, занимавший до этого должность заведующего лабораторией физики облаков и активных воздействий ВГИ,

В период организации филиала, для укрепления кадрового состава в Ставрополь были переведены ведущие специалисты ВГИ Л.Г. Каплан, М.Д. Атабиев, А.В. Капитанников, В.В. Толмачев, Г.Х. Бадахова и др. Позже были переведены М.Ю. Пашкевич и Н.А. Березинский.

В ходе выполнения запланированных мероприятий в 1991 году в Ставропольском аэропорту было построено двухэтажное здание, смонтирован стационарный метеорологический радиолокатор МРЛ-5, обеспечивающий обзор воздушного пространства в радиусе 300 км.

Министерством авиационной промышленности СССР под эти работы был выделен самолет Як-40, который на Минском

авиационном заводе с непосредственным участием специалистов ВГИ (Г.В. Степанов, Г.Б. Мяконький, Н.А. Березинский, Ю.Д. Либровский, М.Г. Жигатов, С.В. Шведов, Г.И. Иванов) был переоборудован в самолет-метеолaborаторию. На нем была установлена аппаратура измерения и контроля физических параметров атмосферы и облаков, а также система отстрела пиропатронов ПВ-26.

На основе многолетнего опыта и результатов научно-исследовательских работ ведущих институтов страны (ЦАО, ГГО, УкрНИГМИ), а также анализа исторического ряда данных по осадкам на Северном Кавказе, используя разработанную математическую модель урожай-осадки (Я.А. Экба, Р.Г. Закинян), были определены оптимальные сроки проведения ежегодных работ по ИУО. Были также выбраны опытные и контрольные территории (восточные аридные территории) – районы с недостаточным увлажнением в период вегетации зерновых.

Успешному проведению работ по ИУО способствовало проведение научно-исследовательской работы, в результате которой были разработаны:

– методика работ по ИУО на Северном Кавказе;

– прогноз развития конвективных облаков вертикального развития на территории Ставропольского края;

– методика оценки эффективности работ по ИУО.

В 1992 и 1993 годы работы проводились также в южных районах Ростовской области, а в 1992 и 1996 годы – в Калмыкии. Дополнительное увлажнение получали посевы озимой пшеницы на площади более 2,5 млн га. Такое расширение опытной территории стало возможным в результате технической и научно-методической поддержки, оказанной специалистами ЦАО, в результате установки на самолете Як-40 была системы КДС-155 для отстрела пиропатронов большого калибра ПВ-50, а также

модернизации наземных и бортовых средств контроля и управления воздействием, проведенной специалистами Ставропольского филиала.

С 1993 года авиационные работы по ИУО проводились уже собственными силами Ставропольского филиала ВГИ без привлечения самолетов и специалистов из других научных учреждений.

К этому времени ведущим специалистом лаборатории радиолокационной метеорологии А.В. Капитанниковым (зав. лабораторией М.Д. Атабиев) была разработана на базе ЭВМ IBM386 автоматизированная метеорологическая радиолокационная система для сбора, обработки и представления данных, а в дальнейшем, и передачи на борт самолета-лаборатории в реальном времени. В ходе очередных программных и аппаратных усовершенствований эта система получила

более широкое применение и была внедрена в Северо-Кавказскую, Краснодарскую и Ставропольскую противорадовые службы.

Специалистами лаборатории разработки технических средств (заведующий лабораторией М.Ю. Пашкевич) была разработана аппаратура по автоматизированной обработке бортовых измерений с передачей данных по каналам связи на наземный командный пункт.

За годы проводимых работ по ИУО были получены положительные результаты: увеличение осадков на опытных территориях в период вегетации зерновых составляло 17–20 % по сравнению с предшествующим периодом. Совместным актом Министерства сельского хозяйства Ставропольского края и Ставропольского филиала ВГИ подтверждено, что годовой прирост урожая озимой пшеницы по краю за счет

проводимых работ по ИУО составил более ста тысяч тонн зерна.

В 1993–1994 годах в инициативном порядке группой ведущих сотрудников Ставропольского филиала ВГИ (Я.Э. Экба, Л.Г. Каплан, М.Д. Атабиев, М.Ю. Пашкевич, Р.И. Тлисов) при активной поддержке руководства края была создана противорадовая служба (руководителем был назначен

Р.И. Тлисов). В начале Служба существовала на правах отдела Ставропольского филиала ВГИ и охватывала противорадовую защитой Андроповский, Кочубеевский и часть Шпаковского районов. Впоследствии отдел был преобразован в Ставропольскую противорадовую службу. Для Службы были закуплены передвижной вариант радиолокатора МРЛ-5, двенадцать пусковых ракетных



ЭКБА ЯНВАРБИ АЛИЕВИЧ

Январби Алиевич Экба родился 2 января 1943 году в Ставропольском крае. В 1965 г. окончил Кабардино-Балкарский государственный университет по специальности «Физика». С 1966 г. – аспирант Высокотермического геофизического института. В 1970 г. поступил на работу в ВГИ младшим научным сотрудником. В 1973 г. защитил кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Работал в должностях старшего научного сотрудника (1976), заведующего лабораторией (1977), директором Ставропольского филиала ВГИ (1987). В настоящее время заведующий кафедрой Прикладной экологии Абхазского государственного университета. Доктор физико-математических наук, профессор. Является автором 170 публикаций, в том числе трех монографий, 10 изобретений и патентов в области геофизики. Под его руководством защищено несколько кандидатских диссертаций.

Я.А. Экба является известным специалистом в области исследований механизма зарождения и роста града, активных воздействий на конвективные облака. За успехи в эффективном использовании и усовершенствовании методики работ по искусственному увеличению осадков в Ставропольском крае награжден медалью Ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.



ПАШКЕВИЧ МИХАИЛ ЮРЬЕВИЧ

Михаил Юрьевич Пашкевич родился в 1948 году. После окончания Тульского политехнического института поступил на работу в Нальчик. В 1972 г. перешел на работу в Высокотермический геофизический институт, где участвовал в испытаниях и эксплуатации опытного, а затем и серийного образца МРЛ-5. В 1989 г. защитил кандидатскую диссертацию в ГГО им. А.И. Воейкова. С 1992 г. переведен на работу в Ставропольский филиал ВГИ заведующим лабораторией разработки технических средств воздействия. С 1999 г. сначала заместитель, а затем директор ГУП «Высокотермический научно-исследовательский испытательный центр авиационной техники и вооружения». Является автором около 90 научных статей, докладов и 11 изобретений и патентов. Награжден знаком «Почетный работник Гидрометеослужбы России», дважды отмечен «Почетной грамотой» Росгидромета, Бронзовой медалью ВДНХ СССР, знаком «Изобретатель СССР».

С 1975 по 1983 год М.Ю. Пашкевич принимал активное участие в строительстве и оснащении научно-исследовательских полигонов «Мушта-75», «Кызбурун-2» и «Высота-910». Одним из новых научных направлений в исследованиях М.Ю. Пашкевича в 1980-х годах стали радиолокационные поляризационные исследования, в результате которых им была защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: «Автоматизированный радиолокационный комплекс с изменяемой поляризацией антенны». С 1992 по 2000 год М.Ю. Пашкевич занимался разработкой авиационных технических средств воздействия, аппаратуры автоматизированного сбора, обработки и передачи информации на землю с борта самолета-метеолaborатории. Участвовал в работах по метеозащите Ташкента, Москвы, Ставрополя, Санкт-Петербурга и Казани.

установок ТКБ-040, радиостанции и другое техническое оборудование. Для размещения основной базы Службы администрации Края предоставлена территория и помещения в Невинномысске.

С 1996 года при активной поддержке директора ВГИ академика РАН М.Ч. Залиханова и начальника Государственного летно-испытательного центра МО РФ им. В.П. Чкалова генерал-лейтенанта Ю.П. Клишина было принято решение об использовании широкофюзеляжной авиационной техники центра (Ан-12, Ан-26, Ан-72, Ин-18) для задач модификации погоды. Эти самолеты начали привлекаться для работ по ИРО. Такой подход открыл новые возможности в связи с использованием в качестве реагентов, кроме составов с AgI, грубодисперсные порошки и хладореагенты (твердая углекислота и жидкий азот). Совместно с ГЛИЦ им. В.П. Чкалова (главный инженер полковник В.А. Корнеев) для оборудования выделенных самолетов была разработана техническая документация на установку на борт измерительной аппаратуры и средств активных воздействий, а также методика выполнения работ по АВ на гидрометеорологические процессы с помощью самолетов ВВС РФ.

В 1997 году сотрудники лаборатории разработки технических средств воздействия филиала ВГИ на оборудованном ими самолете Ан-12 участвовали в работах по метеозащите Москвы в день празднования ее 850-летия. В сентябре того же года усилиями лаборатории разработки технических средств воздействия Ставропольского филиала ВГИ (М.Ю. Пашкевич, Н.А. Березинский, Ю.К. Лашманов, П.Н. Никулин) и лаборатории радиолокационной метеорологии (М.Д. Атабиев, А.В. Капитанников и другие) была организована и проведена работа по метеозащите Ставрополя в день празднования его 220-летия.

В 1995 году Ставропольский филиал ВГИ был переименован в Государственное унитарное предприятие «Ставропольский научно-производственный геофизический центр» (Ст. НПГЦ). В июне 1998 г. созданный Центр возглавил М.Ю. Пашкевич.

До 1998 года финансирование противоработ в филиале ВГИ (Ст. НПГЦ) осуществлялось за счет договора с Министерством сельского хозяйства РФ и частично

за счет прямых договоров с сельхозпроизводителями защищаемых от града районов, а работы по увеличению осадков финансировались только за счет производителей зерна Ставропольского края. Экономический кризис 1998 года полностью разрушил систему финансирования. Министерство сельского хозяйства РФ отложило на три года оплату уже проведенных в сезоне 1998 года работ, большинство сельхозпредприятий также не смогли выполнять свои обязательства по заключенным договорам, да ещё и Росгидромет значительно сократил бюджетное финансирование научно-исследовательской тематики Ст. НПГЦ. Необходимо отметить, что в этих условиях позитивную роль сыграло руководство Края и, в первую очередь, Министерство сельского хозяйства края (министр В.Ф. Гаркуша и первый заместитель В.А. Жерновой). Осенью 1998 года удалось провести в небольших объемах работы по ИУО в отдельных хозяйствах Степновского, Курского, Советского, Левокумского и некоторых других районов.

При поддержке академика М.Ч. Залиханова и вышеназванных руководителей Ставропольского края удалось убедить Краевую Думу и Губернатора Ставропольского края в высокой эффективности проводимых работ и сохранить Ставропольский научно-производственный геофизический центр. Финансирование Центра было включено в бюджет Ставропольского края.

Работая совместно с военными испытателями, сотрудниками центра (М.Ю. Пашкевич, Н.А. Березинский) был проработан вопрос об использовании боевой авиационной техники, оснащенных штатными средствами вооружения, адаптированными для проведения АВ на мощные конвективные (грозоградовые) облака, и были разработаны методические указания по применению для этих целей самолетов Су-27. Но, к сожалению, до испытаний дело не дошло.

За достигнутый успех в эффективном применении и совершенствовании методик по искусственному регулированию осадков в Ставропольском крае ряду сотрудников Ст. НПГЦ были присвоены почетные звания Росгидромета и вручены государственные награды.

Сотрудники Центра активно участвовали в научно-исследовательской работе. Ими опубликованы Труды Ставропольского

филиала ВГИ, представлялись доклады на международных и всероссийских конференциях. Сотрудники предприятия активно занимались изобретательской деятельностью был получен ряд патентов РФ. За период существования Ст. НПГЦ (Ставропольского филиала ВГИ) по результатам исследований сотрудниками подготовлены и защищены диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук (Я.А. Экба, Л.Г. Каплан, Р.Г. Закинян).

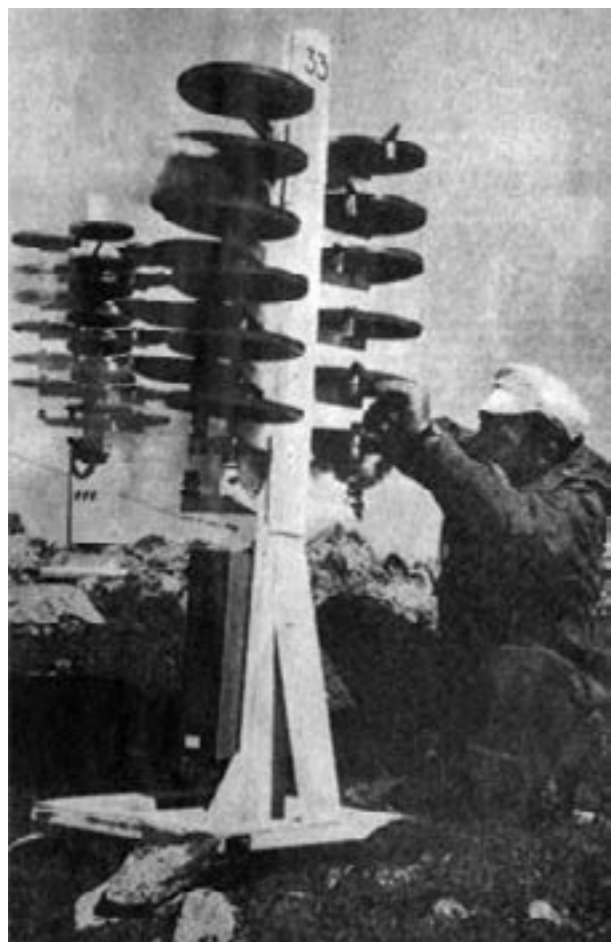


БЕРЕЗИНСКИЙ НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Николай Александрович Березинский родился в 1942 году. Закончил Кабардино-Балкарский государственный университет в 1969 г. по специальности «физика». В августе 1971 г. поступил на работу в лабораторию микрофизики облаков ВГИ. В декабре 1983 г. в Институте экспериментальной метеорологии Обнинска защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Льдообразующая активность естественного аэрозоля». В настоящее время – заместитель директора Высокогорного научно-исследовательского испытательного центра авиационной техники и вооружения по науке. Является автором более 100 научных статей и докладов на конференциях, имеет 30 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Награжден Бронзовой медалью ВДНХ СССР.

Н.А. Березинский занимался исследованием аэрозольной структуры атмосферы Европейской территории России и Средней Азии, под руководством Г.В. Степанова участвовал в разработке авиационного измерительного комплекса для исследования физики атмосферы на базе самолетов Ил-14 и Як-40. Занимался разработкой аппаратуры для лабораторных экспериментов по исследованию микрофизических процессов конденсации и нуклеации различных видов реагентов. Принимал участие в ежегодных самолетных экспедициях с 1972 по 2007 год, опытно-производственных работах по искусственному увеличению осадков на территории Ставропольского края и Калмыкии, в работах по метеозащите Ташкента, Москвы, Ставрополя, Санкт-Петербурга и Казани.

ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ГЕОФИЗИКИ (с сайта ИПГ)



Зарядка пиротехнических аэрозольных генераторов на одной из вершин Гегамского хребта. Озеро Севан

Институт прикладной геофизики Академии наук (ИПГ) был создан в 1956 году академиком Евгением Константиновичем Федоровым. В то время на высшем уровне было принято решение об организации мер с целью обеспечения более тесного взаимодействия фундаментальных и прикладных исследований. На институт возлагалась задача по созданию системы мониторинга загрязнения геофизических сред – поверхности Земли, атмосферы и околоземного космического пространства (ОКП) – радиоактивными продуктами при проведении ядерных испытаний.

В апреле 1963 года Институт прикладной геофизики совместно с филиалом в Обнинске был передан в Главное управление Гидрометеослужбы при СМ СССР. С этого периода ИПГ начал исследовать возможности активного воздействия на метеорологические процессы, в частности воздействие на облака с целью вызывания дополнительных осадков. Совместно с армянскими учеными и специалистами учеными ИПГ был выполнен цикл исследований на созданном на озере Севан полигоне. Проведенные эксперименты показали возможность активного воздействия на метеорологические процессы региона с целью пополнения водозапаса озера. За работы в области активных

воздействий в 1967 году институт был награжден орденом Трудового Красного Знамени. Среди ученых ИПГ, внесших большой

вклад в создание технологий активного воздействия в СССР, следует отметить А.Г. Лактионова, Л.М. Левина, Н.И. Вульфсона.



АВДЮШИН СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ (1936–2014)

Сергей Иванович Авдюшин родился 19 марта 1936 года в Москве. Вся жизнь Сергея Ивановича неразрывно связана с Институтом прикладной геофизики. Он пришел в Институт еще студентом МИФИ и прошел трудовой путь от лаборанта до директора. После окончания МИФИ в 1961 г. занимал должности лаборанта, инженера, старшего инженера, главного конструктора, заведующего лабораторией, заведующего отделом, заместителя директора, первого заместителя директора, директора института (1982–1993 гг.), с 1993 по 1998 г. – заместитель Руководителя Росгидромета, с 1998 г. – директор ИПГ, с 2010 г. – советник директора ИПГ. Доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат Государственной премии и Премии Правительства РФ, член Президиума РАН, академик Международной академии астронавтики. Автор более чем 200 печатных работ и 12 изобретений. Награжден орденами "За заслуги перед Отечеством" IV степени, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Дружбы, орденом "Знак Почета", многими медалями, удостоен званий лауреата Государственной премии и Премии Правительства Российской Федерации.



ВУЛЬФСОН НАУМ ИСААКОВИЧ (1916–2004)

Наум Исаакович Вульфсон – один из ведущих специалистов Института прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова, занимавшихся исследованиями в области физики атмосферы и активных воздействий на метеорологические процессы, в частности, воздействий на облака с целью регулирования атмосферных осадков. Профессор, доктор физико-математических наук. В 1960 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по теме «Исследование конвективных движений в свободной атмосфере». Возглавлял комплексные натурные исследования возможностей искусственного увеличения осадков в бассейне озера Севан. Автор ряда патентов и монографий в этой области.

КРАТКИЙ ОЧЕРК ПО ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО АКТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ НА ПЕРЕОХЛАЖДЕННЫЕ ОБЛАЧНЫЕ СРЕДЫ В ИЭМ НПО «ТАЙФУН»

Исследования и разработки в области активных воздействий на облачные процессы в Институте экспериментальной метеорологии, организованном в 1968 году на базе Обнинского филиала Института прикладной геофизики, были начаты еще с начала 60-х годов. По негласному решению вначале в ИЭМ преимущественно занимались исследованиями, связанными с изучением физических процессов, происходящих в теплой облачности и изучением механики аэрозолей. Конечно, следует отметить огромный вклад в развитие этих исследований таких видных ученых, как Л.М. Левин, В.С. Седунов,

В.М. Волощук, А.С. Степанов, О.А. Волковицкий, А.С. Кабанов, В.М. Меркулович, В.В. Смирнов и другие.

К этому времени в Советском Союзе усилиями многих ученых, в основном ученых Центральной аэрологической обсерватории под руководством И.И. Гайворонского, уже были разработаны практические методы активных воздействий на переохлажденные облака и туманы. Разработаны технические средства воздействия – противорадиоволновые ракеты ПГИ, «Облако», противорадиоволновые снаряды «Эльбрус» и наземные генераторы аэрозолей йодистого сере-



ВОЛКОВИЦКИЙ ОЛЕГ АЛЕКСАНДРОВИЧ (1927–1996)

Олег Александрович Волковицкий родился 27 февраля 1927 года. В 1952 г. он окончил Воронежский государственный университет. Несколько лет работал в радиотехнической промышленности, занимался разработкой и освоением оптико-электронных изделий. В 1958 г. по приглашению академика Е.К. Федорова начал работать в Обнинском филиале ИПГ. Внес значительный вклад в моделирование в лабораторных условиях процессов образования облаков и туманов и в разработку способов активного воздействия на них. С 1990 г. – генеральный директор НПО «Тайфун» – директор ИЭМ. С 1994 г. – член Коллегии Росгидромета. Доктор физико-математических наук, профессор, действительный член РАЕН, заслуженный деятель науки РСФСР. Автор двух монографий, 140 научных работ, 17 авторских свидетельств на изобретения. Участник ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. Лауреат премии Совета Министров СССР, награжден Почетной грамотой Президиума Верховного Совета РСФСР, медалью «За доблестный труд», нагрудным знаком «Отличник Гидрометеослужбы СССР», бронзовой медалью ВДНХ, занесен в Книгу Почета Госкомгидромета СССР.

В Обнинском филиале ИПГ О.А. Волковицкий осуществлял технологический надзор за строительством и монтажом установок аэрозольного корпуса, обеспечивал оснащение установок контрольно-измерительными приборами, отладку и ввод в эксплуатацию установок и всего комплекса в целом. В конце 1963 г. он назначен руководителем Лаборатории экспериментальных установок Отдела аэрозольных исследований филиала ИПГ, а в 1968 г. – руководителем Лаборатории экспериментальных установок Отдела физики облаков и активных воздействий ИЭМ. В начале 1971 г. О.А. Волковицкий назначен заведующим организованного в конце 1970 года отдела моделирования процессов в облаках. Этот этап в деятельности О.А. Волковицкого был связан с исследованиями в области физики атмосферы и активных воздействий на гидрометеорологические процессы, в том числе с разработкой специальных методик формирования искусственных капельных и кристаллических туманов, методик создания двухфазных потоков, оснащением установок АК специальной измерительной аппаратурой. По материалам исследований кинетики начальной стадии конденсации облака О.А. Волковицким в 1969 году успешно защищена кандидатская диссертация. В начале 70-х годов прошлого века под руководством О.А. Волковицкого в ИЭМ стали развиваться исследования по новому направлению физики – нелинейной оптики аэродисперсных сред. По результатам исследований О.А. Волковицким была защищена в 1979 г. докторская диссертация. Монография «Распространение интенсивного лазерного излучения в облаках», опубликованная совместно с коллегами, переведена на английский язык и издана в США. О.А. Волковицкий вел большую научно-организационную и педагогическую работу. Он являлся членом научно-технического совета РАН по комплексной проблеме «Распространение радиоволн», межведомственного проблемного совета «Активные воздействия на гидрометеорологические процессы», НТО Российского космического агентства по проблеме влияния ракетно-космической деятельности на окружающую среду, наблюдательного совета Миннауки РФ по деятельности Государственных научных центров в области прикладной оптики и информатики, председателем научно-технического совета НПО «Тайфун», председателем ученого совета ИЭМ, председателем специализированного совета по присуждению ученых степеней.

бра (ГАН), которые широко применялись в практической работе. Все эти средства обеспечивали формирование высокодисперсных частиц льдообразующего реагента в атмосфере с последующим их поступлением в облачную среду, на которую проводилось воздействие. В ЦАО к концу 60-х годов была разработана объективная методика оценки льдообразующей эффективности реагентов и составов на их основе (А.Д. Соловьев, Н.О. Плауде), которая и сейчас является базовой при тестировании пиротехнических составов на льдообразующую эффективность. Однако анализ результатов экспериментальных исследований по изучению эффективности реагентов и составов в габаритах промышленных изделий, выполненных за рубежом, показал, что величина выхода льдообразующих частиц из единицы массы возогнанного состава может зависеть от многих внешних факторов, которые не могут быть учтены в лабораторной методике ЦАО и в других существовавших на то время методиках. Поэтому в 1971 году Научно-исследовательский институт прикладной химии в лице А.И. Сидорова, В.В. Шишминцева и И.П. Кравченко обратился к ИЭМ с предложением о разработке методики испытаний на льдообразующую эффективность полноразмерных пиротехнических генераторов. В качестве базовой установки было предложено использовать Горизонтальную аэродинамическую трубу ИЭМ (ГАТ). Решение этой задачи О.А. Волковицкий поручил мне, тогда еще начинающему инженеру-теоретику (в 1969 я закончил математико-механический факультет ЛГУ им. А.А. Жданова по специальности «аэрогазодинамика»).

На первом этапе неоценимую помощь мне оказали ведущие ученые и специалисты в области активных воздействий, о которых я всегда помню и буду вспоминать с большой теплотой: ЦАО – И.И. Гайворонский, А.Д. Соловьев, Н.О. Плауде, М.Я. Аксенов, ВГИ – В.Г. Хоргуани, Г.В. Степанов, Н.Ш. Библашвили, ИГАН – А.И. Карцивадзе, НИИПХ – А.И. Сидоров, В.В. Шишминцев, И.П. Кравченко, Ю.Д. Дьяченко. Их участие и советы очень посодействовали тому, что к 1974 году методика испытаний полноразмерных генераторов льдообразующих аэрозолей была в основном разработана и технически реализована.

Уже первые результаты экспериментальных исследований показали, что льдообразующая эффективность полноразмерных генераторов зависит от самых разных параметров – от скорости обдува генераторов воздушным потоком от габаритов генератора и т.д. В те годы основным параметром в процессе гетерогенной нуклеации льда, согласно разработанной Н. Флетчером классической термодинамической теории, считался размер льдообразующей частицы. При этом предположении к 1975 году в ИЭМ была разработана безразмерная численная модель термоконденсационного формирования льдообразующих аэрозолей при функционировании реальных генераторов. Анализ результатов численного моделирования позволил выявить несколько безразмерных параметров, от величины которых зависел выход льдообразующих частиц. Эти параметры определялись скоростью движения генератора в атмосфере, наведенной турбулентностью, зависящей от поперечной геометрии генератора, содержанием активного реагента в составе или растворе и т.п.

Наиболее сильное влияние на размер льдообразующих частиц оказывала скорость движения генератора. На своей установке в ГАТ мы могли обеспечить скорость воздушного потока только до 100 м/с. Применяемые в то время противораковые ракеты типа «Алазань» при своем движении достигали скоростей до 250 м/с. Поэтому в 1977 и 1978 годах нашей небольшой группой были подготовлены и проведены экспериментальные исследования эффективности полноразмерных генераторов на установке полигона Министерства авиационной промышленности при моделировании скоростей движения от 60 до 500 м/с. Здесь следует отметить участие в этих экспериментах молодого специалиста В.И. Корниенко, перешедшего в ИЭМ из Днепропетровского филиала УкрНИГМИ. Конечно, эти экспедиции у всех нас оставили неизгладимые впечатления. Особенно эксперименты с применением ракетной тележки, на которой устанавливалось наше, как потом оказалось, довольно хлипкое оборудование.

Проведением этих экспериментов завершился этап разработки базовой стендовой методики испытания полноразмерных генераторов. При этом была экспериментально подтверждена ранее выявленная

теоретически немонотонная зависимость выхода льдообразующих частиц от скорости движения генератора в атмосфере.

В своей работе мы всегда тесно и не на формальной основе взаимодействовали с ведущими учеными ЦАО, НИИПХ ВГИ и др. Результатом такого взаимодействия явилась разработка и внедрение в практику пиротехнических составов с 2 %-ным содержанием йодида серебра. Эта работа в 1981 году была отмечена премией Совета министров СССР и от ИЭМ О.А. Волковицкий – идейный вдохновитель и организатор работ в области исследований активных воздействий на переохлажденные облачные среды, которые ранее не были присущи научным направлениям, развиваемым в нашем институте. По итогам этой работы я, молодой научный работник, был награжден правительственной наградой – медалью «За трудовое отличие».

К тому времени силами нашей немногочисленной группы уже были начаты работы по изучению различных механизмов гетерогенной нуклеации льда и разрабатывалась экспериментальная аппаратура для проведения таких исследований. Хочется отметить вклад в работу инженера Ю.Н. Матвеева, лаборантов М.М. Александрова, В.Т. Кустова. Вообще нам повезло с научным направлением, куда нас направил О.А. Волковицкий в далеком 1971 году. Мало того, что это направление оказалось интереснейшим и перспективным, результаты наших исследований в основном достаточно быстро реализовывались в практической деятельности в области активных воздействий на переохлажденные облачные среды. Конечно, было приятно осознавать, что, например, разработка противораковой ракеты «Кристалл» (НИИПХ) основывалась на выводе о немонотонной зависимости величины выхода от скорости движения генератора. Практическая проверка этой ракеты показала высокую эффективность, но, к сожалению, из-за относительной сложности ее конструкции производство ракеты было прекращено.

В 1982 году на базе научной группы в рамках отдела № 4 ИЭМ под звучным названием была организована Лаборатория моделирования средств воздействия. В нее постепенно начали вливаться новые молодые специалисты, приходящие из ведущих вузов страны, – А.В. Шкодкин (МФТИ), Е.А. Шевчук (физфак МГУ), А.Г. Шилин (химфак



Головная часть ракеты «Алазань-2» в ГАТ

ЛГУ). С этого момента исследования микрофизических процессов при проведении активных воздействий получили в ИЭМ новый толчок.

К тому времени был накоплен большой экспериментальный материал, который показывал, что льдообразующая эффективность реальных генераторов зависит от самых разных параметров, которые не учитывались в рамках ранее разработанной теории термоконденсационного формирования льдообразующих частиц.

К середине 80-х годов прошлого столетия в мире был накоплен огромный экспериментальный материал в области исследований механизмов гетерогенной нуклеации льда. Очень многие экспериментальные результаты не вписывались и даже противоречили выводам господствовавшей тогда классической теории Н. Флетчера и многочисленным ее модификациям. Поэтому нами (Н.С. Ким и А.В. Шкодкин) был разработан стохастический подход к описанию нуклеационных процессов и разработана теория стохастической гетерогенной нуклеации льда, которая позволила снять практически все противоречия и выявить основные параметры, которые определяют этот процесс. Было сформулировано необходимое условие такой нуклеации, которое звучит примерно так: «Для реализации устойчивой структуры льда необходимо, чтобы на поверхности подложки существовала полимолекулярная пленка воды, толщина которой превышает суммарную толщину незамерзающих прослоек на границе раздела фаз «подложка–лед» и «лед–пар» при данной температуре». Было выявлено, что преимущественную роль в образовании ледяного зародыша играют поверхностные

свойства льдообразующей частицы, а не ее размер, как это принято в теории Н. Флетчера.

Конечно, одновременно с теоретическими исследованиями продолжалось развитие экспериментальной техники. В качестве достижения могу отметить разработку методики оценки льдообразующей эффективности реальных гранул твердой углекислоты и пористых гранул, пропитанных жидким азотом при моделировании их в переохлажденном облаке. Эта методика и реализующая её аппаратура (на базе ГАТ) просуществовала достаточно долгий период времени. Кстати, по этой методике производилось определение эффективности и отработка оптимальных режимов работы генератора мелкодисперсных частиц льда (ГМЧЛ), разработанного в ЦАО (М.П. Власюк, А.В. Серогодский, А.А. Черников). Вообще все типы генераторов льдообразующих аэрозолей, разрабатываемых в СССР, проходили на аэродинамическом стенде ИЭМ.

Интересными и полезными мне представлялись и другие разработки лаборатории – проточный фотоэлектрический счетчик ледяных кристаллов, стенд для исследования кинетических характеристик льдообразования на частицах, динамическая термодиффузионная камера и др. Кстати, последняя разработка позволила получить уникальные данные о льдообразующей эффективности атмосферных частиц, подвергшихся радиационному излучению вблизи

Чернобыльской АЭС. К сожалению, эти разработки, как и многие тогда в СССР, просуществовали только в виде экспериментальных образцов.

В середине 80-х годов прошлого столетия к работам в области активных воздействий вначале в инициативном порядке подключилась лаборатория отдела № 4, которую возглавлял В.Н. Иванов. К интересным разработкам этой лаборатории следует отнести разработку методов доставки льдообразующих частиц в облако с помощью вихревых колец (В.Н. Иванов, Ю.А. Пузов, Н.К. Диденко) и с помощью изделий фейерверочного типа. Важными представляются результаты, связанные с разработкой методов борьбы с заморозками с помощью гидрореагирующих солей.

В заключение хотелось бы отметить постоянное внимание и оказание посильной помощи со стороны Управления активных воздействий Росгидромета, который в период самой плодотворной работы нашей лаборатории возглавлял И.И. Бурцев. Иван Иванович лично всегда интересовался нашими исследованиями и оказывал всяческую поддержку.

Конечно, я помню всех многочисленных коллег, с которыми за многие годы у меня сложились не только профессиональные, но и дружеские отношения. Приношу им свои извинения за то, что не упомянул их в этом кратком очерке.

получено 10 патентов на изобретения. Лауреат премии Ленинского комсомола в области науки и техники, Почетный работник Гидрометеослужбы России, Почетный работник охраны природы. Награжден медалями ордена «За заслуги перед Отечеством» 1 и 2 степени, Почетными грамотами Росгидромета и благодарностями руководителя Росгидромета. В.Н. Иванов дважды был признан победителем конкурса наукограда России «Человек года. Обнинск».

Под руководством В.Н. Иванова Институт экспериментальной метеорологии (ИЭМ) – головная структурная единица ФГБУ «НПО «Тайфун» – проводит широкий спектр теоретических и экспериментальных исследований в области геофизики, гидрометеорологии, физики пограничного слоя атмосферы, атмосферной оптики, физики верхней атмосферы, тропической метеорологии, физики облаков и активных воздействий на гидрометеорологические и геофизические процессы различных масштабов, разработки новых методов и средств изучения атмосферных процессов. Обновленный комплекс модельных установок для геофизических исследований ФГБУ «НПО «Тайфун» включен в перечень уникальных установок Российской Федерации и в перечень уникальных научных объектов Росгидромета Министерства природных ресурсов и экологии РФ. Сегодня комплекс модельных установок ФГБУ «НПО «Тайфун» не имеет аналогов в мире. Под его руководством разработана технология изготовления и организовано производство гигроскопического реагента для воздействия на теплые облака, показавшего по результатам лабораторных экспериментов значительные преимущества солевого порошка перед другими используемыми за рубежом реагентами. Для доставки и распыления этого реагента в облако созданы ракета «Алазань-12» и самолетный генератор солевых частиц. Под руководством и при непосредственном участии В.Н. Иванова разработана технология рассеяния переохлажденных туманов испарения, а также метод защиты растений от заморозков путем создания искусственных туманов и распределенных источников тепла. Под руководством и при непосредственном участии В.Н. Иванова ведутся масштабные работы по международному сотрудничеству с Китаем, Ираном, Болгарией, Кубой по проблеме физики атмосферы и активных воздействий на атмосферные процессы с целью регулирования осадков, рассеяния туманов, защиты растений от заморозков, с США – по изучению оптических характеристик облаков.



ИВАНОВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ

Владимир Николаевич Иванов родился 23 июля 1951 года. Окончил Рязанский радиотехнический институт по специальности конструирование и производство радиоэлектронной аппаратуры. После окончания службы в Советской Армии с 1975 г. работал в Институте экспериментальной метеорологии. Кандидат физико-математических наук, имеет ученое звание старшего научного сотрудника. В настоящее время занимает должность первого заместителя генерального директора НПО «Тайфун» по научной работе – директора Института экспериментальной метеорологии. Автор 5 монографий и свыше 200 научных статей в отечественных и зарубежных изданиях. Является соавтором 25 изобретений. В последние годы им в соавторстве



ДРОФА АЛЕКСАНДР СЕМЕНОВИЧ

Александр Семенович Дрофа родился 23 марта 1947 года. С февраля 1971 г. по сей день работает в ФГБУ «НПО «Тайфун». В настоящее время – главный научный сотрудник. В начале своей научной деятельности Дрофа А.С. занимался исследованием распространения оптического излучения в атмосфере. В настоящее время сферой его научных интересов является физика облаков и активных воздействий. Доктор физико-математических наук. Автор более 100 научных работ в отечественных и зарубежных изданиях. Награжден нагрудным знаком "Почетный работник Гидрометеослужбы России" и нагрудным знаком «Отличник охраны природы», а также Почетными грамотами Росгидромета.

А.С. Дрофа в 1978 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование случайных смещений световых пучков в турбулентной атмосфере» по специальности «геофизика». В 1985 г. А.С. Дрофе присвоено ученое звание старшего научного сотрудника. В 1994 г. А.С. Дрофа защитил докторскую диссертацию на тему «Перенос изображения и видимость объектов в замутненной атмосфере» по специальности «оптика». В этой области им проведены теоретические исследования начальной стадии формирования конвективных облаков и сформулированы основные требования к гигроскопическим реагентам, необходимые для получения максимального эффекта воздействия – получения дополнительных осадков. На основе полученных теоретических результатов в ФГБУ «НПО «Тайфун» разработан высокоэффективный гигроскопический реагент – солевой порошок, изготовленный по специальной технологии. При непосредственном участии А.С. Дрофы разработаны средства доставки и распыления солевого порошка в облако ракетным и самолетным методами. Результаты проведенных А.С. Дрофой исследований докладывались на 30 российских и международных научных конференциях и симпозиумах. Александр Семенович активно участвует в программах международного сотрудничества в области активных воздействий на облака с учеными Кубы и Китая, Израиля и Южной Кореи.



КИМ НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ

Николай Сергеевич Ким родился 4 апреля 1947 года, в Магнитогорске Челябинской области. В 1969 г. закончил математико-механический факультет Ленинградского государственного университета им. А.А. Жданова по специальности «аэрогазодинамика». С 1969 по 2011 г. работал в Отделе физики облаков ФГБУ «НПО «Тайфун» (Обнинск) вначале в должности инженера, затем в должности заведующего Лабораторией моделирования средств воздействия. Доктор физико-математических наук, автор более 160 научных работ и изобретений. В 1981 г. награжден медалью «За трудовое отличие». Участник ликвидации последствий аварии Чернобыльской АЭС. С 2011 г. работает в Агентстве атмосферных технологий.

ИСТОРИЯ АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА АТМОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГРУЗИИ

История научных и практических работ в области активных воздействий на атмосферные процессы в Грузии началась более чем шестьдесят лет назад. Основные научные разработки в этом направлении были выполнены Институтами геофизики (создан в 1933 году) и гидрометеорологии (создан в 1953 году). В течение указанного периода времени названия институтов несколько изменялись: Институт геофизики АН Грузинской ССР стал Институтом геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили; Тбилисский научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Закавказский научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ЗакНИГМИ) Госкомгидромета СССР, Институт гидрометеорологии Грузии на сегодняшний день – Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета.

Научные, научно-производственные и производственные работы по активным воздействиям на атмосферные процессы, главным образом, проводились в двух регионах Грузии – в Кахетии и в Южной Грузии. Поскольку названия упоминаемых в тексте организаций и противоградовых служб не менялись, ниже, для удобства восприятия, приняты следующие названия: Институт геофизики, Институт гидрометеорологии, Служба борьбы с градом – Кахетия (СБГ), Отдельная часть по борьбе с градом – Южная Грузия (ОЧБГ).

Противоградовые работы

Полевые работы

Исследования в области физики атмосферы и климатологии в Институте геофизики начались в 1936 году. Изучались вопросы энергетики вертикального потока воздушных масс и термодинамических условий образования и развития фоновых явлений в Грузии (И.Г. Курдиани). Исследовались: генезис климата Закавказья, перенос воздушных масс в Западной Грузии, облачные системы и грозовые явления в Тбилиси и его окрестностях, а также термический режим в верхних слоях тропосферы на территории Грузии. Большое внимание уделялось вопросам климатологии, в частности исследованиям климатических характеристик отдельных районов Грузии и Закавказья. В результате этого был разработан метод генетического анализа климатических и метеорологических условий для горной страны (А.Г. Балабуев).

В 1949 году были начаты работы по изучению градовых явлений в Восточной Грузии. По многолетним данным сети метеорологических станций изучено пространственное распределение и повторяемость градовых явлений, их сезонный и суточный ход, выявлены аэросиноптические условия

реализации этих явлений для изучения региона (А.Г. Балабуев). С 1953 года начаты полевые исследования циркуляционных процессов в Алазанской долине, приводящие к образованию и развитию конвективных облаков (Г.К. Сулаквелидзе, А.И. Карцивадзе, Б.И. Кизирия, Г.М. Махарадзе).

Новый этап развития физики атмосферы в Институте геофизики начался в 1953 году и был связан с развитием проблем активных воздействий на атмосферные процессы, в частности, с исследованиями циркуляционных процессов в Алазанской долине, приводящих к образованию и развитию конвективных облаков (Г.К. Сулаквелидзе, А.И. Карцивадзе, Б.И. Кизирия, Г.М. Махарадзе), с изучением грозоградовых явлений и с разработкой средств и методов воздействия на них. Работы по решению этих проблем в Институте геофизики осуществлялись под руководством А.И. Карцивадзе с охватом широкого комплекса теоретических, лабораторных и полевых экспериментальных исследований. Крупномасштабные полевые экспериментальные исследования в этой области с этого года Институтом геофизики проводятся, главным образом,



КАРЦИВАДЗЕ АМИРАН ИЛЬИЧ (1920–1989)

Амиран Ильич Карцивадзе – известный специалист по физике атмосферы, заведующий отделом Института геофизики АН ГССР, начальник Военизированной службы борьбы с градом. В 1948 г. окончил физический факультет Тбилисского государственного университета. С 1951 г. его трудовая деятельность непрерывно была связана с институтом геофизики, где он прошел путь от аспиранта до заведующего отделом. Автор более 130 научных трудов, в том числе двух монографий, а также 25 изобретений. Ему были даны патенты ряда зарубежных стран. Он создал в Институте геофизики необходимую базу для подготовки научных кадров и проведения исследований атмосферных процессов. За выдающиеся научные и практические успехи в области физики облаков в 1969 г. ему была присвоена государственная, а в 1985 г. – премия Совета Министров СССР в области науки и техники. А. Карцивадзе был награжден орденами Ленина, Трудового Красного знамени, Знак Почета, медалями СССР и золотой медалью Всесоюзной выставки народного хозяйства.

А.И. Карцивадзе одним из первых в Советском Союзе начал научную разработку основ искусственного воздействия на опасные явления погоды. Под его руководством и непосредственном участии были развернуты научные исследования и практические работы по созданию методов и технических средств для активных воздействий на облака. А. Карцивадзе десятки лет руководил службой воздействия на гидрометеорологические процессы, которую организовал сам.

26 февраля 2002 года Российская академия естественных наук и Международная академия авторов научных открытий и изобретений зарегистрировала научное открытие № 192 «Свойство органических внутриклеточных (хелатных) соединений вызывать активную кристаллизацию переохлажденных водных систем в атмосфере». Авторы открытия: Карцивадзе Амиран Ильич (Институт геофизики АН Грузии), Патрикеев Вениамин Васильевич (ведущий научный сотрудник Института органической химии РАН, Заслуженный изобретатель СССР, доктор химических наук, профессор), Малкина Анна Давыдовна (зав. лабораторией Московского государственного агроинженерного университета Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации (МГАУ), кандидат физико-математических наук, доцент).

в районах Гомборского хребта и Алазанской долины, а также в Картлийской долине, на Ахалкалакском нагорье и в Тианетском районе. В эти годы были проведены обширные исследования структуры и физических свойств естественных градин, что позволило получить новые сведения, необходимые для развития теории образования и роста градин (П.И. Махарашвили).

С 1960 по 1977 год в Институте геофизики проводились исследования атмосферы и облаков с использованием специально оснащенного самолета-лаборатории (П.В. Махарашвили, А.З. Махарашвили, А.Г. Нодия, Т.Г. Хунджуа, А.Г. Амиранашвили и др.). За этот период были получены многочисленные экспериментальные данные о микрофизических и динамических характеристиках

АМИРАНАШВИЛИ АВТАНДИЛ ГЕОРГИЕВИЧ



Автандил Георгиевич Амиранашвили родился в 1948 году. После окончания физического факультета Тбилисского государственного университета по специальности «геофизика» с 1972 г. по настоящее время работает в Институте геофизики им. М. Нодия, в настоящее время руководитель сектора физики атмосферы. В 1978 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, в 2006 г. – доктора физико-математических наук. Автор и соавтор более 300 научных работ, включая 5 монографий. Лауреат национальной премии Грузии. Сфера научных интересов: физика атмосферы и облаков, модификация погоды, атмосферное и грозовое электричество, атмосферный озон и физика аэрозолей, лабораторное моделирование атмосферных процессов, современные изменения климата Грузии; радиоактивность воздуха и метеорология, ионизация воздуха и образование вторичных аэрозолей, оценка рисков природных катастроф, комплексные геофизические исследования, медико-биологические и экологические аспекты влияния различных метеогеофизических факторов.

С 1978 по 1984 г. совместно с учеными Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова и Ленинградского гидрометеорологического института занимался разработкой методов регулирования грозовой активности облаков. В середине 1970-х годов в качестве руководителя летной группы принимал участие в самолетных исследованиях микрофизических, динамических и электрических характеристик конвективных облаков при их естественном развитии и при искусственном воздействии на них. В последние годы в качестве научного консультанта принял непосредственное участие в восстановлении деятельности противоградовой службы Грузии.

кучевых облаков, данные о напряженности электрического поля облаков и атмосферы, данные о радиоактивном, химическом и аэрозольном составе облаков и атмосферы, проведено множество экспериментов по изучению эффективности различных реагентов при воздействии на облака в естественных условиях. По этим данным построены экспериментальные модели конвективных облаков. Изучена электризация самолета в атмосфере и облаках и найдена связь этой величины с пульсациями температуры. Исследована взаимосвязь пульсаций температуры в облаках с напряженностью электрического поля. Получены данные о процессах вымывания радиоактивных и нерадиоактивных аэрозольных частиц в атмосфере и облаках, изучено влияние кучевой облачности на содержание в атмосфере различных микропримесей, исследован турбулентный режим атмосферы в облачные и безоблачные дни, проведена оценка концентрации аэрозолей в свободной атмосфере, проведены оценки дозировки различных реагентов для изменения микрофизических и электрических характеристик конвективных облаков и др. (А.Г. Амиранашвили, А.Г. Нодия).

Экспериментальное лабораторное моделирование атмосферных процессов и активных воздействий на них

Образование грозовых и градовых облаков является следствием сложного взаимодействия множества факторов, действующих в атмосфере. Прямые и обратные связи между ними в естественных условиях во

Параллельно с Институтом геофизики с самого начала своего существования Институт гидрометеорологии (1953 год) под руководством В.П. Ломинадзе провел исследования градовых процессов и возможностей предотвращения градобитий (В.М. Гигинейшвили, С.У. Гуния, И.Т. Бартишвили, К.И. Папинашвили, Ш.Л. Гудушаури, Ф. Харчилава и др.). С 1956 по 1962 год были выполнены работы по изучению грозоградовых явлений в Закавказье, в которых детально исследовались условия формирования грозоградовых явлений. Эти исследования, наряду с экспериментальными работами, проведенными на Самсарском научно-экспериментальном полигоне Института гидрометеорологии, а также теоретическими исследованиями, позволили в 1962–1965 годах разработать и апробировать метод активного воздействия на градовые процессы, основанный на одновременном применении гигроскопических и кристаллизующих реагентов (В.П. Ломинадзе, И.Т. Бартишвили, Ш.Л. Гудушаури, Ш. Цивцивадзе, И.С. Шмерлинг и др.).

многих случаях не удаётся уловить, что значительно затрудняет выявление главных механизмов, управляющих процессом образования и роста градин в облаках. Исследования осложняются отсутствием возможности

ГУДУШАУРИ ШОТА ЛАЗАРЕВИЧ (1933–2013)



Шота Лазаревич Гудушаури – выпускник физического факультета Тбилисского государственного университета. В пятидесятые годы прошлого столетия работал на высокогорной метеорологической станции Казбеги. В 60-е годы продолжил работу в Закавказском Гидрометеорологическом институте в работах по борьбе с градом в Южной Грузии, а также в опытах по вызыванию осадков на Севанском полигоне в Армении. Являлся начальником Отдельной Военизированной Части Службы по Борьбе с Градом при УГКС Грузии. Автор нескольких десятков научных работ.

получения непосредственной информации о микрофизических и динамических процессах, протекающих в грозоградовых облаках. В связи с этим важную роль приобретают методы исследования, которые позволяют расчленивать сложные процессы на составные части, изучить взаимодействие отдельных факторов, а впоследствии, синтезируя их, смоделировать естественное явление.

Исходя из вышеизложенного, с учетом опыта создания экспериментальных комплексов аналогичного назначения, как в бывшем Советском Союзе, так и за рубежом, в Институте геофизики был создан уникальный экспериментальный комплекс, где можно моделировать различные физиче-

ские процессы, протекающие как в безоблачной атмосфере, так и в облаках (А.И. Карцивадзе, А.М. Окуджава, Т.Г. Гзиришвили, В.А. Лапинкас, Т.Г. Салуквадзе, А.Г. Амиранашвили и др.).

Проект этого комплекса был разработан Грузинским государственным институтом проектирования городского строительства (М.В. Центерадзе, Ю.М. Лукин, Н.М. Унгадзе, П.С. Савостин, В.И. Урушадзе, Г.Ш. Шавердов и др.).

Основной частью комплекса является термобарокамера (ТБК) с общим внутренним объемом около 350 м³. Комплексные испытания показали, что в ТБК удавалось создавать условия, по температуре приблизительно соответствующие верхним слоям

тропосферы, а по давлению – высоте около 25 км от уровня моря. Моделирование облачной среды в ТБК может осуществляться адиабатическим расширением влажного воздуха, или пульверизацией воды, либо введением в камеру водяного пара. Водность моделируемой среды может колебаться в весьма широких пределах, перекрывающих естественный диапазон. В вертикальной аэродинамической трубе можно имитировать поток, на отдельном участке достигающий порядка 40 м/с и более. Для изучения льдообразующей активности различных химических веществ имелась также изотермическая облачная камера объемом 2 м³, а для изучения элементарных процессов эволюции отдельных облачных элементов – камера объемом 3 литра. Экспериментальный комплекс позволял проводить исследования с применением лабораторной техники и методов электронной микроскопии.

После ввода в эксплуатацию экспериментального комплекса в 1975 году сотрудниками Института геофизики совместно с другими организациями постоянно проводилось техническое усовершенствование лабораторного комплекса термобарокамер для изучения микрофизических, электрических и других характеристик моделируемой облачной среды и атмосферы, а также процессов активного воздействия на них (А.Г. Амиранашвили, И.Н. Дидебулидзе, Т.В. Сахокия, Н.И. Цагарели, Т.Г. Гзиришвили, А.И. Карцивадзе, А.М. Окуджава, В.Г. Хоргуани, Т.Г. Блиадзе, В.А. Чихладзе, Н.Г. Чиабришвили, Д.Д. Киркитадзе, А.Г. Нодия, М.А. Одишария, Т.Ш. Зеделашвили и др.).

С использованием этих установок были выполнены исследования процесса роста и таяния градин и получены новые результаты (А.И. Карцивадзе, А.М. Окуджава,



ЛОМИНАДЗЕ ВАСИЛИЙ ПАВЛОВИЧ (1913–1975)

Василий Павлович Ломинадзе в 1932 г. окончил физико-математический факультет Тбилисского государственного университета. В 1938–1941 гг. – аспирант Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. В 1947 г. защитил диссертацию на степень кандидата физико-математических наук. В 1953–1963 гг. – директор Тбилисского научно-исследовательского гидрометеорологического института, а в 1963–1975 гг. – директор Закавказского научно-исследовательского гидрометеорологического института (ЗакНИГМИ) Госкомгидромета СССР. Основные направления научной деятельности В. Ломинадзе были связаны с исследованиями фронтальных процессов в атмосфере, активными воздействиями на атмосферные процессы. В 1962–1965 гг. под руководством В. Ломинадзе проводились исследования по разработке метода борьбы с градом, основанного на одновременном применении гигроскопического и кристаллизующего реагентов. Позднее этот метод был внедрен для защиты сельскохозяйственных культур от градобитий в районах Южной Грузии, где к концу 80-х годов прошлого столетия площадь защищаемой территории составила 400 тыс. га. Принимал активное участие в работах по вызыванию осадков, в соответствии с которыми в первой половине 70-х годов прошлого столетия были проведены крупномасштабные эксперименты по исследованию возможностей искусственного увеличения осадков в бассейне оз. Севан.



ГЗИРИШВИЛИ ТЕНГИЗ ГЕОРГИЕВИЧ (1936–2001)

В 1961 г. Тенгиз Георгиевич Гзиришвили окончил Московский государственный университет им. Ломоносова по специальности «физика». С 1961 по 2001 г. работал в Институте геофизики АН Грузии, достигнув должностей заведующего Лабораторией грозового электричества и нуклеации. В 1970 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Доктор физико-математических наук. Основные направления научной деятельности - процессы гетерогенной нуклеации льда, атмосферные аэрозоли, грозовое электричество, активные воздействия на атмосферные процессы, современные изменения климата Грузии. В период с 1978 по 1984 г. участвовал в широкомасштабных экспериментах по исследованию грозовых процессов в Алазанской долине и созданию методики воздействия на них. В тот же период времени были проведены лабораторные эксперименты по моделированию процессов электризации искусственной облачной среды и способов воздействия на эти процессы. Опубликовал около 110 научных работ, в том числе 3 монографии. В 1984 г. он был избран членом международного комитета по ядрам нуклеации, конденсации и атмосферному аэрозолю в качестве представителя АН СССР.

А.З. Махарашвили, В.А. Чихладзе, Т.Г. Блиадзе и др.). Лабораторные эксперименты по исследованию спектра размеров и концентрации ледяных кристаллов, возникающих на частицах реагентов, а также опыты по изучению процесса роста градин в искусственно кристаллизующей облачной среде, позволили получить обоснованные нормы расхода льдообразующих реагентов, необходимых для дальнейшего усовершенствования методики воздействия на градовые процессы (А.И. Карцивадзе, А.М. Окуджава, Т.Г. Гзиришвили, А.Г. Амиранашвили, К.М. Чочишвили, Л.Ш. Бибилури, Я.Р. Ахвледиани, З.В. Челидзе).

Были уточнены аэродинамические характеристики падающих градин, что позволило получить исходные данные для теоретических расчетов процесса роста и таяния градин различных форм, плотности и размеров (А.М. Окуджава, Т.Г. Блиадзе, Т.Н. Салиашвили).

Экспериментально выявлена роль электрических полей и разрядов, как во время роста градин, так и в гетерогенном механизме образования и роста ледяной фазы на частичках кристаллизующих реагентов (А.М. Окуджава, Т.Г. Гзиришвили, А.Г. Амиранашвили и др.).

Исследования, проведенные в 1962–1972 годах, были посвящены экспериментальному изучению влияния электрических полей на процессы кристаллизации капель чистой воды, водных растворов электролитов

и капель, содержащих суспензии различных веществ, а также на процесс образования и роста кристаллов льда на частичках различных веществ (Т.Г. Гзиришвили, А.И. Карцивадзе).

Таким образом, можно заключить, что вся работа в термобарокамере велась в направлении исследования научных вопросов, непосредственно связанных с решением практических задач в области активных воздействий на опасные атмосферные процессы.

Совместно с Институтом органической химии АН СССР и Московского института инженеров сельскохозяйственного производства проделаны важные исследования, позволяющие изыскать новый класс химических веществ, обладающих значительной льдообразующей активностью. Среди испытанных веществ высокой льдообразующей активностью, как по порогу кристаллизующего действия, так и по выходу активных ядер кристаллизации, обладают ацетилацетонат меди, ванадил, молибдил, кобальт и другие металлы, а также медный хлоратацетоноксусного эфира.

Лабораторные эксперименты, проведенные в конце 70-х – начале 80-х годов прошлого столетия совместно с Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова, имели своей целью моделирование процессов электризации искусственной облачной среды и способов воздействия на эти процессы.

Целая серия лабораторных экспериментов по исследованию влияния различных льдообразующих и гигроскопических реагентов на электризацию и микрофизические характеристики переохлажденной и теплой облачной среды позволила провести оценку норм их расхода для регулирования электрической и градовой активности облаков, их микрофизической структуры, оптических свойств (Т.Г. Гзиришвили, А.Г. Амиранашвили, Н.Г. Чиабришвили, А.Г. Нодия, М.Д. Мирцхулава, Г.П. Чхаидзе, В.Д. Степаненко, И.М. Имянитов, А.Г. Нодия, И.Н. Дидебулидзе, Л.М. Нехотина, Л.Т. Трофименко).

Работы по лабораторному моделированию облачных процессов и активных воздействий на них активно проводились также в Институте гидрометеорологии (И.Т. Бар-

тишвили, И.Р. Прейс и др.). Этому способствовало создание в лабораторном корпусе Института гидрометеорологии комплекса облачных камер.

С большим сожалением следует отметить, что после распада Советского Союза по различным причинам, включая и финансовые трудности, удалось сохранить лишь основную часть комплекса лабораторного комплекса Института геофизики – термобарокамеру объемом 350 м³, где в настоящее время проводятся лабораторные эксперименты по моделированию различных атмосферных процессов лишь в теплом режиме. Что касается Института гидрометеорологии, то здание этой организации с лабораторными помещениями переданы в другое ведомство и экспериментальное моделирование облачных процессов полностью прекращено.

Теоретические исследования градовых процессов и активных воздействий на них

В области теоретических исследований особо следует отметить разработку кинетической теории коагуляционного роста градин (И.М. Енукашвили, А.И. Карцивадзе, А.М. Окуджава). В последующем эти работы были развиты и позволили дать теоретическое обоснование активным воздействиям

на градовые процессы, осуществляемые с использованием кристаллизующих реагентов (А.И. Карцивадзе).

Сотрудниками Института геофизики выполнены также теоретические расчеты распространения аэрозоля кристаллизующего реагента, выделяющегося по трассе



САЛУКВАДЗЕ ТАМАЗ ГРИГОРЬЕВИЧ
(1934–2012)

Тамаз Григорьевич Салуквадзе с 1958 по 2012 г. работал в Институте геофизики им. М. Нодия на различных должностях от старшего специалиста до старшего научного сотрудника. В 1980 г. защитил кандидатскую диссертацию. Им сделан значительный вклад в создания эмпирической модели радиолокационной структуры конвективных облаков для условий Кахетии. Автор более 70 научных работ, в том числе одной монографии и одного изобретения. За успехи в практической деятельности в области искусственного воздействия на градовые процессы в разное время неоднократно поощрялся наградами и премиями правительств Советского Союза и Болгарии.



ЧИХЛАДЗЕ ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ

Виктор Александрович Чихладзе родился в 1946 году. В 1969 г. окончил Грузинский политехнический институт по специальности «метрология». С 1969 по 1972 г. работал в Службе борьбы с градом на должности инженера по радиолокации. С 1972 г. по настоящее время работает в Институте геофизики им. М. Нодия Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, главный научный сотрудник. В 2005 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Автор и соавтор более 100 научных работ. Сфера научных интересов: физика атмосферы и облаков, активные воздействия на атмосферные процессы, атмосферный озон, лабораторное моделирование атмосферных процессов, комплексные геофизические исследования; медико-биологические и экологические аспекты влияния различных геофизических факторов. Принял непосредственное участие в восстановлении работы службы борьбы с градом Грузии в качестве научного консультанта.

полета ракеты в облаке, с учетом турбулентной диффузии и скорости восходящих потоков в конвективных облаках (А.И. Карцивадзе, А.Г. Амиранашвили, Г.Д. Маградзе, Л.Ш. Гамхиташвили, Т.Ш. Курашвили, Н.С. Самсонов). Результаты этих расчетов послужили основой для разработки рациональных схем засева градоопасной части облака кристаллизующими реагентами.

Теоретически исследовано также влияние спектра размеров переохлажденных капель на процесс образования и роста градин, и показано, что наибольшая скорость их роста происходит, когда максимум в распределении переохлажденных капель по размерам приходится на 50 мкм. Это следует учитывать при разработке методов воздействия на градовые процессы, основанные на искусственной трансформации спектра размеров переохлажденных капель в облаках (А.И. Карцивадзе, И.Г. Осидзе).

С использованием разработанной в Ленинградском гидрометеорологическом институте (ЛГМИ) под руководством проф. Л.Г. Качурина численной модели, Институтом геофизики и ЛГМИ были проведены расчеты для конкретных случаев градобитий, наблюдавшихся в Алазанской долине. Это позволило выявить эффект, сопровождающий проведенную операцию, недостатки

в её выполнении и установить пределы возможности активных воздействий на градовые процессы (Л.Г. Качурин, А.И. Карцивадзе, М.Г. Гурович, И.Г. Осидзе, З.И. Зурашвили, А.Э. Шаптошвили, Н.К. Мургулия). Были уточнены принципы воздействия на градовые процессы, выявлены особенности динамики развития кучево-дождевой облачности в аспекте активных воздействий на них, уточнена методика оценки эффекта активных воздействий на градовые облака методом рандомизации и численным моделированием, исследованы базовые механизмы электризации в облаках при воздействиях на них (Л.Г. Качурин, М.В. Гурович, А.И. Карцивадзе, Н.Ш. Бибилашвили, Т.Г. Салуквадзе, Э.И. Хелая, А.Ш. Балавадзе, М.Г. Бахсолиани, И.М. Имянитов, В.Д. Степаненко).

Теоретическое обоснование метода Института гидрометеорологии по воздействию на градовые облака под руководством В.П. Ломинадзе начались с конца 60-х годов прошлого столетия. Параллельно интенсивно проводились теоретические исследования, которые касались вопросов, связанных с процессами осадкообразования, динамики и микрофизики облаков (Ш.И. Цицвашвили, Г.А. Робиташвили, И.М. Енукашвили, Н.А. Бегалишвили, Б.А. Мишвеладзе, Н. Джапаридзе, Г.А. Надибаидзе,



БИБИЛАШВИЛИ НОДАР ШАЛВОВИЧ (1930–1985)

Трудовая деятельность Нодара Шалвовича Бибилашвили началась в 1954 г. в Эльбрусской высокогорной комплексной экспедиции АН СССР, куда он был распределен после окончания физического факультета Тбилисского государственного университета. Работал под руководством корифея советской науки академика Е.К. Федорова и известного геофизика проф. Г.К. Сулаквелидзе. В 1963 г. защитил кандидатскую диссертацию. Его научная и организационная деятельность неразрывно была связана с высокогорным геофизическим институтом (ВГИ), где он с 1961 г. в течение 20 лет прошел путь от младшего научного сотрудника до заместителя директора по научной части. Внес существенный вклад в организацию противоградовых работ в СССР. Методика воздействия на градовые процессы, разработанная с его участием, применялась для защиты почти 11 млн га сельскохозяйственных культур в бывшем СССР, а также в Болгарии, Венгрии, бывшей Югославии и Аргентине. В последние годы жизни работал в Закавказском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (ЗакНИГМИ) Госкомгидромета СССР на должности заместителя директора по научной работе. Автор 3 монографий и более 90 научных статей в области физики облаков и активных воздействий на атмосферные процессы. В 1969 г. он был удостоен звания лауреата государственной премии СССР. Неоднократно награждался почетными грамотами Президиума Верховного Совета Грузинской ССР, дипломами и медалями ВДНХ СССР.



БАХСОЛИАНИ МУРАЗ ГЕОРГИЕВИЧ (1947–2013)

Мураз Георгиевич Бахсолиани в 1971 году окончил Тбилисский государственный педагогический институт. В том же году начал работать в Военизированной службе по борьбе с градом Министерства сельского хозяйства Грузинской ССР. За годы работы в этой службе вплоть до ее закрытия в 1989 г. он прошел путь от инженера по активным воздействиям до начальника службы. В последующие годы работал в Гидрометеорологической службе Грузии на различных руководящих должностях. Принимал активное участие в подготовительных мероприятиях по восстановлению работ по активным воздействиям на опасные гидрометеорологические процессы в Грузии. Автор нескольких десятков научных работ, ряд из которых посвящены обоснованию необходимости возобновления работ по модификации погоды в Грузии.



ХЕЛАЯ ЭТЕРИ ИСАКОВНА (1935–2012)

Этери Исаковна Хелая работала в 1963–2012 гг. в Институте геофизики им. М. Нодиа младшим, затем старшим научным сотрудником. В 1984 г. защитила кандидатскую диссертацию. Сделала значительный вклад в дело разработки критериев оценки грозовой и градовой опасности конвективных облаков с помощью радиолокационных методов. Автор более 60 научных работ, в том числе одной монографии. В 1978 г. в Службе борьбы с градом Грузии был внедрен разработанный ею метод радиолокационного распознавания градовых и дождевых облаков.

Т.Н. Цинцадзе, И.И. Рухадзе, Г.Г. Сванидзе, В. Шакаршвили, М.Р. Ватъян и др.).

Метод борьбы с градом, разработанный в Институте гидрометеорологии, в отличие от других применяемых в те годы методов, был основан главным образом не на увеличении начальной концентрации зародышей градин, а на изменении условий их роста, поскольку введение гигроскопических частиц способствует усилению конденсационного роста тех капель, на которых они осаждаются. Исходя из этого, предполагалось, что введение гигантских гигроскопических частиц в нижнюю теплую часть облака существенно увеличит количество аномально крупных капель, которые, в свою очередь, должны способствовать усилению процессов осадкообразования в теплой части облака и, тем самым, перераспределению водностей между теплой и переохлажденной частями облака в пользу теплой.

Таким образом, в результате всего этого происходит существенное уменьшение

Практические работы по борьбе с градом

В конце 50-х и начале 60-х годов прошлого столетия на основе анализа полевых и лабораторных экспериментальных данных, а также результатов теоретических расчетов была разработана концепция воздействия на градовый процесс (теория конкуренции,

питания жидкой водой переохлажденной части облака и тем самым значительно ухудшаются условия роста градин. Вместе с этим часть аномально крупных капель, образовавшихся на искусственно внесенных гигантских гигроскопических частицах, в зависимости от характера вертикальных потоков, в некоторых случаях может быть перенесена в верхнюю переохлажденную часть облака. Попадая в указанную зону, эти искусственно созданные аномально крупные капли могут значительно увеличить концентрацию «потенциальных» зародышей градин. Одновременно с введением в локальные зоны роста града (на уровне $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше) кристаллизующих реагентов достигается кристаллизация переохлажденных крупных капель, благодаря чему дополнительно ухудшаются условия роста градин (И.Т. Бартишвили, Г.С. Бартишвили, Ш.Л. Гудушаури, В.П. Ломинадзе, Ш.И. Цицвашвили, И.С. Шмерлинг и др.).

предусматривающая увеличение концентрации зародышей града, приводящая к замедлению роста града за счет нехватки жидко-капельной влаги), которая в дальнейшем была положена в основу разработки средств и методов защиты сельскохозяйственных



**РОБИТАШВИЛИ
ГИВИ АЛЕКСАНДРОВИЧ
(1931–2005)**

Гиви Александрович Робиташвили в 1956 г. окончил физический факультет Тбилисского государственного университета, с 1959 по 1962 г. учился в аспирантуре этого же университета на кафедре геофизики. В 1968 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. С 1962 по 2005 г. работал в институте гидрометеорологии Грузии (младший научный сотрудник, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией активных воздействий). Сфера научных интересов – математическое моделирование конвективных облаков и их ансамблей, активные воздействия на облака и исследования экологических процессов. Опубликовал более 60 трудов.



**ДОРЕУЛИ РОМАН ИСАКОВИЧ
(1932–2012)**

Роман Исакович Дореули работал в Институте геофизики им. М. Нодиа с 1962 по 2005 г. инженером, младшим научным и научным сотрудником. Им созданы детальные карты полей распределения градовых и грозовых процессов в Восточной Грузии на основе радиолокационных данных. Автор более 40 научных работ, в том числе одного изобретения. За успешную работу в Грузии и Болгарии был награжден медалью и денежным вознаграждением.

культур от градобитий (Г.К. Сулаквелидзе А.И. Карцивадзе, А.В. Бухникашвили, Н.Ш. Бибилашвили, В.Ф. Лапчева, Б.И. Киририя, А.М. Окуджава, А.А. Орджоникидзе, В.А. Лапинскас, Р.И. Дореули, Л.С. Саркисова, И.И. Гайворонский, Ю.А. Серегин и др.).

По обширным материалам многолетних аэрологических, радиолокационных и градождемерных наблюдений исследована радиолокационная структура конвективных облаков на различных стадиях их развития и разработаны методы распознавания их градоопасности (А.И. Карцивадзе, Т.Г. Салуквадзе, В.А. Лапинскас, Р.И. Дореули и др.)

на основании чего была построена карта распределения градоопасности для Алазанской долины, которая применялась для выбора полигонов и рационального размещения сети пунктов ракетного воздействия СБГ (Р.И. Дореули).

Со второй половины пятидесятых годов в Алазанской долине и на Цив-Гомборском хребте Институтом геофизики совместно с Эльбрусской экспедицией (А.И. Карцивадзе, В.Н. Балабанова) проводились опыты по воздействию на конвективные облака с применением метода наземных генераторов йодистого серебра.



БЕГАЛИШВИЛИ НОДАР АЛЕКСАНДРОВИЧ

Нодар Александрович Бегалишвили родился в 1944 г. В 1974 г. окончил Тбилисский государственный университет по специальности «теоретическая физика». В 1977 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук, Доктор физико-математических наук. Лауреат национальной премии Грузии. С 1969 г. по настоящее время работает в Институте гидрометеорологии Грузии, был директором института, в настоящее время – руководитель отдела гидрологии. Сфера научных интересов: – физика атмосферы и активные воздействия, математическое моделирование гидрометеорологических процессов, изменение климата, реакция стока и водных ресурсов на изменение климата, моделирование погоды, проблемы экологии. Автор более 150 трудов, часть из которых посвящена обоснованию необходимости возобновления работ по активным воздействиям на опасные гидрометеорологические процессы в Грузии.

В 1957 году по инициативе Института геофизики была начата разработка первой отечественной противорадовой ракеты ПГИ, а в августе–сентябре 1958 года на вершине Циви-Тура Гомборского хребта уже были проведены испытания опытной партии этих ракет (А.И. Карцивадзе, А.В. Бухникашвили, А.М. Окуджава, А.Г. Бичиашвили и др.). По своим тактико-техническим показателям противорадовые турбореактивные снаряды ПГИ в то время были значительно лучше всех существующих технических средств введения реагента в облака. Противорадовая ракета ПГИ нашла широкое применение в практических работах по борьбе с градом в Грузии, Молдавии, в Крыму и других союзных республиках, а также в Болгарии.

В 1969–1970 годах был создан новый противорадовый комплекс «Алазань», который состоял из реактивных снарядов двух типов («Алазань-1М» – для обработки облаков в радиусе до 4 км и «Алазань-2М» – для обработки облаков в интервале от 3–4 до 8–9 км) и пусковой установки ТКБ-040 с веерообразно расположенными двенадцатью направляющими (Г.Г. Годораж, А.И. Карцивадзе, П.А. Несмеянов, Е.С. Саможенков, А.И. Сидоров, Н.Д. Силин, В.В. Антонова и др.).

Ракеты «Алазань» со специальной доработанной головной частью использовались при исследовании процесса турбулентной диффузии и динамики воздушных потоков внутри конвективных облаков совместно с Научно-исследовательским физико-химическим институтом имени им. Карпова



ЦИНЦАДЗЕ ТЕНГИЗ НОДАРОВИЧ

Тенгиз Нодарович Цинцадзе родился в 1949 г. В 1978 г. окончил географический факультет Тбилисского государственного университета. В 1985 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. С 1978 г. по настоящее время работает в Институте гидрометеорологии Грузии (инженер полевой экспериментальной базы «Иори», начальник полевой экспериментальной базы «Иори», заместитель директора института, директор института гидрометеорологии). Сфера научных интересов: искусственное увеличение осадков, активные воздействия на градовые процессы, гидрологические процессы. Т. Цинцадзе опубликовано более 50 трудов, в ряде из которых ставился вопрос о необходимости возобновления работ по искусственному регулированию осадков в Грузии. Принял активное участие в мероприятиях по восстановлению противорадовой службы в Грузии в качестве научного консультанта.



СВАНИДЗЕ ГИВИ ГЕДЕОНОВИЧ (1921–1999)

Гиви Гедеонович Сванидзе – выдающийся ученый, один из основоположников стохастической гидрологии, академик АН Грузии и член-корреспондент Российской Академии наук, профессор Тбилисского государственного университета, директор Института гидрометеорологии АН Грузии, заслуженный деятель науки, кавалер орденов Дружбы народов и Чести. Автор 270 опубликованных научных работ, в том числе 15 монографий, касающихся задач регулирования речного стока. Под его руководством защищено более 40 кандидатских и докторских диссертаций. Вице-президент Географического Общества Грузии, член Геофизических обществ США и Польши. После избрания директором Института гидрометеорологии активно включился в работы по активным воздействиям на атмосферные процессы. Под его во второй половине 70-х годов прошлого столетия начался комплексный эксперимент по искусственному увеличению осадков в различных районах Восточной Грузии, в ходе которого была отработана методика оценки эффективности воздействия, базирующаяся на одновременном использовании данных радиолокационных, гидрологических и осадкомерных наблюдений. Во второй половине 80-х годов результаты эксперимента были внедрены в практику Службы борьбы с градом, где на территории 500 тыс. га проводились работы по увеличению осадков из конвективных облаков.



БУХНИКАШВИЛИ АЛЕКСАНДР ВАРДЕНОВИЧ (1909–1983)

Александр Варденович Бухникашвили с 1953 в течение 19 лет был директором Института геофизики АН ГССР. Принимал самое активное участие в области исследований градовых явлений и разработки методов искусственного воздействия на мощно-кучевые облака с целью предотвращения градобитий и создания технических средств воздействия на облака. При его непосредственном участии в 1957 г. в с. Руиспири была создана Алазанская противорадовая экспедиция. Один из авторов создания отечественной противорадовой ракеты оригинальной конструкции. Научные разработки и крупномасштабные натурные эксперименты, проведенные Институтом геофизики, явились основой создания в 1961 г. при Министерстве сельского хозяйства Грузинской ССР первой в СССР Службы борьбы с градом. В 1969 г. за разработку и внедрение метода воздействия на градовые процессы А. Бухникашвили, наряду с другими специалистами, была присуждено звание лауреата государственной премии СССР. Доктор геолого-минералогических наук, заслуженный деятель науки Грузии. Автор более 170 научных работ. Награжден орденами и медалями.

и Научно-исследовательским институтом прикладной химии (И.В. Петрянов-Соколов, А.Г. Сутугин, А.А. Лушников, А.И. Карцивадзе, П.А. Несмеянов, Ю.П. Гришин, М.А. Иорданский, М.С. Цицкишвили, Т.Г. Салуквадзе, В.А. Бессонов, А.Я. Симонов, М.Г. Бахсолиани и др.).

Научные разработки и крупномасштабные натурные эксперименты, проведенные Институтом геофизики, явились основой для создания в 1961 году при Министерстве сельского хозяйства Грузинской ССР первой в СССР Службы борьбы с градом. Сотрудники службы (А.И. Карцивадзе, Б.И. Кизирия, Ж.И. Дарчиашвили, Г.И. Сулханишвили, Г.Г. Тодуа, Ш.Ф. Цискаришвили, З.Л. Хитиришвили, М.Г. Бахсолиани, Л.Н. Кочиашвили, Б.Ш. Бериташвили, А.С. Бурнадзе, Т.Г. Гигондзе, И.В. Гогуа, О.А. Кобиашвили, Н.Ф. Пейкришвили,

Б.Г. Барбакадзе, А.Д. Калатоцишвили, М. Матиашвили, А.Г. Церетели и др.) внесли большой вклад в усовершенствование и развитие средств и методов борьбы с градом, а также в их внедрение в практику.

Более чем двадцатилетний опыт работы этой службы показал, что разработанные Институтом геофизики в содружестве с другими научными и конструкторскими организациями средства и методы воздействия на градовые процессы характеризовался высокой по тем временам эффективностью. Число градовых случаев, так и ущерб, наносимый градом в районах Кахетии, по сравнению со среднегодовалными данными до начала противоградовых работ, был сокращен на 70–80 %.

Разработка и внедрение средств и методов воздействия на градовые процессы в 1969 году были отмечены Государственной



ГОГУА ИОСИФ ВАСИЛЬЕВИЧ

Иосиф Васильевич Гогуа родился в 1949 г. В 1971 г. окончил биологический факультет Тбилисского государственного университета. В 1972–1978 гг. работал в институте биологии АН Грузинской ССР младшим научным сотрудником. В 1979–1983 гг. работал в Тетрицкарском отряде отдельной военизированной части по борьбе с градом УГКС Грузии инженером группы по активным воздействиям, старшим инженером, начальником группы. В 1984–1989 гг. работал в Военизированной службе по борьбе с градом УГКС ГССР начальником отдела по взаимодействию с органами авиации, начальником отдела активных воздействий заместителем начальника службы.

премии СССР по науке и технике. Звания лауреатов этой премии, наряду с другими специалистами, были удостоены и грузинские ученые – Н.Ш. Бибилашвили, А.В. Бухникашвили, А.И. Карцивадзе, Б.И. Кизирия, Г.К. Сулаквелидзе. Кроме того, сотрудники Института геофизики, выполняющие эти работы, были отмечены высокими правительственными наградами, а также золотыми, серебряными и бронзовыми медалями ВДНХ СССР.

В первой половине 60-х годов в Институте гидрометеорологии был создан метод воздействия на градовые процессы, основанный на одновременном применении как кристаллизующих, так и гигроскопических реагентов. По этому методу эффект воздействия достигался введением частиц соли NaCl диаметром около 5–10 мкм в теплую часть градоопасного облака, вблизи его основания и на среднем уровне, в зоне максимальных радиолокационных отражений с помощью



ЦИЦКИШВИЛИ МАРАТ СЕМЕНОВИЧ

Марат Семенович Цицкишвили родился в 1942 г. В 1963 г. окончил Грузинский государственный педагогический институт по специальности физика и основы производства. В 1978 г. защитил кандидатскую, а в 1993 г. – докторскую диссертации. Основные направления научной деятельности. Охрана окружающей среды, радиационная экология, физика атмосферных аэрозолей, активные воздействия на атмосферные процессы, динамика воздушных потоков. В различные годы на разных должностях от младшего научного сотрудника до руководителя организации занимался научной деятельностью в Закавказском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте, Институте геофизики АН Грузии, Академии наук Грузии, Грузинском техническом университете, Академии экологических наук Грузии. Во время работы в институте геофизики АН Грузии принимал активное участие в разработке методов исследования динамики воздушных потоков в конвективных облаках с использованием радиоотражающих меток, а также создании автоматической системы управления воздействия на градовые процессы. Профессор Грузинского технического университета, президент Академии экологических наук Грузии, неоднократно являлся членом правительственных комиссий по охране окружающей среды. Автор около 250 научных работ, в том числе монографии и учебных пособий.



БЕРИТАШВИЛИ БАКУРИ ШАЛВОВИЧ

Бакури Шалвович Бериташвили родился в 1940 г. В 1964 г. окончил Тбилисский государственный университет по специальности «геофизика». В 1971 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук. Доктор географических наук. С 1963 г. по настоящее время основная научная деятельность связана с Институтом гидрометеорологии Грузии, в настоящее время – ведущий научный сотрудник Отдела моделирования прогноза погоды, естественных и техногенных катастроф. С конца 1970-х до середины 1980-х годов работал в Военизированной службе борьбы с градом Грузии на должности руководителя отдела. Сфера научных интересов – изменение климата, искусственное увеличение осадков. Опубликовано более 60 работ, в ряде из которых неоднократно ставился вопрос о необходимости восстановления работ по искусственному регулированию осадков в Грузии.

противоградовых снарядов «Эльбрус-2». Концентрация NaCl в зонах введения ее в облако составляла несколько сот частиц на 1 м³. Затем с помощью тех же средств осуществлялось воздействие на переохлажденную крупнокапельную часть градоопасного облака кристаллизующим реагентом AgI или PbI₂ (И.Т. Бартишвили, Ш.Л. Гудушаури, В.П. Ломинадзе, и др.).

С 1968 года с использованием данного метода начала проводится опытно-производственная защита от градобитий по договору с Министерством сельского хозяйства Грузинской ССР. В 1968 году защита велась на площади 106 тыс. га, а в 1969 году – на площади 155 тыс. га в Тетрицкаройском, Марнеульском и Болнисском районах Южной Грузии. К концу 80-х годов прошлого столетия площадь защищаемой территории в районах Южной Грузии составляла 400 тыс. га и экономическая эффективность

Искусственное увеличение осадков

Одновременно с противоградовыми работами Институтом гидрометеорологии проводились исследования по искусственному стимулированию выпадения осадков из конвективных облаков. Экспериментальная часть работ была проведена в бассейне озера Севан (Армения) в 1973–1975 годах. В комплексе с теоретическими исследованиями была разработана специальная методика активного воздействия на недоядающие конвективные облака с использованием гигроскопического реагента применительно к севанскому полигону (В.П. Ломинадзе, И.Т. Бартишвили, Б.Ш. Бериташвили, А. Мхитарян, Г. Никогосян, К. Айрапетян).



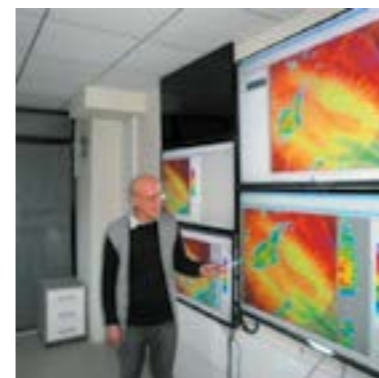
ЦЕРЕТЕЛИ АВТАНДИЛ ГЕОРГИЕВИЧ

Автандил Георгиевич Церетели родился в 1944 г. В 1968 г. окончил Тбилисский государственный педагогический институт по специальности «география». С 1969 по 2011 г. работал в различных организациях (в том числе и в Военизированной службе по борьбе с градом) инженером-синоптиком. С 2015 г. работает в восстановленной службе по борьбе с градом Грузии научно-технического центра «Дельта» на должности научного консультанта.

противоградовых работ оценивалась в несколько миллионов рублей в год (И.Т. Бартишвили, Ш.Л. Гудушаури, В.П. Ломинадзе, Н.С. Квеселава, И.В. Чоговадзе, Н.А. Бегалишвили, Н.Ш. Бибилашвили, Б.Ш. Бериташвили, Т.Н. Цинцадзе, А.Ф. Амвросов, Г.С. Бартишвили, М.И. Бартишвили, Н.И. Капанадзе, М.Р. Ватъян и др.).

Помимо методов активных воздействий на градовые облака, рассматривались также возможности пассивной защиты от градобитий. К началу 90-х годов прошлого столетия были разработаны и начали внедряться сетчато-вантовые защитные системы виноградников (П.С. Дугашвили, Ю.К. Мелашвили, А.А. Орджоникидзе, О.Г. Сулаберидзе, О.Г. Цхададзе, Н.С. Чхартишвили, Р.В. Чешивили). Пассивный метод защиты от града применяется в основном для локальных территорий с особо ценными сельскохозяйственными культурами.

В связи с дальнейшим расширением площади орошаемых земель и увеличением производства электроэнергии, а также в связи с возрастающим потреблением воды крупными индустриальными центрами (Тбилиси, Рустави) встал вопрос о необходимости увеличения водных ресурсов. В широких масштабах научно-исследовательские и опытные работы по проблеме «Искусственное стимулирование осадков для отдельных районов Закавказья» были начаты в Институте гидрометеорологии в 1977 году под руководством Г.Г. Сванидзе. Исследования режима облачности и осадков, основанные на климатологических



БУРНАДЗЕ АВТАНДИЛ СЕМЕНОВИЧ

Автандил Семенович Бурнадзе родился в 1949 г. В 1976 г. окончил физический факультет Тбилисского государственного университета по специальности «геофизика». С этого же года в течение 8 лет работал в Военизированной службе по борьбе с градом (Кахетия) инженером по радиолокации, начальником группы. В настоящее время работает в восстановленной службе по борьбе с градом Грузии научно-технического центра «Дельта» на должности начальника группы по активным воздействиям.

данных, радиолокационных и самолетных измерениях, легли в основу обоснования проекта «Иори», согласно которому была признана перспективность организации работ по искусственному увеличению осадков на территории, охватывающей южные склоны Большого Кавказа в пределах Восточной Грузии.

В 1977–1980 годах были проведены опыты по искусственному увеличению осадков из летних конвективных и переохлажденных слоистообразных облаков зимнего времени с использованием в качестве средств воздействия противоградовых ракет, артиллерийских снарядов, самолета и наземных аэрозольных генераторов. В качестве опытной территории была выбрана верхняя часть бассейна реки Иори, питающей Сионское и Тбилисское водохранилища

с общей площадью 1,3 тыс. км², а контрольной – бассейны рек Арагви, Ксани и Лиавхи с общей площадью до 4 тыс. км². Эти территории были оснащены дополнительной сетью осадкомерных и гидрометрических постов. Результаты экспериментов по увеличению осадков на полигоне Института гидрометеорологии в Тианетском районе показали перспективность работ в этом направлении (Г.Г. Сванидзе, А.И. Карцивадзе, Ш.Л. Гудушаури, Н.А. Бегалишвили, Б.Ш. Бериташвили, М.Р. Ватъян, Т.Н. Цинцадзе, Н.С. Квеселава, Н.И. Капанадзе и др.). В 80-х годах эти работы были продолжены в направлении разработки радиолокационных методов оценки эффективности воздействия на облака (Н.Ш. Бибилашвили, Н.А. Бегалишвили, М. Азнаурян) и усовершенствования методики воздействия на обла-



КВЕСЕЛАВА НУГЗАР СЕРГЕЕВИЧ

Нугзар Сергеевич Квеселава родился в 1949 г. В 1972 г. окончил физический факультет Тбилисского государственного университета по специальности «геофизика». С 1972 по 1975 г. работал в Службе по борьбе с градом в Кахетии, а в 1975–1990 гг. – в Отдельной военизированной части службы по борьбе с градом при УГКС Грузии на должностях от инженера до командира Тетрицкаройского отряда Отдельной военизированной части по борьбе с градом УГКС Грузии. Автор более десяти научных работ. В настоящее время работает в восстановленной службе по борьбе с градом Грузии научно-технического центра «Дельта» на должности агрометеоролога.

ка различного типа с применением самолета (Н.Ш. Бибилашвили, Т.Т. Мецхваришвили и др.).

Во второй половине 80-х годов результаты эксперимента были внедрены в практику Службы борьбы с градом, где на территории 500 тыс. га начались работы по увеличению осадков из конвективных облаков.

Воздействие на грозовые процессы

В 70-е годы прошлого столетия Институт геофизики совместно с Ленинградским гидрометеорологическим институтом (ЛГМИ) в Алазанской долине проводил систематические исследования грозовых облаков с использованием радиолокационных станций сантиметрового, дециметрового и метрового диапазонов. По многочисленным данным изучены характеристики грозовых разрядов и исследована их энергетика, изучены особенности собственного предгрозового электромагнитного излучения облаков (Л.Г. Качурин, А.И. Карцивадзе, Л.И. Дивинский, Б.Д. Иванов, Р.И. Дореули, Ю.Г. Осипов, В.Х. Бохашвили).

В конце 70-х – первой половине 80-х годов прошлого столетия Институтом геофизики, Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова, Ленинградским гидрометеорологическим институтом и Службой борьбы с градом в Алазанской долине были

В 90-х годах было запланировано распространение работ по искусственному увеличению осадков под руководством Института гидрометеорологии и в других районах Восточной Грузии, а также Азербайджане и Армении. Однако распад СССР вызвал прекращение всех работ в Грузии по модификации погоды.

развернуты обширные полевые исследования по реализации крупномасштабных экспериментов по комплексному изучению грозовых явлений и разработке средств и методов искусственного воздействия на них.

На основании лабораторных и полевых проведены оценки норм расхода кристаллизующих реагентов и поверхностно-активных веществ при воздействии на конвективные облака для изменения их электрического состояния (А.Г. Амиранашвили, Т.Г. Гзиришвили, А.Г. Нодия).

Позднее была разработана опытная методика воздействия на грозовые облака с использованием штатных средств противоградовой защиты. Положительного эффекта воздействия удалось достичь в 53 % случаев, в 22 % случаев эффект был отрицательным и в 25 % случаев – неопределенным



ЧОГОВАДЗЕ ИРАКЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ
(1937–2013)

В 1961 г. Ираклий Васильевич Чоговадзе окончил факультет метеорологии Ленинградского гидрометеорологического института. В 1964–1967 гг. являлся аспирантом Гидрометцентра СССР. В 1969 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук. С 1967 по 2013 г. работал в институте гидрометеорологии Грузии, в последние десять лет жизни – старший научный сотрудник. Сфера научных интересов: синоптическая метеорология, прогноз погоды, активные воздействия на атмосферные процессы. В середине 70-х – начале 80-х годов прошлого столетия принимал участие в работах по искусственному вызыванию осадков из облаков с использованием самолетных методов воздействия на них. Опубликовал более 40 трудов.

(А.Г. Амиранашвили, В.С. Богачук, Т.Г. Гзиришвили, Л.М. Нехотина, Л.Т. Трофименко).

Возобновление работ по активным воздействиям на атмосферные процессы

По данным Грузгосгидромета, поврежденная градом площадь в регионе Кахетии за последние 12 лет увеличилась в 5 раз по сравнению со средним значением в годы проведения противоградовых работ. Это обусловило постановку задачи о необходимости возобновления этих работ (борьба с градом, искусственное увеличение осадков и др.) на основе применения современной компьютерной технологии и новых радиолокационных средств и средств доставки реагента в облака. Несмотря на огромный ущерб, нанесенный исследованиям и практическим работам в области физики облаков и активных воздействий, в последнее время наметились существенные положительные изменения в этом направлении. Летом 2013 года в научно-техническом центре «Дельта» с участием Института геофизики и Института гидрометеорологии была создана государственная комиссия для рассмотрения вопроса возобновления работ по активным воздействиям на опасные явления погоды. В этом направлении в 2013–2014 годах были сделаны определенные практические шаги, связанные, в частности, с подбором оптимальных для страны средств воздействия и радиолокационного контроля градоопасных и градовых облаков (А.Г. Амиранашвили, Н.Я. Глonti, У.В. Дзодзуашвили,

Д.Д. Ломтадзе, И.П. Саури, В.А. Чихладзе и др.). В результате этого при активной поддержке Правительства Грузии 28 мая 2015 года в Кахетинском регионе Грузии были восстановлены работы по борьбе с градом на площади около 650 тыс. га.

Современная структура противоградовой службы кардинально отличается от существовавшей ранее. Все операции по слежению за градовыми процессами и ракетного воздействия на них происходят дистанционно с командного пункта, расположенного в Тбилиси (40–100 км от района работ). На данном этапе для слежения за градовыми облаками используется один метеорологический радиолокатор Meteor 735CDP10 С-диапазона (5-сантиметровая длина волны) фирмы SelexES (Германия). В дальнейшем планируется приобретение еще нескольких современных метеорологических радиолокаторов, которые будут объединены в единый комплекс слежения за облаками и облачными системами.

Операции по воздействию на градовые облака осуществляются с более чем 80 стационарных и двух мобильных пунктов воздействия. Используются противоградовые изделия SK-6 производства Македонии. Автоматические ракетные пусковые установки с дистанционным управлением спроектиро-



КАПАНАДЗЕ НАИЛИ ИВАНОВНА

Наили Ивановна Капанадзе родилась в 1952 г. В 1977 г. окончила физический факультет Тбилисского государственного университета. В 1997 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук. С 1981 г. по настоящее время работает в Институте гидрометеорологии (инженер, младший научный сотрудник в отделе активных воздействий, старший научный сотрудник в отделе физики облаков и в настоящее время в отделе моделирования прогноза погоды, естественных и техногенных катастроф). Сфера научных интересов – изменение климата, радиолокационная метеорология, искусственное увеличение осадков, активные воздействия на градовые процессы. Автор более 40 трудов.

ваны и изготовлены в научно-техническом центре «Дельта». Поскольку на пунктах воздействия стрелков нет, зарядение установок ракетами производит специальная мобильная группа. В ближайшем будущем предусмотрена организация производства противорадиолокационных ракет с улучшенными баллистическими характеристиками в Грузии. В перспективе предусмотрена организация «горячей» линии для средств массовой информации, заинтересованных организаций и отдельных лиц.

В работе противорадиолокационной службы предусмотрено участие научных организаций (Институт геофизики, Институт гидрометеорологии и др.), которые должны осуществлять научно-методическое руководство работами, принимать участие в обучении персонала, проводить анализ полученных данных, совершенствовать существующие методики воздействия на атмосферные процессы и разрабатывать новые и др.

Радиолокационный мониторинг радиолокационных процессов, анализ метеорологической ситуации в районе воздействия по данным радиозондов, а также все другие работы по проведению операций по дистанционному

воздействию на облака, производит группа из 4 операторов (всего 16 операторов на 4 группы). В качестве концепции воздействия применяется методология ускорения осадкообразования в зоне формирования условий зарождения града, приводящее к вымыванию этой зоны и исключаяющей зарождение и рост града, применяемая службой борьбы с градом Грузии в последние годы ее существования в конце восьмидесятых годов прошлого столетия.

В 2015 году всего было 36 дней с воздействием. Обработано более 185 градоопасных и градовых зон. Град выпал всего в трёх случаях. Несмотря на то что в 2015 году работа службы, главным образом, проходила в тестовом режиме, предварительный анализ показал успешность и дальнейшую перспективность противорадиолокационных мероприятий. В настоящее время численность персонала противорадиолокационной службы, обеспечивающей Кахетинский регион, составляет около 30 человек против 800 в бывшей службе (А.Г. Амиранашвили, Н.Я. Глonti, У.В. Дзодзуашвили, Т.Н. Цинцадзе, Д.Д. Ломтадзе, И.П. Саури, В.А. Чихладзе и др.).

ГЛОНТИ НУГЗАР ЯКОВЛЕВИЧ



Нугзар Яковлевич Глonti родился в 1946 г. В 1970 г. окончил Грузинский политехнический институт по специальности «инженер-электрик». В 1984 г. защитил кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Будучи студентом начал трудовую деятельность (1964–1968) в институте стабильных изотопов на должности аппаратчика. После службы в армии в 1972–1973 гг. и 1988–1991 гг. работал в институте прикладной математики Тбилисского государственного университета. В Институте геофизики им. М. Нодия работал в 1973–1988 гг., с 1991 по настоящее время – директор института. Основные направления научной деятельности: прием информации и ее обработка, вариации галактических космических лучей, методология экспериментов. Автор около 30 научных работ и одного изобретения. Является обладателем Премии Президиума академии наук Грузии и Премии им. Академика М.А. Алексидзе. В последние годы принял активное участие в мероприятиях по восстановлению противорадиолокационной службы в Грузии.

Б.А. Камалов

АКТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В УЗБЕКИСТАНЕ

Воздействия на гидрометеорологические процессы в Узбекистане были начаты в конце 20-х годов предыдущего столетия с целью получения дополнительного стока путем разрыхления льда ледников, что увеличивало площадь таяния. В 30-е годы в Ташкенте под руководством Е.А. Чернявского проводились исследования по оценке влияния радиоактивных веществ на процессы конденсации. Е.З. Пашинским под руководством И.Г. Лютерштейна были выполнены работы по созданию камеры искусственного климата. В конце сороковых годов А.Д. Джураевым проводились работы по исследованию микроструктуры облаков.

Непосредственные работы по засеву облаков учеными Узбекистана были начаты в 1963–1964 годах с целью предотвращения града в Чустском районе Узбекистана и Гиссарской долине Таджикистана, увеличения осадков – в Пскемской долине Узбекистана. Этим было положено начало непосредственным воздействиям на гидрометеорологические процессы в Средней Азии. Проекты их были разработаны М.А. Петросянцем, А.Д. Джураевым и А.И. Неушкиным при участии И.И. Гайворонского. В реализации проектов и анализе их результатов, кроме них, активно участвовали Т.А. Абдумаликов, Л.Н. Боровикова, Н.Н. Бутов, Е.И. Данов, В.П. Курбаткин, В.Ф. Ушинцева и др. Результаты их были обнадеживающими и они стали основой для принятия Правитель-

ством Узбекистана Постановления № 371 от 2 августа 1968 г. «О мерах по организации в Узбекистане опытно-производственных работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий», которое дало большой толчок развитию активных воздействий на погоду и радиолокационных исследований облаков в Узбекистане.

В 1969 году была начата защита сельскохозяйственных культур от градобитий Чустского района, которая показала высокую экономическую эффективность (Н.Н. Бутов, А.Д. Джураев, В.А. Ельцов, Б.А. Камалов). Потом градозащита распространилась на градоопасные территории Сурхандарьинского (1977), Кашкадарьинского (1979), Андижанского (1981) и Самаркандского (1983) районов, где она проводится по настоящее время (за исключением Андижанского).

Проводились воздействия на облака с целью увеличения осадков в Узбекистане. Они возобновились в 1985 году в Кашкадарьинском районе. Кроме этого, были проведены два одногодичных проекта: Чирчикский – в зиму 1989–1990 годов и Североферганский – в зиму 1990–1991 годов под руководством В.П. Курбаткина. В обоих проектах была получена добавка в 10–15 % к естественной сумме осадков за сезон. Также в республике с успехом проводятся работы по рассеянию облаков в дни праздников «Навруз» и «Мустакиллик» и предупредительному спуску снежных лавин.

Результаты работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий в Узбекистане

Как установлено научными исследованиями (Е.Ф. Мамина и Е.К. Фёдоров, А.Д. Джураев), ливневое облако даёт влаги в несколько раз больше, чем содержится в нем в данный момент. Иначе говоря, конвективное облако во время своего существования играет роль некоторого генератора, который всасывает в себя окружающий воздух, забирает из него влагу, трансформирует её в облачные капли и градины и изливает на землю в виде осадков. Зрелое облако питается влагой воздуха, попадающего внутрь него,

в основном через основание и боковую поверхность нижней трети передней части облака.

Исходя из этих положений, при организации научных и опытных работ по ослаблению градобитий в Средней Азии считалась необходимой обработка нижней передней (наветренной) части облака с расчетом на то, что реагент вводится вместе с влагой, вовлекаемой в облако, и образование и рост естественных и искусственных зародышей града происходит одновременно и одинаковым

темпом. При этом предполагалось или быстрое, преждевременное достижение критической водности облака, когда вес накопившейся в облаке влаги превысит подъёмную силу, создаваемую восходящими потоками, или создание повышенной концентрации зародышей градин, которая должна ограничить их рост.

Поэтому в первые годы (1964–1966) в ходе опытных работ по ослаблению градобитий в Ферганской и Гиссарской долинах были использованы малые ракеты ПГИ, потолок которых не превышал 5 км. Как известно, эти районы являются наиболее градоопасными в Средней Азии. Например, в Гиссарской долине Таджикистана количество дней с градом в период с апреля по июль включительно достигает 20, площадь градобитий – 30 тыс. га, а сумма выплат страхового возмещения колебалась от 1,2 до 6,3 млн руб. (по ценам того времени).

В 1967 году площадь защиты увеличилась с 55 до 120 тыс. га, где под сельскохозяйственными культурами было занято 107,5 тыс. га. Опыты по воздействию проводились 23 пунктами запуска ПГИ-М и двумя артиллерийскими пунктами. Обработке

было подвергнуто 120 градоопасных зон, израсходовано 1947 ракет ПГИ-М и только 48 изделий «Эльбрус-2». В результате, несмотря на почти полную занятость защищаемой территории сельскохозяйственными культурами, повреждения градом отмечались только на 7 % общей посевной площади, тогда как на контрольной территории 28 % площади посевов подверглось градобитию, хотя она по статистике имеет меньше повреждений и убытка от градобитий.

Однако использование ракет ПГИ-М предполагает создание большого количества пунктов воздействия. Так, например, для защиты сельскохозяйственных культур от градобитий на площади 100 тыс. га необходимо, как минимум, 20 пунктов воздействия, что предельно усложняло управление ими, а также осуществление радиосвязи. (В те годы радиосвязь между командным и ракетными пунктами осуществлялась с помощью радиостанций Р-105 слабой мощности.) Применение противорадовых ракет «Облако» и «Алазань», разработанных в последующие годы и у которых эффективный радиус диспергирования реагента около 8 км, не на много уменьшало количество

пунктов воздействия: на сто тыс. га требуется не менее 12 ракетных пунктов. При этом противорадовые ракеты позволяют диспергировать реагент по трассе и одновременно обработать большой объём облака, что даёт им определённые преимущества. 100-миллиметровый артиллерийский противорадовый комплекс обеспечивал обработку градоопасного облака на больших расстояниях, до 14 км, но диспергировал реагент в малом объёме. Поэтому в последующем был осуществлен переход к комбинированному методу воздействия на конвективные облака с помощью ракет ПГИ-М и снарядов «Эльбрус-2», что позволило уменьшить количество пунктов воздействия до 4-5 на 100 тыс. га.

Такой метод воздействия на градовые процессы был признан, и Г.К. Сулаквелидзе отнес его к разряду комбинированных (журнал «Метеорология и гидрология», 1970, № 8). В последующем противорадовые подразделения Северного Кавказа и Закавказья тоже перешли на такой способ градозащиты. Но в начале 90-х годов производство противорадовых снарядов было приостановлено. В последние годы проти-

воградные работы проводятся только изделиями типа «Алазань».

Результаты работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий по всем районам Узбекистана, где проводится противорадовая защита, свидетельствуют о высокой эффективности этих работ. В Сарыасийском, Шахрисабзском, Самаркандском районах и в восточной части Андижанского вилоята, где мощные, так называемые суперячейковые процессы очень редки, градозащита даёт, можно сказать, стопроцентный эффект. На севере Ферганской долины, где мощные градовые процессы имеют большую повторяемость, противорадовые мероприятия позволили уменьшить повреждения сельхозкультур в 2–10 раз, а в отдельные годы градобития вовсе не допускались. Достигнутая эффективность противорадовых работ соответствует уменьшению ущерба от градобитий в 4-5 раз по отношению к средним многолетним данным об ущербе, наносившимся сельскохозяйственным культурам до начала проведения этих работ. Необходимость и эффективность градозащиты ярко проявилась в 1992 году: на севере Ферганской долины по некоторым



ПЕТРОСЯНЦ МИХАИЛ АРАМАЙСОВИЧ (1909–2005)

Михаил Арамаисович Петросянц родился 4 декабря 1909 года в Андижане. В 1941 г. окончил Среднеазиатский государственный университет (ныне Узбекский Национальный университет). В 1943–1945 гг. воевал на фронтах Великой Отечественной войны. Был награжден медалями «За боевые заслуги» и «За отвагу», орденами «Красной звезды» и «Отечественной войны II степени». В 1948 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Циклоническая деятельность над Средней Азией». До 1958 г. работал в Отделе теоретической геофизики Института математики и механики АН Узбекистана. В 1958 г. был назначен директором Среднеазиатского гидрометеорологического института (САНИГМИ). В 1965 г. защитил докторскую диссертацию «Исследования влияния орографии на синоптические процессы и некоторые вопросы циклонической деятельности в Средней Азии». В 1968 г. был назначен директором Института экспериментальной метеорологии (Обнинск). Координировал работы по тропической метеороло-

гии, руководил морскими экспедициями «ТРОПЕКС-72» и «ТРОПЕКС-74» в составе Международного Атлантического тропического эксперимента. В 1973–1981 гг. руководил Гидрометцентром СССР. С 1981 до 2005 г. работал заведующим Кафедрой метеорологии и климатологии Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Начало организации научных исследований по активным воздействиям на погоду в Средней Азии тесно связано с именем М.А. Петросянца. В начале 1960-х годов в САНИГМИ по его инициативе в план НИОКР были включены работы по исследованию и проведению экспериментов по активным воздействиям на атмосферные процессы. В 1963 г. была создана экспедиция по активным воздействиям на облака. Под его руководством были проведены эксперименты по воздействию на градовые процессы в Чустском районе Наманганской области Узбекистана и Гиссарской долине Таджикистана, опыты по увеличению осадков в Пскемской долине Узбекистана, которые впоследствии получили большое развитие в других регионах Средней Азии.

соображения она была приостановлена и, несмотря на низкую градовую активность этого года, в Чустском, Касансайском, Янгикурганском и Чартакском районах значительные площади сельхозкультур были повреждены градом. То же самое можно констатировать по защищаемой территории Сурхандарьинского вилоята, где в 1992–

Засев облаков с целью увеличения осадков

В Узбекистане работы по засеву облаков с целью увеличения осадков, главным образом, должны проводиться для улучшения водообеспеченности сельского хозяйства. Известно, что в республике в сельском хозяйстве используется 5 млн га пахотных земель, из них более 4 млн га – орошаемых и более 20 млн га – пастбища. Однако ведение сельского хозяйства, несмотря на такие большие площади орошаемых земель, затруднено. В маловодные годы недостаток воды создаёт большие трудности и для орошаемого земледелия. В богарном же земледелии и на пастбищах почти ежегодно ощущается недостаток атмосферных осадков. Поэтому искус-

ственные увеличения атмосферных осадков в условиях Узбекистана имеет важное народнохозяйственное значение, как путь хотя бы частично устраняющий дефицит водных ресурсов.

Исследования возможностей увеличения осадков в Узбекистане начаты в 1932 году. Тогда В.Н. Михалков, Б.И. Гребеншиков, И.Г. Калинин, С.З. Пашинский и др. под руководством профессора Е.А. Чернявского проводили лабораторные и полевые опыты по изучению влияния распыления радиоактивных порошков из местной руды и присланных из Москвы на туман и процессы конденсации. В 1935 году С.З. Пашинским

было сконструирована камера искусственного климата. Подробное описание этой камеры приведено в работе И.Г. Лютерштейна «Камера искусственного климата с переменными термо- и гигрорежимами».

Работы по изучению микроструктуры облаков в Узбекистане, как уже отмечено, были начаты в конце 1940-х годов А.Д. Джураевым, активно занимавшимся тогда исследованиями различных параметров облаков Средней Азии. В последующем А.Д. Джураев продолжает исследования облаков, в частности детальное изучение статистических характеристик облачных систем, микроструктуры облаков и их влагозапаса, широко используя для этого данные самолётного зондирования. При этом он обратил внимание на влияние распределения фазового состояния облаков и высоты их нижней границы на выпадение осадков, определил диагностические признаки выпадения осадков из смешанных, капельно-жидких и кристаллических облаков, различия в осадкообразовании из однослойных и многослойных облаков в среднеазиатских условиях. В изу-

чении облачных ресурсов того или другого района на примере бассейна р. Чирчик применил комплексный подход, исследовал влияние различных факторов, включая повторяемости типов погоды, температурного фона, повторяемости форм облаков на осадки в многоводные, средневодные и маловодные годы.

Эти исследования А.Д. Джураева во многом способствовали организации и проведению первых на территории СССР опытных работ по воздействию на облака с целью получения дополнительных осадков в зимних условиях в горах, которые были начаты в 1963 году в бассейне р. Пскем. Пскемский эксперимент был первым экспериментом в Центральной Азии по засеву облаков с целью увеличения осадков путем воздействия на осадкообразующие процессы. Эксперимент проводился до 1968 г. Засев облаков осуществлялся противоградовыми изделиями ПГИ-М, диспергирующими в качестве реагента йодистое серебро или йодистый свинец, сбросом углекислоты (СО₂) и отстрелом пиропатронов С-55 с йодистым свинцом с

САНИГМИ, после до ухода на пенсию – заместителем директора САНИГМИ по науке.

Одновременно Адыл Джураевич возглавлял исследования по таким весьма актуальным для проблемы активных воздействий направлениям, как прогноз погоды в специфических условиях горного рельефа, индикация града по радиолокационным параметрам, исследования тонкой структуры конвективной и слоистой облачности и др. Опубликовал более 50 научных работ. Основные результаты работ до 1980 г. он совместно с соратниками изложил в монографиях «Облачные ресурсы и возможности увеличения осадков в Средней Азии» и «Град и градовые процессы в Средней Азии». Он является одним из редакторов таких крупных монографий, как «Опасные гидрометеорологические явления в Средней Азии», «Очерки развития гидрометеорологии в Средней Азии», изданных Гидрометеоиздатом. Огромная работоспособность, высокая эрудированность и производственная требовательность А.Д. Джураева сочетались с исключительно доброжелательным отношением к людям, искренним желанием принести максимум пользы науке и практике.

С 1963 г. Адыл Джураевич активно участвовал в организации и проведении экспериментальных исследований по активным воздействиям на облака с целью получения дополнительных осадков в горных районах и предотвращения выпадения града. Под его общим руководством и активном участии были организованы все противоградовые подразделения в Таджикистане и Узбекистане, успешно защищающие сельскохозяйственные культуры на площади более 1 млн га до настоящего времени. Успешно совмещал научную деятельность с административной; с 1958 по 1967 г. был заместителем директора, с 1967 по 1970 г. – директором



ДЖУРАЕВ АДЫЛ ДЖУРАЕВИЧ
(1925–1998)

258



КАМАЛОВ БАХОДИР АСАМОВИЧ

Баходир Асамович Камалов в 1942 году. Начал свою трудовую деятельность в 1963 г. в составе гидрографической партии Узбекской гидрометеослужбы, где занимался исследованиями ледников и снежного покрова. По их результатам издал монографию «Современное оледенение и сток с ледников в бассейне Сырдарьи», которую представил в качестве кандидатской диссертации и успешно защитил в 1976 г. в Гидрометцентре СССР. В 1968 г. назначен начальником Узбекского противорадового отряда, и последующая его деятельность была постоянно связана с развитием активных воздействий на гидрометеорологические процессы в Узбекистане. Под его руководством в Узбекистане были организованы семь противорадовых подразделений, защищающих посевы на площади 740 тыс. га, работы по увеличению осадков в Кашкадарьинской долине, по предупредительному спуску снежных лавин в урочище Чимган. Этими работами он беспрерывно руководил в течение более 30 лет. Результаты он обобщил в своей докторской диссертации, которую защитил в 2007 г. Диссертация в виде монографии была опубликована в 2012 г. Узгидрометом, а в 2014 г. – немецким издательством «Palmarium akademik publishing» под названием «Модификация погоды в Средней Азии. Узбекистан». Им опубликовано более 180 работ, в том числе 5 монографий. Плодотворная деятельность Б. Камалова отмечена Почетной грамотой Президиума Верховного Совета Узбекистана, орденами «Знак почета», «Трудового Красного Знамени», медалями, памятным нагрудным знаком «20 лет Независимости Узбекистана». Является отличником Гидрометеослужбы СССР и Узбекистана.

С 2006 г. Баходир Асамович Камалов полностью перешел на преподавательскую работу в Наманганский государственный университет. В эти годы им предложены новый механизм воздействия засевами облаков, основанный на усилении коагуляционного роста облачных частиц и частиц осадков при засевах, а также метод искусственного увеличения осадков в пустынных и полупустынных районах не путем засева облаков, а ограничением поступления аэрозолей в атмосферу. В последние годы им развернуты опытные работы по выявлению возможностей выращивания в аридных условиях овощных и других культур без орошения путем использования мульчирования с некоторой их модернизацией.

самолёта Ли-2 или Ил-14, запуском уравновешенных шаров-пилотов и подъёмом привязного аэростата с углекислотой. В течение пяти сезонов было проведено 66 опытов, израсходовано 1930 изделий ПГИ-М и 446 кг CO_2 . Результаты опытов за зимний период 1963–1964 годов изложены в работе Л.Н. Боровиковой и др. Подробные данные за все годы и их анализ можно найти в коллективной монографии. Н.Н. Бутова, А.Д. Джураева, В.П. Курбаткина и В.Ф. Ушинцевой,

а результаты изучения микроструктуры облаков – в работе В.Ф. Ушинцевой.

Следует отметить, что в Пскемском проекте эффект засева облаков оценивался путем сравнения сумм осадков за период проведения эксперимента на опытной и контрольной территориях, а также стока реки Пскем со стоком соседних рек, в бассейнах которых не сказывалось влияние засева. Коэффициенты корреляции между сравниваемыми величинами высоки – 0,88–0,91.

Результаты Кашкадарьинских опытно-производственных работ по увеличению осадков

Начиная с 1985 по 1991 год в Кашкадарьинском вилояте Узбекистана проводились опытно-производственные работы по искусственному увеличению осадков на основе договора с Министерством сельского хозяйства Узбекистана. Район работ расположен на востоке Кашкадарьинской области, на западных отрогах Зеравшанского и Гиссарского хребтов. Главным направлением экономики сельского хозяйства района работ являются хлопководство, зерноводство и животноводство. Поэтому основной задачей увеличения осадков явилось накопление воды для обеспечения поливных

земель, увеличения урожая зерновых на богаре и пастбищных трав.

В районе работ осадков выпадает 400–700 мм за год с коэффициентом вариации 0,2–0,3. Максимум осадков приходится на март и апрель. Более 80 % осадков выпадает в ноябре–апреле, и поэтому активные воздействия в целях увеличения осадков проводились именно в эти месяцы. Для осуществления этих работ на базе Шахрисабского военизированного противорадового отряда была организована специальная военизированная часть (Служба), которой руководили И. Усманов (1985–1986 гг.),



БУТОВ НИКОЛАЙ НИКАНОРОВИЧ (1924–1998)

Николай Никанорович Бутов – один из первых организаторов работ по активному воздействию на облака с целью увеличения осадков и предотвращения выпадения града в Средней Азии, начиная с 1963 г. В 1969 г. он был назначен начальником Узбекской территориальной противорадовой экспедиции в составе САНИГМИ. В 1973 г. переведен на должность заместителя начальника этой же экспедиции. На этой должности он проработал вплоть до ухода на пенсию в 1984 г. Под его руководством и активном участии были организованы Пскемская экспедиция по воздействию на облака в Узбекистане, Гиссарская противорадовая экспедиция в Таджикистане, Чустский и Янгикурганский противорадовые отряды в Узбекистане. Несмотря на повышенную его занятость административной работой, он большое внимание уделял вопросам физической и экономической эффективности активных воздействий.

В.В. Сабаев (1986–1987 гг.), Р. Батыров (1987–1991 гг.)

Организован полигон, состоящий из командного пункта, расположенного на 6 км южнее г. Шахрисабза, и из 13 огневых позиций. Командный пункт был оснащен радиолокационной станцией МРЛ-5, метеорологическим радиолокационно-вычислительным комплексом «МРВК-Осадки», радиолокатором «Ваза», аэрологической радиолокационной станцией АВК. 13 огневых позиций, оборудованные установками для запуска ракет различных видов, позволяли осуществить внесение реагента на площади 200 тыс. га на территориях Шахрисабзского, Яккабагского, Китабского туманов и частично Чиракчинского тумана. В качестве реагента использовались йодистое серебро и йодистый свинец. Для исследования распределения осадков и оценки эффективности работ по их увеличению была создана густая осадкомерная сеть.

Основными средствами воздействия были противорадиолокационные комплексы «Облако» и ПГИ-М. Использование противорадиоло-

вых изделий в работах по увеличению осадков в Узбекистане было одной из главных отличительных черт применяемого здесь метода засева слоистообразных облаков, который дает большую оперативность в осуществлении засева и не зависит от погодных условий. В 1987–1989 годах из-за прекращения выпуска изделий ПГИ-М, использовались только изделия «Облако». В 1989–1991 годах засев облаков осуществлялся комплексами «Алазань» и «Кристалл».

Этим работам предшествовал комплекс научных исследований Отдела активных воздействий САНИГМИ. Физическое обоснование и методика проведения работ по увеличению осадков противорадиолокационными изделиями приведены в методических указаниях, составленных под руководством В.П. Курбаткина.

Гипотеза воздействия на облака с целью увеличения осадков традиционна. Воздействия проводились на облака, которые при естественном состоянии не дают осадков, или на облака, которые осадки дают, но есть возможность их интенсифицировать путем

введения в них кристаллизующих реагентов. Объектами воздействия служили 8–10-балльные слоистообразные облака. При этом реагент вводился в участки облака, мощность радиозаха от которых больше 500 м, температура на уровне верхней границы облака не выше $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ и не ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура на уровне нижней границы облака выше $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, средняя водность переохлажденной части облака $0,05\text{ г/м}^3$.

Для оценки пригодности метеорологической ситуации к воздействиям использовались, кроме результатов радиолокационных наблюдений (системы «Осадки», МРЛ-5, МРЛ-2, станции температурно-ветрового зондирования), данные наблюдений метеорологической и аэрологической сети, включая осадкомерные и гидрологические посты.

Опытно-производственные работы по увеличению осадков в Кашкадарьинском вилояте были осуществлены в течении шести полных сезонов. С октября по апрель 1985–91 годов было проведено 122 опыта. Из них в 42 опытах осадки вызывались, в 80 интенсифицировались. Характерная продолжительность опытов составляла 1,5–2,5 ч. Осадки вызывались либо интенсифицировались большей частью на площади 15–80 тыс. га, а в отдельных случаях на 160 тыс. га.

Годовой эффект воздействия в целях увеличения осадков составил от 4 до 23 млн м^3 , а максимальный эффект за один опыт 7 марта 1991 г. составил $5,2 \cdot 10^6\text{ м}^3$ дополнительных осадков на площади 100 тыс. га. По отдельным опытам эффект достигал 250 %. По отношению к осадкам, выпавшим в период от первого до последнего опыта, в рассматриваемые сезоны эффект составил 6–22 %. Такой эффект наблюдается при охвате 30–50 % всех ситуаций, пригодных для воздействия. Необходимо отметить, что из

122 проведенных опытов в 25 случаях получен, хотя и незначительный, но отрицательный эффект.

Результаты работ по увеличению осадков за 1985–1990 годов были обобщены на основе данных осадкомерных постов и радиолокационных наблюдений В.Ф. Ушинцевой. Было показано, что наименьший слой возможных искусственных осадков (около 10 мм) был получен в первом сезоне работ, то есть в зимне-весенний период 1985–1986 годов, который был аномально сухим. В сезон 1989–1990 годов возможное увеличение осадков в результате засева облаков было оценено в 48 мм. В этот сезон, как отмечает В.Ф. Ушинцева, чаще, чем обычно, отмечалась затопленная конвекция и осадки чаще были ливневого характера. По имеющейся сети осадкомеров было трудно определить контрольную территорию. Если исключить 6 опытов с подобными ситуациями, то в сумме получилось 18 мм осадков. Также некоторые сомнения вызывают результаты 1990–1991 г., особенно в части площади возможного искусственного увеличения осадков. При этом в этом сезоне расход реагента был самым маленьким. В целом, объем дополнительно полученных осадков ежегодно можно оценить в $3\text{--}10 \times 10^6\text{ м}^3$, а стоимость 1 т искусственно полученной воды не превышает 10 коп/ м^3 по ценам 1987 г.

Оценка эффективности результатов воздействия на облака с целью увеличения осадков в Кашкадарьинской долине различными параметрическими (t-Стьюдента, Фишера, Романовского) и непараметрическими (Бейса, Уилкоксона, Манна-Уитни) методами показала, что на 5 %-ном уровне значимости различия в количестве осадков на опытной и контрольной территориях следует признать неслучайными, то есть эффект значим.

Оценка искусственного увеличения осадков по данным метеорологических станций и постов

Автором была предпринята попытка определить эффект работ по увеличению осадков по данным наблюдений метеорологических станций и постов, которые имеют длинные ряды наблюдений до начала проведения экспериментов. Для анализа были привлечены данные всех метеорологических станций и постов бассейна р. Кашкадарьи, действовавших с 1975 по 1991 год, при

этом 1975–1984 годы – период до начала экспериментов, 1985–1991 годы – период экспериментов. Все метеопосты и станции были разделены на две категории: станции и посты, расположенные на западе территории, куда распространение реагента не должно проникать, поскольку воздействия проводились при вторжениях воздушных масс с запада и юго-запада, и станции и посты,



КАРИМОВ ГУЛАМДЖОН

Гуламджон Каримов родился в 1947 г. Начал свою трудовую деятельность после окончания Ташкентского государственного университета по специальности физика атмосферы инженером службы воздействия Чустского противорадиолокационного отряда. В 1971 году в Наманганской области организовал Янгикурганский противорадиолокационный отряд, взявший под свою защиту от градобитий сельскохозяйственные культуры на площади 93 тыс. га. С 1979 г. Г. Каримов – начальник Отдела активных воздействий, а с 1982 г. – заместитель начальника Военизированной службы по активному воздействию на гидрометеорологические процессы Узбекистана. Занимался изучением развития града и градовых явлений, обобщением результатов противорадиолокационных работ, опубликовал несколько научных публикаций. При его активном участии были организованы противорадиолокационные подразделения в Кашкадарьинской, Сурхандарьинской и Андижанской областях. В 1984 г. в связи с открытием в его родном городе Коканде группы взаимодействия с органами авиации, перешел в эту группу руководителем, где проработал вплоть до ухода на пенсию в 2005 г.



ИМАМДЖАНОВ ХАСАН АХМЕДЖАНОВИЧ

Хасан Ахмеджанович Имамджанов родился 25 марта 1948 года в Ташкенте. Трудовую деятельность начал после окончания физического факультета Ташкентского государственного университета в должности инженера противорадовой экспедиции. В 1988–1990 гг. он возглавлял хоздоговорную лабораторию по рассеиванию облаков на горе Майданак, где находится радиотелескоп. Результаты работы по рассеиванию облаков использовались при проведении работ по активным воздействиям в дни празднования «Навруз» и «Мустакиллик». Кандидат географических наук. С 1990 г. он был заместителем директора по общим вопросам САНИГМИ, с 2000 г. вплоть до ухода на пенсию – заместителем начальника Узгидромета. Х.А. Имамджановым опубликовано более 100 научных работ, в том числе монографии. За многолетний и плодотворный труд Х.А. Имамджанов неоднократно поощрялся: занесен в «Книгу почета», награжден знаком «Отличник Гидрометеослужбы Узбекистана», в 2006 г. награжден государственной наградой – Знаком «Мустакиллик – 2006 год», в 2007 г. – Почетной грамотой СНГ по гидрометеорологии.

Х.А. Имамджановым впервые для Узбекистана была создана параметрическая модель грозоградового облака, положенная в основу диссертации на соискание степени кандидата географических наук на тему «Структура и динамика развития грозоградных облаков в Ферганской долине», которую защитил 1997 г. Круг его интересов распространился на многие вопросы активных воздействий: оценка параметров конвективных облаков, оценка целесообразности и возможности активного воздействия на них с целью предотвращения градобитий, оценка эффективности активных воздействий, как физической, так экономической, им был предложен метод расчета площади возможного повреждения градобитиями сельхозугодий без активного воздействия на облака. Монография, написанная Х.А. Имамджановым совместно с Б.А. Камаловым «Воздействие на погоду в Узбекистане» на узбекском языке, является настольной книгой специалистов по активным воздействиям и учебно-методическим пособием для студентов вузов.

расположенные в зоне возможного распространения реагента. Поскольку удаление места выпадения искусственных осадков от места засева возможно до 100 км, в зону распространения реагента включена несколько удаленная от места воздействия метеостанция «Ледник Северцева». И тех, и других станций и постов оказалось по семь.

Из анализа данных метеорологических станций и постов об осадках за март (основной рабочий месяц), приведённых в настоящей работе, следует, что в результате активных воздействий на зимние облака в 1985–1991 годах достигнуто увеличение осадков в зоне работ в среднем по территории на 12 % по отношению к норме. При этом на контрольной территории, расположенной по ведущему воздушному потоку впереди зоны активных воздействий, отмечено уменьшение количества осадков

в марте за те же годы в среднем по территории на 9 %. Поскольку контрольная территория находится вне зоны возможного распространения реагента, то это уменьшение количества осадков следует считать естественным. Наличие между осадками опытной и контрольной территории довольно тесной корреляции дает право предположить, что в отсутствие работ по ИУО подобное уменьшение количества осадков имело бы место и на территории полигона. Следовательно, реальное увеличение количества осадков, достигнутое в 1985–1991 годах за счет проведения активных воздействий составляет 20–25 %. Значимость такого вывода оценена по t-критерию Стьюдента. Оказалось, $t = 3,885$, что больше $t_{0,01} = 3,707$, то есть увеличение мартовских осадков в результате засева статистически значимо на уровне 0,01.

Результаты засева конвективных облаков с целью получения из них дополнительных осадков

Как известно, с конвективными облаками связаны наиболее интенсивные осадки теплого периода умеренных широт и подавляющая часть годовой суммы осадков тропического пояса. Поэтому изучение возможностей получения из них дополнительных осадков или же превращения их в облака, да-

ющие осадки, представляет большой интерес, как с практической, так и с научной точки зрения.

В то же время следует отметить, что многие авторы считают осадкогенерирующую способность конвективных облаков очень низкой. По данным многих экспери-



МАХМУДОВ КОДИРЖОН

Кодиржон Махмудов родился в 1949 году. Начал свою трудовую деятельность в 1974 г. после окончания Душанбинского сельскохозяйственного института агрономом в колхозе им. Шредера Чустского района Наманганской области. В 1976 г. перешёл на работу инженером группы контроля Чустского противорадового отряда. В 1983 г. был переведен на должность заместителя начальника Военизированной службы по воздействию на гидрометеорологические процессы Узбекистана и одновременно руководил работой службы контроля результатов воздействия на градодовые процессы. Проводил научно-исследовательские работы по оценке экономической эффективности противорадовых работ на основе экспериментов по изучению влияния градобитий на рост и развитие хлопчатника путем имитации градобитий. Полученные им результаты изложены в его монографии «Град и хлопчатник».

ментальных исследований отношение количества осадков к количеству водяного пара, втекающего в конвективное облако в период его жизни, не превышает 60 %, а в большинстве случаев составляет менее 20–30 %. Поэтому их относят к перспективным объектам для получения из них дополнительных осадков путем усиления в них осадкообразующих процессов.

В Центральной Азии первые опыты по вызыванию осадков из мощных кучевых облаков были проведены на Северном Казахстане в 1964 году. Опыты проводились в июне. Воздействие осуществлялось кристаллизующими реагентами PbI_2 и AgI . Результаты оценивались путем сравнения сумм

осадков на опытной и контрольных (северной и южной) площадках. Разность количества осадков на опытном и контрольных участках в мае составляла 3,6 мм, в июле – 9 мм, в августе – 7,5 мм, тогда как в июне она составила +6,8. Это указывало на положительный эффект засева мощно-кучевых облаков. Опыты продолжались до 1968 года включительно. Всего за указанный период было выполнено 117 опытов. В 20 % из них осадки вызвать не удалось, в 33 % были вызваны слабые и умеренные осадки, в 47 % – сильные и очень сильные осадки.

В опытах на севере Казахстана осадки достигали земли во всех случаях когда ΔH и ΔH_{II} больше 3 км; опытов с $\Delta H < 1$ км не

было, при $\Delta H_{II} < 1$ км осадки не наблюдались. При этом удачные опыты получались даже при $t_3 = -4^\circ C$, а неудачные при $t_3 = -14^\circ C$. 84 % неудачных опытов происходило при $t_3 > -8^\circ C$, 61 % всех удачных опытов и 71 % опытов с сильными осадками – при $t_3 < -8^\circ C$. Объёмы переохлаждённых частей засеянных облаков на Северном Казахстане составляли 2–100 км³. Из облаков, имеющих большие объёмы, всякий раз выпадали более сильные и продолжительные ливневые осадки.

В Узбекистане опыты по засеву конвективных облаков были проведены в июне 1982 года в Янгикурганской службе по воздействию на гидрометеорологические процессы Х.А. Имамджановым, в мае и в июне 1987 г. – в Кашкадарьинской службе Х.А. Имамджановым и Б.Ш. Кадыровым. В Янгикурганском опыте, судя по радиолокационным данным засеянных облаков, искусственному воздействию подвергались кучево-дождевые облака; во всех 11 опытах верхние границы облаков превышали 10 км, радиолокационная отражаемость η_{10} состав-

ляла $1,0 \cdot 10^{-9} - 7,2 \cdot 10^{-7} \text{ см}^{-1}$. Расход противоградовых изделий был в пределах 8–15 шт. на облако. Из всех засеянных облаков выпал ливневый дождь.

В результате опытов в Янгикургане были определены критерии для осуществления засева конвективных облаков с целью искусственного увеличения осадков: $H_B > 7 \dots 8 \text{ км}$, $\Delta H_{II} > 3 \text{ км}$, $\eta_{10} > 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ см}^{-1}$. В орографические (одноячейковые) облака, из которых осадки не выпадают, реагент вносится в зону повышенной радиолокационной отражаемости на уровень изотермы от -4 до $-22^\circ C$, а из которых выпадают осадки – в зону восходящих потоков. В многоячейковое облако реагент вносится в активно развивающуюся ячейку, независимо от выпадения или отсутствия осадков из неё. Расход реагента должен быть 10^3 частиц/м³.

В Кашкадарьинской долине согласно оценкам ресурса конвективных облаков, выполненных Х.А. Имамджановым и Б.Ш. Кадыровым, можно получить до 40 % дополнительных осадков, что составляет 10 %



УСМАНОВ ИСЛАМХОЖА

Исламхожа Усманов родился в 1950 году. Начал свою трудовую деятельность после окончания Ташкентского университета по специальности физика атмосферы в 1973 г. инженером-синоптиком в Чустском противоградовом отряде. В 1978 г. был назначен начальником вновь организованного Шахрисабзского противоградового отряда, где ярко проявились его большие организаторские способности. С 1986 г. возглавил отдел аэросиноптики Узбекской Военизированной службы воздействий на гидрометеорологические процессы. В 1992 г. был переведен заместителем начальника Военизированного Управления ВГМП, а с 2004 г. по настоящее время руководит работой противоградовых подразделений Министерства обороны Республики Узбекистан. Автор 6 научных статей.

Административную работу И. Усманов успешно совмещал с научной, занимаясь изучением особенностей условий градообразования в градоопасных территориях Узбекистана и влияния противоградовых работ на режим осадков. В начале 1970-х годов автором был разработан метод оценки экономической эффективности противоградовых работ в Узбекистане. Этот метод считающийся методом САНИГМИ, был проверен М.В. Буйковым на материалах Молдавской службы по активному воздействию на гидрометеорологические процессы. Он отметил, что среди существующих способов оценки экономической эффективности противоградовых работ, метод САНИГМИ даёт наиболее близкие к наблюдаемым результатам.



ДОЛИМОВ ОБИДЖОН ОЛИМЖОНОВИЧ

Обиджон Олимжонович Долимов родился в 1948 году. Начал свою трудовую деятельность в 1971 г., после окончания Ташкентского государственного университета по специальности физика атмосферы, в лавинно-гляциологической экспедиции САРНИГМИ. В 1972 г. – инженер группы воздействия Янгикурганского противоградового отряда. С 1975 г. руководил работой группы воздействия Касансайского противоградового отряда. В 1978 г. был назначен на должность начальника Отдела активных воздействий ВСБГ. С 1984 г. – заместитель начальника Узбекского Военизированного управления по воздействию на гидрометеорологические процессы по производственным вопросам. С 1994 г. по настоящее время руководит работой противоградовых подразделений Министерства Обороны, дислоцированных в Ферганской долине. Наряду с административной работой О.О. Долимов занимался изучением развития градовых явлений, их радиолокационных характеристик, обобщением результатов противоградовых работ, в результате чего опубликовал 6 научных статей.

среднегодовой нормы. Они отмечали, что засев конвективного облака при появлении первого радиоэха может привести к преждевременному распаду облака и отрицательному результату. Также в случаях наличия в атмосфере на различных уровнях довольно мощных задерживающих слоев засев мало влияет на конечную вертикальную мощность облаков. К благоприятным ситуациям они относили случаи с небольшими задерживающими слоями, которые могли бы быть «пробиты» за счет тепла замерзания при засева. Результаты 6-ти опытов были оцене-

Засев облаков с целью их рассеяния

Среди работ по активному воздействию на гидрометеорологические процессы особое место занимает разработка методов и средств искусственного рассеяния облаков и уменьшения количества выпадающих из них осадков. Практическими результатами этих исследований были разработки ме-

ны на основе радиолокационных данных и с помощью нестационарной одномерной численной модели. Радиолокационные данные показали рост H_B и η после засева в 4-х опытах и снижение их в двух опытах. Численные оценки соответствовали им – четыре опыта дали увеличение осадков на 3–8 мм, 2 – уменьшение на 2–4 мм.

В результате опытов, проведенных в Кашкадарьинской долине, были уточнены критерии пригодности конвективных облаков для засева; $\Delta H \geq 4$ км; $H_B \geq 7,5$ км, уровень ввода реагента 4–8 км, $H_{\text{конд}} \leq 4,5$ км.

тодов снижения коммунальных расходов в крупных городах на уборку дорог и улиц от снега, создания благоприятных условий для проведения массовых мероприятий и условий для наблюдения за космическими объектами. Работы по предотвращению осадков в мегаполисах получили название «Метеоза-

щита городов». Они проводились в Москве, Санкт-Петербурге, Алма-Ате, Ташкенте и других городах. Значительный объем летних работ по ослаблению осадков и рассеянию облачности над заданной территорией был выполнен институтами Госкомгидромета в 1986 году при проведении комплекса мероприятий по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Как показали проведенные эксперименты с помощью твердой CO_2 могут быть рассеяны не связанные с фронтальными процессами облака капельной структуры, если их вертикальная мощность не превышает 600 м, при скорости ветра до 10–12 м/с и температуре в их слое $t \leq -4$ °С. Как отмечали Б.Ш. Кадыров и А.Т. Абдукаримов, такие облака могут быть рассеяны при их водности $0,13$ г/м³. При выполнении этих условий 85 % облаков можно рассеять полностью или могут остаться 1–3 балла не рассеявшихся их обрывков. В остальных 15 %

случаях просветы не появляются или если просветы образуются, то их площадь может составить менее 30–70 % площади засева реагента.

Также эксперименты указывают на возможность рассеяния перисто-кучевых, высококучевых и слоисто-кучевых облаков с нижней границей выше 1000 м, образующихся на фронтальных разделах, где скорости ветра более 15 м/с. Однако, вероятность рассеяния их низка и может составить 20–50 %. Б.Ш. Кадыров и А.Т. Абдукаримов отмечали, что облака нижнего яруса мощностью более 500 м при скоростях ветра более 10 м/с, начинают заполняться и просветы могут полностью исчезнуть к 50-й минуте.

Первые опыты по рассеянию облаков в Узбекистане были проведены в 1987 году в горах Кашкадарьинского района. В январе–марте 1989 года было проведено 13 опытов. Параметры пригодности к рассеянию облаков $t \leq -4$ °С, $\Delta H < 500$ м, скорость ве-



КУРБАТКИН ВЛАДИМИР ПАВЛОВИЧ

Владимир Павлович Курбаткин родился в 1936 году. Начал свою трудовую деятельность в 1961 г., после окончания физического факультета Ташкентского государственного университета, в САНИГМИ. Это был начальный этап активных воздействий в Средней Азии. В 1971 году в САНИГМИ была создана группа активных воздействий, и первым ее руководителем стал В.П. Курбаткин. Благодаря его усилиям спустя несколько лет эта группа превратилась в крупный отдел. В составе отдела были 4 лаборатории: физики облаков, прикладной метеорологии, средств и методов радиолокационных наблюдений, экспериментальной метеорологии, группа поисковых исследований в метеорологии. Являлся одним из организаторов и активным участником первой экспедиции в районе Западного Тянь-Шаня (п. Нанай), где предполагалось искусственно усиливать осадки в высокогорных районах с целью увеличения стока рек. Одновременно велись исследования пограничного слоя атмосферы, которые легли в основу кандидатской диссертации, успешно защищенной в ГГО в 1981 г. Опубликовал более 150 научных трудов, в том числе 3 монографии.

Итогом первого цикла исследований В.П. Курбаткина явились такие работы, как монография исторического плана «Активные воздействия на гидрометеорологические процессы в Средней Азии» и научного – «Основы управления процессами в облаках при воздействии с самолета». Им создана модель слоисто-дождевого облака.

В.П. Курбаткин изучает не только облака, но и окружающую атмосферу, от приземного и пограничного слоев до оценки природной среды в целом, ее энергетических возможностей, которые по сути и определяют климат на нашей планете. На одном из полигонов отдела по инициативе В.П. Курбаткина были организованы экспериментальные наблюдения за пропитыванием разных по структуре и механическому составу почв имитированными осадками в зависимости от их количества, времени суток.

Принимал участие практически во всех международных конференциях по физике облаков и активным воздействиям. На первой, состоявшейся в октябре 1973 года, был членом оргкомитета и одним из авторов доклада, в котором уже тогда освещались такие проблемы, как непосредственно активные воздействия на переохлажденные облака, методы и численные эксперименты по оценке распространения кристаллов на основе уравнений турбулентной диффузии. Именно в этом докладе впервые прозвучали предложения о целесообразности

тра менее 12 м/с. Из 13 опытов в 5-эффект не обнаружен. Из них 4 связаны с западным вторжением, 1 – с южным циклоном. При южных циклонах 2 опыта дали положительные результаты при скорости ветра 5 м/с; отрицательный эффект получен при ветре со скоростью 11 м/с.

Начиная с 1991 по 2002 год ежегодно 21 марта проводились работы по рассеянию

Предупредительный спуск снежных лавин

В Узбекистане регулярные работы по предупредительному спуску снежных лавин проводились только в урочище Чимган. Урочище Чимган – крупный горнолыжный центр, расположен в отрогах Чаткальского хребта в 80 км от Ташкента. Для него характерна высокая лавинная деятельность, которая наряду с большой популярностью Чимгана (в отдельные дни здесь проводили свой отдых до 10 тыс. человек) вызывала необходимость проведения противолавинных мероприятий.

В урочище Чимган самопроизвольный сход крупных лавин неоднократно представ-

лял угрозу зонам массового катания и сооружениям. В годы, предшествовавшие организации противолавинных работ, отмечались трагические случаи попадания людей в лавины, часто срывались выезды отдыхающих в зону отдыха. Поэтому согласно директивным указаниям Правительства Узбекистана, начиная с зимы 1983–1984 годов здесь велись работы по предупредительному спуску снежных лавин. Работы проводились Управлением воздействий на гидрометеорологические процессы по договору с Главным Управлением по строительству и эксплуата-

ции курортных и оздоровительных учреждений Ташгорисполкома. Интенсивной лавинной деятельности этого района способствовали: высокая снежность (до 700 мм за сезон), связанная с передовым положением и открытостью горной гряды Чимгана западному переносу; глубина расчленения рельефа, превышающая 1,5 км; обширные и благоприятные для зарождения лавин площади снегосборов, достигающие 1000 га. Размеры лавин колеблются в самых широких пределах, а наиболее опасные весенние мокрые лавины могут иметь объёмы до 1 млн м³.

В целях наиболее безопасной и рациональной организации противолавинных мероприятий было решено разделить всю территорию урочища на две зоны:

1. Зона, закрываемая для посещения людей в течение зимнего сезона. Сюда входят зоны зарождения всех лавин и наиболее опасные участки их транзита и остановки.

2. Зона снеголавинного обеспечения мероприятий зимнего отдыха. Здесь расположены здания, канатные дороги, горнолыжные трассы.

Ежегодно перед началом зимнего сезона границы зон тщательно маркируются. Границы устанавливаются в зависимости от степени лавинной опасности специалистами снеголавинной службы. Маркировка границ и контроль за пребыванием людей в зонах возлагалось на контрольно-спасательную службу Чимгана. Весь комплекс снеголавинных работ в зоне отдыха проводится снеголавинной станцией Узгидроме-

та, являющейся сетевым пунктом наблюдений за лавинами и Ташкентской противолавинной службой (ТПЛС) Военизированного управления воздействий на гидрометеорологические процессы Министерства обороны (ВУ ВГМП МО).

Взаимодействие подразделений осуществляется на основе четкого распределения функций: снеголавинная станция обеспечивает сбор, обработку и анализ метеорологической и снеголавинной информации, принимает решение о проведении активного воздействия; на ТПЛС возлагается составление специализированных прогнозов для предупредительного спуска лавин, проведение обстрелов и все организационные вопросы, связанные с ними – предупреждение заказчика, организация оцепления, контроль за результатами активного воздействия и др. Все виды работ по искусственному обрушению лавин проводятся согласно Руководства по предупредительному спуску снежных лавин с применением артиллерийских систем КС-19.

Если учитывать площади, подверженные обстрелам, то окажется что фактически ежегодно до 91 % суммарного объёма сошедших лавин приходится на искусственно обрушенные. А в отдельные годы, когда ситуация позволяла, профилактический спуск лавин не производился.



ИСМАИЛОВ АМАНГЕЛДИ КАРИМОВИЧ

Амангелди Каримович Исмаилов родился в 1942 году. Начал трудовую деятельность после окончания Ташкентского гидрометеорологического техникума техником аэрологической станции Тамды Бухарской области Узбекистана. После службы в рядах Советской армии в 1969г. пришел на работу в Чустский противорадовый отряд Узбекской территориальной противорадовой экспедиции инженером группы воздействия. В 1977 г. был назначен командиром Южно-Узбекистанской военизированной части по борьбе с градом. Под его руководством был организован Сарыасийский противорадовой отряд в Сурхандариньской области. В 1983 г. организовал и до 1995 г. руководил работой Ташкентского военизированного отряда по предупредительному спуску снежных лавин. С 1995 г. вплоть до ухода на пенсию в 2004 г. работал заместителем начальника Военизированного Управления по воздействию на гидрометеорологические процессы Узбекистана. Он является автором нескольких научных публикаций по результатам противолавинных работ, проведенных в урочище Чимган.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО АКТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ В УКРНИГМИ (с сайта Українського гідрометеорологічного інституту УкрГМІ)

Согласно постановлению Совета Министров СССР и УССР от 1958 г. «О развитии исследований по искусственному воздействию на облака и туманы», в УкрГМІ был образован Отдел физики атмосферы, возглавил отдел Г.И. Перелет. В 1967 его переименовали в Отдел искусственных воздействий (заведующий – А.В. Ткаченко, затем – Е.Е. Корниенко) с лабораториями физики облаков (начальник – А.В. Ткаченко), теоретических исследований (начальник – М.В. Буйков), активных воздействий (начальник – И.П. Половина), радиолокационных исследований (начальник – В.М. Мучник) и аэрозолей (начальник – В.П. Баханов). После обретения Украиной независимости недолгое время заведующим отделом был В.С. Хусид, затем в разные годы отделом руководили В.П. Баханов и В.А. Прусов. С 2011 года отдел возглавляет кандидат географических наук Шпиг Виталий Михайлович. Основными направлениями исследований отдела были изучение роли различных факторов в эволюции облаков, а также метеорологических и физических условий образования и рассеивания туманов. В исследованиях того времени значительное место занимали экспериментальные работы.

Работы по активному воздействию на метеорологические процессы проводились с целью поиска путей улучшения водообеспеченности сельскохозяйственного производства в степной части Украины. Эти районы республики играют важную роль в производстве зерновых и других сельскохозяйственных культур в бывшем Советском Союзе, но относятся к районам с недостаточным увлажнением и часто страдают от засух. Надо было изучить возможности увеличения атмосферных осадков путем воздействия на облака, разработать оперативные методы таких воздействий и способы их контроля. Для этого Отдел физики атмосферы был преобразован в Отдел физики облаков и активных воздействий. Одновременно для работ в этой области были созданы проблемные лаборатории в Киевском и

Одесском университетах, Одесском гидрометинституте и Институте общей и неорганической химии АН УССР. Инициатором работ из искусственных воздействий на Украине был Г.Ф. Прихотько. Полевые работы по воздействиям с 1959 годов проводились на Экспериментальном метеорологическом полигоне (ЭМП).

Одновременно в Днепропетровске был создан Отдел экспериментальных исследований с авиационной группой, оснащенной самолетами-лабораториями Ил-14. В мае 1959 были начаты полеты. Сначала экспериментальные работы по искусственному регулированию осадков велись в трех направлениях, соответствующих основным классам облаков (слоистые, фронтальные зимние, конвективные). Как реагент использовалась твердая углекислота, сбрасываемая с самолета, а впоследствии применялись также и пиропатроны йодистого серебра.

Работы первых лет дали обнадеживающие результаты. Одним из направлений поисков было искусственное регулирование зимних осадков путем засева облаков твердой углекислотой («сухим льдом») с самолета. На основании полевых экспериментов по засеву слоистых облаков (Г.И. Перелет, И.П. Половина) было установлено, что из этого класса облаков можно получить дополнительно 5–10 % от суммы зимних осадков, преимущественно в виде снега. Засев фронтальных облаков зимнего периода (М.П. Леонов) может привести к увеличению количества осадков, выпадающих из них, примерно на 20–30 %. В 80-е годы этот результат уточнялся и нашел подтверждение в экспериментах по засеву фронтальных облаков над заданным районом (Б.Н. Лесков). Были установлены критерии пригодности облаков для воздействия. В течение трех лет (1974–1976) в январе проводился засев всех облаков, пригодных для воздействия, которые наблюдались над заранее выбранным участком полигона радиусом 10 км. Месячное количество осадков увеличилось здесь на 30–50 %. Увеличение осадков наблюдалось

также на прилегающей к указанной территории площадью 2–4 тыс. км².

Разработана схема оценки экономической эффективности искусственных осадков. На основе статистической модели «погода-урожай», в которую осадки входят в качестве независимой переменной, было рассчитано возможное увеличение урожайности и дохода от выращивания основных сельскохозяйственных культур в Софийском районе Днепропетровской области.

Выполнен большой объем исследований по искусственному регулированию осадков летнего периода. На первом этапе работ объектом воздействий были мощные кучевые облака. При засеве их твердой углекислотой наблюдалось значительное увеличение осадков, выпадающих из них (Г.Ф. Прихотько, Е.Е. Корниенко). Проводились эксперименты по воздействию на кучево-дождевые облака с самолета йодистым серебром (Е.Е. Корниенко), результаты которых подтвердили увеличение осадков в результате засева.

С 1973 года ученые УкрНИГМИ участвовали в реализации проекта по увеличению осадков в бассейне озера Севан, где проблема воды стала особенно острой. Задачей института являлась проверка эффективности в этом районе самолетных методов воздействия, по применению которых в накоплен значительный опыт. В результате проведенных полетов, выполненных в 1974–1976 годах, была оценена повторяемость облаков летнего периода, пригодных для воздействия с целью увеличения осадков; исследованы специфические формы облаков зимнего периода года. В бассейне озера был создан экспериментальный полигон для регулярных воздействий с высотного самолета Як-40 с помощью пиропатронов с йодистым серебром, а зимой – с самолета-лаборатории Ил-14 с помощью твердой углекислоты.

Одновременно с работами по увеличению осадков были начаты разработки самолетного метода рассеивания переохлажденных облаков и туманов с помощью твердой углекислоты (Г.И. Перелет, И.П. Половина). В результате многолетних исследований разработана оперативная схема рассеивания облаков и туманов, включая рекомендации по выбору места введения реагента в зависимости от ветра в облачном слое, расходу реагента, плотности линий посева. Схема

обеспечивала полное рассеивание облака (тумана) при температуре ниже –3 °С и вертикальной его мощности до 600 м и частичное рассеивание в достаточно широком диапазоне значений параметров облака (тумана). Методика применялась для раскрытия аэродромов от переохлажденных туманов. Даже эпизодическое ее применения в ряде аэропортов Украины обеспечивало ежегодно прием и выпуск 50–100 самолетов дополнительно.

В 1960-х годах был предложен метод предотвращения туманов испарения путем нанесения на поверхность воды мономолекулярной пленки поверхностно активных веществ (Г.Ф. Прихотько, Л.М. Роев, М.В. Товбин). Натурные эксперименты в Кольском заливе показали возможность предотвращения такого тумана на площади в несколько квадратных километров.

Результаты экспериментальных исследований по воздействиям на облака различных форм освещены в монографиях «Активные воздействия на облака в холодное полугодие» (М.П. Леонов и Г.И. Перелет, Гидрометеоиздат, 1967), «Искусственные осадки из конвективных облаков» (Г.Ф. Прихотько, Гидрометеоиздат, 1968), «Влияние на внутримассовые облака слоистых форм» (И.П. Половина, Гидрометеоиздат, 1971), а также в обзоре «Искусственное регулирование осадков» (Е.Е. Корниенко и И.П. Половина, Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 1973) и в разделе «Искусственное воздействие на облака и осадки» (в сборнике «Итоги науки и техники», т. 3, М., ВИНТИ, 1976, М.В. Буйков). Одновременно с экспериментальными работами широким фронтом велись теоретические исследования облачных процессов (М.В. Буйков). В Институте сформировалось научное направление исследований облаков, сочетавшее динамический и микрофизический подходы к исследованию облачных процессов с использованием методов гидродинамики и статистической физики. С помощью ЭВМ созданы многочисленные модели фронтальных слоистообразных, а также конвективных облаков; модели описывают процессы формирования осадков с учетом фазовых переходов, а также преобразований, происходящих в облаке при воздействии на него различными реагентами. В результате были разработаны одно- и двумерные модели фронтальных облаков

со смешанной фазой воды, выполнено моделирование их засева кристаллизующими реагентами. Разработана модель формирования жидкой микроструктуры кучевых облаков, которая связывает образование частиц осадков с динамикой облака. Создана одномерная нестационарная модель кучевого облака. Разработана одномерная нестационарная модель формирования слоистых облаков и туманов (учитывающая взаимодействие динамических, радиационных и микрофизических процессов).

Выполнен широкий комплекс лабораторных исследований свойств льдообразующих реагентов и поверхностно-активных веществ, которые используются для воздействия на облака и туманы. На основании этих исследований, в частности, предложен новый способ генерирования ледяных кристаллов в воздушном потоке, проходящем через пористый слой твердой углекислоты и создание льдообразующих реагентов путем нанесения тонкого слоя йодистого серебра на поверхность высокодисперсных порошков других веществ. В Институте выполнены обширные исследования по физике

Основные направления научно-исследовательских работ последних лет

В направлении исследования систем слоистообразных и конвективных облаков и связанных с ними опасных явлений, разработки усовершенствованных спутниковых методов оценки параметров облаков и осадков сделано следующее:

1) Проанализированы синоптические условия образования катастрофических осадков из фронтальных облачных систем на территории Украины. Созданы стационарные и нестационарные модели летних облачных образований различных масштабов в их взаимосвязи с синоптическими ситуациями, приводящими к опасным атмосферным явлениям, прежде всего к выпадению ливневых осадков, связанных с летними циклонами в Украине и Западной Европе. Разработана методика исследования сильных и катастрофических осадков на территории Украины с помощью синоптических и численных моделей облачных образований различных масштабов (Г.М. Пирнач);

2) Проведены исследования фронтальной облачности над Украиной на основе спутниковых данных (в видимом и инфракрасном диапазонах спектра). Разработан

грозовых явлений, намечены пути поиска методов воздействия на них, подготовлена монография «Физика грозы» (В.М. Мучник, Гидрометеиздат, 1975).

В 1980-е годы получили развитие радиолокационные методы исследований облаков и осадков. В течение ряда лет в Лаборатории радиолокационных исследований разрабатывался и совершенствовался на базе радиолокатора диапазона 3 см и специально разработанного для этих целей цифрового вычислительного устройства «Метеоролог» радиолокационный метод измерения количества дождя. Разработан метод индикации полос усиленных осадков во фронтальных облаках, засеянных твердой углекислотой. Определена скорость опускания искусственных осадков при засевах слоистых облаков. Установлены радиолокационные параметры кучево-дождевых облаков, определяющие количество осадков, выпавших из них. Совершенствуется методика радиолокационных измерений количества осадков с целью совместной обработки на ЭВМ радиолокационных и плевниографических измерений осадков.

алгоритм численного моделирования сигнала радиометра спутника на основе микрофизической модели слоистообразных облаков с разным фазовым составом и ледовыми кристаллами разных форм, расчетов оптических характеристик рассеяния света системой частиц, решения уравнения переноса излучения в облачном рассеивающей среде. Проанализировано влияние микроструктуры на формирование спутникового сигнала и проведены предварительные оценки параметров облачности по данным спутника NOOA (была обработана информация за 3–6 марта 2001 года на территории Украинских Карпат (В.П. Баханов, А.А. Кривобок, Б.А. Дорман);

3) Проведены полевые радиолокационные исследования конвективных облачных систем в горной части Крыма с помощью радиолокационных комплексов «Антиград» и АСУ-МРЛ. Особенно исследовались характеристики вращения конвективных облаков, в частности в связи с их градоопасностью (Б.Н. Лесков, Г.М. Пирнач, Н.В. Сирота);

4) С помощью радиолокационных данных исследованы связи мезомасштабной

структуры поля осадков и фронтальных облаков, получены новые данные о механизме образования мезомасштабных зон сильных осадков. Обнаружена тесная связь радиолокационной отражаемости с вертикальным сдвигом ветра и отклонением вертикального градиента температуры от адиабатического (А.Н. Сухинский, Н.Н. Акимов, И.А. Осокина);

5) Создана усовершенствованная модель распространения конвективной струи в условиях произвольной стратификации атмосферы и поля ветра, объединенная с мезометеорологической моделью пограничного слоя атмосферы в единый расчетный комплекс (Н.Н. Талерко);

6) Проведено комплексное исследование (численное моделирование и анализ данных наблюдений) эволюции систем слоистообразных и конвективных облаков и связанных с ними опасных явлений над равнинными и горными территориями Украины, которое включает в себя:

– построение диагностических и прогностических моделей систем слоистообразных и кучевых облаков конкретных атмосферных фронтов и связанных с ними атмосферных явлений;

– радиолокационные исследования параметров конвективных облачных систем в горной части Крыма, исследования ресурсов пригодных для активных воздействий облаков и количества природных осадков с целью определения регионов Украины, приоритетных для промышленного увеличения осадков в холодный период года;

– комплексное исследование на основе радиолокационных данных физики мезомасштабных зон фронтальных облаков и разработки комплексной методики количественного краткосрочного прогноза мезомасштабных зон сильных осадков для степной части Украины;



Слева направо: Н.В. Сирота (Крымская ВС), Б.Н. Лесков (УкрНИГМИ), В.С. Максимов (УкрНИГМИ), В.П. Баханов (УкрНИГМИ)

– доработки региональной модели переноса примесей в пограничном слое атмосферы с целью использования ее для оперативных и прогностических расчетов загрязнения воздуха во время аварийных выбросов.

Х.Х. Чочаев, М.Н. Бейтуганов

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОЙ ВОЕНИЗИРОВАННОЙ СЛУЖБЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ГРАДОБИТИЯ, ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЕЕ РАБОТ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛАВИННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ

1961–1962 гг. – Были проведены первые опыты по воздействию на градовые процессы в высокогорном районе Кабардино-Балкарской АССР на плато в окрестностях горы Мушта (2500 м) на площади 30 000 га с использованием 100-миллиметровой зенитной пушки КС-19.

1963 г. – Проведены экспериментальные работы на равнинной части Зольского района КБАССР на площади 50 000 га, также проведена проверка метода прогноза града.

1964 г. – Организована Кавказская комплексная противорадовая экспедиция для испытания метода борьбы с градом на больших площадях и в различных физико-географических условиях. На Северном Кавказе эксперименты проводились на площади 350 тысяч га. Организован Куба-Табинский головной противорадовый отряд.

1964–1967 гг. – Апробирование технологии борьбы с градом на больших площадях с целью выяснения экономической эффективности метода для выработки рекомендаций по его внедрению в народное хозяйство.

1967 г. – Совет Министров СССР принял Постановление о создании Комплексной противорадовой экспедиции при ВГИ,

ЗакНИГМИ, САРНИМИ, а также при УГМС Армянской, Азербайджанской, Молдавской и Таджикской ССР, на которые было возложено проведение производственных работ по защите сельского хозяйства от градобитий.

1968–1969 гг. – Промышленное внедрение метода борьбы с градом в народное хозяйство. Первое наставление по организации и проведению противорадовых работ под редакцией Сулаквелидзе Г.К., Лапчевой В.Ф., Бибилашвилли Н.Ш., Бурцева И.И. Организация Северо-Кавказской территориальной противорадовой экспедиции. С 1969 г. начальник экспедиции Н.Г. Штульман.

1970–1974 гг. – Период унификации методики и средств воздействия, совершенствование организационной структуры экспедиции, строительство постоянных полевых баз противорадовых отрядов.

1973 г. – В Куба-Табинском отряде впервые были проведены производственные испытания новой специализированной РЛС МРЛ-5.

1974 г. – Введение в действие «Временных методических указаний по организации и проведению противорадовых работ» под редакцией М.Т. Абшаева, Н.Ш. Бибилашвили,



ЧОЧАЕВ
ХИЗИР ХУСЕЙНОВИЧ

Хизир Хусейнович Чочаев родился 9 мая 1956 года в с. Костюбе Джамбульской обл. Казахской ССР. Кандидат физико-математических наук, окончил Одесский гидрометеорологический институт в 1979 г. С 2007 г. – начальник ФГБУ Северо-Кавказская ВС. Почетный работник Гидрометеослужбы России, Заслуженный метеоролог Российской Федерации. Награжден медалями МЧС России и Службы безопасности Президента Российской Федерации.

И.И. Бурцева, В.А. Пометельникова, Г.К. Сулаквелидзе.

1974 г. – Построена новая база Урванского отряда. Введена в действие первая стационарная РЛС «Град-4» (комбинация МРЛ-2 и СОН-4) в Куба-Табинском отряде. Завершён переход на противорадовые снаряды с йодистым серебром.

1975 г. – Начал функционировать Карачаево-Черкесский противорадовый отряд. В экспедиции функционировали 36 пунктов воздействия.

1976 г. – Согласно приказу Госкомгидромета СССР на базе Северо-Кавказской ТПЭ была создана Северо-Кавказская военизированная служба по борьбе с градом (СК ВСБГ), которая начала работу на основании Положения и Устава Военизированной службы. ВСБГ имела прямое подчинение Госкомгидромету. Начальником СК ВСБГ стал Н.Г. Штульман.

1977–1985 гг. – В этот период, все командные пункты Военизированной службы

были обеспечены стационарными РЛС МРЛ-5 с устройствами БОМО (блок обработки метеорологической информации объектов). Были открыты Кавказский (в Карачаево-Черкессии) и Пригородный (в Северной Осетии) отряды. Общая площадь защиты возросла до 794 тыс. га (из них 621 тыс. га были заняты сельхозугодьями).

1978 г. – В Урванском военизированном противорадовом отряде впервые в СССР в оперативном режиме была использована передвижная РЛС МРЛ-5.

1980 г. – Во всех отрядах Службы была внедрена новая технология активного воздействия на конвективную облачность, включающая обработку зоны роста града и учитывающая ориентацию навеса радиоэхо градового облака.

1981 г. – В связи с организацией на Северном Кавказе противорадовых мероприятий СК ВСБГ была переименована в Северо-Кавказскую военизированную службу по активным воздействиям на гидрометеоро-



ШТУЛЬМАН НАУМ ГРИГОРЬЕВИЧ

Наум Григорьевич Штульман родился 13 марта 1938 года в г. Рыбница Молдавской ССР. Окончил Одесский гидрометеорологический институт в 1961 г. С 1969 по 2007 г. – начальник Военизированной службы по борьбе с градом Северо-Кавказской военизированной службы по активному воздействию на гидрометеорологические процессы. Орден «Знак Почета», Отличник Гидрометслужбы СССР, Почетный работник Гидрометеослужбы России, Заслуженный метеоролог Российской Федерации.



ПОМЕТЕЛЬНИКОВ
ВЯЧЕСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Вячеслав Александрович Пометельников родился 7 мая 1941 г. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт в 1965 г. Заместитель начальника ФГБУ «Северо-Кавказская ВС», Отличник Гидрометслужбы СССР, Почетный работник Гидрометеослужбы России, Заслуженный метеоролог РФ.



ЕФРЕМОВ ВИКТОР ПАВЛОВИЧ

Виктор Павлович Ефремов родился 22 октября 1954 г., окончил Азовский индустриально-педагогический техникум в 1975 г., техник-механик. Заместитель начальника ФГБУ «Северо-Кавказская ВС». Награжден Почетной грамотой Росгидромета, занесён на Доску почёта Минприроды России.

рологические процессы Северо-Кавказского УГКС.

1984 г. – Урванский военизированный противорадовый отряд полностью перешёл на ракетный способ доставки реагента при проведении АВ на градовые облака.

1984 г. – В районе северного Приэльбрусья был организован Эльбрусский военизированный противолавинный отряд для защиты от лавин людей и народнохозяйственных объектов с использованием 100-миллиметровых артиллерийских систем КС-19 и осколочно-фугасных снарядов УОФ-412.

1984 г. – В аэропорту МО СССР «Моздок» были начаты работы по АВ на переохлаждённые туманы.

1986 г. – Во всех отрядах Службы был реализован переход на ракетный способ внесения реагента с помощью ракетных комплексов «Алазань» и «Кристалл». Были проведены испытания ракетного комплекса «Небо».

1988 г., декабрь – В связи с сильным землетрясением, произошедшим в Армении в районе Рокского тоннеля Транс-Кавказской автомагистрали, был основан Рокский военизированный противолавинный отряд

для защиты от лавин дороги с использованием 100-миллиметровых артиллерийских систем КС-19 и осколочно-фугасных снарядов УОФ-412.

1989 г. – В районе Теберда-Домбай был организован Домбайский военизированный противолавинный отряд для защиты от лавин людей и народнохозяйственных объектов курорта с использованием 100-миллиметровых артиллерийских систем КС-19 и осколочно-фугасных снарядов УОФ-412.

1988 г. – В СКВС функционировало 6 КП на базе МРЛ-5, 106 пунктов воздействия. В штате Службы находилось 760 сотрудников. Был организован специализированный отряд для защиты крупного парникового хозяйства совхоза «Южный» в Карачаево-Черкессии. В этот год под защиту была взята самая большая площадь 1130 тыс. га, на которой находилось 820 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

1994 г. – В связи с трудностями финансирования Военизированная Служба перешла на режим проведения воздействия преимущественно на градовые облака. Тем самым был значительно уменьшен расход ракет.

1996 г. – Работы по воздействию проводились только на территории Карачаево-Черкессии и Северной Осетии.

1997 г. – Защита от града во всех Республиках не проводилась.

1998 г. – Возобновлена защита от града на территориях Карачаево-Черкессии и Северной Осетии.

1999 г. – Возобновлена защита от града на территории Кабардино-Балкарской республики. Проведение воздействий на территории КБР и Северной Осетии осуществлялось с одного командного пункта (с. Псынабо, Урванского р-на КБР). Впервые использовалась компьютерная автоматическая система управления воздействием «МЕРКОМ».

2000 г. – Возобновлена защита от града на территории Кировского района Ставропольского края.

2001 г. – Северо-Кавказская военизированная служба по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы была переименована в ГУ Северо-Кавказская военизированная служба по активным воздействиям на метеорологические и другие геофизические процессы (20 февраля).

2009 г. – В Республике Дагестан сформированы 3 военизированных противолавинных отряда: Бежтинский, Ахтынский, Цумадинский и 9 снеголавинных постов, предназначенных для защиты от лавин людей и объектов экономики с использованием 100 мм артиллерийских систем КС-19 и БС-3 с осколочно-фугасными снарядами УОФ-412 (15 июня).

2009 г. – На Базе Службы в Нальчике запущен распределённый геофизический ситуационный центр Росгидромета, оснащён-

ный современным телекоммуникационным оборудованием (сентябрь).

2011 г. – ГУ Северо-Кавказская военизированная служба по активным воздействиям на метеорологические и другие геофизические процессы была переименована в ФГБУ Северо-Кавказская военизированная служба по активным воздействиям на метеорологические и другие геофизические процессы (27 мая).

2014 г. – Здание МРЛ-2 в СО ВЧ (г. Ардон) отремонтировано и преобразовано в станцию геофизического мониторинга, где установлены и работают (сентябрь):

- геофизическая станция высотного лидарного зондирования атмосферы;

- станция мониторинга малых газовых составляющих приземного слоя атмосферы и аэрозольной толщи;

- станция регистрации электростатических и магнитных полей, инфразвуковых и радиоволн.

2015 г. – В состав ФГБУ Северо-Кавказская ВС входит 21 структурное подразделение со штатной численностью 675 единиц. Служба, силами 2-х ВЧ и 2-х отрядов проводит противорадовую защиту сельскохозяйственных культур и многолетних насаждений на общей площади 920 тыс. га. Из них: в КБР – 480 тыс. га, КЧР – 240 тыс. га, РСО-Алания – 200 тыс. га. Для этого имеется 5 автоматизированных радиолокационных станций МРЛ-5 и 60 ракетных огневых пунктов воздействия, где применяются 154 ракетные пусковые установки. Кроме этого, в состав Службы входит Северо-Кавказский региональный противолавинный центр (СК РПЛЦ) состоящий из семи военизированных противолавинных отрядов – Бежтинский, Ахтынский, Цумадинский – в Республике Дагестан;



БУДАЕВ МАХМУТ СЮЛЕМЕНОВИЧ

Махмут Сюлеменович Будаев родился 15 ноября 1964 году. Окончил Кабардино-Балкарский государственный университет, 1986 г., стаж работы в отрасли 29 лет, заместитель начальника Военизированной Службы. Награжден Почетной грамотой Росгидромета, Почетный работник Гидрометеослужбы России.



БЕЙТУГАНОВ МУСАБИ НОГМАНОВИЧ

Мусаби Ногманович Бейтуганов родился 31 декабря 1944 года в с. Каменноостское КБ АССР. Окончил Кабардино-Балкарский государственный университет. Доктор физико-математических наук, ведущий ученый в области атмосферного электричества. Начальник Отдела активных воздействий СК ВС. Награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, Почетный работник Гидрометеослужбы России.



Сотрудники Северо-Кавказской военизированной службы. 2005 г.



Сотрудники Северо-Кавказской военизированной службы. 2015 г.
Руководители и специалисты ФГБУ Северо-Кавказская военизированная служба по активным воздействиям на метеорологические и другие геофизические процессы

Рокский, Цейский – в РСО-Алания, Эльбрусский в КБР и Домбайский в КЧР.

У них на вооружении состоят 100-миллиметровые зенитные пушки КС-19, 100-миллиметровые полевые пушки БС-3 и индивидуальные противолавинные переносные комплексы «Нурис», 100-миллиметровые осколочно-фугасные снаряды и 40-миллиметровые термобарические гранаты. Также имеется станция геофизического мониторинга «Ардон», региональный геофизический ситуационный центр «Нальчик», 5 сетевых стационарных метеорологических станций (из них 2 станции – ТДС) оснащенных АМК и АМС и 5 ведомственных снеголавинных постов. Станция геофизического мониторинга «Ардон» включает в себя:

– станцию высотного лидарного зондирования атмосферы;

– станцию мониторинга малых газовых составляющих приземного слоя атмосферы и аэрозольной толщи;

– станцию регистрации электростатических и магнитных полей, инфразвуковых и радиоволн.

Начиная с 1980 года, во всех отрядах Северо-Кавказской службы используется технология воздействия, созданная М.Т. Абшаевым, И.И. Бурцевым, В.А. Пометельниковым, Н.Г. Штульманом. По этой технологии засеваются только зоны формирования и образования града, и даётся способ радиолокационного обнаружения этих зон. Технология воздействия описана во «Временных методических указаниях по воздействию на градовые процессы», которые введены в действие Приказом Госкомгидромета СССР в 1986 году.

ИЗ КНИГИ «ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОСАДКООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ОСАДКОВ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РОСТА ГРАДА»

Ракетная технология воздействия на градоопасные облака с целью предотвращения в них роста града создавалась в СССР в начале 60-х годов несколькими научно-исследовательскими институтами, главными из которых были Центральная аэрологическая обсерватория (ЦАО), научный руководитель темы И.И. Гайворонский и Институт геофизики АН Грузии, научный руководитель А.И. Карцивадзе.

Прежде всего, следует отметить, что ракетная техника засева облаков была выбрана по объективным оценкам развития и проверки эффективности двух технических систем (школ) воздействия. Ракетная система, предложенная ЦАО (И.И. Гайворонский, Ю.А. Серёгин, Л.А. Диневиц) и ИГАН Грузии (А.И. Карцивадзе) с одной стороны, и артиллерийская система, предложенная

ВГИ (Г. Сулаквелидзе, Н. Бибилашвили, М. Абшаев).

В ВГИ (Сулаквелидзе Г., 1967) был разработан способ предотвращения града путем введения кристаллизующих аэрозолей в так называемую зону аккумуляции переохлажденной крупнокапельной влаги (накопившейся над уровнем максимальных скоростей вертикальных потоков). В этом случае объем зоны аккумуляции, как утверждали авторы, составляет в среднем около 15 км³. Для такой цели был разработан артиллерийский способ диспергирования реagenta (методом взрыва). Этот способ был применен на Северном Кавказе, Азербайджане и Армении.

Методика, разработанная в ЦАО и ИГАН Грузии (И.И. Гайворонский, А.Н. Ганичев, В.И. Дмитриев, А.И. Карцивадзе,

Ю.А. Серёгин, Ю.П. Чернопятков, Н.С. Чуков, В.В. Шимшинцев, 1967) требовала засеять достаточным количеством реagenta крупнокапельные зоны градоопасных облаков, то есть области повышенного радиолокационного отражения (ККО). Она опиралась на исследования ЦАО в области физики облаков и осадкообразования (В. Боровиков, С. Шметер, И. Мазин, В. Костарев, Н. Хргиан, А. Шупяцкий, А. Черников, А. Соловьёв, Н. Плауде и т. д.). При этом зона образования и роста града по данным авторов (по представлениям того периода) имеет объем около 100 км³. Оперативный засев таких объёмов могли обеспечить только ракеты типа «Облако», которые диспергировали льдообразующие аэрозоли вдоль относительно длинной трассы её полёта. По этой методике велись работы в Молдавии, Грузии и Украине (Крым, Одесская область). Вскоре исследования показали, что засева подлежат не только легко определяемая радиолокатором, так называемая крупнокапельная область (ККО), а гораздо большая область зарождения и роста града в облаке с очень сложными и постоянно меняющимися горизонтальными и вертикальными потоками. В этой связи следовало засеять очень оперативно (на ранней стадии развития градоопасной ячейки – не более трёх–пяти минут с момента обнаружения) большие, быстро меняющиеся, трудно определяемые радиолокатором области в облаке. Для оперативного выполнения такой задачи были разработаны ракеты типа «Алазань», а в дальнейшем «Кристалл», позволявшие оперативно засеять большие объёмы облака. Значительные усилия учёных и специалистов были направлены на разработку радиолокационных методов обнаружения градоопасных очагов в облаках на наиболее ранней стадии их развития (сверхкраткосрочный радиолокационный прогноз).

Вот в такой продолжительной поисковой конкурентной исследовательской работе учёных и специалистов преимущество было отдано ракетной технологии над артиллерийской.

Современные технические средства воздействия, в том числе радиолокаторы и ракетные комплексы, были задуманы для смены временно приспособленных в период начальных поисковых и опытных работ по разработке ракетной технологии

активных воздействий на осадкообразующие процессы.

По поручению директора ЦАО в тот период Г. Голышева и зав. отделом АВ ЦАО И.И. Гайворонского первые технические задания на разработку радиолокатора и ракетных комплексов были разработаны в Молдавии (Л. Диневиц, В. Вялицын, В. Орловский, В. Выжанов, В. Спасибо, А. Калягин). После их первого обсуждения в кабинете И. Голышева, при участии И. Гайворонского, Л. Диневица, Ю. Серёгина, Г. Шевелы, С.Ваксенбурга, В. Костарева, А. Черникова, П. Несмеянова и В. Азиева, А. Соловьёва и Н. Плауде, было решено на их основе подготовить технические предложения: на разработку двух радиолокаторов-ВНИИРА (в том числе для противорадовых работ и для измерения осадков) и на разработку ракетных комплексов – НИИПХ и ЦНИИ ТОЧМАШ. В дальнейшем технические предложения обсуждались уже в более широком кругу институтов, военизированных служб и специалистов.

Радиолокатор для противорадовых работ МРЛ-5 был доведен до производственной стадии. Его макетный вариант остался на месте производственных испытаний на Северном Кавказе. Первые радиолокаторы из серийного производства (передвижной и стационарный варианты) были установлены, соответственно в Суворовском и Котовском отрядах. МРЛ-5 – специализированная двухволновая радиолокационная станция, разработанная Ленинградским всесоюзным научно-исследовательским институтом радиоаппаратуры (главные конструкторы Г. Шевела и С. Ваксембург) на основе коллективного технического задания, подготовленного несколькими институтами и военизированными службами по активным воздействиям на атмосферные процессы (ВСБГ).

На начальном этапе главными в разработке радиолокатора для противорадовых задач были ЦАО (Москва) (Костарев, А. Черников, А. Шупяцкий) и ВСБГ Молдавии (Л. Диневиц). Дальнейшее сопровождение разработки выполнял ВГИ (Нальчик) совместно с ЦАО, ГГО и всеми ВСБГ. Коллективом авторов в составе М. Абшаев, И. Бурцев, Г. Шевела и С. Ваксембург было разработано и опубликовано руководство по применению этого радиолокатора в системе градозащиты.



ДИНЕВИЦ ЛЕОНИД АБРАМОВИЧ

Леонид Абрамович Диневиц родился в 1941 г. Руководитель Военизированной службы по активному воздействию на гидрометеорологические процессы в МССР с 1965 по 1992 г. Кандидат технических наук. Лауреат премии Совета Министров СССР в области науки и техники и золотой медали ВДНХ СССР. Возглавляемая Л.А. Диневицем Военизированная служба по активному воздействию на гидрометеорологические процессы Молдавии была одной из самых передовых и авторитетных в Госкомгидромете СССР. Многие годы Л.А. Диневиц был членом международного научного комитета по противорадовым работам в Аргентине. Ныне научный консультант по воздействиям на облачные процессы в Бразилии. В качестве научного консультанта выезжал во многие страны мира. Автор четырёх книг и 110 научных публикаций.

Научно-исследовательским и экспериментальным полигоном ЦАО на начальном этапе была Молдавская экспериментальная база, которая в конце 60-х годов стала частью созданной здесь же Военизированной службы по активным воздействиям на метеорологические процессы Госкомгидромета СССР. В состав этой службы на протяжении многих лет входила и служба в Крыму. Ракетный способ воздействия на осадко- и градообразовательные процессы был признан в мире наиболее соответствующим физическим представлениям о процессах осадко- и градообразования, однако наиболее сложным в технической реализации и наиболее дорогим.

К 1980 году на ракетную технологию перешли все службы в СССР (Северо-Кавказская, Краснодарская, Ставропольская, Армянская, Азербайджанская, Узбекская, Таджикская, Одесская, Крымская). К 1992 году противоградовые работы в Молдавии охватывали площадь около 2,5 млн гектаров. Специально созданными подразделениями осуществлялся большой комплекс научно-исследовательских работ и выполнялись опытно-производственные работы по увеличению осадков с помощью специальных самолётов и ракет, по рассеиванию переохлаждённых туманов, по предотвращению ущербов от заморозков, уменьшению активности гроз, подавлению конвекции.

Для обеспечения всех противоградовых служб мира всеми видами ракетных установок служба организовала их производство на трёх заводах Молдавии (Кишинёвский тракторный завод – установки ПГИ, Кишинёвский экспериментально-механический завод и Тираспольский завод литейных машин освоили производство и выпускали для всех противоградовых служб в мире установки для ракет «Облако», «Алазань», «Кристалл» и «Небо»). Здесь на постоянной основе проходили обучение и стажировки специалисты из Аргентины, Чехословакии, Югославии, Испании, Венгрии, Румынии, Швейцарии, Китая, Болгарии, Испании, Кубы и т.д. К 1990 году под руководством Госкомгидромета СССР были завершены правительственные переговоры с Румынией в отношении засева градоопасных облаков в зоне государственной границы.

Техническое оснащение, спектр выполняемых задач и их объёмы, условия работы

и жизни специалистов, их профессиональный уровень и авторитет стали основанием считать эту Службу флагманом в СССР.

На начальном этапе для засева облаков здесь применялись ракеты ПГИ-М и «Облако». Ракета ПГИ-М несла 250 граммов реагента, содержащего йодистое серебро. Реагент вводился на заданной части траектории полёта методом взрыва.

Ракета «Облако» в начальный период несла 4,5 килограмма хладореагента (замороженный в головной части ракеты брикет сухого льда). Вводился он методом взрыва в заданной точке траектории полёта.

Вскоре брикеты сухого льда были заменены на пироставы, содержащие йодистое серебро. Они поджигались с помощью головной трубки на заданной части траектории и вводились по трассе полёта.

На смену этим ракетам пришли двухступенчатые и одноступенчатые ракеты «Алазань».

Ракетные комплексы «Алазань» были разработаны по техническому заданию А. Карцивадзе в НИИПХ (главный конструктор П. Несмеянов), но доведены до производственного применения на полигонах Молдавии. Лишь после этого они получили широкое использование во всех ВСБГ.

Преимущество этих ракет заключалось в том, что за счёт веерного запуска одновременно нескольких ракет они в единицу времени засеивали существенно большие, чем ПГИ и «Облако», объёмы градоопасных ячеек. Вскоре на смену (или в дополнение) этим ракетам были разработаны ракеты «Кристалл» и «Небо». Производственные испытания ракет «Кристалл» выполнялись в Молдавии. Преимуществом ракеты «Кристалл» было в том, что она позволяла распылять йодистое серебро на большей части траектории полёта с помощью пиротехнических элементов. Одна ракета несла 32 таких пирозлемента. По моему мнению, это была лучшая ракета из всех ранее созданных. Пирозлементы запускались последовательно по всей трассе полёта. После отстрела пирозлементы свободно падали и диспергировали реагент. Трасса активного дыма пирозлемента 500 м. Вес реагента 250 грамм. Ракета показала себя лучшей из всех предыдущих видов. Ракетные установки для этой ракеты были разработаны и выпускались на заводах Молдавии.

Испытания ракеты «Небо» проходили в Молдавии, на Северном Кавказе и в Узбекистане. Ракета «Небо» после опытной эксплуатации 8 тысяч штук не прошла испытания – были выявлены серьёзные конструктивные недостатки ракеты, в связи с чем её дальнейшая разработка была остановлена.

Помимо ракетной техники, в дополнение к ней, с целью увеличения осадков в Молдавии были специально оборудованы два самолёта, которые могли в зависимости от метеорологической ситуации и состояния облаков производить их засев с помощью гранул сухого льда, жидкого азота, пиротехнических патронов на основе йодистого серебра. В ряде случаев к этим самолётам для засева больших массивов облачности привлекались самолёты ЦАО (Ю. Серёгин) и УкрНИГМИ (Б. Лесков). Для обеспечения этих работ в аэропорту Кишинёв был создан соответствующий комплекс, позволявший получать гранулы сухого льда из жидкой углекислоты. Здесь же был запас пиротехнических патронов, радиолокатор МРЛ-5 и командно-диспетчерский пункт совместного управления активными воздействиями и управления самолётами. Это позволяло целенаправленно управлять действиями самолётов и обеспечивать радиолокационный контроль за состоянием облаков и осадков.

В течение двух лет (с 1989 по 1990 год) в осенне-зимний период в Молдавской службе проводился эксперимент по искусственному увеличению осадков. В данном эксперименте увеличение осадков производилось на заранее выбранной мишени площадью примерно 200 тысяч гектаров юго-восточнее Кишинёва. Технология позволяла получать до 20 % дополнительного дождя и снега.

В Кишинёвском аэропорту с помощью ЦАО была создана система (специальное оборудование и технология), которые открывали аэропорт от переохлаждённых туманов с помощью пропановых и жидкоазотных установок. На Григориопольском полигоне при участии Института сельскохозяйственной метеорологии (Обнинск) были



Запуск противоградовой ракеты «Облако»

организованы экспериментальные работы по защите сельскохозяйственных культур от заморозков. На Сорокском полигоне при участии ЦАО и ГГО проводился широкий комплекс работ по исследованию гроз, молний и активных воздействий на грозовые облака с целью уменьшения их активности и подавления конвекции. На Котовском полигоне при участии ЦАО были созданы аэрозольная и химическая лаборатории, и специальная аэродинамическая труба. Здесь же совместно с институтом физики АН Литвы выполнялся широкий комплексный эксперимент по исследованию потоков в облаках и околооблачном пространстве, а также по влиянию противоградовых засевов на режим осадков.

ПРОТИВОГРАДОВЫЕ РАБОТЫ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА В ПЕРИОД 1992–2014 ГГ.

В 1991 году Республика Молдова стала независимым государством. Возникшие в последующие годы экономические трудности в стране отразились на финансировании противоградовых работ. Началось ежегодное их снижение, дошедшее к 1999 году до 40 % от необходимого уровня. В 1999 году площади градозащиты в республике составили 1 млн 970 тыс. га. Фактически в 90-х годах Противоградная служба поддерживала производственную деятельность за счет внутренних технологических и кадровых ресурсов.

Последствия недостаточного финансирования привели к тому, что в 2000–2001 годах противоградная защита в республике была приостановлена из-за отсутствия средств на закупку противоградовых ракет. Произошел и большой отток наиболее квалифицированных специалистов (около 50 %). За эти два года прямые потери от града в сельском хозяйстве, без учета социального сектора и других потерь, составили более 40,0 млн долларов США, что соответствовало примерно 10-летнему финансированию Службы. Эти факты подтвердили экономическую целесообразность и эффективность реализуемой в РМ системы противоградовой защиты.

Фактическое восстановление противоградовых работ в Республике Молдова началось с 2002 года: в июле были начаты работы на площади 165,0 тыс. га, которую к концу противоградового сезона удалось увеличить до 480,0 тыс. га. Такое расширение стало возможным благодаря восстановлению противоградовых изделий (ракет) «Алазань-2» с истекшим сроком эксплуатации, находящихся на хранении в Противоградовой службе и, соответственно, снижению затрат в сравнении с приобретением такого же количества новых ракет. Следует отметить высокий профессионализм при выполнении данных работ специалистов Службы (И.А. Гараба, А.Н. Калягин, В.Г. Любченко, П.Ф. Галуца и др.).

В следующие 4 года (2003–2006 годы) по мере увеличения финансирования противоградовых работ площадь градозащиты была

доведена до 700,0 тыс. га. Одновременно в Службе уделялось большое внимание подготовке специалистов в области АВ и радиолокации в системе постоянно действующей технической учебы. В этот период была принята и начата реализовываться программа технического переоснащения и модернизации средств радиолокации, ракетной техники и связи. В декабре 2005 года Противоградная служба переименована в Специальную службу по активному воздействию на гидрометеорологические и другие геофизические процессы Республики Молдова.

В 2006 году Правительством Республики Молдова была поставлена задача о масштабном расширении площадей градозащиты. В соответствии с принятой Национальной Программой предусматривалось в 2007 году увеличение площадей градозащиты на 300,0 тыс. га, в 2008 – на 400,0 тыс. га, в 2009 – на 600,0 тыс. га. Для выполнения данной программы была проделана специалистами оперативных отделов Управления Службы и командирами специальных частей большая работа (И.А. Гараба, Е.И. Потапов, А.Н. Калягин, П.В. Ингулец, Г.Я. Ганинэ, С.И. Дубровин, И.Д. Рудяну, А.П. Дьяченко и многие другие). Благодаря успешной реализации программы в 2008 году площади градозащиты составили 1,4 млн га. Противоградовыми работами были охвачены наиболее градоопасные районы в северной и центральной части Республики Молдова, где ежегодные площади повреждения градом могли превышать 20–25 % от их территорий.

Одновременно с расширением площадей защиты была поставлена задача по оптимизации расхода бюджетных средств, а именно: изучить возможность изготовления на молдавских предприятиях определенных деталей и узлов противоградовой ракеты «Алазань» с последующим выполнением работ по их сборке. Для этого была создана Правительственная Комиссия с участием Министерства финансов, Министерства промышленности, Министерства сельского хозяйства и пищевой промышленности,

Министерства экономики, Академии Наук и Специальной службы по активным воздействиям. В результате было организовано совместное российско-молдавское предприятие «Молдантиград». Большой вклад в его создание и развитие внесли российские специалисты П.А. Несмеянов, В.П. Корнеев, И.Н. Шакиров, М.С. Резников, В.Н. Стасенко. За период 2006–2014 годов на предприятии осуществлена сборка более 25,0 тыс. нового поколения противоградовых ракет «Алазань-6». Предприятие «Молдантиград» показало значимую рентабельность, а также высокую надежность выпускаемой продукции, что позволило сэкономить государству порядка 20 млн леев (эквивалентно стоимости более 3500 штук противоградовых ракет) и создать дополнительные рабочие места.

В целях повышения надежности работы радиолокаторов, продления сроков их эксплуатации Служба АВ с 2004 года реализует программу по переводу отдельных узлов РЛС МРЛ-5 на современную элементную базу. В течение последующих трех лет отдел радиолокации (П.В. Ингулец) совместно с молдавскими предприятиями, специализированными в области электроники, модернизировали все РЛС, задействованные в оперативных работах.

С 2006 года в Службе АВ началось внедрение автоматизированных систем АСУ-МРЛ на базе РЛС МРЛ-5. При решении этих

вопросов высокопрофессиональную помощь оказал НПЦ «Антиград» (Нальчик, Российская Федерация) во главе с М.Т. Абшаевым, которые на протяжении 8-ми лет совместно с молдавскими специалистами (Д.К. Даркач, Г.С. Бурундуков, Е.И. Потапов, С.Д. Плюснин, Ю.И. Чобану и др.) принимали участие в этих работах.

Разработка и внедрение с 2007 года специального программного обеспечения к этим системам позволила отображать на экране ПК горизонтальные сечения радиозащита облаков как в эйлеровой (стандартной), так и подвижной (лагранжевой) системах координат. Такой подход дал возможность более точно определять направление эволюции градоопасных облаков и, как следствие, оптимизировать расход противоградовых ракет при принятии решений на проведение воздействий. Эти и другие методические особенности по проведению АВ с применением АСУ-МРЛ нашли свое отражение в «Методическом руководстве по проведению АВ на градовые процессы в Республике Молдова» (И. Гараба, Е. Потапов, С. Плюснин, Г. Бурундуков, В. Попова, Ю. Степанятов, А. Хоменко и др.).

Внедрение АСУ-МРЛ дало возможность повысить надежность получаемой информации, улучшить другие важные производственные, организационные и экономические составляющие в деятельности Служ-

ГАРАБА ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ

Иван Александрович Гараба родился в 1963 г. В 1985 г. окончил физический факультет Кишиневского государственного университета по специальности «физика атмосферы», а в 2000 г. – Академию общественного управления при Правительстве Республики Молдова по специальности «психология управления». С 1985 по 1992 г. работал в Молдавской Службе по АВ инженером, затем руководителем группы активного воздействия. С 1992 по 1997 г. – командир противоградовой части, а с 1997 по 2002 г. – заместитель директора Службы. С 2002 по 2015 г. И.А. Гараба был директором Службы. В настоящее время работает техническим директором АО «Молдантиград». Автор 22 научных публикаций и двух патентов. Награжден двумя золотыми медалями Международной специализированной экспозиции по интеллектуальной собственности.



бы. В частности, были проведены работы по изменению структуры защищаемых территорий в сторону их увеличения – площади ЗТ противорадовых частей составляют от 200 до 300 тыс. га (ранее не более 150 тыс. га). Были созданы возможности для дальнейшего расширения площадей градозащиты без дополнительного открытия КП и т.д. В 2014 году в Службе функционировало семь АСУ-МРЛ версии 6,4.

Важным шагом в дальнейшем совершенствовании технологии АВ на градовые процессы было создание в Службе единой информационной сети по сбору и передаче радиолокационной информации с разных АСУ-МРЛ. По оптоволоконным линиям связи данная информация в постоянном режиме поступает на командные пункты противорадовых частей, на рабочие места в Управление Службы (И.А. Гараба, М.З. Анофрей, Е.И. Потапов, Д.К. Даркач). Это позволило оперативно проводить консультации по вопросам АВ со специалистами других частей повысить надежность обеспечения радиолокационной информацией КП, оперативно выявлять места выпадения твердых осадков.

В результате в Управлении Службы была создана система мониторинга грозоградовых процессов (ГПП) на всей ЗТ и прилегающих к ней территориях, а также хода воздействий.

В перечне технологических внедрений нужно отметить работы, связанные с изменением системы запуска противорадовых ракет. Для этого молдавскими специалистами Службы АВ был разработан и внедрен импульсный генератор «Старт», который помимо непосредственного обеспечения запуска противорадовых ракет выполняет функции диагностики электрических цепей от пульта запуска до пусковых установок. Внедрение генератора «Старт» позволило сэкономить значительные средства, поскольку их эксплуатация в 20 раз дешевле щелочных аккумуляторов, ранее применявшихся в качестве источника постоянного тока для пусковых установок.

Одной из определяющих характеристик противорадовых ракет является качество их кристаллизующих реагентов (активность). В этом контексте для контроля этой и других характеристик реагентов Службой совместно с Институтом электронной

инженерии и нанотехнологий Академии наук РМ создана лаборатория по тестированию полномерных генераторов пиротехнических льдообразующих аэрозолей (ракет, патронов и пр.). В аэродинамической установке противорадовые ракеты в рабочем режиме обдуваются при скоростях потока до 30 м/с. Благодаря этому Служба на постоянной основе осуществляет оперативный контроль свойств реагентов и соответствия их техническим данным. Создание такой лаборатории стали возможными благодаря содействию и непосредственному участию сотрудника НПО «Тайфун» (РФ, г. Обнинск) Н.С. Кима, сотрудника Службы Е.И. Потапова и сотрудника Института электронной инженерии и нанотехнологий Е.А. Засавицкого и поддержке данного направления академиком АН РМ Д.В. Гицу и В.Г. Канцаром.

Несмотря на сложные периоды в организационной и экономической составляющей деятельности, в последние два десятилетия сотрудники Службы продолжали и продолжают исследования в области физики кучево-дождевых облаков и активного воздействия на них в целях подавления града. В развитие методики АВ на градовые процессы в последние годы приняты положения, связанные с реализацией концепции «ускорения осадкообразования» и концепции «предотвращения роста крупного града». Для более полной их реализации используются противорадовые реагенты с высоким выходом активных частиц льдообразования: ракеты «Алазань-6» (российское производство) и «Loza-2» (болгарское производство). Выход активных ядер с одного грамма таких составов при -10°C соответственно $-1,1 \cdot 10^{13}$ и $6,2 \cdot 10^{13}$.

Результаты расчетов при моделировании процессов образования градовых частиц в облаке подтверждают выводы о большей конечной эффективности АВ при засеивании конвективных облаков на ранних стадиях развития. В то же время показана возможность положительного результата воздействия и на конвективные ячейки на более поздних стадиях развития, хотя и большим расходом реагента (С. Д. Плюснин).

Благодаря технологическим и методическим разработкам, внедренным в Службе АВ на современном этапе, в последние 10 лет наблюдается тенденция уменьшения

расхода противорадовых ракет в сравнении с предыдущими годами и увеличение физической эффективности противорадовых работ. Совершенствование технологии АВ на градовые процессы способствовало и уменьшению стоимости противорадовой защиты, что является важным элементом в условиях рыночной экономики и выделения финансовых средств на поддержку государством противорадовых работ в Молдове. По состоянию на 2014 год, стоимость одного гектара защищаемой территории составляет порядка 3,3 евро, что является одним из самых низких показателей на Европейском континенте. Для сравнения, стоимость одного гектара защиты (2013–2014 годы) в Болгарии, Сербии, Македонии составляет около 5,0 евро, в России – 3,0–5,0 евро, в Румынии – 10,0 евро.

Развитие Специальной Службы по активным воздействиям Республики Молдова, превращение ее в высокотехнологическое и эффективное производство в области активных воздействий во многом обусловлены большим вкладом ее руководителей.

В период с января 1964 по январь 1968 год начальником Молдавской Противорадовой службы (Экспериментальная экспедиция) был А.С. Чемберджи. В эти годы совместно со специалистами Центральной аэрологической обсерватории были проделаны работы по организации и проведению экспериментов по АВ на градоопасные облака на специально организованном полигоне в поселке Корнешты Унгенского района, определены необходимые технические средства для функционирования работ по АВ, решены многие организационные и кадровые вопросы, в том числе приглашение специалистов в области физики атмосферы, радиолокации, ракетной техники и др.

С именем Л.А. Диневича, руководившего Службой с 1969 по 1991 год, связаны значимые достижения в становлении и развитии противорадовых работ в республике, в разработке и совершенствовании методики АВ на градовые процессы, в организации многих научных экспериментов по изучению облаков, работ по искусственному увеличению осадков, возможности борьбы с заморозками и рассеиванию туманов, внедрении современных технических средств АВ, организации и подготовке кадров в учебных заведениях Республики Молдова, в том числе в Го-



ПОТАПОВ ЕВГЕНИЙ ИВАНОВИЧ

Евгений Иванович Потапов родился в 1944 году в Смоленской области. После окончания в 1970 г. Саратовского государственного университета по специальности «метеорология» был направлен на работу в качестве инженера Молдавской экспериментальной базы Центральной аэрологической обсерватории. В последующие годы занимал должности старшего инженера, руководителя группы, начальника Молдавской экспериментальной базы ЦАО. С 1997 по 2015 г. работал начальником отдела активных воздействий Специальной службы по АВ на гидрометеорологические процессы Республики Молдова. Кандидат физико-математических наук, автор более 50 научных публикаций, докладов, руководящих документов, патентов. Участник ряда международных проектов в области АВ по вызыванию дополнительных осадков, подавлению града, по подготовке специалистов для этих работ (Болгария, Венгрия, Сирия, Иран, Румыния, Республика Молдова). Награжден знаком «Отличник Госкомгидромета» и грамотами. В настоящее время сотрудник – российско-молдавского предприятия «Молдантиград».

сударственном университете (г. Кишинев) по специализации физика атмосферы. Для проведения экспериментальных работ привлекались многие видные ученые из научно-исследовательских организаций и предприятий республиканского и союзного значения.

С июля 1991 года по октябрь 1992 года Службой руководил В.А. Буйницкий. В это время было начато внедрение компьютерной техники, которая послужила в последующем основой автоматизации многих производственных сегментов. Изучалась возможность проведения работ на договорной основе с сельскохозяйственными производителями. В 1992 году Служба перешла в подчинение Министерства сельского хозяйства и пищевой промышленности Республики Молдова. В период с октября 1992 по май 2002 год Службу возглавлял А.С. Гин-

кул. Этот промежуток времени характеризовался как сложный в экономическом и производственном плане период. Несмотря на это (по сравнению со многими республиканскими организациями), нашей Службе удалось в целом сохранить производственную инфраструктуру с ее технологическим оборудованием, зданиями и сооружениями.

С июля 2002 по май 2015 года Специальную службу по активным воздействиям Республики Молдова возглавлял И.А. Гараба. Под его руководством Служба возродила свой потенциал, превратилась в высокоэффективное производство в данной области. За этот период произведено технологическое переоснащение в соответствии с современными требованиями, внедрена усовершенствованная методика АВ на градодовые процессы с элементами, разработанными специалистами Службы, восстановлены

международные связи с НИИ и организациями в области АВ (Российская Федерация, Румыния, Болгария, Украина). Заключены договоры о сотрудничестве в области АВ с представителями Китайской Народной Республики, Аргентины.

Численный персонал Специальной Службы АВ на 1 января 2015 составлял 1168 человек, из которых 295 специалистов с высшим и специальным техническим образованием. Площадь градозащиты – 1486 тыс. гектар, что составляет около 50 % территории Республики. Количество пунктов ракетного воздействия – 115.

Физическая эффективность противорадовой защиты за последние 10 лет в среднем

составляет 90 % при коэффициенте рентабельности больше 10. Современный потенциал Службы позволяет увеличить площадь градозащиты до 2 млн га. Высокие показатели эффективности стали возможными благодаря профессионализму и многолетнему опыту в области АВ на градодовые процессы таких специалистов на местах и Управления Службы как С. Дубровин, Г. Бурундуков, С. Плюснин, В. Попова, Л. Гаврилюк, Л. Курудимова, А. Вишнякова, А. Хоменко, Ю. Степанятов, Т. Тагару, Н. Оларь, А. Тагырш, И. Тагырш, В. Курудимов, Л. Короткова, А. Борисенко, Л. Горох и многих других.



Схема защищаемой территории и расположения пунктов воздействия на территории Республики Молдова в 2014 году

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОТИВОГРАДОВЫХ РАБОТ В АРМЕНИИ

В Армении градовые процессы характеризуются спецификой, определяемой как общециркуляционными факторами, так и основными чертами рельефа территории, формирующими климат республики. Сложный горный рельеф и его расчлененность обусловили значительные различия в климатических характеристиках районов республики. В результате совокупности всех этих условий за год в Армении по многолетним данным наблюдаются в среднем 95–100 дней с выпадением твердых осадков.

В Армении противоградовые работы ведутся с 1964 года. В течение 1964–1965 годов Аштаракский противоградовый отряд под методическим и научным руководством Высокогорного геофизического института (ВГИ) проводил испытания артиллерийского метода противоградовой защиты на площади 50–60 тыс. га. Эти работы показали, что метод разработанный ВГИ на Северном Кавказе, может быть применен в условиях Армении.

В 1966 году на базе Аштаракского противоградового отряда Кавказской экспедиции была создана Армянская противоградовая экспедиция. В состав экспедиции вошли два больших противоградовых отряда, взявших под защиту от града Арагатскую долину общей площадью 235 тыс. га. В результате противоградовой защиты (ПГЗ) убытки от градобитий в 1966 году были значительно сокращены.

На основе полученных результатов ЦК КП и СМ Армении приняли постановление от 10 октября 1966 года «О мерах по расширению противоградовых работ в Армянской ССР», в котором, в частности, предусматривалось организовать в 1967 году три новых противоградовых отряда (Талинский, Шамшадинский, Ноемберянский) и довести общую площадь защиты до 450 тыс. га и особенно в районах, подверженных наиболее частым градобитиям.

В следующем году, согласно решению ЦК КП и СМ Армянской ССР от 5 июня 1967 г. «О мерах по дальнейшему развитию работ по защите сельхозкультуры от градобитий»,

принятому в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 22 апреля 1967 г. «О состоянии противоградовых мероприятий в Республике и мерах по их улучшению», противоградовые работы были расширены. Учитывая эффективность противоградовых работ, защищаемые территории были увеличены и в 1971 году достигли около 700 тыс. га. Совместным постановлением ЦК КП и Совмина Армении в 1971 г. Армянская противоградовая экспедиция была переименована в Комплексную экспедицию активных воздействий (КЭАВ).

В организацию и проведение противоградовых работ в республике ощутимый вклад вложили ученые ВГИ Г.К. Сулаквелидзе, И.И. Бурцев, М.Т. Абшаев, а также Начальник УГМС АрмССР С.В. Шагинян, местные специалисты А.И. Бротгандель и Г.З. Элбакян.

Параллельно с противоградовыми работами в Армении с 1973 года совместно с учеными Института прикладной геофизики (ИПГ) и лично под научным руководством академика Е.К. Федорова в республике были начаты работы по искусственному увеличению осадков (ИУО) с целью повышения уровня озера Севан. В структуре КЭАВ была создана Севанская производственно-экспериментальная база с двумя радиолокаторами МРЛ-5. Активные воздействия с целью увеличения осадков велись зенитными и ракетными установками, наземными аэрозольными генераторами и самолетами. В конце 1970-х годов на юго-западе оз. Севан, на горном хребте, было построено впервые в СССР уникальное сооружение – Суперметеотрон, с помощью которого тоже велись экспериментальные работы по активному воздействию. Испытывались пропано-ацетоновые генераторы второго поколения и генераторы на жидком азоте. В качестве кристаллизующего реагента, вводимого в облака, использовалось йодистое серебро.

Оценка физической эффективности работ по ИУО проводилась с помощью специализированной осадкомерной сети и автоматизированного радиолокационного комплекса

«Осадки» на основе специально разработанной комплексной методики. Методика включала применение различных статистических и физико-статистических методов обнаружения, наличия эффекта воздействия; статистическое моделирование экспериментов, использование математических моделей облачности и осадков, активного воздействия на них.

Работы продолжались до 1989 года и по данным научных отчетов увеличение годовых сумм осадков в бассейне озера Севан составило 20–25 мм, или 5 % от годовой нормы. Определено количество дополнительных водных ресурсов в бассейне, полученных в результате опытных работ. Для холодного периода они составили около 30 млн м³.

Таким образом, в период выполнения исследовательского проекта увеличения осадков «Севан» общее количество дополнительных водных ресурсов составило около 40 млн м³ в год. Стоимость одной тонны дополнительных водных ресурсов за счет активных воздействий составила 0,01–0,05 долларов США.

Координацию этих работ осуществляло Управление активных воздействий Госкомгидромета СССР под руководством начальника И.И. Бурцева. В экспериментальных работах

совместно со специалистами Военизированной службы Армении (А.С. Овсепян и др.) участвовали ученые из ИПГ Н.И. Вульфсон, Л.М. Левин, А.Г. Лактионов и др., из Московского Физико-технического института проф. И.А. Сафаров, специалисты ЦАО, УкрНИГМИ, Ереванского отдела ЗакНИГМИ.

В 1976 году Совет Министров Армянской ССР постановлением от 16 марта № 126 «О состоянии противоградовых работ и мерах по их улучшению» принял решение о подготовке местных квалифицированных специалистов по физике атмосферы, в порядке специализации на механико-математическом, а через год и на физическом факультетах Ереванского государственного университета в количестве 15 человек ежегодно. А также пяти специалистов по радиолокации в Политехническом институте. Кроме того, кадры пополнялись за счет заочного обучения в гидрометвузах СССР. К подготовке специалистов в Ереванском государственном университете привлекались опытные сотрудники Службы – Р.С. Овсепян, Р.Г. Бадасян, а также А.И. Бротгандель и Г.З. Элбакян.

В 1976 году приказом № 114 ГУГМС при Совете Министров СССР «КЭАВ» Армении была преобразована в Военизированную



ОВСЕПЯН РОБЕРТ СУРЕНОВИЧ

Роберт Суренович Овсепян родился в 1948 году. В 1970 г. окончил механико-математический факультет Ереванского госуниверситета и был направлен на работу в Армянскую противоградовую экспедицию. С 1975 и до 2014 г., в течение 39 лет, – начальник Службы активных воздействий на атмосферные процессы Армении. Является организатором и руководителем внедрения ракетно-артиллерийского батарейного метода, электрофизического, а также акустического методов воздействий на атмосферные процессы в Армении. С 1977 по 2002 г. преподавал дисциплину «Физические основы активных воздействий на атмосферные процессы» в Ереванском университете, доцент. Имеет более 20-и опубликованных научных трудов. В 1981 г. награжден орденом «Знак почета». За годы работы 12 раз был награжден наградами Госкомгидромета СССР, а также ведомственными наградами Республики Армения.

службу по борьбе с градом Армянской ССР (ВСБГ Армянской ССР).

С 1975 года впервые в СССР в Армении была полностью внедрена артиллерийская батарейная методика по воздействию на градовые процессы, предложенная Ю.А. Дадали. Сущность батарейной методики в том, что с помощью 4-5 установок КС-19 в короткий промежуток времени, что очень важно в противоградовых работах, обеспечивается внесение реагента в облако в несколько раз больше, чем при наличии одной установки.

Основные преимущества этого метода воздействия на градовые процессы заключаются в том, что существует практическая возможность реализации одновременного действия эффекта взрыва, продуктов ликвидации и кристаллизации за счет обеспечения необходимого числа серий стрельб по всей ширине конвективной градовой ячейки. Кроме того, можно провести оперативную многоярусную обработку конвективных процессов значительной вертикальной мощности за время, соизмеримое со временем роста града (6–8 мин).

Преимущество батарейного метода особенно проявляется при воздействии на мощные процессы. Прерывание интенсивных градобитий достигается массированным обстрелом обрабатываемого объема облака в течение короткого промежутка времени путем проведения залповых стрельб, охватывающих всю ширину конвективной градовой

ячейки. Сосредоточение большого количества орудий на пунктах воздействия повышает их оперативность и огневую мощь, позволяет существенно сократить количество огневых точек в отрядах и необходимость взаимного перекрытия их радиусов действия.

С введением батарейной методики воздействия на градовые процессы экономическая эффективность противоградовых работ в Армении значительно возросла, ущерб от градобитий уменьшился. Если до начала противоградовой защиты площадь повреждения сельхозкультур по среднемуголетним данным составляла 28 тыс. га, то в годы защиты она не превышала в среднем 1,1 тыс. га, то есть площади повреждения уменьшились более чем в 25 раз. На прилегающей к защищаемой территории ущерб от градобития за тот же период составлял ежегодно в среднем 16 тыс. га.

В 1981 году Служба имела 10 военизированных противоградовых отрядов, осуществлявших защиту на площади 950 тыс. га. Постановлением Совета Министров Армянской ССР от 18.01.82 № 26 «О дальнейшем развитии работ по активному воздействию на гидрометеорологические процессы в интересах народного хозяйства» Военизированная служба по борьбе с градом была переименована в Военизированную службу по активному воздействию на гидрометеорологические процессы.

В 1982–1983 годах на пунктах воздействий военизированной службы были установлены ракетные установки, и воздействие стало проводиться одновременно снарядами и ракетами. Опыты работ показывали, что ракетный метод воздействия совместно с артиллерийским, батарейным, дает положительные результаты, особенно при воздействии на облака большой горизонтальной протяженности.

В 1984 году в Службе функционировало 11 отрядов (Акналический, Двинский, Талинский, Шамшадинский, Ноемберянский, Иджеванский, Туманянский, Калининский, Ахурянский, Ехегнадзорский, Аштараковский), в составе которых функционировало свыше 50 пунктов воздействия. Защищаемая площадь от градобития превышала 1 млн га.

В 1990 году Армянская Военизированная служба с 12-ю противоградовыми отрядами и 60-ю ракетно-артиллерийскими батареями осуществляла защиту сельскохозяйственных культур от градобитий на общей площади 1130 тыс. га в 18-ти административных районах республики и была одной из самых крупных в СССР.

В 1976–1990 годах физическая эффективность в среднем составила 95–99 процентов, а экономическая – 19,2–26,3 млн рублей. За достижение высоких результатов, успешное выполнение показателей экономического и социального развития, высокую эффективность и качества противоградовых работ Военизированная служба

Армении трижды стала победителем социалистического соревнования среди служб Госкомгидромета СССР.

В достигнутых результатах службы вложили большой вклад сотрудники Р.С. Овсепян, Г.Л. Айрапетян, А.С. Овсепян, Т.Л. Григорян, С.А. Годжоян, В.М. Швиригирь, Х.Ж. Галстян, П.А. Петросян, Л.С. Степанян, М.С. Фаер, Р.Г. Бадасян, Л.П. Манукян и др., а также коллективы УАВ Госкомгидромета СССР во главе с начальником управления И.И. Бурцевым и НППЦ ПГЗ во главе с профессором М.П. Абшаевым.

С 1992 года в связи с распадом СССР и отсутствием финансирования служба приостановила работы по активному воздействию, проводились только радиолокационные наблюдения.

В апреле 2003 года постановлением правительства Армении на базе Военизированной службы была создана Государственная некоммерческая организация «Служба активного воздействия на атмосферные процессы» (ГНО «САВАП») при МЧС Армении.

В 2004 года с участием специалистов МЧС РФ в Армении был опробован электрофизический метод активных воздействий на атмосферные процессы на базе ионизаторов. Эксперименты увенчались успехом.

В 2005 году в республике был внедрен акустический метод активных воздействий, для чего у Аргентины были приобретены 15 генераторов, работающих на базе



ОВСЕПЯН СУРЕН РОБЕРТОВИЧ

Сурен Робертович Овсепян родился в 1980 году. В 2002 г. окончил Ереванский государственный университет архитектуры и строительства. В 2004–2005 гг. – ведущий специалист Управления по чрезвычайным ситуациям Армении. С 2005 г. по настоящее время работает в ГНО «САВАП», где прошел путь от главного специалиста до заместителя директора. Параллельно основной работе активно занимается научной и конструкторской работой в области активных воздействий на атмосферные процессы. Автор 15-ти научных статей и 3-х патентов, один из которых Евразийский. Кандидат технических наук в области геоэкологии. За годы работ был награжден почетными грамотами и благодарностями.



ГАЛСТЯН ХАЧИК ЖОРЖИКОВИЧ

Хачик Жоржикович Галстян родился в 1957 году. В 1980 г. окончил механико-математический факультет Ереванского госуниверситета и был направлен на работы в Армянскую противоградовую экспедицию. С 1982 г. работал старшим инженером Талинского военизированного отряда. А в 1988 г. был переведен на должность командира Ахурянского отряда. С 1999 г. переведен на должность начальника Ахурянского отряда. С 2005 г. по настоящее время работает начальником в Лорийском радиолокационном центре «САВАП». В 1982 г. занесен на «Доску почета». В 2011 г. был награжден медалью МЧС Армении «Предотвращение, помощь, спасение». За годы работ был награжден почетными грамотами и благодарностями.



АГАЯН САМВЕЛ АРТАШЕСОВИЧ

Самвел Арташесович Агаян родился в 1961 году. В 1985 г. окончил механико-математический факультет Ереванского госуниверситета. В 1987 г. поступил на работу в Аштаракский отдел Военизированной службы. С 2002 г. работал специалистом 1-й категории в отделе радиолокационного наблюдения. С 2005 г. работал ведущим специалистом в Арагацотном радиолокационном противорадовом центре. А с 2007 г. – в том же центре как главный специалист. С 2008 г. - начальник отдела активных воздействий ГНО «САВАП». С 2012 г. по настоящее время – начальник Арагацотного радиолокационного центра. За годы работ был награжден почетными грамотами и благодарностями.

ацетилена. В дальнейшем специалистами (С.Р. Овсепян) службы была разработана и внедрена новая более эффективная модификация этих генераторов-акустическая противорадовая пушка.

В настоящее время в четырех областях республики успешно действуют 154 стационарных и передвижных противорадовых станций, автоматически радиоуправляемых двумя радиолокаторами МРЛ-5. Полезная защищаемая площадь составляет более 1500 тыс. га, физическая эффективность в среднем 70 %, стоимость защиты 1 га составляет 25 долларов США, что снизится с увеличением количества противорадовых станции.

Работы за 10 лет показывали рентабельность и эффективность указанного метода активных воздействий в условиях Армении. В настоящее время руководство Армении принимает необходимые меры по расширению защищаемых территорий.

Первым организатором противорадовых работ в Республике был кандидат географических наук Бротгандель Альберт Исаакович. Он руководил службой с 1965 по 1970 год. С 1971 по 1972 год начальником службы был кандидат географических наук Элбакян Гарри Завенович. С 1972 по 1974 год Службой руководил приглашенный из ВГИ кандидат физико-математических наук Дадали Юрий Асанович.



ОВСЕПЯН АРТУР РОБЕРТОВИЧ

Артур Робертович Овсепян родился в 1982 году. В 2004 г. окончил Ереванский государственный университет архитектуры и строительства. 2006–2009 гг. работал инженером в ООО «Дорпроект». В 2009 г. был принят на работу в ГНО "САВАП" главным специалистом. С июля 2015 г. – исполняющий обязанности начальника Отдела координаций технических средств и экспериментальных ресурсов САВАП. Автор 6-ти научных статей и 1-го патента. Кандидат технических наук. За годы работ был награжден почетными грамотами.



Участники конференции по Физике атмосферы и активным воздействиям. ВГИ, Налчик, 1979 г.

КРАСНОДАРСКАЯ ВОЕНИЗИРОВАННАЯ СЛУЖБА

В 50–60-е годы прошлого века в СССР начались исследования механизма образования града и возможности борьбе с ним. Выяснялся механизм образования осадков и града в кучевых облаках, изучались процессы кристаллизации переохлажденных облаков и обосновывался метод внесения реагента в облако. В результате этих исследований в 1958–1959 годах сложилось представление о механизме образования ливневых осадков и града. Была выяснена роль изменения скорости восходящих потоков по высоте в процессе накопления влаги в облаке и образования крупнокапельной зоны (зоны аккумуляции). Было показано, что основной рост града происходит в зоне аккумуляции, а размер града и количество выпадающих осадков зависят в основном от максимальной скорости восходящих потоков, обусловленных термодинамической неустойчивостью атмосферы. В результате к 1961 году был разработан метод воздействия на мощные кучевые облака с целью

предотвращения выпадения крупного града. Одновременно был разработан радиолокационный метод обнаружения градовых очагов в облаке и определения размеров градовых частиц. В 1961–1963 годах проводились опыты по воздействию на градовые процессы вышеуказанным методом. Успешные результаты опытов, проведенных с помощью разработанных методов, позволили перейти к испытанию предложенного метода в естественных условиях на больших площадях с целью выяснения его экономической эффективности и в целях выработки методических рекомендаций по его внедрению в народное хозяйство.

22 апреля 1967 года вышло Постановление Совета Министров СССР «О мерах по дальнейшему развитию работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий». Во исполнение этого постановления в этом же году были начаты противоградовые работы в Краснодарском крае. КТПЭ – Краснодарская территориальная

противоградная экспедиция, состоящая из двух противоградовых отрядов, приступила к защите сельскохозяйственных культур от градобитий в самых градоопасных районах края – Отрадненском и Лабинском. Начальником экспедиции был Кобяков Николай Павлович, начальником Отрадненского отряда – Каменьщикова Таисия Ивановна, начальником Лабинского отряда и заместителем начальника экспедиции – Ковальчук Антонина Никифоровна. В 1968 году начал работу Чамлыкский противоградовый отряд. Начальником Чамлыкского отряда был назначен Виктор Евгеньевич Ефимов. В каждом противоградовом отряде было по шесть огневых пунктов. Сельскохозяйственные культуры защищались от градобитий на территориях Лабинского, Отрадненского и части территории Кошехабльского и Курганинского районов общей площадью 300 тыс. га.

В 1969–1970 годах начальником КТПЭ был Харченко Вячеслав Матвеевич, в 1971 году начальником назначен Захаров Владимир Георгиевич. Заместителем по хозяйственной части был назначен Макаев Магомед Шихагиреевич. В 1971 году открыт Попутненский противоградовый отряд. Начальником отряда был Шеголугов Султан Хасанович. В 1976 году Краснодарская территориальная противоградная экспедиция была преобразована в Краснодарскую Военизированную службу по борьбе с градом (ВСБГ).

В 1977 году начальником Краснодарской ВСБГ был назначен Вавилов Павел Ефимович. (Заместителем по общим вопросам был Балакшин Николай Иванович). Служба имела в это время пять военизированных отрядов, которые составляли

две военизированные части: Лабинскую, состоящую из Лабинского, Мостовского и Чамлыкского отрядов и Отрадненскую, состоящую из Отрадненского и Попутненского отрядов. Командиром Лабинской военизированной части был Завертнев Михаил Петрович, Отрадненской – Захарченко Валентин Иванович. В 1983 году был открыт шестой военизированный противоградовый отряд – Новокубанский. Командиром отряда был назначен Рябухин Валентин Иванович. В 2008 году был открыт седьмой противоградовый отряд – Западный (на территории Республики Адыгея) (командир отряда – Басов Максим Владимирович).

Для осуществления методического и технологического руководства производственными группами военизированных противоградовых отрядов, обеспечения своевременного обновления технических средств и технологий, проведения учебы и аттестации специалистов в ГУ «Краснодарская ВС» организованы следующие производственные отделы: Отдел воздействия и контроля – начальник отдела Сокол Валерий Иванович – почетный работник Гидрометеослужбы, Отдел радиолокации – начальник отдела Ломакин Евгений Геннадьевич – почетный работник Гидрометеослужбы, Отдел ракетной артиллерии – начальник отдела Руховцев Николай Петрович, Отдел Связи – начальник отдела Кириченко Борис Владимирович – почетный работник Гидрометеослужбы.

В настоящее время Краснодарская военизированная Служба осуществляет защиту на территории 891,2 тыс. га, имеет в своем составе семь действующих противоградовых отрядов, объединяющих 67 пунктов воздействия.



Выступление начальника Краснодарской военизированной службы Вавилова Павла Ефимовича на совещании начальников военизированных служб Госкомгидромета СССР



**ВАВИЛОВ
ПАВЕЛ ЕФИМОВИЧ**

Павел Ефимович Вавилов родился в 1950 году в пос. Юрино, Республика Мари-Эл. В 1971 г. закончил Казанский государственный университет. С 1978 г. – начальник ФГБУ «Краснодарская Военизированная служба». Заслуженный метеоролог Российской Федерации.



**ФОКИН
НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ**

Николай Николаевич Фокин родился в 1942 году. В 1970 г. закончил Таганрогский радиотехнический институт. С марта 1980 г. – заместитель Начальника ФГБУ «Краснодарская ВС». Почетный работник Гидрометслужбы России.



**ПАРХОМЕНКО
НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ**

Николай Иванович Пархоменко родился в 1942 году. С марта 1990 г. – заместитель начальника ФГБУ «Краснодарская ВС» по общим вопросам. Почетный работник Гидрометеослужбы России.



АТАБИЕВ МАХТИ ДЖАФАРОВИЧ

Махти Джафарович Атабиев родился в 1949 году в Киргизской ССР. В 1973 году окончил Кабардино-Балкарский государственный университет по специальности «физика». С 1973 г. работал в Краснодарской территориальной противоградовой экспедиции инженером, а затем в ВГИ, где прошел путь от старшего инженера до старшего научного сотрудника. С 1988 г. работал в Ставропольском филиале Высокогорного геофизического института заведующим Лабораторией радиолокационной метеорологии. С 2001 г. работает директором Научно-производственного центра «Экотехнологии». Является разработчиком автоматизированной радиолокационной системы «МЕРКОМ», предназначенной для решения задач противоградовой защиты и штормоповещения. Кандидат физико-математических наук. Автор более 70 работ в научных журналах и сборниках и 29 патентов и изобретений РФ.

М.Т. Абшаев, Н.Г. Штульман

ПРОТИВОГРАДОВЫЕ РАБОТЫ В ТАДЖИКИСТАНЕ

Противоградовые работы в Таджикистане были начаты в 1964 году Гиссарской экспедицией САНИГМИ под руководством А.Д. Джураева и К.М. Махмудова. Инициатором начала противоградовой защиты был директор института М.А. Петросянц. Первым начальником Гиссарского противоградового отряда и непосредственным организатором противоградовой защиты в Таджикистане был Н.Г. Штульман. Будущий начальник ВС Г.В. Сокол занимал должность инженера по активным воздействиям. С 1964 по 1967 год работы проводились под научно-методическим руководством ЦАО (И.И. Гайворонский, Ю.А. Серегин) с использованием установок ПГИМ.

Площадь защищаемой территории составляла около 40 тыс. га и занимала наиболее узкую часть Гиссарской долины. Тщательный анализ траектории движения грозовых облаков позволил оптимально расставить пункты воздействия. Личный состав ПВ был обучен определять направление движения облаков и передавать эти данные на командный пункт отряда. Расположение КП позволяло использовать данные с ПВ для

выработки команд на воздействие без применения радиолокатора ввиду его отсутствия.

В 1967 году под руководством Г.К. Сулаквелидзе и М.Т. Абшаева была создана артиллерийская система противоградовой защиты (ПГЗ) с применением радиолокаторов СОН-4 и МРЛ-2, обучен персонал, начата защита 100 тыс. га в Гиссарской долине, создана Таджикская военизированная служба по борьбе с градом (ВСБГ).

С годами Служба (начальник – Сокол Геннадий Петрович) наращивала площадь защиты: в 1968 – 170 тыс. га, в 1969 – 210, в 1970 – 230 и в 1985 году площадь защиты достигла 700 тыс. га (далее прироста не было). Приказом ГУГМС при СМ СССР от 03.06.1976 г. № 114 Таджикская ВСБГ была преобразована в Таджикскую военизированную службу по активному воздействию на гидрометеорологические процессы.

В период 1981–1991 годы в Таджикской ВС было 9 военизированных отрядов, имевших 6 командных пунктов: Гиссарский, Орджонекидзебадский, Регарский, Яванский, Колхозабадский, Курган-Тюбинский и



Работники службы АВ Таджикистана.
Слева направо: Л.А. Диневич, Н.Б. Москалева, Н.Г. Штульман, Г.П. Сокол

37 ракетно-артиллерийских пунктов воздействия. Потери от града были сокращены на 92 % (то есть в 12 раз). Таким образом, затраты на проведение защиты окупались более чем в 6,3 раза, даже при тех крайне низких закупочных ценах на хлопок и другую сельскохозяйственную продукцию, которые тогда существовали.

В 1992 году в связи с внутренними конфликтами в стране Таджикская ВС приостановила свою работу. В этот период уволились начальник ВС, его заместители, начальники отделов, ведущие специалисты, обеспечивавшие ранее защиту 700 тыс. га. Кто в связи с сокращением штатов, кто в связи выходом на пенсию, кто в связи отъездом из Таджикистана и по другим причинам. Инфраструктура и противогодовая техника в значительной степени были разрушены в ходе военных действий.

Таджикская ВС ранее подчинялась Таджикскому УГМС, которое было преобразовано в Государственное учреждение по гидро-

метеорологии Комитета по охране окружающей среды при Правительстве Республики Таджикистан (руководитель Б.М. Махмадалиев, потом М.Т. Сафаров), а Таджикская ВС, входящая в его состав, преобразована в Главное управление активных воздействий (начальник К.А. Абдуалимов, а с 2011 года – Р.Ш. Мирзоев). В 2011 году Главное управление активных воздействий подчинили Комитету по ЧС и ГО при Правительстве Республики Таджикистан.

В 2002 году была восстановлена работа Турсунзедеевского отряда (раньше он назывался Регарский) на базе сохранившегося радиолокатора МРЛ-5. Площадь защиты составила около 120 тыс. га. В 2007–2010 годах была восстановлена работа еще трех отрядов: Гиссарского, Яванского и Колхозабаского, и площадь защиты достигла 400 тысяч га. В планах руководства Республики дальнейшее расширение площади градозащиты.

С.А. Керимов

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ПРОТИВОГРАДОВОЙ СЛУЖБЫ АЗЕРБАЙДЖАНА

Ценность возделываемых сельскохозяйственных культур и интенсивность грозо-градовых процессов обусловили проведение в 1967 году первых опытно-производственных работ по защите сельхозкультур от градобитий на наиболее подверженной этому явлению территории – Нагорно-Карабахской автономной области Азербайджана. Работы проводились сначала Службой по борьбе с градом Азербайджанского УГМС, а в дальнейшем – Азербайджана.

Успешные результаты опытных противогодавых работ в районах защиты СК ВС предопределили открытие в Азербайджане Шамахинского отряда, а в дальнейшем, соответственно, Кировабадского (в 1972 году переименованный в Хандарский), Нахичеванского (1973 г.), Физулинского (1974 г.), Казах-Таузского (1975 г.), Мардакертского (1980 г.), Исмаиллинского (1981 г.), Зангеланского (1982 г.), Таузского, Шекинского и Джульфа-Ордубадского (все три – 1984 г.), Шаумянского (1987 г.) отрядов. Таким образом, к 1987 году в Республике функционировали 13 отрядов по борьбе с градом в составе самостоятельной Военизированной службы по активному воздействию на гидрометеорологические процессы.

Противогодавые работы проводились на основании ежегодно заключаемых хозяйственных договоров ВС с Минсельхозом, а в последние годы с Госкомвино Республики. Сезон оперативных работ продолжался с 15 апреля по 15 октября. Работы проводились под методическим руководством Научно-производственного центра противогодавой защиты Высокогорного геофизического института Нальчика (НПЦ ПГЗ ВГИ) и под оперативным контролем Управления активных воздействий (УАВ) Госкомгидромета.

Особенно расширились противогодавые работы в начале 1980-х годов, после принятия соответствующего постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР о развитии виноградарства в Азербайджане. В основном новые противогодавые работы открывались именно в тех районах, где основу структуры сельскохозяйственных зе-

мель составляли виноградники. Республика вышла на уровень ежегодного сбора винограда около 2 млн тонн, в чем, наряду с тружениками села, была и заслуга противогодавой службы.

Высокая закупочная стоимость винограда определяла экономическую эффективность проводимых работ, которая была достаточно высокой: каждый вложенный в эти работы рубль приносил 5–7 рублей прибыли. С 1976 года ВС Азербайджана стала экономически самостоятельной единицей.

Основные результаты противогодавых работ, проводимых ВС Азербайджана в течение более чем 20-ти последних лет, следующие:

- максимальные площади защищаемых сельхозугодий составляли около 826 тыс. га, а общая территория защиты – 1380 тыс. га;

- средний расход противогодавых изделий (ПГИ) на одну градовую зону составлял 20–30 шт., минимум – 16 (1969 г.), максимум – 35 (1977 г.). Общий расход: минимум – 1324 (1990 г.), максимум – 11 709 (1982 г.);

- количество обрабатываемых градоопасных зон составляло от 59 (1980 г.) до 561 (1988 г.);

- число дней с воздействием: минимум – 19 (1990 г.), максимум – 90 (1977 г.);

- эффективность работ изменялась от 73 % (1969 г.) до 100 % (по сравнению со средним повреждением от града до проведения ПГЗ).

- если принять для упрощения коэффициент градоопасности в год защиты и до организации ПГЗ одинаковым, то средняя эффективность (условный чистый доход) для условий Азербайджана составила около 10–20 млн долларов США в год.

Таким образом, подводя итоги работы ВС Азербайджана за период более 20 лет, следует признать их экономическую и социальную востребованность. Кроме непосредственной прибыли, которую приносили эти работы сельскохозяйственным предприятиям, они сокращали возможный ущерб от градобитий частным и общественным строениям, транспорту, способствовали со-

хранности поголовья мелкого и крупного скота, безопасности населения и т.д. Везде, где проводились работы по ПГЗ, руководство этих районов и местные жители оказывали всяческую материальную и моральную поддержку личному составу военизированных подразделений. Необходимо отметить особую роль в организации и успешном проведении противоградовых работ в Азербайджане А.И. Аكوпова и С.А. Керимова, в разные годы возглавлявших ВС.

В конце 1980-х годов Военизированная Служба по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы Азербайджана была одной из передовых в СССР. По экономической и физической эффективности противоградовых работ она была в числе лидеров, а по площади защищаемой территории она была самой крупной в Союзе (1 млн 380 тыс. га, из которых большинство были заняты ценнейшими виноградниками). Все 13 отрядов были оснащены современными в то время локаторами МРЛ-5, а в Нагорно-Карабахском и Исмаиллинском отрядах таких локаторов было по два. Все отряды имели капитально отстроенные базы и пункты воздействия. Общая численность личного состава ВС достигала 1000 человек. Неслучайно в 1986 году по итогам соцсоревнования, проводимого ежегодно УАВ Госкомгидромета, ВС Азербайджана стала лучшей среди аналогичных служб СССР.

Однако с 1988 года начались известные события вокруг Нагорно-Карабахской автономной области Азербайджанской ССР. С учетом сложившейся ситуации Госкомгидрометом СССР был наложен запрет на проведение противоградовых работ в регионе, где были расположены большинство противоградовых отрядов Военизированной Службы (ВС) Азербайджана.

В 1992 году после обретения независимости в Азербайджане на базе Управления по гидрометеорологии и Военизированной службы по активным воздействиям на гидрометпроцессы был организован новый Государственный Комитет по гидрометеорологии и контролю природной среды Азербайджанской Республики (Госкомгидромет). Все оставшиеся противоградовые отряды (Шемахинский, Исмаиллинский, Шекинский, Ханларский, Таузский, Казахский, Нахичеванский и Джульфа-Ордубадский) были пе-

реданы на местах в составы вновь организованных территориальных управлений по гидрометеорологии. Военизированная служба прекратила свое существование так как состояние войны с соседней республикой, тяжелое экономическое положение страны, потерянные 5 отрядов в Нагорном Карабахе не позволили продолжать противоградовые работы, так успешно проводимые в советское время. Да и, честно говоря, защищать-то было практически нечего. Преступный горбачевско-лигачевский указ по борьбе с алкоголизмом при «особом усердии» тогдашнего руководства республики к 1990-му году привел почти к полному уничтожению около 250 тыс. гектаров ценнейших виноградников.

В таких условиях руководством Госкомгидромета Республики Азербайджан было принято решение использовать часть отрядов в режиме радиометеорологических наблюдений за облачными и грозо-градовыми процессами в интересах оперативно-прогностических служб Комитета. К этим наблюдениям были привлечены Шемахинский, Казахский и Ханларские отряды.

В 2000–2001 годах усилиями руководства Госкомгидромета Азербайджана (С.А. Керимов) и ВГИ Росгидромета (М.Т. Абшаев) радиолокационные станции МРЛ-5 в Казахском (С.Г. Сафаров) и Шемахинском (Ф.М. Ширалиев) отрядах были автоматизированы путем установки АСУ МРЛ «Антиград». С этого момента в Азербайджане начались автоматизированные радиолокационные наблюдения, охватывающие почти всю территорию республики.

В 2001 году Госкомгидромет Азербайджана был ликвидирован и передан в форме Национального департамента по гидрометеорологии в состав вновь организованного Министерства по экологии и природным ресурсам. Бывшие военизированные отряды остались в составе этого департамента, но теперь они стали именоваться как радиометеорологические станции МРЛ-5 (РМС МРЛ-5).

В 2011 году в составе Национального департамента по гидрометеорологии был организован новый Центр по применению инноваций в гидрометеорологических системах наблюдений. В состав этого центра в виде отдельного отдела вошли все РМС МРЛ-5

(Шемахинский, Исмаиллинский, Шекинский, Ханларский, Казахский и Таузский). Нахичеванский и Джульфа-Ордубадские отряды в 2001 году с момента организации в Нахичеванской автономной республике отдельного Министерства экологии были переданы в его состав. В 2012 году силами специалистов вышеупомянутого Центра была установлена АСУ МРЛ «Антиград» на Ханларском МРЛ-5.

Наконец, в 2013 году Отдел радиометеорологических станций МРЛ-5, входящий в состав Центра по применению инноваций, был выделен в отдельный самостоятельный центр. В 2015 году силами этого центра в результате установки АСУ МРЛ «Антиград»

был автоматизирован Шекинский МРЛ-5. Таким образом в настоящее время в Азербайджане действуют 4 автоматизированных МРЛ-5 (Шемахинский, Казахский, Ханларский и Шекинский).

Но, по-прежнему, остается надежда, что работы по активным воздействиям в Республике Азербайджан ждет возрождение.

И в заключение, хотел бы коротко сказать о сотрудниках Военизированной Службы по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы Азербайджана, которые внесли особый вклад в организацию противоградовых работ.

КЕРИМОВ СЕЙФУЛЛА АСКЕР ОГЛЫ

Сейфулла Аскер оглы Керимов родился в 1950 году. В службе с 1973 г. С 1974 по 1980 г. – командир Нахичеванского отряда, в 1980–1983 гг. – начальник отдела воздействия службы, в 1983–1984 гг. – заместитель Начальника ВС Азербайджана. С 1984 по 1992 г. – начальник ВС. С 1992 по 2001 г. – заместитель Председателя Государственного Комитета по гидрометеорологии и охраны природной среды (Госкомгидромета) Азербайджана. В 2002–2007 гг. – начальник сектора Национального департамента по гидрометеорологии Министерства экологии и природных ресурсов Республики Азербайджан. С 2011 по 2013 г. – начальник Центра по применению инноваций в метеорологических системах наблюдений.



АБДУЛЛАЕВ АБДУЛЛА МИРАЛИ ОГЛЫ

Абдулла Мирали оглы Абдуллаев родился в 1953 году. В службе с 1976 г. В 1978–1985 гг. – командир Физулинского отряда. В 1985–1992 гг. – заместитель Начальника ВС.





**ШИРАЛИЕВ
САХРАБ МЕДЖИД ОГЛЫ**

Сахраб Меджид оглы Ширалиев родился в 1947 году. В службе с 1978 г. В 1980–1992 гг. – командир Исмаиллинского противорадового отряда. С 1992 по 2001 г. – начальник Исмаиллинского регионального управления гидрометеорологии Госкомгидромета Республики Азербайджан, куда входили Шемахинский, Исмаиллинский и Шекинские отряды. С 2002 по 2011 г. – начальник Национального департамента по гидрометеорологии Министерства экологии Республик Азербайджан.



**САФАРОВ
ГУСЕЙНАГА БАХАДУР ОГЛЫ**

Гусейнага Бахадур оглы Сафаров родился в 1957 году. В Службе с 1979 г. В 1983–2002 гг. – командир части ВС. С 1992 по 2011 г. – на различных должностях в системе Госкомгидромета Азербайджана. С 2011 по 2016 г. с небольшим перерывом – главный инженер Центра по применению инноваций в метеорологических системах наблюдений.



**САФАРОВ
САИД ГАСАН ОГЛЫ**

Саид Гасан оглы Сафаров родился в 1954 году. В Службе с 1976 г. С 1977 по 2011 г. – командир Казахского отряда, впоследствии некоторое время переименованного в Акстафинский полигон по активным воздействиям. С 2011 по 2013 г. – заместитель начальника Центра по применению инноваций в метеосистемах наблюдений. С 2013 г. – начальник Центра по радиометеорологическим наблюдениям, куда входят МРЛ-5 отрядов.



**ЭФЕНДИЕВ
МИКАИЛ МАМЕДАЛИ ОГЛЫ**

Микаил Мамедали оглы Эфендиев родился в 1952 году. В службе с 1974 г. С 1981 по 1983 г. – командир Зангеланского отряда. В 1983–1985 гг. – начальник отдела воздействия службы, 1985–2002 г. – заместитель начальника Военизированной службы по оперативной работе.



**СУЛЕЙМАНОВ
АХМЕД ИСМАИЛ ОГЛЫ**

Ахмед Исмаил оглы Сулейманов родился в 1957 году. В Службе с 1983 г. В 1986–1992 гг. – начальник отдела радиолокации службы. С 1992 по 2014 г. занимал различные, связанные с радиолокацией должности. С 2014 г. – начальник Маштагинской аэрологической станции.



**АКОПОВ
АШОТ ГЕВАНДОВИЧ
(1926 – Дата смерти неизвестна)**

Ашот Гевандович Акопов был начальником противорадовой службы в Азербайджанской ССР с момента основания в 1967 г. и до 1984 г. С 1984 по 1987 г. был заместителем начальника ВС по кадрам.



**ШИРАЛИЕВ
ФАРХАД МЕДЖИД ОГЛЫ
(1949–2014)**

Фархад Меджид оглы Ширалиев работал в Службе с 1968 г. Специалист по ракетно-артиллерийским установкам. С 1985 по 2014 г. был командиром Шемахинского отряда.



**АХТЕМОВ СЕРДАР
(1953–2008)**

Сердар Ахтемов работал в Службе с 1976 г. С 1983 по 1991 г. был командиром части Азербайджанской ВС.

Кроме вышеуказанных сотрудников службы, были и другие руководящие работники, внесшие значительный вклад в организацию и проведение противоградовых работ в Республике, такие как заместитель начальника ВС Э.Э. Рахберли, заместитель начальника ВС В.Т. Мустафабеков, началь-

ник отдела связи ВС С.В. Калинин, начальник ракетно-артиллерийского отдела ВС Д.А. Надыршин, командир Ханларского отряда С.А. Курбанов, командир Шемахинского отряда Сеидов Иса, командир Нагорно-Карабахского отряда Б.П. Волошин.

Н.В. Сирота

КРЫМСКАЯ ВОЕНИЗИРОВАННАЯ СЛУЖБА

Крым по своим природно-климатическим условиям относится к зоне с повышенными градобитиями. Ежегодно в Крыму отмечается выпадение града в среднем в течение 20 дней (максимальное количество дней с градом 40 отмечено в 1988 году). В основном выпадает град размером от 5 до 15 мм, 3–5 дней бывает с градом от 20 до 50 мм. Максимальный размер града зафиксирован 29 июля 1987 года (70 мм) и 6 июля 1990 года (110 мм).

Обычно выпадение града отмечается на отдельных изолированных участках разнообразной формы, площадь которых составляет до десятка, а иногда сотни квадратных километров, а также в виде отдельных полос шириной до нескольких километров и длиной до нескольких десятков километров. При этом в отдельных случаях толщина слоя льда на поверхности земли достигает 15–20 см. Продолжительность выпадения града небольшая, в большинстве случаев (73 %) она не превышает 15 мин. Град продолжительностью от 16 до 30 мин бывает редко (15 %). Более продолжительные градобития (один час) отмечаются крайне редко. Выпадает град преимущественно после полудня, максимум случаев выпадения приходится на 16–18 часов.

Основной причиной возникновения грозо-градовых облаков являются восходящие потоки воздуха, обусловленные разностью температур окружающей среды и поднимающегося воздуха. Наибольшей интенсивности градовые процессы достигают при совпадении термической и вынужденной конвекции, то есть при наличии неустойчивой стратификации атмосферы и прохождении холодных фронтальных разделов.

Синоптическая ситуация, при которой выпадает град, характеризуется наличием ложбины или циклона, переместившегося на территорию Крыма с северо-запада или из районов Турции. В основном образование града связано с прохождением фронтов (64 % всех случаев). Причем наиболее часто град выпадает при прохождении через Крым холодных фронтов (31 %), менее часто при прохождении вторичных холодных фронтов

(17 %) и фронтов окклюзии (15 %) и очень редко это связано с теплыми фронтами. На внутримассовые процессы приходится 27 % случаев выпадения града и 9 % случаев связано с циклонами.

Наиболее интенсивные градовые процессы связаны с регенерирующими (углубляющимися) циклонами и передними частями ложбин. На космическом снимке представлен такой циклон. Именно в них протекают мощные градовые процессы и формируются смерчи, причиняющие большой вред народно-хозяйственному комплексу.

Град, выпадая на сельхозугодья, уничтожает посевы зерновых, овощи и бахчевые культуры. В садах и виноградниках, кроме того, что уничтожается урожай текущего года, еще и повреждаются ветви, лоза и спящие почки. В связи с этим пагубные последствия градобитий для садов и виноградников ощущаются потом в течение 2–3 лет. Выпадение града всегда сопровождается сильными ливнями. В результате чего происходит заиливание сельхозкультур, смыв плодородного слоя, подтопление зданий и наводнения. Еще один опасный спутник града – шквалистое усиление ветра, иногда до 40 и более метров в секунду. Ломаются ветви деревьев, с корнями выворачиваются деревья, повреждаются постройки и сооружения, линии электропередачи и связи.

Противоградовые работы в Крыму начались 15 июля 1968 года. По инициативе директора совхоза-завода «Золотое Поле», Героя Социалистического Труда К.Н. Тагакова и при непосредственном участии ученых ЦАО (И.И. Гайворонский, Ю.А. Серегин и др.) был организован Кировский противоградовый отряд Молдавской экспериментальной базы. Строительство базы отряда и приобретение противоградовых изделий осуществлялось за счет долевого взноса хозяйств, входящих в зону защиты. Противоградовая защита осуществлялась в предгорной части Кировского района на площади 70 тыс. га. Первыми начальниками противоградового отряда были В.Н. Самарский и Н.С. Шишкин.



Смерч на море вблизи Севастополя 9 августа 2002 года



Последствия смерча в с. Выпасное Джанкойского района 22 июля 2002 год

Историю противоградовых работ в Крыму можно условно разделить на три периода: период расцвета (1968–1991 гг.), период

постепенного спада (1992–1996 гг.) и период выживания (1997–2015 гг.).

Период расцвета

В 1971 году на базе Кировского противоградового отряда была создана Крымская противоградовая экспедиция. В 1976 году экспедиция реорганизована в Крымскую отдельную военизированную часть по борьбе с градом, а в 1982 году – в Крымскую военизированную службу по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. В это время планомерно строились базы отрядов и открывались новые противоградовые отряды: Белогорский (1973 г.), Кировский низовой (1976 г.), Красногвардейский головной (1978 г.) и Джанкойский (1985 г.).

Одновременно обновлялись средства радиолокации. В 1968 году использовались радиолокаторы АРС-3М и «Ураган», с 1972 года начали внедряться МРЛ-2, а с 1975 года – МРЛ-5. В 1986 году все отряды были обеспечены радиолокаторами

МРЛ-5, а в 1990 году был внедрен автоматизированный комплекс «АКСОПРИ» на базе МРЛ-5 и ЭВМ СМ-1420. Также постоянно обновлялись средства доставки реагентов. С 1968 по 1985 год использовались противоградовые ракеты ПГИ, ПГИ-М и «Облако», а с 1986 года внедрялись противоградовые комплексы «Алазань-Кристалл» и использовались противоградовые ракеты «Алазань», «Алазань-2М», «Кристалл-1» и «Кристалл-3».

К 1987 году противоградской защитой были охвачены практически все наиболее градоопасные районы Крыма. Защищаемая территория расширилась до 500 тыс. га (в том числе 398 тыс. га сельхозугодий), что составляет 19,2 % от общей территории Крыма. Работы выполнялись в Белогорском (102 тыс. га), Джанкойском (104 тыс. га),



База Джанкойского военизированного отряда



Образцы пусковых установок в Джанкойском отряде для ракет ПГИ, «Облако» и «Алазань–Кристалл» (слева направо)

Кировском (89 тыс. га), Красногвардейском (116 тыс. га), Советском (59 тыс. га), Судакском (8 тыс. га) районах и в районе города Феодосия (22 тыс. га). Противогодовые работы выполнялись ежегодно в период с 1 мая по 30 сентября. В среднем за сезон на территории площадью 500 тыс. га воздействию подвергались 256 градовых и градоопасных облаков, расходовалось 2500 противогодовых ракет.

В годы до противогодовой защиты на этой территории в среднем ежегодно повреждались культуры на площади 26 824 га.

Период постепенного спада

Начался с 1992 года, после распада СССР. Хотя защищаемая службой территория в 1992–1996 годах оставалась на уровне 500 тыс. га, никаких капитальных вложений не производилось, не обновлялись технические средства воздействия, средства связи и автотранспорт, противогодовые ракеты практически не приобретались. Работы выполнялись благодаря запасу противогодово-

Наибольшие площади повреждений сельскохозяйственных культур в годы до защиты составляли 27 257 га в 1968 году, а наименьшие – 12 297 га в 1963 году. Во время защиты наибольшие площади повреждений сельскохозяйственных культур составляли 7124 га в 1989 году, а средние ежегодные повреждения за время защиты – 2552 га. Таким образом, в результате противогодовых работ на защищаемой территории более чем в 10 раз сокращались потери урожая от градобитий. Средний физический эффект составлял 91 %.

вых ракет (он составлял более 10000 шт. при среднегодовом расходе 2500 шт.) и незначительному финансированию (не более 30 % от потребности). В это время служба имела статус организации бывшего СССР, и только 4 июля 1995 года Распоряжением Кабинета министров Украины № 409-р была передана в сферу управления Министерства сельского хозяйства Украины.

Несмотря на крайне тяжелое финансовое положение службы в этот период, принимались меры по модернизации технических средств. Так, в 1992 году при поддержке ЦАО (Ю.А. Мельничук и др.) был внедрен

Период выживания

Оказался самым сложным в истории противогодовых работ в Крыму. После резкого уменьшения финансирования службы в 1996 году пришлось уволить более 200 человек из 338. Были безвозвратно потеряны 27 пунктов воздействия из 47 и база Белогорского отряда. Из-за недостаточного финансирования в 1997 году воздействия не проводились. На бывшей защищаемой территории повреждения градом сельскохозяйственных культур в этом году отмечались на площади 22 790 га, что соответствует средним многолетним повреждениям в годы до противогодовой защиты. Экономический ущерб только в государственном сельскохозяйственном секторе составил сумму более 20 млн долларов США.

В 1998–2008 годах площади противогодовых работ составляли от 100 до 214 тыс. га, в зависимости от объема финансирования. В 2009 году – 70 тыс. га, а в 2010 – всего лишь 30 тыс. га. До 2010 года включительно противогодовые работы выполнялись за счет средств бюджета Крыма, выделяемых Министерству сельского хозяйства Крыма по программе «Противогодовые мероприятия» и средств, получаемых по прямым договорам с сельскохозяйственными предприятиями. В 2011 году поменялись приоритеты бюджетной политики Крыма. Были сокращены многие бюджетные программы в отрасли «Сельское хозяйство», в том числе и противогодовые мероприятия.

В 2011–2014 годах работы выполнялись исключительно за счет средств сельскохозяйственных предприятий Крыма, Херсонской и Запорожской областей. К этому времени была освоена технология противогодовых работ с помощью генераторов льдообразующего аэрозоля (ГЛА-105). ГЛА-105 были разработаны по инициативе Крымской военизированной службы ВНИИП «ДАРГ» (П.А. Несмеянов) и изготовлены на Чебоксарском ПО им. В.И. Чапаева. С 2010 года аналогичные генераторы льдообразующего аэрозоля (люсткугели

комплекс АКСОПРИ на базе персонального компьютера, а в 1996 году благодаря помощи НПЦ «Антиград» (М.Т. Абшаев и др.) была внедрена система АСУ «Антиград».

метеорологические) изготавливались на Шосткинском заводе «Импульс» (Украина).

Противогодовые работы в Херсонской области начаты в 2008 году по инициативе Героя Украины директора Агрофирмы «Совхоз «Белозерский» В.П. Селецкого. Благодаря финансовой помощи Агрофирмы и поддержке НПЦ «Антиград» (М.Т. Абшаев и др.) произведена модернизация МРЛ-5 Красногвардейского отряда. Была установлена автоматизированная система АСУ-МРЛ. Это дало возможность выполнять противогодовые работы в радиусе до 250 км.

Сначала (в 2008 году) противогодовые работы с помощью ГЛА проводились в 3-х сельскохозяйственных предприятиях Херсонской области. Благодаря востребованности и, по мнению заказчиков, эффективности противогодовых работ, число предприятий, на территории которых выполнялись эти работы, к 2011 году выросло до 18-ти: 5 – в Крыму, 10 – в Херсонской и 3 – в Запорожской областях. В 2014 году в связи с принятием Республики Крым в состав Российской Федерации выполнять противогодовые работы за пределами Крыма не представилось возможным.

Необходимо сказать о конфликте, который разгорелся в 2011–2013 годах между заказчиками противогодовых работ, с одной стороны, и мелкими фермерскими хозяйствами и местными жителями в местах проведения этих работ, с другой стороны. Заказчиками противогодовых работ выступали крупные сельскохозяйственные предприятия и крепкие фермерские хозяйства, занимающиеся выращиванием садов, виноградников и овощных культур. Во всех этих хозяйствах внедрены прогрессивные агротехнические технологии, в том числе капельное орошение. Результаты их хозяйственной деятельности высокие, они получают прибыль, работникам регулярно выплачивается заработная плата.

Другая сторона конфликта – мелкие фермерские хозяйства районов проведения

противоградовых работ, занимающиеся выращиванием зерновых культур. В условиях отсутствия орошения результаты их хозяйственной деятельности исключительно зависят от режима осадков. По их мнению, в результате противоградовых работ «растреливаются» облака, что приводит к отсутствию осадков. Спровоцировала конфликт весенняя засуха на Юге Украины в 2011 году. Начался конфликт в селе Каиры Горностаевского района Херсонской области, благодаря средствам массовой информации быстро распространился во все районы проведения противоградовых работ. Конфликт сопровождался сходами граждан, обращениями во все инстанции, пикетами автострад с требованиями запретить противоградовые работы, угрозами физической расправы с лицами, выполняющими эти работы, и даже отмечались случаи рукоприкладства. Конфликт так и не был разрешен. Конфликтующие стороны остались при своем мнении.

Наряду с выполнением противоградовых работ в 1988–1989 годах и 1994–1996 годах проводились эксперименты по искусственному увеличению осадков из конвективных облаков с помощью противоградо-

вой техники по методике, разработанной в Закавказском НИГМИ. Засеву подвергались отдельные конвективные ячейки, находящиеся в стадии развития и удовлетворяющие следующим условиям:

- максимальная радиолокационная отражаемость – более 25 дБz,
- вертикальная мощность облака – более 3,0 км,
- поперечные размеры радиоэхо – более 2,0 км,
- температура на верхней границе облака – более -30°C .

При этом относительная влажность воздуха в приземном слое – более 60 %, а скорость ведущего потока – менее 60 км/ч.

Эффективность засева контролировалась с помощью МРЛ-5 и АСУ «АКСОПРИ». Почти во всех случаях после засева отмечалось увеличение высоты и площади горизонтальных сечений радиоэхо, площади выпадения осадков и их интенсивности. Результаты экспериментов свидетельствуют о возможности получения дополнительных осадков в регионах, где проводятся противоградовые работы, без дополнительных капитальных затрат. Руководителями службы были Л.Н. Коренной (1970–1980 гг.),

КОРЕННОЙ ЛЕОНИД НИКИФОРОВИЧ (1920 – Дата смерти неизвестна)

Леонид Никифорович Коренной родился 12 февраля 1920 г. в Крыму. Учился в Феодосийском гидрометеорологическом техникуме, откуда был призван в действующую армию. Участник Великой Отечественной войны. После окончания войны работал в Северо-Западном УГМС на руководящих должностях. В 1969 г. с семьей переехал в Крым и начал работать в должности заместителя начальника Крымского противоградового отряда. Далее занимал должности начальника Крымского противоградового отряда, начальника Крымской противоградовой экспедиции, с 1976 по 1980 г. – командира Отдельной военизированной части по борьбе с градом. При его непосредственном руководстве были открыты в 1973 г. Белогорский и в 1976 г. Кировский низовые противоградовые отряды, в 1978 г. приступил к работе Красногвардейский противоградовый отряд.

Фотография не сохранилась.

А.Е. Кулинич (1980–1984 гг.) и Н.В. Сирота (1984–2014 гг.).

В июне 2014 года, в связи с принятием Республики Крым в состав Российской Федерации, имущество службы было национализировано и передано в сферу управления Министерства сельского хозяйства Респу-

блики Крым, но сама служба не была реорганизована и с 1 января 2015 года потеряла юридический статус. В настоящее время делается попытка организовать в Крыму работы по воздействию на метеорологические процессы в новых экономических условиях.



СИРОТА НИКОЛАЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

Николай Владимирович Сирота родился 2 декабря 1951 г. После окончания Харьковского государственного университета по специальности радиофизика и электротехника с 1974 по 1984 г. работал в Военизированной службе по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы Азербайджанского УГКС в Нагорно-Карабахском военизированном отряде, а с 1981 года – на должности командира Мардакертского военизированного отряда. С 1984 по 2014 г. работал начальником Крымской военизированной службы. Во время его руководства службой были построены и сданы в эксплуатацию база Джанкойского военизированного отряда и здание командного пункта Кировского низового отряда, были внедрены автоматизированные радиолокационные комплексы «АКСОПРИ», «Антиград» и «АСУ-МРЛ», ракетно-артиллерийские комплексы «Алазань» и «Кристалл». Является соавтором 2-х патентов и более 20 научных статей. Награжден почетной грамотой Госкомгидромета СССР и Серебряной медалью ВДНХ.

Н.В. Сирота регулярно пропагандировал работу службы в прессе, на радио и телевидении, на совещаниях в Правительстве и Верховном Совете Крыма. Будучи ассоциированным членом Крымской академии наук и членом Высшего экономического совета Крыма принимал участие в научно-практических конференциях по проблемам устойчивого социально-экономического развития региона. Все это способствовало поддержанию высокого авторитета службы. В 2008 году внедренная при его руководстве технология воздействия на градовые процессы с помощью генераторов льдообразующего аэрозоля позволила выполнять противоградовые работы на территориях не только Крыма, но и южных районов Херсонской и Запорожской областей Украины, и дала тем самым возможность службе выжить в 2011–2014 годах в условиях полного прекращения бюджетного финансирования.



КУЛИНИЧ АЛЕКСАНДР ЕФИМОВИЧ

Александр Ефимович Кулинич родился 17 марта 1940 г. После окончания Новокаховского техникума механизации сельского хозяйства в августе 1958 г. работал бригадиром тракторной бригады. В 1967 г. окончил Одесский гидрометеорологический институт и с августа 1967 г. по август 1975 г. работал в Армянской службе по активным воздействиям. В Крымской военизированной службе работал с 1975 по 2010 г. (более 35 лет), заслужив в итоге должность начальника Крымской военизированной службы. При его непосредственном участии произведено строительство баз и открытие Красногвардейского (в Крыму) и Белгород-Днестровского (в Одесской области) противорадовых отрядов, Днепропетровского отряда по искусственному увеличению осадков. За достижения в производственной деятельности ему объявлялись благодарности, награжден медалью ВДНХ и медалью «За доблестный труд». Ему присвоено звание «Отличник Гидрометслужбы СССР».



БОНДАРЕНКО ГАЛИНА ВЛАДИМИРОВНА

Галина Владимировна Бондаренко родилась 6 февраля 1943 г. После окончания в 1967 г. Одесского гидрометеорологического института по распределению работала в ГУМС Центральных областей на стоковой станции «Подмосковная». В Крымской военизированной службе работает практически со дня ее образования – инженер группы воздействия Крымского противорадового отряда Молдавской экспериментальной базы. С 1972 г. она – старший инженер, руководитель группы воздействия Крымской противорадовой экспедиции, в 1980–1984 гг. – командир Кировского головного военизированного отряда, в 1984–1988 гг. – командир Кировской военизированной части. В 1988–2010 гг. – инженер 1 категории, руководитель группы воздействия Кировского военизированного отряда. В 2010–2014 гг. – инженер 1 категории группы воздействия Красногвардейского военизированного отряда. За достижения в производственной деятельности она награждалась Почетными грамотами, ценными подарками, медалью ВДНХ. Ей были присвоены звания «Отличник Гидрометслужбы СССР» и «Лучший инженер по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы Госкомгидромета СССР». Имеет ряд научных публикаций.

И.И. Бурцев, Т.Е. Данова

ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАБОТ ПО АКТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ В ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ УКРАИНСКОЙ ССР

Организация производственной защиты сельскохозяйственных культур от градобитий в Одесской области была продиктована необходимостью снизить ущерб, ежегодно наносимый градом ценным культурам и посадкам. Решающим фактором, инициирующим принятие решения Одесским горисполкомом о начале противорадовых работ, очевидно, послужило катастрофическое по своим последствиям градобитие 13 июня 1977 года, когда градовая дорожка только на территории области составила около 200 км, а общая площадь повреждения приблизилась к 40 тыс. га. Процесс выпадения града длился 10 часов, а его размер достигал 10 см.

Государственным комитетом по гидрометеорологии и охране окружающей среды при Совете Министров СССР в конце 1977 года было решено открыть на территории Одесской области противорадовый отряд, который первоначально функционировал в составе Крымской службы активных воздействий на гидрометеорологические процессы.

Евгений Иванович Данов, имеющий практический опыт организации и проведения противорадовых работ в условиях сложного рельефа Гиссарской долины Таджикистана, принял приглашение администрации Одессы организовать противорадовую защиту сельскохозяйственных культур на юге области. Наличие в регионе Одесского гидрометеорологического института (ОГМИ) позволяло планировать подготовку специалистов-активщиков, учитывая перспективы развития градозащиты в Украине.

Благодаря тесному взаимодействию ОГМИ и Одесской военизированной службы, в 1979 году на базе кафедры аэрологии была создана кафедра активных воздействий и радиометеорологии со специализацией «активные воздействия», а в 1980 году между институтом и Службой по борьбе с градом было заключено долгосрочное

соглашение о создании учебно-научно-производственного объединения «Град». В соответствии с планом, разработанным ответственным исполнителем кандидатом географических наук Г.М. Дановой, вся имеющаяся информация о граде и градобитиях в Северном Причерноморье использовалась в следующих целях:

1. Выявление территориально-временного распределения грозо-градовых явлений в районах Одесской области, продолжительности и размера выпадающего града, соотношения частоты града и градобитий, размера града и поврежденных площадей.

2. Учет поврежденных градом площадей различных сельскохозяйственных культур, их пространственно-временное распределение, соотношение с посевной площадью района, расчет экстремальных размеров поврежденных площадей с различной обеспеченностью.

3. Определение подверженности градобитиям растений, культивируемых в данном регионе, в различные периоды их вегетации. Расчет количественных характеристик повреждаемых сельскохозяйственных культур, отнесенных к основным отраслевым группам в соответствии с экспликацией земель в различные межфазные периоды.

4. Районирование по степени градоопасности территории, на которой планируется градозащита, с учетом повторяемости градобитий, размеров ежегодно повреждаемых площадей, плотности посевов и их структуры.

Такие решения закрепили сложившиеся на тот момент активные связи между наукой, обучением и практикой, способствующие высокому уровню подготовки студентов, специализирующихся в области активных воздействий, при участии в процессе обучения специалистов службы по борьбе с градом. Новая специализация – «активные воздействия» – была официально заявлена только в ОГМИ, единственном вузе на территории СССР, осуществляющем такую подготовку.

Для ее реализации потребовалось коренным образом изменить подготовку студентов, наполнив для этого курс обучения принципиально новыми дисциплинами прикладного назначения, такими как «Технические средства активных воздействий», «Прогнозирование объектов активных воздействий», «Контроль и оценка эффективности активных воздействий», а такие дисциплины, как «Физические основы воздействий на атмосферные процессы», «Электромагнитное зондирование атмосферы», «Аэрология, радиометеорология и техника безопасности», потребовали более глубокого и детального изложения учебного материала, непосредственно касающегося вопросов обнаружения объектов воздействия, условий их реализации и воздействия на них.

Огромная работа, проделанная кафедрой активных воздействий и радиометеорологии за короткий срок, позволила осуществлять подготовку квалифицированных специалистов в области активных воздействий на атмосферные процессы, в дальнейшем работающих практически во всех подразделениях Служб по активному воздействию на гидрометеорологические процессы, расположенных на территории СССР.

Радиолокационное обеспечение противорадовой защиты в первые годы осуществлялось с помощью станции СОН-4, доставленной из Крымской службы по активным воздействиям, и МРЛ-2, принадлежащей ОГМИ. В дальнейшем Одесская Служба получила три радиолокационные двухканальные станции МРЛ-5, что позволило получать информацию об облаках и осадках на площади свыше 200 тыс. кв. км. Станция МРЛ-2 долгое время служила в качестве учебной для студентов, проходивших производственную практику на противорадовом полигоне.

Организации противорадовых работ в новых регионах предшествовало исследование особенностей режима града и градобитий на территории, подлежащей защите. Для Одесской области была создана база данных, позволяющая произвести районирование территории по среднегодовой величине ущерба, что позволило выделить районы, где градозащита будет высокоэффективной. Так, расчетная рентабельность градозащиты показала, что противорадовая защита может быть целесообразной

в ряде административных районов юга области: Белгород-Днестровском, Саратовском и Татарбунарском. Здесь на единицу вложенных затрат при проведении противорадовых работ можно получить от 5 до 8 единиц прибыли от сохраненного от града урожая. Именно территория этих районов, расположенных компактно, составила зону защиты, которая к 1996 году превысила 400 тыс. га.

Эта методика может быть использована при планировании противорадовых работ по защите сельскохозяйственных культур независимо от региона. Отдельные положения Методики расчета ожидаемой рентабельности и экономической эффективности градозащиты были представлены на Международной конференции по борьбе с градом в Софии в 1982 году, опубликованы в научном сборнике трудов ОГМИ, выпуск 17, а в 1984 году ее автор Г.М. Данова была удостоена бронзовой медали ВДНХ СССР. Командир Одесской службы активных воздействий Е.И. Данов и начальник отдела ракетной техники В.М. Ковинько также были награждены бронзовой медалью ВДНХ за внедрение этой методики в практику организации градозащиты в Одесской области.

В ходе научных исследований была развенчана легенда классической метеорологии, утверждающая, что близость морского побережья способствует ослаблению грозоградных процессов и уменьшению их повторяемости. Анализ пространственно-временного распределения этих явлений и многолетние радиолокационные наблюдения за развитием и эволюцией конвективных облаков в прибрежных районах позволяют утверждать обратное: именно здесь создаются благоприятные условия для активизации конвекции, а причиной этому является бризовая циркуляция. В последующие годы бризы в Причерноморье, как фактор усиления атмосферной конвекции, станут объектом пристального внимания многих ученых (В.Г. Волошин, Г.М. Данова, С.А. Самойлова, Т.Е. Данова, В.И. Петров др.). Другой особенностью региона является высокая повторяемость ночных грозоградных процессов и особая их интенсивность в июле–августе, что обусловлено близостью моря, с его теплой поверхностью в ночное время.

Эксперимент по вызыванию дополнительных осадков на охраняемой от града территории является следующим крупным

совместным проектом Одесской противорадовой службы и ОГМИ. В качестве регионального центра – заказчика работ, курирующего научно-прикладные исследования по активным воздействиям в период 1987–1989 годов, выбран УкрНИГМИ, в лице директора института В.С. Максимова и заведующего лабораторией активных воздействий Е.Е. Корниенко, а в 1991 году заказчиком выступил Ставропольский филиал ВГИ. Результаты работ предназначались для внедрения в оперативную практику Одесской противорадовой службы.

Планирование эксперимента в условиях противорадовой защиты имеет ряд специфических особенностей, главные из которых следующие:

1. Оценка влияния градозащиты на изменение режима осадков.

2. Оценка влияния засева кристаллизующим реагентом облаков и облачных систем при проведении противорадовых работ на изменение режима осадков на сопряженных территориях.

3. Проблемы, связанные с возможностью перехода облака, засеянного с целью вызывания дополнительных осадков, в градоопасное или потенциально градоопасное.

4. Исследование возможности одновременного засева облаков с целью как вызывания осадков, так и предотвращения градобитий.

5. Оценка количества осадков, которое можно получить при искусственном воздействии на облака и облачные системы за сезон воздействия.

В результате радиолокационных изменений параметров облаков и осадков в период воздействий 1987–1991 годов удалось установить следующее:

1. В регионе преобладают многоячейковые процессы, составляющие более двух третей от всех наблюдаемых продуктов конвекции, на одноячейковые процессы приходится примерно 15 %. Осадки, выпадающие при таких процессах, носят дискретный или дискретно-непрерывный характер, образуя локальные области сильных ливней. Суперячейки и процессы переходного типа редки и наблюдаются не каждый год.

2. Площади радиоэха конвективных ячеек (при одноячейковом процессе) или комплексов ячеек (в случае многоячейкового процесса) меняются в широких пределах –

от десятков до нескольких тысяч квадратных километров, причем в 70 % случаев размер ячеек не превышает 300 км кв.

3. Свыше 85 % всех наблюдаемых конвективных облаков в регионе можно отнести к разряду ресурсных, верхняя граница таких облаков находится выше уровня изотермы -12°C , зона повышенной влажности находится вблизи или выше уровня -6°C (уровень предполагаемого внесения реагента).

И хотя результаты натурных экспериментов, проведенных в Одесской области и ограниченных 4-летним периодом, являлись предварительными, отдельные выводы, базирующиеся на анализе значительного числа случаев наблюдений, могут быть с успехом использованы при планировании и проведении работ по вызыванию дополнительного количества осадков в засушливой зоне Северного Причерноморья.

Поскольку Одесскую службу активных воздействий традиционно связывали производственные отношения с Крымской службой, основанные на единстве целей, близости регионов, совместном решении оперативных и научных задач, взаимовыручке и взаимопомощи, то в период 1991–1992 годов в Крыму на охраняемой от града территории совместно Одесской службой активных воздействий и кафедрой активных воздействий и радиометеорологии ОГМИ были проведены исследования возможности вызывания дополнительных осадков противорадовыми средствами.

В разработке данной тематики непосредственное участие принимали научные сотрудники ОГМИ Н.К. Решетков, Г.И. Каменева, С.Н. Мажура, а со стороны Крымской службы активных воздействий всю необходимую информацию для расчетов предоставили начальник Службы Н.В. Сирота и ведущий специалист А.В. Бондаренко. При их постоянной помощи и участии с привлечением других сотрудников обеих служб и был выполнен совместный проект.

Многолетние радиолокационные наблюдения позволили разработать и предложить методику интерпретации скорости изменения радиолокационных характеристик (Т.Е. Данова, Л.В. Недострелова). Такой сверхкраткосрочный прогноз развития конвективной ячейки до градовой или ливневой стадии чрезвычайно важен для целей более точной индикации града и оценки

необходимости воздействия на облако для подавления града и не зависит от типа грозоградного процесса.

На протяжении более 30 лет (1980–2012 гг.) в Одесской области проводились производственные работы по защите сельскохозяйственных культур от града, разрабатывалось планирование и проведение работ по вызыванию дополнительного количества осадков в засушливой зоне Северного Причерноморья. Бессленное руководство Одес-

ской военизированной службы по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы осуществлял кандидат географических наук Данов Евгений Иванович.

Большой вклад в успешную работу Одесской военизированной службы по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы сыграли:

Константин Павлович Юрко – бессленный руководитель группы радиолокации, сумевший обеспечивать бесперебойную

работу станции МРЛ-5. Человек с высоким чувством ответственности, по-настоящему бескомпромиссный и требовательный, если это касалось радиолокационной станции. Поистине без таких ответственных людей противоградовые работы не смогли бы состояться.

Людмила Александровна Пасканная – руководитель отдела активных воздействий. Работала в Службе с первых лет ее существования и прошла путь от старшего техника до руководителя отдела. Наряду с участием в оперативных работах, Л.А. Пасканная участвовала во многих научно-исследовательских проектах, в частности, в эксперименте по вызыванию дополнительных осадков противоградовыми средствами, позволило стать соавтором инструкции по воздействию на облака для целей перераспределения осадков.

Виталий Михайлович Ковинько – один из первых выпускников ОГМИ, остававшийся в Службе до 2007 года. В противоградской службе выполнял обязанности командира отряда и начальника отдела ракетной техники, обучал и контролировал работу многочисленного технического состава сотрудников, осуществлявших запуск ракет, пользовался заслуженным авторитетом. За заслуги в организации противоградовых работ, в частности, за благоустройство и благосостояние ракетных пунктов и сбор достоверной информации о градовых осадках Виталий Михайлович был удостоен бронзовой медали ВДНХ СССР.

Владимир Григорьевич Давитян, начав работу в Одесской службе активных воздействий в 1980 году в качестве старшего техника и заочно закончив обучение в ОГМИ, стал инженером, затем старшим инженером, руководителем воздействия. За годы работы в Службе приобрел навыки не только оперативно-практической, но и исследовательской работы, участвовал в эксперименте по искусственному вызыванию осадков противоградовыми и самолетными средствами.

Олег Иванович Ларцев пришел в Службу в числе первых ее сотрудников из Крымской службы активных воздействий. За время работы заочно закончил ОГМИ, выполнял обязанности старшего инженера отдела ракетной техники, затем командира противоградового отряда.

Савелий Пантелеймонович Баранов – ветеран Одесской противоградской службы, бессленный начальник отдела связи, без слаженной работы которого невозможно четкое взаимодействие всех специалистов, участвующих в процессе воздействия. С.П. Баранов прилагал все усилия для бесперебойной работы всех задействованных радиостанций для тесного сотрудничества всех звеньев противоградской службы – руководителя воздействия, ракетных пунктов, при постоянном взаимодействии с руководителем полетов.

Юрий Павлович Добряков заслуженно может считаться ветераном противоградных работ. Сменив Таджикскую службу активных воздействий сначала на работу в Северо-Кавказском регионе, а затем на юге Украины, трудился четверть века в Одесской Службе, где выполнял обязанности командира Саратовского противоградового отряда.

Татьяна Евгеньевна Данова после окончания Одесского гидрометеорологического института проработала в Одесской службе более 15 лет, по экспериментальным материалам противоградных работ защитила кандидатскую диссертацию. Работая доцентом в Одесском государственном экологическом университете, не прерывала связей со Службой, выполняя наиболее актуальные исследования, занимаясь усовершенствованием методов прогноза града, изучая мезомасштабную структуру полей облаков и осадков, влияние близости моря на особенности развития грозоградных процессов и многое другое.

Михаил Михайлович Зинченко – в течение длительного времени командир Белгород-Днестровского противоградового отряда. Ныне преподаватель Белгород-Днестровского аграрного техникума, один из немногих пропагандистов в молодежной среде такого направления в метеорологической науке, как активные воздействия, регулярно проводящий экскурсии на полигоне для своих студентов.

Много лет проработали в противоградской службе Агаркова Альмира Терентьевна, Ковинько Людмила Владимировна, Ляшко Василий Григорьевич, Винкерт Виталий Иванович, Краснобаев Александр Григорьевич, Засухин Владимир Викторович, Кравченко Елена Евгеньевна, Сосин



ДАНОВ ЕВГЕНИЙ ИВАНОВИЧ (1937–2014)

Евгений Иванович Данов родился 9 мая 1937 г. в Пензенской области. Высшее образование получил в Ленинградском гидрометеорологическом институте в 1959–1964 гг. С 1964 по 1965 г. работал в экспедиции Среднеазиатского научно-исследовательского гидрометеорологического института в должностях, от старшего инженера до заместителя начальника экспедиции. С 1965 по 1977 г. переведен на работу в Гиссарскую противоградовую экспедицию, прошел путь от должности начальника отряда до начальника экспедиции. С 1977 по 1978 г. работал в Крымской противоградской службе. В 1975 г. окончил аспирантуру Ленинградского гидрометеорологического института и защитил кандидатскую диссертацию на соискание степени кандидата географических наук. В 1978 г. был направлен в Одесскую область для организации противоградных работ. Под его руководством была создана Одесская военизированная служба по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. С 1981 г. назначен командиром Одесской военизированной части по борьбе с градом. С июля 1981 г. Одесская военизированная часть стала отдельной структурой. В 1988 г. возглавил Одесскую военизированную службу по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. Являлся руководителем научно-исследовательских работ и технико-экономических разработок, которые проводились службой. За трудовые успехи награжден: в 1970 г. – юбилейной медалью «За доблестный труд», в 1984 г. – бронзовой медалью ВДНХ СССР, в 1987 г. за долголетний и добросовестный труд от имени Президиума Верховного Совета СССР награжден медалью «Ветеран труда». Является автором более 20 научных статей.

Сергей Дмитриевич, Клесов Александр Григорьевич, Литвинчук Георгий Степанович, Юрко Зоя Сергеевна, Белоус Евгений Михайлович, Ряпов Василий Дмитриевич, Лифанов Вячеслав Павлович, Давитян Светлана Ивановна, Суховеева Нина Михайловна, Николаев Виктор Алексеевич, Хисамов Яткар Шейх-Исламович, Цихмистренко Раиса Дмитриевна, Мережко Валентина Леонтьевна, Ногаль Полина Ивановна, Грошев Алексей Федорович, Урсатий Анатолий Сергеевич, Червонюк Андрей Иванович, Соколовская Тамара Аббасовна и многие другие.

В экспедиционных условиях выросло целое поколение детей сотрудников Служ-

бы. С самых ранних лет, будучи непосредственными свидетелями такой романтической работы родителей, как сражение с градом, грозой, мощными ливнями, чувствовали себя участниками настоящих «боевых» действий, когда по команде родителей в темные грозящие облака уходят серии противораковых ракет, сопровождаемые раскатом грома. Дети «активщиков» навсегда сохранили в своей памяти чувство коллективизма единомышленников-профессионалов, выступающих единым фронтом против стихии и побеждающих ее, в глубокой убежденности в том, что управлять погодой – обычная работа.

И.И. Акимова

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ

В 1988 году по инициативе Правительства Ставропольского края был создан Ставропольский филиал Высокогорного геофизического института (СФ ВГИ), который осуществлял исследования и опытно-производственные работы по искусственному увеличению осадков (ИУО). Директором СФ ВГИ был Экба Январби Алиевич.

Опытно-производственные работы по ИУО в Ставропольском крае проводились на площади около 2,5 млн га с применением арендуемых самолетов Як-40, Ан-12, Ан-26, Ан-72, оснащенных кассетами для отстрела пиропатронов ПВ-26 и ПВ-50, содержащих кристаллизующий реагент с йодидом серебра. Работы осуществлялись в период с мая по июнь, и программа предусматривала ИУО из конвективных облаков, имеющих для этой цели максимальный потенциал. Оценка экономической эффективности работ по ИУО на основе модели «урожай–осадки» показала, что в Ставропольском крае средний годовой прирост осадков в вегетационный период май-июнь обеспечил рост урожайности сельскохозяйственных культур. Например, прирост годового валового сбора урожая пшеницы (профилирующей культуры) приблизительно равнялся 150 тыс. тонн на 2 млн га посевной площади. Однако значительное удорожание авиационного топлива и запрет на аренду военных самолетов привели к тому, что эти работы в последующие годы были приостановлены.

1 июня 1993 года в связи с организацией работ по защите сельхозкультур от градобитий в Ставропольском крае приказом Росгидромета от 31.05.1993 г. № 37 «Об организации Ставропольской ВС» была создана Ставропольская военизированная служба по активному воздействию на гидрометеорологические процессы при Ставропольском филиале Высокогорного геофизического института (Ставропольская ВС).

В 1994 году защита сельскохозяйственных культур осуществлялась авиационным методом на территории Кочубеевского, Андроповского, части Шпаковского и Предгорного районов Ставропольского края

с использованием самолетов-лабораторий Як-40 и Ан-12.

В 1995 году приказом Росгидромета от 26.05.1995 г. № 61 Ставропольский филиал ВГИ был преобразован в федеральное государственное унитарное предприятие Росгидромета – Ставропольский научно-производственный геофизический центр. С этого года противораковые работы проводятся с использованием российской ракетной технологии с постепенным увеличением площади защиты и числа пунктов воздействия (ПВ). Управление противораковыми операциями производилось с командного пункта (КП), расположенного в Ставрополе и оборудованного метеорадиолокатором МРЛ-5.

В 1997 году в связи с отсутствием финансирования противораковые работы на территории Ставропольского края не проводились.

В 1999 году на основании Приказа Росгидромета от 27.12.1999 г. «О переименовании Ставропольской ВС» служба была переименована в Государственное учреждение «Ставропольская военизированная служба по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы» (ГУ «Ставропольская ВС») служба стала самостоятельным юридическим лицом с организационно-правовой формой «государственное учреждение». Начальником ГУ «Ставропольская ВС» был назначен Джангуразов Хизир Хасанович. За многолетний труд в сфере активных воздействий и заслуги в области метеорологии ему было присвоено почетное звание «Заслуженный метеоролог Российской Федерации».

В 2000 году в применяемую в ПГЗ научно-методическую литературу была включена методика «Оценки времени достижения эффекта воздействия на градовые облака», в разработке которой активное участие принимал начальник отдела активных воздействий ГУ «Ставропольская ВС», кандидат географических наук, старший научный сотрудник Ватиашвили Михаил Рубенович. За заслуги в сфере активных воздействий он был удостоен почетного звания

«Заслуженный метеоролог Российской Федерации».

Сфера его научных интересов – опасные явления погоды, физика облаков и др. М.Р. Ватиашвили является автором и соавтором более 200 научных работ, а также нескольких патентов в области активных воздействий на градовые процессы («Способ активных воздействий на градовые процессы», «Генератор искусственных ледяных кристаллов» и др.).

В 2000 году на территории Кировского района Ставропольского края были образованы 5 ПВ, управление которыми осуществляла ГУ «Северо-Кавказская ВС». Это было связано с тем, что командный пункт Ставропольской ВС был удален от территории Кировского района более чем на 150 км и уменьшалась способность МРЛ-5 распознавать структуру облаков.

В 2001 году в весенне-осенний период на значительной территории Ставропольского края велись работы по ИУО. Районы, сроки и объемы проведения этих работ в оперативном порядке определялись Министерством сельского хозяйства совместно с ГУ «Ставропольская ВС». В работах был использован самолет Ан-26, оборудованный системой отстрела пиропатронов ПВ-26, который показал высокую эффективность воздействий.

В целях дальнейшего повышения эффективности и удешевления технических средств активного воздействия (САВ) научно-производственными объединениями разрабатываются новые средства воздействия. В 2001 году Ставропольская ВС выступила полигоном для испытания противорадового ракетного комплекса «Алан», который отличался от применяемых в службе САВ.

В 2002 году по итогам двухлетних испытаний работа противорадового комплекса «Алан» была оценена как неудовлетворительная. Технические недостатки и высокая стоимость не позволили внедрить его в практику противорадовой защиты (ПГЗ).

В Службе велись собственные разработки и испытания авиационных технических средств воздействия на облака с целью искусственного увеличения осадков и предотвращения градобитий. На некоторые из них, такие как авиационный метеорологический комплекс для активных воздействий на облака и автоматизированная система управления

активными воздействиями на облака, были выданы патенты (авторы Х.Х. Джангуразов, В.П. Кассиров, В.Д. Евграфов).

Важным событием 2003 года стало внедрение новых противорадовых изделий (ПГИ) «Алазань-6» в практику активных воздействий (АВ) ГУ «Ставропольская ВС». Новая ракета типа «Алазань» имела меньшую массу взрывчатого вещества (а следовательно, радиус поражения осколками), больший эффективный радиус, а также в два раза увеличенное количество йодистого серебра в общей массе льдообразующего реагента в сравнении с предыдущими модификациями.

В 2004 году защищаемая территория (ЗТ) Ставропольского края была расширена за счет развертывания трех ПВ на территории Шпаковского района.

В 2006 году специалистами Отдела активных воздействий Ставропольской Службы была проведена апробация рекомендации по уменьшению дискретности засева во времени и пространстве применяемых ракет «Алазань-6» за счет сокращения интервала времени между засевами до 3 минут и уменьшения расстояния между трассами ракет до 0,5 км вместо 1 км. Апробация показала, что это требует увеличения расхода ракет на каждый разовый засев, но обеспечивает повышение эффективности АВ и сокращение суммарного расхода за счет уменьшения кратности засева и более быстрого достижения желаемого эффекта. Рекомендации были включены в руководящий документ «Организация и проведение противорадовой защиты».

Расширение работ по защите сельскохозяйственных культур от засух и градобитий в восточных районах края определило необходимость получения радиолокационной информации метеорологического радиолокатора, расположенного непосредственно в районе работ. В 2006 году был введен в строй радиолокатор МРЛ-5 в г. Зеленокумск. В это же время ПВ Кировского района перешли под управление ГУ «Ставропольская ВС».

На радиолокаторы МРЛ-5 ГУ «Ставропольская ВС» была установлена новая автоматизированная система АСУ-МРЛ для совместного выполнения задач противорадовой защиты и штормоповещения. Новая автоматизированная система позволила

повысить информативность метеорадиолокаторов, достоверность получаемой информации, качество ее документирования, передачи и хранения. С целью управления противорадовыми операциями при помощи АСУ-МРЛ системы было проведено обучение специалистов службы по ее применению.

Продолжилось расширение ЗТ Ставропольского края – были открыты три ПВ в Предгорном районе.

В 2007 году в ГУ «Ставропольская ВС» была начата региональная научно-исследовательская работа, направленная на реализацию целевой научно-технической программы Росгидромета «Научные исследования и разработки в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды» на 2008–2010 годы. Работа проводилась сотрудниками ГУ «Ставропольская ВС» совместно со специалистами ВГИ.

В 2008 году в применяемую в ПГЗ научно-методическую литературу была включена методика «Исследования норм расхода реагента в градовых облаках различной интенсивности», основным автором которой являлся начальник Отдела активных воздействий ГУ «Ставропольская ВС» кандидат географических наук М.Р. Ватиашвили.

В 2009 году ЗТ Ставропольского края расширилась за счет появления двух ПВ в Шпаковском, а также одного ПВ в Кировском районе.



ЛОЗОВОЙ ВАСИЛИЙ ИВАНОВИЧ

Василий Иванович Лозовой родился 1 января 1958 г. в селе Воздвиженское Апанасенковского района Ставропольского края. В 1985 г. Василий Иванович окончил Ставропольский ордена Трудового Красного знамени сельскохозяйственный институт по специальности агроном. С 5 февраля 2010 г. Василий Иванович работал в должности исполняющим обязанности начальника службы в ФГБУ «Ставропольская военизированная служба по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы», а затем начальником службы. Награжден Почетной Грамотой Росгидромет. В 2013 г. ему было присвоено звание «Почетный работник агропромышленного комплекса России». В настоящее время является руководителем Северо-Кавказского УГМС.

В 2010 году начальником ГУ «Ставропольская ВС» стал Василий Иванович Лозовой.

В 2011 году в соответствии с Приказом Росгидромета от 27.05.2011 г. «Об утверждении новой редакции Устава Федерального государственного бюджетного учреждения «Ставропольская военизированная служба по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы» ГУ «Ставропольская ВС» была переименована в Федеральное государственное бюджетное учреждение «Ставропольская военизированная служба по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы» (ФГБУ «Ставропольская ВС»).

При поддержке и содействии сельхозпроизводителей Края были развернуты 5 ПВ на территории Кочубеевского и Предгорного районов. Это позволило не только увеличить площадь защиты, но и сократить негативное влияние непростреливаемых участков и запретных секторов. Таким образом, происходит усовершенствование уже существующей сети пунктов.

В 2014 году согласно плану Росгидромета по созданию единого метеорадиолокационного поля над территорией РФ в Ставрополе был размещен радиолокатор ДМРЛ-С. На КП Ставрополя ФГБУ «Ставропольская ВС» был установлен абонентский пункт локальных пользователей доплеровского



АКИМОВА ИРИНА ИВАНОВНА

Ирина Ивановна Акимова родилась 25 апреля 1984 г. в станице Георгиевская Кочубеевского района Ставропольского края. В 2007 г. окончила Ставропольский государственный университет, имеет степень магистра географии. В ФГБУ «Ставропольская ВС» она начала работать с февраля 2007 г. в должности инженера по активным воздействиям, в 2008 г. переведена на должность ведущего инженера, в 2010 г. назначена на должность заместителя начальника отдела АВ и контроля, в 2012 г. назначена на должность начальника Отдела АВ и контроля. С 25 августа 2015 г. – начальник ФГБУ «Ставропольская ВС».

метеоролокатора ДМРЛ-С. Специалисты службы прошли обучение по программе «Автоматизированный доплеровский радиолокатор ДМРЛ-С» на базе ФГБУ «ЦАО».

В 2015 году в связи с переводом В.И. Лозового на другую работу начальником ФГБУ «Ставропольская ВС» становится Ирина Ивановна Акимова.

В соответствии с планом НИОКР Росгидромета был создан опытный образец нового полностью твердотельного доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-10, работающего на длине волны 10 см, предназначенного для нужд противорадовой защиты. Программное обеспечение вторичной обработки радиолокационной информации и управления противорадовыми операциями было разработано ФГБУ «ВГИ». Опытный образец ДМРЛ-10 также был установлен в

«Ставропольская ВС» в г. Зеленокумске и в 2015 году специалисты ФГБУ «Ставропольская ВС», ФГБУ «ВГИ» и АО «НПО

«ЛЭМЗ» провели его приемочные испытания. По итогам приемочных испытаний радиолокатор ДМРЛ-10 получил высокую оценку специалистов.

В настоящее время ФГБУ «Ставропольская ВС» защищает Ставропольский край от градобитий на площади 839 тыс. га (из них 660 тыс. га – культивируемая площадь).

На протяжении всей истории существования ФГБУ «Ставропольская ВС» руководство Службы стремится внедрять и применять новейшие научно-технические достижения в области активных воздействий на гидрометеорологические процессы.

Специалисты ФГБУ «Ставропольская ВС» постоянно совершенствуются в своей профессиональной деятельности посредством изучения новых теоретических и практических разработок в области активных воздействий на гидрометеорологические процессы, активно участвуют в научно-исследовательской работе Росгидромета.

П.А. Несмеянов

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ГЛАЗАМИ СОЗДАТЕЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОБЛАКА

В этом очерке предпринята попытка отобразить события, технику и людей, которые на протяжении более чем 50 лет занимались в научных организациях, на промышленных предприятиях СССР и РФ разработкой техники для активных воздействий на гидрометеорологические процессы и явления. На пути создания и производства технических средств активных воздействий (АВ), как и на любом пути создания нового, были трудности и достижения, промахи и победы. Технические средства АВ, основы которых были заложены еще в 60-е годы прошлого столетия и сегодня активно используются в народном хозяйстве РФ с большим экономическим эффектом, а также поставляются за рубеж. Создатели и изготовители средств АВ выражают надежду, что совершенствование существующих и разработка новых средств АВ будет продолжаться, пока существуют природные условия, мешающие человеку работать и жить комфортно.

Начало истории создания в СССР современных технических средств активного воздействия на гидрометеорологические процессы можно отнести к началу 50-х годов прошлого века, когда в России (ГГО, ЦАО) начались систематические лабораторные и натурные исследования возможностей искусственного воздействия на облака и туманы. В 1958 г. ЦАО и Институт геофизики Академии наук Грузии первыми в стране разработали ракетный метод борьбы с градобитиями. Практически одновременно с 1961 года в ВГИ начата разработка артиллерийского метода борьбы с градом. На базе созданного противорадового метода в 1961 году была организована первая в стране противорадовая служба в Грузии и в 1964 году – в Молдавии, что положило начало созданию общегосударственной системы оперативных служб по борьбе с градобитиями. Исключительно большая роль в определении основных параметров технических средств, определивших облик ракет

и снарядов на десятилетия вперед, принадлежит А.И. Карцивадзе, Н.Ш. Бибилашвили, И.И. Гайворонскому, Ю.А. Серегину, В.Г. Хоргуани. До сих пор у разработчиков противорадовой системы «Алазань» сохранилась одна страница основных технических требований к противорадовой ракете, подписанная этими учеными.

Разработка противорадовых средств (снарядов и ракет) проводилась рядом научно-исследовательских институтов и КБ Министерства оборонной промышленности СССР, а впоследствии – Министерства машиностроения.

Почти одновременно в Научно-исследовательском машиностроительном институте (НИМИ, Москва) разработан 100-миллиметровый артиллерийский противорадовый снаряд «Эльбрус-4» (Я.С. Чупров, Р.Н. Станков), в НИИ-1 (Москва) противорадовая ракета ПГИ калибра 82,5 мм (М.А. Ляпунов).

К разработке двигателей и пиротехнических составов для противорадовых ракет был подключен НИИ прикладной химии (директор Н.А. Силин), где были организованы работы по применению пиротехнического способа получения льдообразующего аэрозоля, созданию противорадовых ракет, авиационных патронов и генераторов, ставших затем основой всех отечественных средств активных воздействий. Руководил работами по созданию составов и первых генераторов льдообразующего аэрозоля А.И. Сидоров. Ведущим исполнителем работ по созданию пиропороховых зарядов двигателя противорадовой ракеты ПГИ был Ю.Н. Козлов, а ведущим исполнителем работ по созданию пиротехнических составов – В.В. Шишминцев.

Противорадовый снаряд «Эльбрус-4» благодаря большой дальности полета – 13 км и высокой точности доставки реагента в облако эффективно применялся в военизированных службах нашей страны в течение 30 лет. Недостатком снаряда являлась

низкая скорострельность его из зенитной пушки КС-19 и большая масса снаряда вместе с гильзой (26 кг).

В 1961 году НИИ-1 совместно с НИИ прикладной химии проведена модернизация ракеты ПГИ, высота полета ракеты увеличена до 4,6 км, однако этой высоты было явно недостаточно для эффективной обработки градоопасных облаков, поэтому в 1964 году по техническому заданию ЦАО (И.И. Гайворонский, Ю.А. Серегин) в НИИ-1 (М.А. Ляпунов) совместно с НИИ прикладной химии (Г.Г. Годораж, А.И. Сидоров) была разработана противорадовая ракета «Облако» калибра 125 мм с эффективным радиусом действия до 8 км и массой 35 кг. Ракета позволяла вести эффективную обработку градоопасных облаков, но обладала рядом недостатков – громоздкость, высокая стоимость, недостаточная надежность раскрытия парашюта, на котором происходил спуск корпуса ракеты после функционирования, малая скорострельность – пусковая установка для

запуска ракет «Облако» имела всего 4 направляющих.

Дальнейшая модернизация ракеты, проведенная в НПО «Сплав» (В.И. Дмитриев, В.Х. Азиев), полностью не устранила этих недостатков. Тем не менее, ракеты ПГИ-М, «Облако-М», снаряд «Эльбрус-4» эффективно применялись для защиты от градобитий в течение продолжительного периода.

По состоянию на 1970 год по всем районам СССР противорадовой защитой было охвачено около 3 млн гектаров сельскохозяйственных угодий. Работы велись на Северном Кавказе (начальник Противорадовой службы Н.Г. Штульман), в Грузинской ССР (А.И. Карцивадзе), Молдавской ССР (Л.А. Диневиц), в Крыму (Н.В. Сирота), Таджикской ССР (Г.В. Сокол), Узбекской ССР (Б.А. Камалов). В результате активных воздействий на градовые процессы, по данным противорадовых подразделений, количество случаев интенсивного градобития на охраняемых площадях сократилось в среднем на 65–70 %.



ГОДОРАЖ ГЕОРГИЙ ГЕОРГИЕВИЧ

Георгий Георгиевич Годораж родился в 1933 году. Работал в НИИПХ начальником лаборатории с 1963 по 1971 г., заместителем директора с 1971 по 1975 г. Главный конструктор ракеты «Алазань» (1969). Кандидат технических наук.

Экономический эффект от противорадовой защиты составил в 1970 году примерно 36 млн рублей по действующим в то время ценам.

За разработку и внедрение методов и средств борьбы с градобитиями с использованием противорадовых ракет и снарядов А.И. Карцивадзе, А.А. Орджоникидзе, Н.Ш. Бибилашвили, Я.С. Чупров, А.В. Бухникашвили, В.Ф. Лапчева, Ю.А. Серегин, Б.И. Кизирия, В.И. Дмитриев, И.И. Гайворонский, М.А. Ляпунов получили Государственную Премию СССР за 1969 год в области науки и техники.

В 1969 году в НИИ прикладной химии (Г.Г. Годораж, Н.И. Демина) совместно с НИТИ (П.И. Снегирев, Л.В. Степанова) по техническому заданию Института геофизики Грузинской академии наук (А.И. Карцивадзе) разработали противорадовую ракету «Алазань» калибра 82,5 мм, массой 8,5 кг с эффективным радиусом действия 8 км. Первые серийные партии ракет «Алазань» и впоследствии «Алазань-2М» изготавливались до 1980 года на Краснозаводском химическом заводе (директор З.М. Хамадеев, главный инженер Д.М. Шигаев, главный технолог В.Т. Панкеев, заместитель главного



СИЛИН НИКОЛАЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ (1928–1999)

Доктор технических наук (1968 г.), профессор, трижды лауреат Государственной премии СССР, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Директор НИИ прикладной химии в 1964–1996 гг. Успешно осуществлял руководство основными направлениями научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, завершившихся созданием целого ряда принципиально новых образцов техники, не имеющих аналогов в мировой практике. Им создана научная школа, насчитывающая 9 докторов и 150 кандидатов наук. Значение влияния Н.А. Силина на работы, связанные с созданием технических средств воздействия на гидрометеорологические процессы трудно переоценить. Благодаря исключительной интуиции, увлеченности и уверенности в успехе дела, он создал в НИИПХ новое, не свойственное институту направление по разработке специальных реактивных снарядов, в том числе противорадовых, вступая в конкурентную борьбу с «маститыми» предприятиями ВПК. Эту борьбу НИИПХ выиграл. Награжден орденами Ленина, Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, медалями.



СИДОРОВ АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ

Алексей Иванович Сидоров родился в 1934 году. В НИИ прикладной химии работал с 1963 по 2005 г. Руководитель разработки пиротехнических составов и генераторов технических средств АВ. Доктор технических наук, профессор, дважды лауреат Государственной премии СССР, Заслуженный изобретатель РСФСР. Автор 5 книг и учебных пособий, более 100 печатных работ, соавтор более 20 патентов и 450 авторских свидетельств СССР и РФ на изобретения. В 1996 г. при его непосредственном руководстве и участии разработаны и внедрены в производство пиротехнические составы и генераторы льдообразующего аэрозоля для противорадовых ракет серии «Алазань», «Кристалл» и «Небо», первое поколение авиационных осадкообразующих патронов ПВ-26, ПВ-50 и генераторов САГ-П.

инженера К.И. Еремин, заместитель главного технолога В.К. Субботин).

Пусковая установка ТКБ-040, разработанная ЦКИБ СОО (директор Г.И. Михалев, главный инженер В.И. Волков) Е.С. Саможенковым, В.П. Рудаковым, В.А. Прохиным, Л.Н. Юрасовым), имеет 12 веерных направляющих, которые позволяют при одном залпе обрабатывать облако в секторе $\pm 10^\circ$. Производство пусковой установки было организовано на Тбилисском заводе им. 26 Бакинских комиссаров, а затем на Кишиневском экспериментально механическом заводе (Генеральный директор В.С. Одобеску), который получил от ЦКИБ СОО полный комплект технической документации и впоследствии все усовершенствования пусковой установки проводил самостоятельно, обеспечивая потребности всех противорадиолокационных служб СССР, Болгарии, Венгрии, Аргентины, Бразилии.

С 1970 по 1991 год НИИПХ (директор Н.А. Силин) активно проводил работы по совершенствованию ракеты «Алазань». Так, в 1975 году (Г.Г. Годораж, П.А. Несмеянов, В.В. Антонова) была выполнена очередная модернизация ракеты. Каждый элемент ракеты был подвергнут жесткому конструкторскому и технологическому анализу с точки зрения вновь сформулированных критериев по надежности, безопасности, технологичности и гарантий качества при изготовлении. Практически каждый узел ракеты был модернизирован. Все работы по разработке новой ракеты проводились при тесном взаимодействии с серийным заводом – ЧПО им. В.И. Чапаева (генеральные директора

Н.А. Белоконь, Г.И. Хорошев, главные инженеры В.С. Куприянов, В.В. Шалыгин, главные технологи Г.И. Архипов, Л.Д. Гинзбург, зам. главного инженера Н.П. Брагин, зам. главного технолога В.С. Поносов).

Новой модернизированной ракете присвоено наименование «Алазань-2М». Указанная модификация ракеты прошла жесткие межведомственные испытания (председатель комиссии А.А. Шидловский) и была принята в систему Госкомгидромета СССР, а впоследствии из-за своих оптимальных для того времени характеристик вытеснила в СССР противорадиолокационные комплексы «Эльбрус», ПГИ и «Облако» и начала активно поставляться за рубеж. Производство ракет «Алазань» до настоящего времени ведется на ФГУП «ЧПО им. В.И. Чапаева» (генеральные директора Г.И. Хорошев, В.И. Пейве, М.С. Резников, А.Б. Лившиц). Благодаря своим оптимальным техническим характеристикам, высокой скорострельности и низкой себестоимости комплекс «Алазань-2М» на протяжении 30 лет использовался для защиты сельскохозяйственных культур от градобитий.

К середине 80-х годов ежегодное производство противорадиолокационных ракет «Алазань-2М» превысило 160 000 шт. Только в СССР с помощью комплекса «Алазань-М» обеспечивалась защита сельскохозяйственных культур от градобитий на площади свыше 10 млн га. Кроме того, потребителями противорадиолокационных средств были Болгария, Венгрия, Бразилия и Аргентина. В Аргентине в 1978–1979 годах применялись реактивные снаряды ПГИ-М, в 1979–1984 годах –



ВАРЕНЬХ НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ

Николай Михайлович Вареньх родился в 1946 году. В 1971 г. окончил Тульский политехнический институт. Кандидат технических наук. Генеральный директор НИИ Прикладной химии. Конструктор и ученый в области основ проектирования специальных изделий. Руководитель и участник создания, испытаний и организации серийного производства специальных изделий, в том числе пиротехнических средств активного воздействия на гидрометеорологические и геофизические процессы. Автор научных трудов и изобретений по проблемам создания пиротехнических боеприпасов, средств защиты военной техники и средств пироматериалов. Член-корреспондент РАН. Президент Российской пиротехнической ассоциации. Лауреат Государственных премий СССР и РФ, премий Правительства РФ, имеет государственные награды.

ракеты «Облако», а с сезона 1984–1985 годов в основном использовались ракеты системы «Алазань». Экономический эффект от использования противорадиолокационных изделий только в Аргентине ежегодно составлял около 20 млн долларов.

За разработку, организацию крупносерийного производства и внедрение в народное хозяйство средств активного воздействия на атмосферные процессы с целью защиты сельскохозяйственных культур от градобитий и искусственного вызывания осадков группе авторов присуждена Премия Совета Министров СССР за 1985 год в области на-

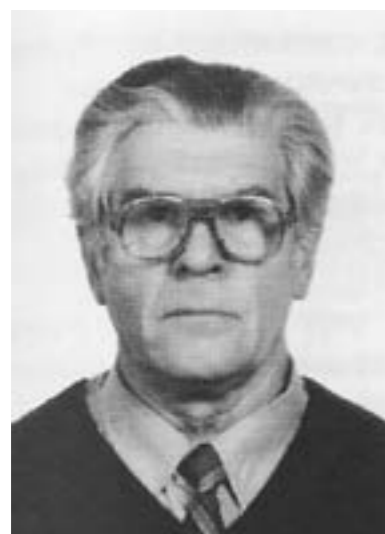
уки и техники (В.Д. Серов, П.А. Несмеянов, В.В. Антонова, Д.Д. Сапега, Б.Н. Дубинин, В.А. Климина, В.С. Поносов, Ю.Д. Дьяченко, А.А. Андреев, Ю.А. Зимоха, А.М. Казанцев, В.М. Огурцов, В.К. Субботин, В.И. Шашков, К.П. Куценогий, В.П. Рудаков, О.А. Волковицкий, Л.А. Диневич, А.И. Карцивадзе, Н.О. Плауде, А.Н. Пономарев, Е.С. Арцыбашев, В.Г. Хоргуани, И.П. Кэчев).

В 1986 году НИИПХ (директор Н.А. Силин, заместитель директора В.Д. Серов) была завершена разработка новой противорадиолокационной ракеты «Кристалл» (Н.М. Вареньх, П.А. Несмеянов, Д.Д. Сапега, Л.С. Чупра-



СЕРОВ ВИКТОР ДМИТРИЕВИЧ

Виктор Дмитриевич Серов родился в 1933 году. Заместитель директора НИИ Прикладной химии с 1975 по 1991 г. Руководитель работ по внедрению в серийное производство противорадиолокационных изделий «Алазань-2М», по разработке изделий «Кристалл». Доктор технических наук, профессор, Лауреат Государственной премии СССР (1975) и премии Совета Министров СССР (1985). Автор более 100 научных трудов, 2 книг, 90 изобретений; имеет государственные награды.



ШИШМИНЦЕВ ВЛАДИЛЕН ВАСИЛЬЕВИЧ

Владилен Васильевич Шишминцев родился в 1934 году.

Ведущий инженер-технолог НИИ прикладной химии. Ученый-химик, один из первых создателей нового направления в пиротехнике – рецептуры и технологии составов для генераторов льдообразующего аэрозоля, основы всех технических средств АВ.

ков, Г.А. Имбро, Г.В. Морозов, М.В. Лисин, А.В. Ланцов, Ю.Д. Редько, Ю.П. Гришин, Л.С. Чупраков). Ракета «Кристалл» имела увеличенный до 12 км эффективный радиус действия и принципиально новую кассетную головную часть, из которой на траектории полета отстреливались 28 автономных генераторов льдообразующих аэрозолей (пироэлементов), которые создавали в облаке увеличенную «зону засева» с повышенной концентрацией активных ядер. В эту ракету были заложены результаты научных исследований, проведенных в Институте экспериментальной метеорологии (директор О.А. Волковицкий) С.П. Беляевым и Н.С. Кимом.

Активное участие в работах по созданию комплекса «Кристалл» принимали:

– ВГИ (М.Т. Абшаев, Б.Н. Дубинин, Б.А. Клигер);

– НИТИ по разработке дистанционных механизмов (П.И. Снегирев, Б.Н. Стефанов, А.А. Васильев, Г.С. Воронин);

– ФЦДТ «Союз» по разработке пороховых зарядов (Б.П. Жуков, В.В. Бритарев, В.А. Козлов, Ю.А. Зимоха).

Увеличение эффективного радиуса действия позволило в противорадовых службах сократить количество пунктов воздействия на защищаемой территории и сократить затраты на противорадовую защиту. Применение кассетной головной части позволило увеличить эффективность ракеты, при этом масса дефицитного реагента уменьшена в 2 раза.



ПОНОСОВ ВЛАДИМИР СТЕПАНОВИЧ

Владимир Степанович Поносков родился в 1946 году в г. Чойбалсан Монгольской Народной Республики. В 1970 г. окончил инженерный факультет Казанского химико-технологического института им. С.М. Кирова был распределен на работу в АО ЧПО им. В.И. Чапаева. Прошел все ступени производственной деятельности от мастера цеха до главного технолога объединения. В настоящее время работает в должности начальника отдела. Является ведущим специалистом в области производства технических средств воздействия на гидрометеорологические процессы. Лауреат Премии Совета Министров СССР в области науки и техники.

Для запуска ракеты «Кристалл», которая имела длину 2 м, модернизирована пусковая установка ТКБ-040. Модернизация пусковой установки (ТКБ-040-04) проведена Кишиневским экспериментально-механическим заводом (С.К. Миносян, С.С. Гольденберг).

Кроме того, для запуска ракеты «Кристалл» ЦКИБ СОО (Тула) разработали пусковую установку ТКБ-0183 «Молдова» (В.П. Рудаков, В.В. Шевцов, Ю.А. Надеждин). Пусковая установка ТКБ-0183 имела дистанционное электромеханическое наведение, что позволило увеличить её скорострельность вдвое и обеспечить удобство обслуживания.

Одновременно с ракетой «Кристалл» НПО «Сплав» (Тула) разрабатывался противорадовый комплекс «Небо» (Г.А. Денежкин, В.Х. Азиев). Для запуска ракеты КБ компрессорного машиностроения (г. Екатеринбург) разработана 18-ствольная пусковая установка МС-280Н с дистанционным электромеханическим наведением (В.С. Евтушенко, В.И. Миллер). Первая партия ракет «Небо» была серийно изготовлена на Краснозаводском химическом заводе (З.М. Хамадеев, Л.А. Урманов, В.Т. Панкеев, Д.М. Шигаев, К.И. Еремин, В.К. Субботин), но из-за высокой стоимости ракеты и конструктивной недоработки она не нашла распространения в противорадовых службах и её производство было прекращено.

Хотелось бы сказать несколько слов о наших конкурентах – коллективе разработчиков противорадовых ракет НПО



Слева направо: Г.Ф. Шевела, В.Х. Азиев, М.Т. Абшаев, Н.Г. Штульман, П.А. Несмеянов

«Сплав» во главе с начальником отдела Валерием Хасанбековичем Азиевым. При поддержке А.Н. Ганичева, а после его смерти – Г.А. Денежкина, В.Х. Азиевым был создан коллектив талантливых молодых инженеров, таких, как Дмитрий Сопиков, Сергей Соколов и других. Несомненным лидером этого коллектива был Валерий Хасанбекович,

который был не только талантливым конструктором и великолепным организатором, но и обаятельным и жизнерадостным человеком. После неудачи с внедрением ракеты «Небо» интерес к данной тематике на НПО «Сплав» стал пропадать, коллектив распался и, думаю, это отразилось на здоровье В.Х. Азиева, который рано ушел из жизни.



НЕСМЕЯНОВ ПАВЕЛ АРТЕМЬЕВИЧ

Павел Артемьевич Несмеянов родился в 1942 году. Начальник лаборатории (отдела) № 17 НИИ прикладной химии (1977–1992, 2005–2016 гг.). Директор ВНИИП «Дарг» (с 1992 г.). Кандидат технических наук (1985). Ведущий конструктор ракет «Алазань-2М» и «Кристалл». Главный конструктор противорадовых ракет «Алазань-5», «Алазань-6» и «Алазань-9», противолавинного комплекса «Нурис», авиационных и наземных САВ. Лауреат Премии Совета Министров СССР (1985), международной премии ВМО/ОАЭ (2006), Премии Правительства РФ (2008). Награжден Золотой медалью ВДНХ СССР (1981 г.). Почетный работник Росгидромета России (2002 г.). Член Проблемного научного Совета «Активные воздействия на гидрометеорологические и геофизические процессы» Росгидромета (2001–2015 г.). Имеет более 80 научных трудов и более 50 авторских свидетельств СССР и патентов РФ на изобретения.

так и не реализовав свой огромный творческий потенциал.

С 1984 по 1991 год в НИИПХ были выполнены разработки еще нескольких модификаций ракет «Алазань-2М» и «Кристалл», которые включали решение дополнительных исследовательских и производственных задач. Так, в 1984 году разработаны исследовательские ракеты для дистанционной постановки угленовых отражателей для изучения динамики развития облаков – ракеты «Метка-1», «Метка-2» и «Метка-3» (П.А. Несмеянов, Ю.П. Гришин). В 1989 году сдана в производство ракета «Алазань-3М» (П.А. Несмеянов, М.В. Лисин). В 1990 году был разработан вариант ракеты в тропическом исполнении – «Алазань-2МТ» (П.А. Несмеянов, Д.Д. Сапега, Ю.Д. Редько). В 1991 году завершена отработка противораковой ракеты «Алазань-90» с модульной головной частью (П.А. Несмеянов, Ю.Д. Гришин, Ю.Д. Редько).

С 1992 года производство, дальнейшие разработки и совершенствование противораковых средств в НИИ прикладной химии были прекращены из-за резкого сокращения финансирования со стороны государства

в период начавшейся перестройки. Был расформирован специализированный конструкторский отдел, который с 1963 года занимался разработкой противораковых ракет и других изделий специального назначения, с формулировкой «в связи с отсутствием перспектив финансирования».

Это было очевидной ошибкой директора и ученого совета НИИ прикладной химии, несмотря на то, что в то время специалистами предлагались реальные пути выхода из периода временных трудностей. Поэтому группой энтузиастов во главе с бывшим начальником расформированного конструкторского отдела П.А. Несмеяновым, при поддержке руководства ЧПО им. В.И. Чапаева (Г.И. Хорошев), в феврале 1992 года было создано малое предприятие – Внедренческое научно-исследовательское инновационное предприятие «Дарг» (ВНИИП «Дарг»), основной задачей которого стало продолжение работ по совершенствованию и созданию нужных народному хозяйству технических средств активного воздействия на гидрометеорологические процессы. Предприятие по договору с заводом-изготовителем вело техническое со-

провождение серийного производства ракет и одновременно приступило к разработке новой, более совершенной ракеты.

В 1995–1996 годах во ВНИИП «Дарг» (П.А. Несмеянов, Б.Н. Дубинин, Г.А. Имбро, А.В. Ланцов, М.В. Лисин, Ю.Д. Редько, Д.Д. Сапега) по техническому заданию и договору, при активном участии ФГУП «ЧПО им. В.И. Чапаева» (Г.И. Хорошев, В.В. Шалыгин, В.С. Поносков) разработана новая ракета семейства «Алазань» – «Алазань-5».

В разработке ракеты «Алазань-5» участвовали ФЦДТ «Союз» и ГосНИИ «Кристалл». Были разработана и реализована новая техническая концепция противораковой ракеты, основанная на исключении дорогостоящих дистанционных механизмов, на новой рецептуре пиротехнического состава генератора льдообразующего аэрозоля, заряда экологически чистого баллистического топлива (В.А. Козлов, Ю.А. Зимоха) и новом принципе построения системы обеспечения безопасности ракеты на основе применения эластичного взрывчатого вещества уменьшенной массы (Л.Р. Котов).

Противораковая ракета «Алазань-5» прошла с положительными результатами широкие межведомственные испытания (пред-

седатель комиссии М.Т. Абшаев). Приказом Председателя Росгидромета ракета «Алазань-5» принята в эксплуатацию в 1997 году и стала эффективно использоваться в Северо-Кавказской противораковой службе (начальник Н.Г. Штульман), Краснодарской противораковой службе (Вавилов П.Е.), Ставропольской противораковой службе (Х.Х. Джангуразов) и Республике Аргентина (Х.Б. Тетуев). К 1999 году количество выпущенных ракет на ФГУП «ЧПО им. В.И. Чапаева» достигло 2 000 000 штук.

Противораковая ракета «Алазань-5», по сравнению с лучшими аналогами, имела увеличенный на 20 % эффективный радиус действия, увеличенный в 2 раза выход льдообразующих аэрозолей, сокращенное в 3 раза время проявления льдообразующей активности аэрозоля, увеличенную в 10 раз вероятность безопасного для населения применения ракет, экологическую чистоту всех применяемых в ракете компонентов. Результаты промышленной эксплуатации противораковой ракеты «Алазань-5» подтвердили ее высокую эффективность.

В период перестройки экономики страны, несмотря на снижение себестоимости ракеты «Алазань-5» по сравнению с ракетой «Алазань-2М», противораковые службы России и стран СНГ были не в состоя-



ХОРОШЕВ ГЕННАДИЙ ИВАНОВИЧ

Геннадий Иванович Хорошев родился в 1932 году. Генеральный директор ЧПО им. В.И. Чапаева с 1970 г. по 1998 г., доктор экономических наук, крупный организатор пиротехнического производства, в том числе внедрения в серийное производство технических средств активного воздействия на облака – противораковых ракет, авиационных патронов и генераторов льдообразующего аэрозоля. Г.И. Хорошев много внимания уделял внедрению вопросам экспорта противораковых изделий. Ракета «Алазань» экспортировалась в Аргентину, Бразилию, Болгарию, Венгрию, расширялись поставки ракет в южные регионы СССР – Армению, Грузию, Узбекистан, Таджикистан, Молдавию, Украину. Выпуск противораковых ракет «Алазань» к 1986 г. достиг 160 тысяч ракет в год. Под руководством Г.И. Хорошева в Аргентине было создано совместное Советско-Аргентинское предприятие СП «Антиград-Латиноамерикано» по продвижению противораковой техники на латиноамериканский рынок.



ПЕЙВЕ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ

Владимир Иванович Пейве родился в 1943 году. Генеральный директор ЧПО им. В.И. Чапаева с 1998 по 2003 г. В.И. Пейве продолжил развитие производства средств воздействия на ЧПО им. В.И. Чапаева. В этот период активизировались работы по научно-техническому сотрудничеству ученых, разработчиков и производителей средств воздействия. В 1999 г. В.И. Пейве выступил одним из инициаторов создания Российского Агентства атмосферных технологий, учредителями которого выступили Росгидромет и ЧПО им. В.И. Чапаева. При активном участии В.И. Пейвена ЧПО им. В.И. Чапаева, при финансировании Агентства АТТЕХ были созданы пиропатроны ПВ-26-01, самолетный генератор САГ-ПМ, противораковая ракета «Алазань-6». Почетный работник Росгидромета, Заслуженный работник ЧПО им. В.И. Чапаева, Заслуженный работник боеприпасной отрасли.

нии закупать ракеты в нужных количествах. Поэтому часть служб вообще прекратила работу (противоградские службы Грузии, Армении, Азербайджана, Таджикистана, Украины), а другие сократили площади защищаемой территории и использовали для запуска старые запасы противоградских ракет, гарантийные сроки эксплуатации которых истекли (Республика Узбекистан, Республика Молдова, Северо-Кавказская и Краснодарская Службы Российской Федерации).

В этот период ВНИИП «Дарг» совместно с ФГУП «ЧПО им. В.И. Чапаева» провели исключительно большой, как по технике, так и по организации, объем работ по ремонту ракет «Алазань-2М» и «Кристалл» с истекшими гарантийными сроками хранения. При ремонте ракеты разбирались и заменялись узлы, вышедшие из строя в процессе хранения с последующим тестированием всех узлов и ракеты в целом. Работы проводились силами специалистов ВНИИП «Дарг» и ФГУП «ЧПО им. В.И. Чапаева». Всего в 1997–1999 годах было отремонтировано более 20 тысяч ракет.

Это позволило противоградским службам при ограниченном финансировании обеспечить противоградскую защиту в течение 1997–2001 годов. Проведенные работы по ремонту ракет позволили (по оценкам руководителей противоградских служб) сохранить в период резкого снижения финансирования работ по защите сельскохозяйственных культур от градобитий Северо-Кавказскую противоградскую службу, Противоградскую службу Краснодарского

края, Противоградскую службу Республики Молдова.

Начиная с 1998 года ВНИИП «Дарг» (П.А. Несмеянов, Ю.Д. Дьяченко, Б.Н. Дубинин, А.И. Сидоров, А.В. Ланцов), совместно с ФГУП «ЧПО им. В.И. Чапаева» (В.И. Пейве, И.Н. Шакиров, В.С. Поносов, А.Н. Зюкин), Центром «Аква» (В.П. Корнеев), ЦАО (А.А. Черников, Н.О. Плауде) и НПО «Тайфун» (В.Н. Иванов, Н.С. Ким) провели цикл инициативных научно-исследовательских работ по совершенствованию пиротехнических составов и средств воздействия.

В 1999 году завершена разработка нового высокоэффективного пиротехнического состава льдообразующего аэрозоля АД-1. До настоящего времени состав АД-1 остается лучшим из известных отечественных и зарубежных составов. Основная характеристика состава – выход активных ядер при температуре -6° – увеличен более чем в 5 раз.

В 2000–2001 годах ВНИИП «Дарг» (П.А. Несмеянов, Б.Н. Дубинин, Д.Д. Сапега, Ю.Д. Дьяченко) разработана и принята межведомственной комиссией (председатель М.Т. Абшаев) новая повышенной эффективности противоградская ракета «Алазань-6». Ракета отличается увеличенной в 5-6 раз льдообразующей эффективностью за счет применения нового льдообразующего пиротехнического состава АД-1.

В этом же году ВНИИП «Дарг» совместно с ФГУП «ЧПО им. В.И. Чапаева» (В.И. Пейве), Центром «Аква» (В.П. Корнеев), ЦАО (А.А. Черников) и НПО «Тайфун» (В.Н. Иванов) завершена разработка и при-

нята межведомственной комиссией (председатель Черников А.А.) новый, более эффективный самолетный осадкообразующий патрон ПВ-26-01 с составом АД-1.

В 1998–2000 годах ВНИИП «Дарг» проведена НИР «Кристалл-Э», в рамках которой испытана с новой конструкцией системы обеспечения безопасности ракеты, построенная на использовании электронных элементов, позволяющая существенно повысить надежность и эффективность противоградских ракет.

В 2000 году коллектив ВНИИП «Дарг» приступил к разработке нового автоматизированного противоградского ракетного комплекса «Дарг». Цель разработки – при сохранении высоких технических характеристик лучших штатных ракет уменьшить в 2 раза себестоимость ракет. Разработку пусковой установки «Дарг-ПУ» с дистанционным наведением для запуска ракеты «Дарг-Р» велась НПЦ «Антиград» (М.Т. Абшаев, Б.К. Кузнецов) по техническому заданию и договору с ФГУП «ЧПО им. В.И. Чапаева» (В.И. Пейве) и Автономной некоммерческой организацией «Агентство атмосферных технологий» (В.П. Корнеев). Разработку заряда двигателя осуществлял ФЦДТ «Союз» (В.А. Козлов, Ю.А. Зимоха).

Кроме того, в период с 1992 по 2007 год по техническим заданиям АНО «Агентство АТТЕХ» (В.П. Корнеев) и при участии ЧПО им. В.И. Чапаева были разработаны и приняты в эксплуатацию Росгидрометом авиационные осадкообразующие патроны ПВ-26-92, ПВ-26-01, ПВ-50-96 и генераторы САГ-26, САГ-ПМ, наземные аэрозольные генераторы НАГ-07, ГЛА-105. В этот же пе-

риод, совместно с ЦАО, НПО «Тайфун», по заданию АНО «Агентство АТТЕХ», проведен цикл НИР по созданию пиротехнического состава для генерирования гигроскопических аэрозолей для перспективных технических средств активного воздействия на облака.

В 2005 году ФГУП «ФНПЦ «НИИ прикладной химии» (директор Н.М. Вареных, заместитель директора В.Н. Емельянов) возобновил работы по созданию средств активного воздействия на облака, вновь организовав специализированный отдел по направлению.

За работы в период с 1997 по 2007 год за создание и внедрение технологий сохранения жизнеобеспечивающих функций окружающей среды на основе инновационных разработок искусственного регулирования атмосферных осадков в 2008 году группе авторов присуждена Премия Правительства РФ в области науки и техники (М.Ч. Залиханов, В.Н. Емельянов, П.А. Несмеянов, В.И. Сарабьев, М.Т. Абшаев, А.Ю. Беккиев, В.П. Корнеев, М.С. Резников, И.Н. Шакиров, Г.П. Берюлев).

В 2004 году по инициативе М.Т. Абшаева была представлена на соискание Международной премии ВМО/ОАЭ в области модификации погоды работа «Автоматизированная ракетно-артиллерийская технология предотвращения града и результаты ее применения в разных регионах мира» (М.Т. Абшаев, Г.К. Сулаквелидзе, И.И. Бурцев, Л.М. Федченко, М.К. Жекамухов, А.М. Абшаев, Б.К. Кузнецов, А.М. Малкарова, П.А. Несмеянов, А.Д. Тебуев, И.Н. Шакиров, Г.Ф. Шевела). В 2005 году ВМО и



РЕЗНИКОВ МИХАИЛ СЕРГЕЕВИЧ

Михаил Сергеевич Резников родился в 1958 году. Генеральный директор ЧПО им. В.И. Чапаева с 2003 по 2015 г. В этот период при активном участии М.С. Резникова было расширено производство противоградских ракет «Алазань-6» и созданы противоградская ракета нового поколения «Алазань-9», самолетный генератор САГ-26 и наземные генераторы льдообразующего аэрозоля (ГЛА-105 и НАГ-07), принятые к эксплуатации в системе Росгидромета. Кандидат технических наук. Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники. Автор нескольких десятков научных трудов и патентов.



ЕМЕЛЬЯНОВ ВАЛЕРИЙ НИЛОВИЧ

Валерий Нилович Емельянов родился в 1941 году. Заместитель генерального директора НИИ Прикладной химии с 1991 по 2016 г. Доктор технических наук, профессор, Лауреат Государственной премии СССР (1979) и премии Правительства РФ (2008). Автор более 100 научных трудов, 200 изобретений и патентов РФ, имеет государственные награды. Ответственный руководитель работ НИИПХ по совершенствованию технических средств АВ на метеорологические и геофизические процессы.

Правительство ОАЭ удостоили указанную выше работу Премии ВМО/ОАЭ с формулировкой «За исследование градовых процессов, включая механизм формирования града, концепции подавления града, развития радарных и ракетных технологий, применительно к различным градовым штормам».

В 2009–2011 годах «ФНПЦ «НИИПХ» и АО «ЧПО им. В.И. Чапаева» продолжена ОКР по комплексу «Дарг», завершившаяся созданием противорадовой ракеты нового поколения «Алазань-9» (П.А. Несмеянов, В.П. Корнеев, Н.М. Вареных, В.Н. Емельянов, М.С. Резников, В.С. Поносков, С.М. Двоглазов) калибра 60 мм с меньшей трудоемкостью и большей эффективностью в сравнении с «Алазань-6». Приказом руководителя Росгидромета противорадовая ракета «Алазань-9» принята в эксплуатацию.

В 2012–2014 годах ВНИИП «Дарг» по техническому заданию и договору с НПО «Тайфун» (генеральный директор В.М. Шершаков, заместитель генерального директора – директор ИЭМ В.Н. Иванов) завершена НИР по созданию на базе изделия «Алазань-6» ракеты «Алазань-12» (П.А. Несмеянов, С.М. Двоглазов, В.Н. Иванов, А.С. Дрофа) для вызывания осадков из теплых облаков. Ракета позволяет устанавливать на высотах до 4 км и дальностях до 5 км аэрозольное облако мелкодисперсного гигроскопического порошка. Проведенные в Ставропольской ВС (начальник В.И. Лозовой) натурные определительные испытания ракеты были положительно оценены специалистами.



Ракеты «Алазань» и «Кристалл» на боевом дежурстве

При создании технических средств активного воздействия внедрялась широкая кооперация НИИ, КБ и заводов ВПК, предприятий гражданского профиля, университетов, испытательных полигонов при тесном взаимодействии с научными организациями Росгидромета. Такая тенденция и постоянная связь с потребителями технологий АВ и обеспечила успех дела. На протяжении более пятидесяти лет менялась структура и состав организаций и подразделений, занимавшихся созданием новой техники, упразднялись и создавались новые научно-технические образования, но на протяжении всего прошлого периода определяющее значение имели люди – ученые, инженеры, техники.

Вот что сказал о 60-70-х годах первый начальник лаборатории 17 Георгий Георгиевич Годораж: «Это было время, когда мы были молоды и дерзки, мы одерживали победы и терпели поражения, но вместе и порознь умели держать удар. Нам сопутствовала «госпожа удача», нас поддерживал в то время Н.А. Силин, бывший тогда заместителем директора, а затем директором института, блистательный Е.С. Шахиджанов, заместитель директора по науке, начальник лаборатории И.А. Челноков (мой учитель)».

В лаборатории 17 создавались под новые задачи новые кадры, способные влиять на уровень развития института, кадры нового типа, создавались изделия, прогрессивно влияющие на развитие отраслевых заводов, в которых в то время наиболее сложным было производство осветительных и сигнальных реактивных патронов.

Разумеется, создание специальных реактивных снарядов требовало дополнительного опыта работ, основанного на глубоком знании теории. Потребовалась подготовка специальных кадров, способных решать новые задачи, кадры широкого профиля, кадры, которые ни один вуз страны в полном объеме знаний не готовил. Поэтому выпускникам МВТУ им. Н.Э. Баумана, ЛМИ им. Д.Ф. Устинова (Военмех), МАИ, ХАИ, ЛТИ им. Ленсовета, КХТИ им. В.И. Ленина, Тульского политехнического пришлось переучивать науку



Разработчики ракет «Алазань» и «Кристалл»

о баллистике (внешней и внутренней), газодинамике и термодинамике, аэродинамике, гидроакустике, прогрессивной технологии изготовления шашек пиротехнических составов и разработке их рецептов, материаловедению неметаллических материалов и т.д. и т.п.

Быть разработчиком не значит быть компоновщиком. Очевидно, что компоновщик – это субъект, способный охватить изделие в целом, разработчик – инженер, создающий

узлы и элементы изделий. Понятно, что без их тесного взаимодействия невозможно создать изделие в целом, так же, как и противопоставлять их бессмысленно. Одни из них стали компоновщиками (А. Алексеев, Г. Годораж, Б. Дубинин, П. Несмеянов, Л. Чупраков), другие (В. Сеин, В. Кукшин, Н. Дворянков, Д. Сапега, Ю. Редько, В. Антонова, В. Ходкова, И. Перьков) – разработчиками. Все они были выпускниками престижных вузов страны.



ШАКИРОВ ИЛЬДАР НУРТДИНОВИЧ
(1946–2007)

Ильдар Нуртдинович Шакиров родился в 1946 году. Заместитель генерального директора – технический директор ФГУП «ЧПО им. В.И. Чапаева» с 1996 по 2006 г. Ответственный руководитель работ ЧПО им. В.И. Чапаева по совершенствованию технологии и конструкции технических средств АВ. Кандидат технических наук. Лауреат Государственной премии СССР и премии Правительства РФ. Автор научных трудов, изобретений и патентов СССР и РФ, награжден государственными наградами.



Участники Международной конференции. В центре – Н.В. Федоров, Президент Чувашской Республики, и В.И. Пейве, Генеральный директор ФГУП «ЧПО им. В.И. Чапаева». Чебоксары, 1999 г.



МИНГАЗОВ АЗАТ ШАМИЛОВИЧ

Азат Шамилович Мингазов родился в 1962 году в Татарской АССР. После окончания инженерного факультета Казанского химико-технологического института по распределению был направлен в ПО им. В.И. Чапаева. Прошел производственные ступени от мастера смены до должности технического директора АО ЧПО им. В.И. Чапаева. Руководил работами по постановке на производства изделия Алазань – 6, Алазань – 9, САГ – 26. Активно принимает участие в совершенствовании технологии и конструкции технических средств АВ. Кандидат технических наук.

Итак, в сентябре 1963 года была организована лаборатория № 17. Базой для её создания послужила группа лаборатории № 1. В составе группы работали: Г. Годораж, Б. Дубинин, В. Соловьев, Ю. Лагутко, Г. Алексейчук, Г. Бузина, Б. Коршунов, В. Иванов, В. Болтышев и другие. Группа занималась разработкой пиропороховых двигателей (ППРД) к противорадовым реактивным снарядам (РС) ПГИ и «Облако» (Годораж, Ходкова, Алексейчук) и осветительным реактивным снарядам.

На протяжении 10 лет коллектив лаборатории № 17 разработал и внедрил в производство целую серию специальных реактивных снарядов различного назначения. Среди них технические средства народного назначения и в первую очередь – противорадовая ракета «Алазань», модификации которой и в новом столетии

продолжают защищать сельскохозяйственные культуры от природных аномалий.

Проведенные разработки были выполнены на высоком не только отечественном, но и мировом уровне. Не могу не отметить работу А. Ланцова, который принимал самое активное участие в теоретических расчетах по баллистике и надежности изделий.

Мне хочется выразить ещё и ещё раз уважение ко всем сотрудникам лаборатории № 17, поблагодарить за тяжкий, но благородный труд во славу Отечества.

РАБОТЫ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ОСАДКОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Для меня начало этого этапа моей жизни уходит в далекий 1988 год, когда в один из осенних дней в Отделе технических средств УАВ Госкомгидромета СССР, где я работал в то время, открылась дверь, и в комнату вошел заведующий отделом активных воздействий ЦАО Юрий Алексеевич Серегин. Особого дела у него ко мне не было, но, в ожидании приема у С.С. Ходкина, Серегин решил пересидеть у меня. Было время обеденного перерыва, в комнате я был один (Анатолий Николаевич Пономарев куда-то отошел), настроение было неважное. Произошедшие к этому времени в Комитете перемены – создание ГУАВК, смена руководства направлением АВ – привели к тому, что бывшее «бурцевское» Управление испытывало не лучшие времена. Да и наш отдел к этому времени понес людские потери: В.Н. Дядюченко, уходя ректором в Институт повышения квалификации, забрал с собой проректором ведущего инженера нашего отдела В.В. Марганова.

Юрий Алексеевич сел напротив, и начался обычный разговор, что да как. Перерыв подходил к концу и, понимая, что другой возможности поговорить с Серегиним в ближайшее время не будет, я спросил его: «Юрий Алексеевич, помнишь, у Чехова, Ванька Жуков писал: «Милый дедушка, возьми меня отсюда»? Серегин вскинул брови и с довольным выражением спросил: «Что, достали?!» Чувствовалось, что он понял, о чем я говорю. Когда-то он прошел этим путем, ощутил все «прелести» службы в центральном аппарате Комитета и потом с радостью вернулся в родное ЦАО.

Немного подумав, Серегин сказал: «Хорошо. Есть одна тема для тебя, но придется года на два перебраться в Среднюю Азию». Терять мне было нечего, и я согласился без особых раздумий. Тогда я еще и не предполагал, что фактически открываю в своей жизни новую страницу, которая, как оказалось, не перевернута до сих пор.

Последующие два года большую часть времени я стал проводить в солнечном Узбекистане, правда, в основном, в зимнее

время. И сейчас с удовольствием вспоминаю эти благословенные места: Ташкент, Самарканд, Бухару, родину эмира Тимура – Шахрисабз, станцию слежения за спутниками на горе Майданак, метеостанцию Минчукур, полеты по воздействию на облака над отрогами Гиссарского хребта и остатками Аральского моря. Конечно, самыми приятным воспоминанием остается работа с заведующим отделом САНИГМИ Владимиром Павловичем Курбаткиным, его сотрудниками – Хасаном Имамджановым, Азизом Абдукаримовым, Берды Абдуллаевым, начальником Противорадовой Службы Баходиром Асамовичем Камаловым, его заместителем Исламом Усмановым.

В эти годы в Москве и родном ЦАО я бывал редко и, похоже, именно этим можно объяснить, что осенью 90-го года, после известных политических событий, мне вдруг было предложено создать при ЦАО малое предприятие с целью проведения оперативных работ по активному воздействию по договорам с заинтересованными организациями. В эти годы все пытались найти свое место в том бардаке, которым закончилась так называемая перестройка. Не миновала чаша сия и Гидрометслужбу. Аргументы Серегина и остатки коммунистического воспитания сыграли свою роль, и я согласился стать директором создаваемого при ЦАО малого государственного предприятия с длинным названием «Центр внедрения методов и средств активного воздействия на погоду «Аква».

Первые годы это предприятие влачило достаточно жалкое состояние, выполняя небольшие договоры, в которых исполнителями были сотрудники отделов «красного домика» ЦАО (ОАВ, ОФОиДА, ОРМ), что справедливо вызывало неудовольствие Ю.А. Серегина. Переломным в судьбе Центра «Аква» явился 1995 год. В начале года Правительство Москвы обратилось с предложением подготовить и провести работы по метеозащите Москвы во время празднования 50-летия Победы в Великой Отечественной войне 9 мая 1995 года.

Ближе к весне в ЦАО приехала делегация из Якутии в составе представителя Якутского научного центра Сибирского отделения Академии Наук РФ, руководителя одного из улусов (районов) и якутского шамана. Делегация приехала с предложением провести в мае–июле 1995 года работы по увеличению осадков в междуречье рек Лены и Амги. Поскольку основные силы ОАВ были задействованы в Сирийском проекте, Михаил Петрович Власюк, исполнявший в это время обязанности заведующего ОАВ вместо Г.П. Берюлева, убедил Альберта Алексеевича Черникова поручить выполнение этих работ Центру «Аква» и мы впряглись в работу.

К этому времени в Центре «Аква» сложился надежный коллектив, основу которого составили известный специалист в области АВ Олег Константинович Федоров, крепкий хозяйственник Семен Семенович Донцов и заместитель по финансам Елена Викторовна Чуприкова, опытные специалисты Георгий Яковлевич Нечипоренко, Андрей Степанович Чернокозинский.

Сейчас, вспоминая этот период, все большее убеждаюсь, что именно поддержка руководства ЦАО в лице А.А. Черникова, заведующего Отдела активных воздействий Г.П. Берюлева и М.П. Власюка, руководившего Отделом во время нахождения Г.П. Берюлева в Сирии, позволила Центру «Аква» совместно со специалистами ЦАО успешно выполнять работы по метеозащите Москвы, работы по ИУО в Якутии, работы по рассеянию туманов на автотрассе Венеция-Триест.

В том же 1995 году начались практически ежегодные работы по метеозащите Ташкента, которые Центр «Аква» выполнял совместно с САНИГМИ и ВГИ, метеозащите Астаны в 1998 году и ставшие затем ежегодными работы по метеозащите Москвы.

И до сих пор вот уже более двадцати лет Центр «Аква» постоянно принимает участие в подготовке и проведении работ по метеозащите мегаполисов.

Среди сотрудников, работающих в настоящее время в Центре «Аква», хотелось бы отметить его генерального директора Марину Юрьевну Горбачевскую, сотрудников:



ДОНЦОВ СЕМЕН СЕМЕНОВИЧ
(1927–2014)

Семен Семенович Донцов родился в июле 1927 году. Участник Великой Отечественной войны, окончил Бакинское пехотное училище. В 1973 г. после службы в Советской Армии поступил в Центральную аэрологическую обсерваторию, занимал должности инженера, старшего инженера ОАВ. Семен Семенович занимался организацией и строительством Котовской экспериментальной базы по активным воздействиям в Молдавии, участвовал во многих экспедициях в Узбекистане при проведении экспериментальных и опытных работ по искусственному регулированию осадков. После организации при ЦАО Центра внедрения методов и технических средств активного воздействия на погоду «Аква», длительное время являлся заместителем Генерального директора Центра и затем с 1999 г. – его Генеральным директором. Принимал активное участие в организации и проведении оперативных работ по метеозащите в Москве, Ташкенте, Санкт-Петербурге, Астане и других городах, в работах по искусственному увеличению осадков в Республике Саха (Якутия).



ФЕДОРОВ ОЛЕГ КОНСТАНТИНОВИЧ (1936–2011)

Олег Константинович Федоров родился в 1936 году в Таганроге. В 1964 г. окончил Всесоюзный заочный политехнический институт по специальности инженер-механик. В 1991 г. защитил диссертацию на соискание степени кандидата технических наук. С 1978 по 1983 г. работал в Центральной аэрологической обсерватории начальником Отдела средств воздействия базы Летного центра, затем перешел в Инженерный центр при Главмосдоруправлении, созданном для проведения работ по метеозащите Москвы. С 1995 по 2001 г. работал техническим директором Центра методов и средств активного воздействия на погоду «Аква». С 2001 г. – научный консультант Центра. Активно участвовал в работах по метеозащите Москвы, Санкт-Петербурга, Ташкента, Астаны. Мастер спорта СССР по альпинизму, кавалер альпинистского ордена "Эдельвейс".

Виктора Борисовича Рыбкина, Александра Васильевича Чубаренкова и Андрея Степановича Чернокозинского.

В эти же годы и при других институтах Росгидромета были созданы так называемые малые предприятия, из которых наиболее успешными были ЗАО «НИЦ АТВ», ЗАО «Антиград», филиал ГГО – НИЦДЗА, успешно работало созданное специалистами промышленности ЗАО «ВНИИП «Дарг».

В эти же годы в Росгидромете произошли перемены, смутное время подошло к концу, с приходом А.И. Бедрицкого и

возвращением в Комитет В.Н. Дядюченко направление АВ стало немного оживать. Но были и потери: ушел на пенсию Иван Иванович Бурцев, безвременно ушел из жизни Владимир Георгиевич Захаров, бывший в течение многих лет заместителем Ивана Ивановича и после ухода И.И. Бурцева возглавлявший Управление.

Поиски новой кандидатуры на должность начальника отдела АВ (во что к этому времени превратилось бывшее Управление) завершились тем, что из Санкт-Петербурга был приглашен Валерий Никифорович



ЧУПРИКОВА ЕЛЕНА ВИКТОРОВНА

Елена Викторовна Чуприкова родилась 5 июля 1962 года. В 1987 г. окончила Московский ордена Трудового Красного Знамени технологический институт мясомолочной промышленности, инженер-экономист. С 1987 по 1991 г. работала экономистом в Отделе активных воздействий ЦАО. С 1991 по 1999 г. – главный бухгалтер Центра внедрения методов и средств активного воздействия на погоду «АКВА». С 1999 г. по настоящее время – заместитель директора АНО «Агентство АТТЕХ» по финансовым вопросам. Награждена Почетной грамотой Росгидромета.



НЕЧИПОРЕНКО ГЕОРГИЙ ЯКОВЛЕВИЧ

Георгий Яковлевич Нечипоренко родился в 1939 году. В Центральной аэрологической обсерватории работал с 1977 по 1998 г., сначала в Летном научно-исследовательском центре, а с 1989 г. в Отделе активных воздействий. С 1998 по 2002 г. работал инженером в Центре «Аква». Г.Я. Нечипоренко принимал участие в создании бортового измерительно-вычислительного оборудования для самолетов-метеолaborаторий Ил-18 «Циклон» и «Метеор», Ан-12 «Циклон» и Ан-26 «Циклон». Участвовал в летных экспедициях во Вьетнаме, на Кубе, в Сирии, Средней Азии, в организации и проведении оперативных работ по метеозащите Москвы, Ташкента, Санкт-Петербурга, Астаны и других городов.

Стасенко – энергичный и достаточно молодой (всего 50 лет!) сотрудник ГГО.

На этой волне, учитывая опыт работы Центра «Аква» и других малых предприятий, возникла идея создания аналогичного предприятия под эгидой Росгидромета, задачей которого было бы внедрение созданных в системе Госкомгидромета СССР технологий активного воздействия на гидрометеорологические процессы и явления. Для всестороннего обсуждения этой идеи подвинулся благоприятный случай: в феврале 1999 года в Таиланде проходила конференция ВМО по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, в которой от России участвовала представительная делегация: директор ЦАО А.А. Черников, на-

чальник ОАВ Росгидромета В.Н. Стасенко, директор ЧПО им. В.И. Чапаева В.И. Пейве, зам. директора ВГИ М.Т. Абшаев, директор ВНИИП «Дарг» П.А. Несмеянов.

В ходе всестороннего обсуждения «высокие договаривающиеся стороны» пришли к решению создать такое предприятие под учредительством Росгидромета и ЧПО им. В.И. Чапаева. В результате в августе 1999 года была создана Автономная некоммерческая организация «Агентство атмосферных технологий», которое успешно функционирует в этой своеобразной сфере экспериментальной метеорологии и сейчас. За 17 лет Агентством выполнено 3 проекта по увеличению осадков в Португалии, Республике Саха (Якутия), на Кубе, демон-



ЧЕРНОКОЗИНСКИЙ АНДРЕЙ СТЕПАНОВИЧ

Андрей Степанович Чернокозинский родился в 1932 году. После завершения службы в Советской Армии работал в центральном аппарате Госкомгидромета СССР. В 1985 г. перешел в Летный научно-исследовательский центр Центральной аэрологической обсерватории, где работал по 1999 г. С 1999 г. А.С. Чернокозинский работает в Центре «Аква» инженером. Принимал участие в организации и проведении оперативных работ по метеозащите Москвы, Ташкента, Санкт-Петербурга, Астаны и других городов.



Встреча представителей Агентства АГТЕХ, НИИПХ и ЧПО им. Чапаева с руководством фирмы AGF Anti-Granizo Fraiburgo Ltd (Бразилия). Второй справа – директор фирмы В.М. Ильин

страционные проекты по воздействию на облака наземными генераторами на Северном Кавказе и в Крыму. Началась подготовка совместных российско-бразильских работ по ИУО в Бразилии.

Хотелось бы сказать несколько теплых слов о Валерии Михайловиче Ильине – человеке, можно сказать, удивительной судьбы. После окончания Казанского государственного университета он оказал-

ся в Молдавской военизированной службе, где работал руководителем воздействий, командиром Корнештского противорадового отряда, а затем начальником Отдела активных воздействий Службы. Начиная с середины 80-х годов, много раз был в командировках в Аргентине и Бразилии, где участвовал в проведении противорадовых работ. После развала СССР В.М. Ильин остался в Бразилии, где в провинции Сан-



ГОРБАЧЕВСКАЯ МАРИНА ЮРЬЕВНА

Марина Юрьевна Горбачевская родилась 4 сентября 1976 года. Окончила Московский государственный университет пищевых производств в 1998 г. Работала экономистом в Плановом отделе ЦАО. С 2001 г. – главный бухгалтер ЗАО "Центр внедрения методов и средств активного воздействия на погоду «АКВА». С декабря 2014 г – Генеральный директор Центра «Аква».



ЧУБАРЕНКОВ АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ

Александр Васильевич Чубаренков родился 13 мая 1955 г. В 1984 г. окончил Московский институт радиотехники, электроники и автоматики. Работал в Летном научно-исследовательском центре ЦАО. Принимал участие в ряде летных экспедиций ЦАО. Участник ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. С 2001 г. работает в Центре «Аква», главный специалист. Принимал участие в проведении оперативных работ по метеозащите Москвы, Ташкента, Санкт-Петербурга, Астаны и других городов.

та-Катарина создал фирму и почти 25 лет успешно выполнял противорадовые работы с помощью наземных генераторов. Несколько лет назад Агентство начало подготовку совместных экспериментов по воздействию на облака наземными генераторами совместно с возглавляемой В.М. Ильиным фирмой AGF Anti-Granizo Fraiburgo Ltd болгарской фирмой «Стройпроект» (Х. Крушарский). Безвременная кончина Валерия Михайловича осенью 2016 года нанесла серьезный ущерб этим работам.

В эти же годы Агентством было успешно проведено более 70 крупномасштабных работ по метеозащите мегаполисов. Среди них ежегодные работы по метеозащите Москвы во время празднования Дня Побе-

ды, Дня России, Дня Города, работы по метеозащите Ташкента во время празднования узбекского национального праздника Навруз и Дня Независимости, работы по метеозащите новой столицы Казахстана – г. Астаны. Особое место в работах занимает участие в метеозащите Пекина во время открытия XXII Олимпийских Игр в июле 2008 года и во время празднования 60-летия Китайской Народной Республики в октябре 2009 года.

По договорам с Агентством были созданы новые технические средства АВ: противорадовая ракета «Алазань-9», пиропатроны ПВ-26-01 и ПВ-50М, самолетные аэрозольные генераторы САГ-26, САГ-ПМ, наземные генераторы НАГ-07, НАГ-07М и НАГ-07А, малогабаритный метеорологический радио-



РЫБКИН ВИКТОР БОРИСОВИЧ

Виктор Борисович Рыбкин родился в 18 октября 1950 года. В 1977 г. окончил Московский авиационный технологический институт. Работал в Отделе физики облаков и динамики атмосферы и в экспериментальном воздухоплавательном отделе ЦАО, инструктор по дельтапланизму. Принимал участие в работах по ИРО в Средней Азии.

С 2009 г. работает в Центре «Аква». Принимал участие в проведении оперативных работ по метеозащите Москвы, Ташкента, Санкт-Петербурга, Астаны и других городов, в работах по ИУО в Республике Саха (Якутия).



Метеозащита Москвы.
В Оперативном центре управления

локатор ММРЛ «Контур-Метео», разработанная документация и оборудовано съемными комплексами аппаратуры и средств воздействия около 20 самолетов: Ил-18, Ан-26, Ан-12, Ан-30, М-101 МТ «Гжель», Су-30.

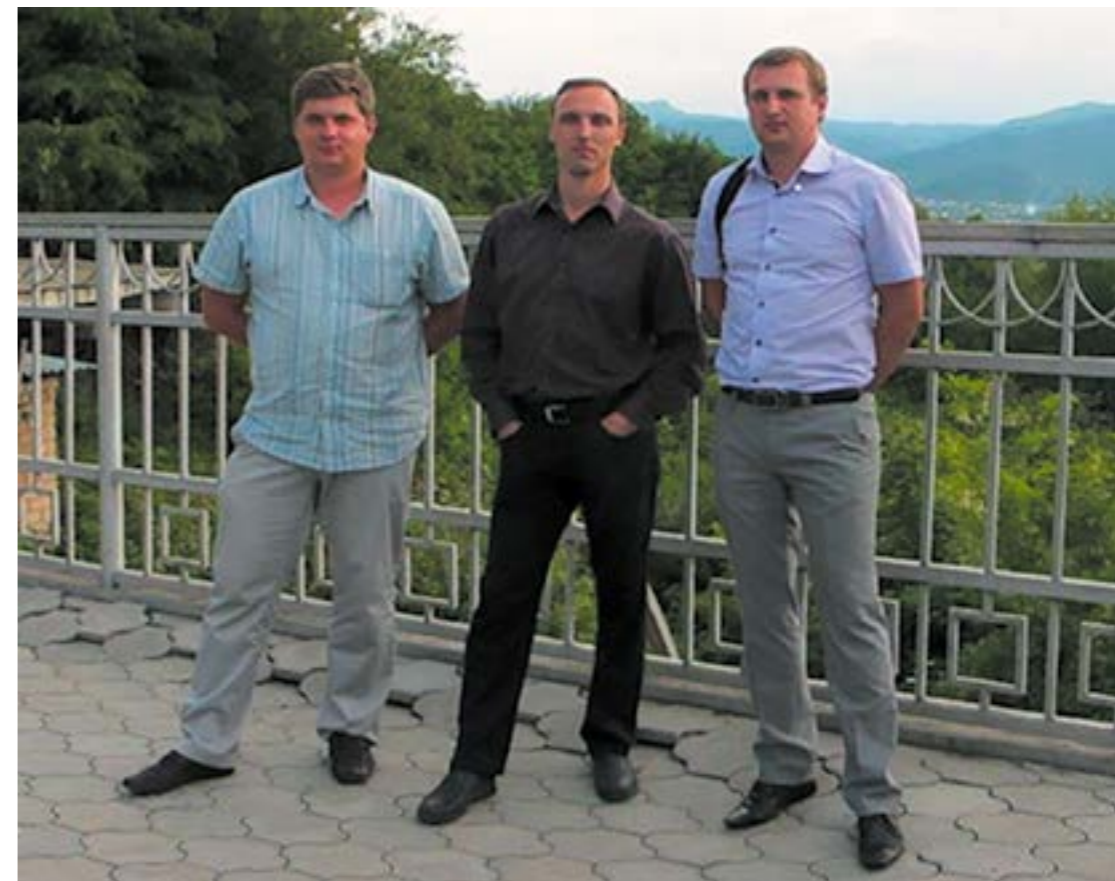
Этому способствовало внимание руководства Росгидромета – Александра Ивановича Бедрицкого и Валерия Николаевича Дядюченко, оказывавшим большую поддержку работам по активному воздействию.

Отдельно хотелось бы сказать о сотрудниках Агентства. В разные годы в Агентстве работали О.К. Федоров, В.В. Петров,

А.А. Гергель. Большой потерей для Агентства была безвременная смерть Сергея Скуратова, Дмитрия Амурского и нашего дорогого ветерана Михаила Демьяновича Михеева.

В настоящее время Агентство обладает достаточно солидным научным потенциалом, в нем трудится наша «старая гвардия»: доктора физико-математических наук Н.С. Ким и Б.П. Колосков, кандидаты наук Б.Н. Сергеев, П.А. Несмеянов, В.П. Корнеев. Приход в Агентство таких корифеев в своих областях специалистов, как Н.С. Ким, П.А. Несмеянов и Б.Н. Сергеев, позволил Агентству существенно продвинуться в исследованиях и разработке реагентов и технических средств воздействия, в численном моделировании процессов воздействия на облака и туманы.

После завершения работы в центральном аппарате вернулся в Агентство опытный специалист в области активных воздействий В.В. Мартанов. Тесно сотрудничает с Агентством профессор Георгий Георгиевич Щукин из ВКА им. Ф.А. Можайского. В Агентстве также окрепла талантливая и энергичная молодежь: Андрей Петрунин, Алексей Бычков, Андрей Частухин



«Будущее» Агентства АГТЕХ – главные специалисты Андрей Петрунин, Алексей Бычков, Андрей Частухин



СЕРГЕЕВ БОРИС НИКОЛАЕВИЧ

Борис Николаевич Сергеев родился в городе Бежецк Калининской области в 1944 г. В 1966 г. окончил Днепрпетровский государственный университет. С 1970 по 1973 г. учился в аспирантуре Центральной аэрологической обсерватории. В 1973 г. стал работать младшим научным сотрудником в Отделе физики облаков и динамики атмосферы (ОФОиДА) ЦАО. В 1977 г. защитил кандидатскую диссертацию «Численное моделирование микроструктуры капельных облаков». С 1979 по 1981 г. работал старшим научным сотрудником, а с 1981 по 1992 г. – заведующим лабораторией прикладных исследований ОФОиДА. С 2006 г. работает главным специалистом Агентства атмосферных технологий. Научная деятельность Б.Н. Сергеева посвящена теоретическим вопросам физики облаков и численному моделированию облаков, осадков и активных воздействий на них. Он является соавтором монографии «Численное моделирование облаков» и нескольких десятков научных статей и докладов.



Испытания наземного пиротехнического аэрозольного генератора на полигоне ФНПЦ «НИИПХ»

хин, которые проявляют серьезный интерес к научной работе в этой области. Андрей Петрунин успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, завершают работу над диссертациями Алексей Бычков и Андрей Частухин.

Агентство тесно сотрудничает с институтами ЦАО, ВГИ, НПО «Тайфун», СибНИИ им. С.А. Чаплыгина, с Северо-Кавказской и Ставропольской военными службами Росгидромета, с предприятиями промышленности такими, как АО ФНПЦ «НИИПХ», АО ЧПО им. В.И. Чапаева, ООО «Уральский пиротехнический завод», ЗАО «РадугаТелеКом», ООО «МВЕН».

Даже сейчас, когда связи с Росгидрометом являются чисто формальными, у Агентства сохранились добрые, рабочие отношения с нашим куратором – заместителем руководителя Игорем Анатольевичем Шу-

маковым, начальником Управления специальных научных программ С.В. Тасенко, начальником Отдела активных воздействий и государственного надзора А.М. Малкаровой.

Потребность в работах по активным воздействиям в стране по-прежнему остается. Наряду со ставшими уже традиционными работами по метеозащите в последние годы вновь появляется интерес к работам по увеличению осадков, Агентство атмосферных технологий с оптимизмом смотрит в будущее и продолжает успешно работать в этом нужном для нашей страны направлении экспериментальной метеорологии, каким являются активные воздействия на метеорологические процессы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эта книга – попытка сохранить в истории советской науки важную страницу, посвященную исследованиям и практическому применению в народном хозяйстве одного из интереснейших направлений экспериментальной метеорологии – активных воздействий на геофизические процессы.

Конечно, многое из работ в этой области не нашло своего отражения на страницах очерков, а также отсутствует информация о многих наших коллегах: Т.Н. Громовай, Г.Д. Кудашкине, А.Г. Лактионове, Л.М.

Левине, Ю.П. Сумине, Г.В. Соколе, И.И. Родиной, Б.Ш. Кадырове, Г.З. Рахман-Зада, о наших украинских коллегах и многих, многих других...

Будет справедливо, если в последующих изданиях книги эти пробелы будут заполнены.

НАУЧНО–ПОПУЛЯРНОЕ ИЗДАНИЕ

ОЧЕРКИ ИСТОРИИ АКТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
НА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СССР
И НА ПОСТСОВЕТСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Редактор Н.И. Афанасьева

Верстальщик М.В. Иванова

Подписано в печать 21.02.18. Формат 60×90 1/8. Гарнитура Times New Roman.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 44. Тираж 100 экз. Заказ № ____.
РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
Отпечатано

Автономная некоммерческая организация «Агентство атмосферных технологий» проводит научные исследования и разработки в области естественных и технических наук, осуществляет деятельность связанную с активными воздействиями на метеорологические и геофизические процессы и явления.