

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

Санкт-Петербург



2017

УДК 551.509.6 (091)

ББК 26.233

О-95

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

## 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) Госкомги-

дромета 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 противорадовых служб не разменялись, 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).

### **Противорадовые 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 ИЛЫЧ (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 внутрикомплексных (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 противогололедной 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 грозových 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 расчленить 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. Унгиадзе, П.С. Савостин, В.И. Урушадзе, Г.Ш. Шавердов и др.).

Основной частью комплекса является термобарокамера (ТБК) с общим внутренним объемом около 350 м<sup>3</sup>. Комплексные испытания показали, что в ТБК удавалось создавать условия, по температуре приблизительно соответствующие верхним слоям



## 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.

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 м<sup>3</sup>, 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,



## 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.).

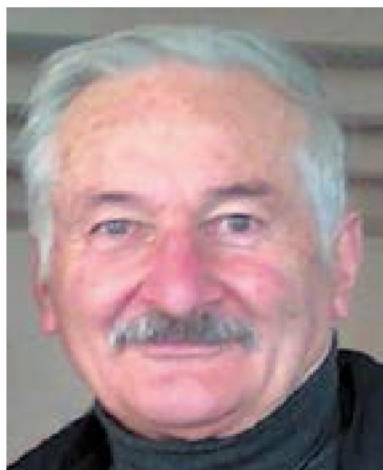
Исследования, проведенные в 1962–1972 годах, были посвящены экспериментальному изучению влияния электрических полей на процессы кристаллизации капель чистой воды, водных растворов электролитов

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 хэлатацетонуксусного 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.



## САЛУКВАДЗЕ ТАМАЗ ГРИГОРЬЕВИЧ (1934–2012)

Тамаз Григорьевич Салуквадзе с 1958 по 2012 г. работал в Институте геофизики им. М. Нодиа 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.

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. Чиabriшвили, 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 м<sup>3</sup>, 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



## 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,



## 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 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.





## 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 противогородовых 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.



## 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. Шакарашвили, 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

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  $-6^{\circ}\text{C}$  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.).

### ***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,

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. Лапинкас, Р.И. Дореули, Л.С. Саркисова, И.И. Гайворонский, Ю.А. Серегин и др.).

По обширным материалам многолетних аэрологических, радиолокационных и градодождемерных 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. Лапинкас, 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 пятидесятих 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



## 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.



## 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 противоградовой службы в Грузии в качестве научного консультанта.



## 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 противоградовая экспедиция. Один из авторов создания отечественной противоградовой 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. Калатозишвили, 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 среднемноголетними 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



## 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 воздействием 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.



## 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



## 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 м<sup>3</sup>. Затем с помощью тех же средств осуществлялось воздействие на переохлажденную крупнокапельную часть градоопасного облака кристаллизующим реагентом AgI или PbI<sub>2</sub> (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 недоящие 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).

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. Ватьян 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. Чешвили). Пассивный метод защиты от града применяется в основном для локальных территорий с особо ценными сельскохозяйственными культурами.

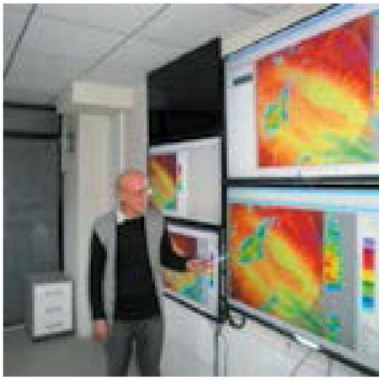
В связи с дальнейшим расширением площади орошаемых земель и увеличением производства электроэнергии, а также в связи с возрастающим потреблением воды крупными промышленными центрами (Тбилиси, Рустави) встал вопрос о необходимости увеличения водных ресурсов. В широких масштабах научно-исследовательские 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



## 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.





## 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 противорадиолокационных 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. км<sup>2</sup>, а контрольной – бассейны рек Арагви, Ксани и Лиави с общей площадью до 4 тыс. км<sup>2</sup>. 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. Библашвили, 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 (наземное и самолетное воздействие) были 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 противорадовой 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. Глонти, 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, зарядание установок ракетами производит специальная мобильная группа. В ближайшем будущем предусмотрена организация производства противораковых ракет с улучшенными баллистическими характеристиками в Грузии. В перспективе предусмотрена организация «горячей» линии для средств массовой информации, заинтересованных организаций и отдельных лиц.

В работе противораковой 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 градовых 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 восьмидесятих 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 противораковых мероприятий. В настоящее время численность персонала противораковой службы, обеспечивающей Кахетинский регион, составляет около 30 человек против 800 в бывшей службе (А.Г. Амираншвили, 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. Нодиа 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 противораковой службы в Грузии.