

УДК 551.510:551.577:551.578

О НЕОБХОДИМОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ РАБОТ ПО ИСКУССТВЕННОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГРУЗИИ.

Амиранашвили А.Г.* , Бахсолиани М.Г.***, Бегалишвили Н.А.** , Бериташвили Б.Ш.** ,
Рехвиашвили Р.Г.* , Цинцадзе Т.Н.** , Читанава Р.Б.***

*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили

**Институт гидрометеорологии Грузинского Технического университета

*** Национальное Агентство Окружающей среды Грузии

ВВЕДЕНИЕ

В области регулирования атмосферных процессов все научно-исследовательские, экспериментальные, опытно-производственные и производственные работы продиктованы интересами практической деятельности человека. Защита окружающей среды и различных отраслей экономики от неблагоприятных изменений погоды, катастрофических гидрометеорологических явлений (засуха, обильные осадки, паводки, наводнения, сели, лавины, грозы и др.), часто приносящие огромный экономический и экологический ущерб, а зачастую и человеческие жертвы, потребовало необходимости проведения как фундаментальных исследований физических закономерностей атмосферных процессов, образования облаков и осадков, так и разработок научно-методических основ работ по их регулированию. В настоящее время предпринимается много попыток искусственно вмешаться в ход некоторых явлений погоды. Однако самой развитой областью исследований в этом направлении является искусственное регулирование осадков, в частности, стимулирование дождя или снега из облаков и предотвращение выпадения града.

1. ПРОТИВОГРАДОВЫЕ РАБОТЫ В ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ

1.1. Состояние вопроса

По неполным данным, в 1960-2000 годах противоградовые работы (опытные, опытно-производственные и оперативные) проводились в рамках около 20 проектов в 15 странах мира (Аргентина, Болгария, Германия, Греция, Италия, Канада, Китай, Молдова, Россия, Сербия, Словения, США, Таджикистан, Франция, Швейцария). Из числа этих проектов в пяти эффект не удалось зафиксировать, в семи было отмечено небольшое ослабление града, а в восьми проектах было отмечено заметное уменьшение градобитий. Оно составило: в Греции 20%, в Китае – 80%, в США модальное значение ослабления оказалось в интервале 35-40%. Оперативные работы велись в 8-10 странах.

В Грузии сначала опытные, а затем опытно-производственные и оперативные воздействия велись в 1960-1990 годах в районах Кахетии и Южной Грузии на общей площади более 1млн га. Положительный эффект изменялся в интервале 20-95% со средним значением 75-85%. В отдельных случаях, когда воздействие проводилось на сверхмощные «суперячейковые» облака, эффект оказывался нулевым, т.е. отмечалось сильное градобитие.

Почти во всех работах использовались кристаллизирующие реагенты (AgI , PbI_2) [1], в одном районе воздействие велось комбинированным методом (AgI , NaCl) [2]. Для доставки реагента в облака использовались ракеты, артиллерийские снаряды, самолет. Рентабельность работ была достаточно высокой (от 1:3 до 1:5). Самым дешевым методом было воздействие с борта самолета.

1.2. Постановка задачи – физическая гипотеза

При использовании любого средства доставки кристаллизирующего реагента в облако (напр. ракеты «земля-воздух», ракеты «воздух-воздух» с борта самолета), в кубическом метре области формирования града должна быть создана концентрация не менее 10^5 - 10^6 м^{-3} искусственных ядер [1].

В случае, если для воздействия на теплую часть облака, а также до уровня -10°C используется гигроскопический реагент (напр. NaCl), концентрация искусственных ядер должна составлять 10^3 - 10^4 м^{-3} , или 1-10 кг км^{-3} , если начальный радиус частиц равен 5 мкм [2]. При объеме теплой части облака 100 км^3 , расход гигроскопического реагента составит от 100 кг до 1 т на каждое облако, что технически весьма затруднительно используя современные средства доставки реагента.[1,2].

1.3. Пути решения задачи – методы воздействия и определения его эффективности

Воздействие будет производиться с учетом типа градоопасного облака (однойчейковое, многоячейковое и суперячейковое, т.е. сверхмощное однойчейковое) на основе различных схем внесения реагента. В каждой схеме будет предусмотрено решение трех задач: в какую часть конвективной ячейки, в какой интервал времени с начала ее развития и какое количество реагента должно быть внесено в облако. Для этого будут использованы данные радиолокационных наблюдений и результаты теоретического моделирования. Необходимо совершенствование математических моделей облаков для всех перечисленных выше трех типов конвекции.

Для любого типа градоопасного облака, развивающегося над защищаемой территорией (ЗТ) в результате местных циркуляционных процессов, имеется возможность своевременного проведения воздействия и достижения положительного эффекта.

В случае, когда наблюдаются фронтальные процессы, с которыми, как правило, связано вторжение на ЗТ многоячейковых или суперячейковых облаков, воздействие должно производиться на подступах к ней с учетом вектора скорости перемещения облаков. Допуская, что максимальная скорость движения суперячейкового облака составляет 80 км/ч, а общее время его существования в стадии развития и нахождения в квазистационарном состоянии равно 1ч, а максимальный интервал действия реагента составляет 0,5ч получим, что максимальное удаление огневых точек (пунктов воздействия) от границы ЗТ должно составлять около 80-100 км в направлении, перпендикулярном движению фронта. На этом расстоянии будет возможным проведение хотя бы 2-3 разовых предварительных засевов облаков, что должно обеспечить эффективную защиту выделенной территории.

Для реализации этой методики необходимо будет приобретение двух метеорологических радиолокационных- вычислительных комплексов (МРВК). Один из них должен быть установлен в центральной части ЗТ для обеспечения воздействия на местные процессы, а второй должен быть вынесен на 50 км за пределы ЗТ с целью осуществления наблюдений и предварительного засева надвигающихся на ЗТ фронтальных облаков. В случае наличия только одного МРВК, он должен быть расположен на одном из хребтов на западной или восточной границе ЗТ.

Для воздействия на местные процессы в основном будет использована ракетная техника, а для засева фронтальных облаков возможно также применение авиационной техники. В частности, на передней линии воздействия предварительная обработка облаков будет произведена с самолета, а с приближением к ЗТ, на второй и третьей линиях воздействия, засев может вестись с ракетных установок. Оптимальное размещение пунктов воздействия может быть определено на основе статистического моделирования (метод Монте-Карло) засева градоопасных облаков, с учетом физико-географических и климатических особенностей региона, радиолокационных характеристик пространственно-временной эволюции радиоэха облаков[3].

Физический эффект воздействия будет определяться для каждого типа процесса отдельно, на основе эмпирико-статистических моделей радиолокационных параметров, а также математических моделей развития облака и формирования града, путем создания контрольных групп и проведения операции «псевдорандомизация».

Определение экономического эффекта будет производиться как с учетом физического эффекта, так и традиционным путем на основе статистических данных об ущербе на защищаемой и контрольной территориях.

1.4. Организационные вопросы разворачивания противоградовых работ

В современных условиях Тбилисский международный аэропорт обслуживает множество международных рейсов, в связи с чем воздушное пространство над Тбилиси фактически занято коридором шириной 65 км, распространяющимся от Марнеули до Сартчала. К сожалению, траектории градовых облаков преимущественно следуют Тriaлетскому хребту и, таким образом, в случае выбора в качестве ЗТ Сагареджойского района предварительная ракетная обработка облаков в пространстве этого коридора окажется невозможной. Данное обстоятельство потребует осуществить засев градоопасных облаков в пределах коридора воздействия с борта самолета (что весьма опасно), либо применение в Сагареджойском районе пассивных технологий защиты (сеточное перекрытие). В условиях аномально низких цен на виноград (30-35 тетри/кг), экономическая рентабельность этих работ становится сомнительной.

В случае развертывания противоградовых работ в Кахетии, радиолокационный мониторинг облаков может быть осуществлен с одного МРВК, расположенного в окрестностях Коджори, что позволит обеспечить бытовые условия для обслуживающего МРВК персонала (подъездная дорога, электроснабжение, обеспечение питанием, водой и др.). Эта станция даст возможность проводить мониторинг облаков над всей территорией Восточной Грузии, от Сурамского хребта до водораздельной линии Большого Кавказа.

Организационные вопросы возобновления противоградовых работ в Восточной Грузии более детально рассмотрены в статье [4].

2. ИСКУССТВЕННОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ ОСАДКОВ

2.1. Состояние вопроса

Работы по искусственному увеличению осадков (ИУО), как это было указано в первой части настоящей статьи, проводились в различных регионах и странах мира – США, Австралия, Испания, Израиль, Китай, Южная Африка, Кения Алжир, Куба, Мексика, Индия, Таиланд и др. В бывшем Советском Союзе засев облаков с целью увеличения осадков выполнялся в Молдове, России, Украине, Грузии, Армении, в Средней Азии [4]. Несколько подробно остановимся на особенностях и результатах широкомасштабных проектов по увеличению осадков (ПУО), проведенных в 70-90 годах прошлого столетия под научно-методическим руководством Закавказского научно-исследовательского гидрометеорологического института – ЗакНИГМИ (нынешний Институт Гидрометеорологии Грузинского Технического университета) в бассейнах озер Севан и Паравани, Сионского водохранилища [5,6]. Воздействие на летние конвективные облака осуществлялось с использованием противоградовой техники (ракетные установки «Алазани» и зенитные орудия КС-19), а также с помощью 2-х специально оборудованных самолетов Як-40. Воздействие на облака холодного периода года проводилось с применением автоматизированного комплекса наземных аэрозольных генераторов (НАГ). Во всех засевах облаков использовался кристаллизирующий реагент – йодистое серебро. Экспериментальные полигоны «Иори», «Паравани» и «Севан» были оборудованы МРВК – автоматизированными метеорологическими радиолокационными комплексами МРЛ-2 и МРЛ-5 для проведения воздействия, осуществления контроля и оценки результатов засева облаков. На полигонах была создана специализированная учащенная сеть для гидрометеорологических измерений стока рек и осадков на водосборе. Отличительной особенностью ПУО в Закавказье была комплексная методика оценки эффективности воздействия [6]. Основной план экспериментов представлял собой случайный выбор (рандомизацию) полусуток или суток со статистической оценкой расхождения опытных и контрольных рядов полусуточных или суточных сумм осадков и объемов стока рек на опытной территории (ОТ). Вместе с этим выполнялась физическая и физико-статистическая оценка эффективности воздействия с применением математических моделей осадкообразования, радиолокационных, самолетных и других измерений характеристик эволюции полей облачности и осадков. Дополнительно оценивался эффект засева на основе уравнений исторической регрессии, связывающих сезонный или годовой сток и осадки на опытной (ОТ) и контрольной (КТ) территориях. В конце каждого года определялась экономическая эффективность работ по ИУО с учетом использования дополнительных водных ресурсов в естественных водоемах и искусственных водохранилищах для нужд энергетики, орошения и водоснабжения. Совместимость и эффективность различных подходов и методов в схеме комплексной оценки работ по ИУО до начала результатов воздействия, проверялась путем статистического моделирования ПУО рандомизированного засева конвективной облачности, при условии обнаружения эффекта со значимостью на уровне 0.05-0.10 за приемлемые сроки экспериментирования 5-10 лет [7].

Приведем кратко результаты выполнения проектов «Иори», «Паравани» и «Севан» за период 1970-1990 гг. [6]. В экспериментах по воздействию на конвективные облака теплого полугодия с помощью противоградовой или авиационной техники увеличение полусуточных осадков на ОТ составило 0.5-0.7 мм или 20-30% от контрольных осадков на уровне значимости 0.10-0.04. Увеличение полусуточного объема стока реки опытного бассейна, например в проекте «Иори», превысило 220 тыс.т. или около 40% от контрольного объема стока. Оценка значима на уровне 0.10. Физико-статистическая оценка эффективности воздействия указала на возрастание количества дождя из отдельных конвективных ячеек на величину 100-350 тыс. т. Результат значим на уровне 0.10. В целом для осадков, выпавших из ячейки за все время существования, величина прибавки колебалась от 40 до 100% в среднем составляя 50%. Увеличение сезонных сумм осадков на ОТ Иорского и Параванского полигонов, зафиксированное с помощью уравнений исторической регрессии, составило 40-50 мм или около 10% на уровне значимости 0.10. При проведении систематических воздействий в оперативных работах по ИУО возможное увеличение сумм осадков за теплый сезон, например в бассейне Иорского водохранилища, оценено в размере 10-15% от сезонной нормы. При этом дополнительные водные ресурсы водохранилища могут составить величину 20-50 млн.т.

В проекте «Севан» в экспериментах по засеву облаков холодного полугодия с помощью НАГ количество дополнительных осадков составило в среднем 0.9 мм в сутки. Уровень значимости вывода об увеличении осадков равен 0.10-0.06. Физико-статистическая оценка эффективности зимних воздействий на основе данных МРВК показала, что в опытные сутки в коридоре воздействия наблюдалось на 2700 тыс.т. больше осадков,

чем в контрольные сутки. В каждый час опытной экспериментальной единицы выпадало примерно на 110 тыс. т (15%) больше воды, чем за один час контрольной единицы. Эффект заметен в первые 7 часов после воздействия. В это время количество выпавшей воды более чем на 70% превышает контрольные осадки. Вывод получен на уровне значимости 0.10.

Дополнительная оценка с помощью метода исторической регрессии показала, что увеличение годовых сумм осадков в бассейне оз.Севан составляет 20-25 мм или 4-5% от годовой нормы. Оценка получена на уровне значимости 0.05. Определены количества дополнительных водных ресурсов в бассейне. Для холодного сезона они оценены в 26 млн. т, для теплого сезона 12 млн. т. Таким образом в период выполнения проекта «Севан» общее количество дополнительных водных ресурсов составило около 40 млн. т в год. В условиях оперативных работ возможная годовая прибавка к водным ресурсам озера может быть примерно равной 80-100 млн.т.

Оценка экономической эффективности работ по ИУО в горных регионах, учитывающая комплексность использования дополнительных водных ресурсов по трем компонентам – орошаемое земледелие, энергетика и водоснабжение, показала, что ежегодный чистый доход составил до 5-10 млн. рублей при рентабельности от 1:5 до 1:10. Стоимость 1т дополнительных водных ресурсов оказалась равным 1-5 копеек.

Производственное внедрение работ по ИУО в Закавказье было осуществлено в период 1985-1990 гг. в ряде районов Восточной Грузии и показало довольно высокую физическую и экономическую эффективность. К концу 80-х годов были составлены технико-экономические обоснования (ТЭО) на проведение работ в производственных масштабах в Армении и Азербайджане. Они были согласованы с директивными органами и предусматривали организацию работ по ИУО в Араратской долине, в бассейнах р.Касах и Апаранского водохранилища, а также в предгорных и горных районах, с севера примыкающих к Мингечаурскому водохранилищу. Однако из-за сложного политического и экономического положения в республиках Закавказья организация производственных работ по ИУО была приостановлена.

2.2. Постановка задачи – физическая гипотеза

В рамках планирования засева облаков была выполнена проверка микрофизической гипотезы воздействия кристаллизирующим реагентом на основе асимметричной модели конвективного облака с детальным описанием микрофизических процессов. Имитация засева производилась двумя способами – на уровне основания облака (воздействие с помощью НАГ) и на различных высотах от основания (воздействие с помощью самолетных бортовых пиропатронов или ракет с наземных установок). Введенные частицы аэрозоля йодистого серебра служили в качестве контактных и сорбционных искусственных ядер. Было показано, что увеличение осадков происходило за счет формирования искусственных ледяных кристаллов, которые вырастали до меньших частиц осадков, чем это происходило в естественных условиях. Большая часть из них успевала растаять в теплой части облака и внеоблачном пространстве и в виде «холодного» дождя выпадала на земную поверхность. В то же время уменьшались размеры частиц твердых осадков и их количество, что в определенной степени подтверждало концепцию противоголового засева [1]. Решение задачи математического моделирования засева слоистообразных облаков кристаллизирующим реагентом с помощью НАГ, а также других возможных средств воздействия, для условий Севанского полигона, также показала возможность увеличения зимних осадков в виде снега в определенных метеорологических станциях при установке НАГ в основном с наветренной относительно натекающего потока стороны хребтов [6].

2.3. Пути решения задачи – методы воздействия и определения его эффективности

Исходя из вышеизложенного, предлагается засев конвективных облаков теплого сезона года кристаллизирующим реагентом осуществить с помощью ракет противоголового комплекса «Искра». Поля слоистообразных облаков холодного полугодия могут быть засеяны или с помощью автоматизированного комплекса сети НАГ (йодистое серебро) или специально оборудованными самолетами-лабораториями (твердая углекислота).

Опытной территорией (мишенью) будут выбраны естественные и искусственные водоемы – озеро Паравани, Жинвальское, Сионское и Цалкское водохранилища. Целью работ по ИУО является получение дополнительных водных ресурсов указанных водохранилищ, которые могут быть использованы комплексно в разных отраслях экономики.

Основная оценка эффективности воздействия в производственных работах по ИУО будет проводится с применением математических моделей естественного и искусственного осадкообразования, а также с помощью эмпирико-статистических моделей эволюции радиолокационных характеристик полей облачности и осадков. В случае возможности подбора КТ, оценка дополнительно будет выполнена по полусуточ-

ным/суточным осадкам и стоку на ОТ и КТ, а также с применением уравнений исторической регрессии, связывающих сезонные величины сумм осадков и стока на ОТ и КТ. В случае накопления достаточно большого количества экспериментальных единиц (конвективная ячейка или поле слоистообразной облачности, развивающихся на ОТ), для которых воздействие по различным причинам не проводилось, оценку эффекта засева можно провести, также методом «псевдорандомизации».

2.4. Организационные вопросы развертывания работ по ИУО

На начальной стадии развертывания работ по ИУО операции по воздействию на облака могут быть проведены в бассейнах тех естественных или искусственных регулируемых водоемов и водохранилищ, над которыми не проходят авиационные трассы международных или внутренних рейсов – например, Жинвальское, Сионское, Цалкское водохранилища, оз.Паравани. Для этого необходимо будет располагать двумя МРВК. Один комплекс, расположенный, например в южной части Карталинского хребта может обеспечить одновременный обзор полей облачности и осадков в бассейнах рек Арагви и Иори, где находятся Жинвальское и Сионское водохранилища. Аналогично, МРВК, установленный в северной части Джавахетского хребта (Тикматашский перевал), может фиксировать метеорологическую ситуацию в бассейнах Цалкского водохранилища и оз.Паравани. В обоих случаях контрольные бассейны могут быть выбраны западней опытных – в одном случае это бассейны рек Ксани и Лиахви, во втором – развитая гидрологическая система сравнительно небольших рек Ахалкалакского плато между озерами Табацкури и Ханчали – Карцахи. На ОТ и КТ необходимо организовать специализированную сеть автоматизированных гидрометеорологических постов. Для планирования и контроля воздействий необходимо располагать системой получения спутниковой информации.

На основе статистического моделирования ИУО необходимо выбрать расположение и количество ракетных пунктов воздействия, а также места установки НАГ, обеспечивающих максимальный эффект в опытных бассейнах.

Ориентировочно, понадобится четыре комплекса противорадовой системы «Искра», а также два комплекса автоматизированной сети НАГ для обеспечения круглогодичного воздействия на облака опытных территорий.

Засев полей слоистообразных облаков холодного периода года можно, также, выполнить с помощью 2-х специально оборудованных самолетов, позволяющих сверху обрабатывать поля облачности твердой углекислотой (сухой лед). Этот реагент экологически чист и его специальное производство не требует больших затрат. Регулирование размера гранул твердой углекислоты позволяет провести засев многослойных полей облачности. В случае необходимости (например при развитии засухи) самолетное воздействие может быть проведено не только для получения эффекта увеличения осадков на ОТ, а также на всей территории Грузии.

3. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГРОЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

3.1. История вопроса

Грозовые явления, связанные с молниями, известны человечеству с глубокой древности. Молния может происходить внутри облака (внутриоблачный разряд), между двумя и более облаками (разряды облако-облако), между облаком и землей (разряд на землю), между облаком и окружающим воздухом (разряды в атмосфере, в том числе и разряды на ионосферу – вертикальные разряды). Негативные последствия гроз часто связаны с повреждением зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, различных электрокоммуникаций, газо и нефтепроводов, гибелью животных и людей и др. [8-10].

Учитывая вред, приносимый грозами народному хозяйству, в ряде стран разрабатываются методы воздействия на грозовые облака с целью уменьшения или подавления их электрической активности. К таким методам можно отнести: искусственное вызывание с помощью ракет разрядов грозового облака на землю, создание ионизированных каналов в атмосфере с помощью лазеров, воздействие на облака сильноточными пучками релятивистских электронов и протонов, провоцирование локальных внутриоблачных электрических разрядов с целью снижения общей высокой напряженности электрического поля в облаке, засев облаков кристаллизующими реагентами с целью изменения их электрического состояния и др. [8]. С использованием последнего метода целый ряд экспериментов, показавших обнадеживающие результаты, были проведены в бывшем СССР (в том числе и в Грузии), в Болгарии и др. [10-11].

3.2. Постановка задачи – рабочая гипотеза

Грузия является одним из грозоопасных регионов мира. Поэтому неудивительно, что здесь в конце семидесятых - начале восьмидесятых годов прошлого столетия развернулись опытные работы по воздействию на электрическое состояние мощных конвективных облаков с целью регулирования их грозовой активности. Рабочая гипотеза состояла в изменении контактной электризации в облачной среде путем засева облака кристаллизующим реагентом. При этом вначале при внесении в облако кристаллизующего реагента в результате фазовых переходов обычно происходит рост молниевых разрядов. Затем, по мере образования в облаке более-менее однородной (близкой к монодисперсной) капельно-кристаллической или полностью кристаллической среды, в результате ослабления контактной электризации грозовая активность облака должна уменьшаться [8].

3.3. Методика воздействия, результаты

В период с 1978 по 1984 гг. Институтом геофизики АН Грузии в совместно Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова в Алазанской долине Кахетинского региона были проведены полевые эксперименты по изучению возможности регулирования грозовой активности мощных конвективных облаков путем засева их кристаллизующим реагентом с использованием штатных средств противогололедной защиты. В результате этих экспериментов была разработана опытная методика воздействия на грозовые облака. Положительного эффекта воздействия удалось достичь в 53% случаев, в 22% случаев эффект был отрицательным и в 25% случаев - неопределенным. Для существенного ослабления грозовой деятельности облаков в диапазоне высот их максимальной радиолокационной отражаемости H_m от 10 до 12,8 км в среднем необходимо вводить в облако в течение не менее 20 мин. изделия "Алазани" с интенсивностью J не менее 4 ракет/мин. Для существенного подавления грозовой активности облаков с $8 < H_m < 10$ км достаточно в среднем вводить в облако не менее 2 ракет/мин. в течение не менее 13 мин. При невысокой интенсивности введения реагента в облака происходит рост молниевой активности примерно на 15% ($J = 2$ ракеты/мин). С повышением интенсивности введения реагента в облака происходит уменьшение грозовой активности, которая достигает минимума при $J = 7$ ракет/мин и более [10-11].

Отметим, что регистрация интенсивности молниевых разрядов является действенным способом индикации срабатывания льдообразующего реагента при искусственном введении его в облако – при процессе кристаллизации происходит рост интенсивности грозовых разрядов [8].

4. ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДКОВ В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ

4.1. Состояние вопроса

Искусственное регулирование атмосферных осадков, в том числе их увеличение или уменьшение/прерывание во многих случаях вышло за пределы научных экспериментов и приняло опытно-производственный, либо оперативный характер. К примеру, за последние 30-40 лет в Израиле ведется самолетный засев облаков кристаллизующим реагентом с целью пополнения водных ресурсов оз.Киннерет. В течение аналогичного периода такие же работы с успехом ведутся в Китае и других странах. В течение 80-х годов прошлого столетия, под научно-методическим руководством ЗакНИГМИ были проведены широкомасштабные опытно-производственные работы по увеличению осадков в бассейнах оз.Севан, Сионского водохранилища и оз.Паравани. В этих работах применялись противогололедные ракеты «Алазани», зенитные орудия КС-19, специально оборудованные самолеты ЯК-40 и наземные аэрозольные генераторы. Во всех случаях для засева облаков применялся кристаллизующий реагент. Работы подобного типа, кроме упомянутых выше двух стран, в настоящее время ведутся в США, Австралии, Кении, ЮАР, Кубе, Индии, Мексике и др.

В России успешные работы по уменьшению или прерыванию осадков впервые были предприняты в 1980 году в ходе проведения летних Олимпийских игр. Аналогичные работы были проведены в 1986 г. на обширной территории, прилегающей к Чернобыльской АЭС с целью предотвращения выпадения радиоактивных веществ на поверхность земли. Искусственное вызывание осадков и рассеивание облаков на подступах к АЭС велось с тем, чтобы приостановить выпадение осадков над ней.

С учетом многолетнего опыта сотрудников Института гидрометеорологии можно считать возможным проведение опытно-производственных работ по уменьшению/прерыванию осадков в районах гг. Батуми и Кобулет с целью улучшения условий курортного сезона в прибрежной зоне.

3.2. Постановка задачи - физическая гипотеза

Первичная обработка развивающихся над акваторией моря ливневых облаков и их полей кристаллизующим или гигроскопическим реагентом должна производиться с помощью самолета с учетом вектора скорости их перемещения с тем, чтобы над прибрежной зоной они оказались в максимально ослабленном и «вымывом» осадками виде. Таким образом, вымывание облаков осадками должно быть произведено со стороны моря на подступах к прибрежной полосе. Вторичное воздействие с целью полного прекращения осадков может быть произведено противорадовыми ракетами по мере их приближения к берегу. Подобное воздействие может быть осуществлено также в случае надвижения облаков с суши (с востока), хотя вероятность подобных процессов крайне низка.

3.3. Пути решения задачи – методы воздействия и контроля его эффективности

Внесение гигроскопического реагента в основную теплую часть облака создает дополнительные ядра конденсации, на которых быстро растут крупные капли, в результате коагуляционного роста которых ускоряется процесс осадкообразования и выпадения осадков.

Внесение кристаллизующего реагента в переохлажденную часть облака искусственно создает ледяные кристаллы, в результате перекачки водяного пара на которые и дальнейшего коагуляционного роста также происходит ускорение осадкообразования.

Первое воздействие может быть произведено с помощью 1-2 самолетов. В случае наличия стационарных облачных полей самолет производит засев облаков по зигзагообразной траектории со стороны моря. В случае же перемещения поля облачности, с учетом скорости и направления движения облаков происходит их линейный засев с самолета. Вторичный засев облаков, как уже отмечалось выше, может быть произведен противорадовыми ракетами с целью их дальнейшего ослабления или рассеяния.

Во всех случаях проведение воздействия и его контроль должно быть осуществлено с помощью метеорологического радиолокационного вычислительного центра (МРВК), обеспечивающего определение физического эффекта воздействия, корректировку операций засева и общее руководство операциями воздействия.

для контроля и определения физического эффекта воздействия дополнительно применяется специальная осадкомерная сеть, данные метеостанций Батуми, Кобулет и прилегающих районов, а также спутниковая информация о полях облачности и осадков.

Основной акцент будет сделан на измерение полей осадков с помощью радиолокатора и использование спутниковых данных.

Проект завершится созданием научного и технико-экономического обоснования проведения работ, в котором будет предложено несколько вариантов проведения воздействия, будут представлены результаты соответствующих научных, технических и экономических расчетов.

Для проведения опытной 2-летней стадии проекта потребуется 1-2 самолета типа ЯК-40 и 3-4 ракетные установки, которые будут расположены в тех точках прибрежной зоны, откуда они не будут создавать помех функционированию Батумского международного аэропорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ данных последних десятилетий относительно физического и экономического ущерба от опасных катастрофических гидрометеорологических процессов показал тенденцию их роста во многих регионах и странах мира. Многие ученые связывают это с влиянием глобального потепления. В Грузии ежегодный экономический ущерб связан, как правило, с проявлением таких процессов, как паводки и наводнения, снежные лавины, оползни, градобития. Например, в 2012 году ущерб только от градобитий составил около 120 млн. лари (75 млн. долларов США). Создавшееся положение требует возобновления в Грузии работ по искусственному регулированию атмосферных процессов. Полученные во второй половине прошлого столетия многие результаты исследований грузинских ученых были положены в основу практических работ по искусственному увеличению атмосферных осадков, предотвращению градобития, регулированию грозовой активности осадков, искусственному вызыванию схода снежных лавин. Учитывая приобретенный, опыт предлагается возобновить в Грузии эти работы, начиная, в первую очередь с восстановления противорадовой защиты в Кахетии.

Процессы взаимодействия естественных и искусственных аэрозолей с атмосферными процессами и в особенности, с облаками весьма сложны. Взаимосвязи между грозовой и градовой активностью, осадками и аэрозольно-грозовым загрязнением атмосферы должны характеризоваться региональными особенностями.

Эти особенности обусловлены как физическими условиями образования облачности и осадков, так и количеством и видом аэрозольно-газового загрязнения воздуха. Размеры, химический состав, конденсационная и льдообразующая активность естественных и антропогенных аэрозолей могут существенно влиять на образование крупных капель и зародышей градин в облаках. В настоящее время, по сравнению с прошлым веком, характер антропогенного загрязнения атмосферы существенно изменился. Соответственно должна измениться и зависимость облачных процессов от этого загрязнения. Поэтому в дальнейшем, в случае восстановления работ по регулированию облачных процессов, в методике воздействий необходим учет фактора антропогенного загрязнения.

Возобновление активных воздействий на облака (град, грозы, осадки) может стимулировать, также, работы по искусственному сходу лавин, рассеиванию туманов, борьбе с аэрозольным и газовым загрязнением атмосферы.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Бибилашвили Н.Ш., Бурцев И.И., Серегин Ю.А. Руководство по организации и проведению противоголодных работ. Л., Гидрометеиздат, 1981, 168 с.
2. Бартишвили И.Т., Надибаидзе Г.А., Бегалишвили Н.А., Гудушаури Ш.Л. К физическим основам метода ЗпкНИГМИ борьбы с градом. Труды ЗакНИГМИ «Физика облаков и активных воздействий», вып. 67(73), Л., Гидрометеиздат, 1978, с.73-82.
3. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш. Оптимизация сети пунктов воздействия на основе статистического моделирования характеристик градовых процессов. Обзорение прикладной и промышленной математики. Серия «Вероятность и статистика». Том 3, вып.2, М., Изд.»ТВП», 1996, с.204-214.
4. Амиранашвили А., Бахсолиани М., Бегалишвили Н., Берадзе Н., Бериташвили Б., Рехвиашвили Р., Цинцадзе Т., Рухадзе Н., Капанадзе Н. О возобновлении работ по регулированию осадков в Восточной Грузии. Труды Инст. Гидрометеорологии «Проблемы мониторинга и моделирования антропогенного загрязнения природной среды в Грузии», т.108, Тбилиси, 2002, с.249-260.
5. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Ватян М.Р., Карцивадзе А.И., Гудушаури Ш.Л. Методические указания по организации и проведению работ по искусственному увеличению осадков из конвективных облаков с помощью противоголодной техники. М., Гидрометеиздат, 1986, 25 с.
6. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш. О физической и экономической эффективности работ по искусственному увеличению осадков в Закавказье. Труды ВГИ «Физика облаков и активные воздействия», вып.85, М., Гидрометеиздат, 1992, с.80-90.
7. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш. Планирование на основе метода Монте-Карло рандомизированного засева облаков в экспериментах по искусственному увеличению осадков в горном регионе. Обзорение прикладной и промышленной математики. Серия «Вероятность и статистика». Том 3, вып.2, М., Изд.»ТВП», 1996, с.193-203.
8. Степаненко В.Д., Имянитов И.М., Богачук В.С., Карцивадзе А.И., Амиранашвили А.Г., Салуквадзе Т.Г., Гзиршвили Т.Г., Бохашвили В.Х., Саркисова Л.С., Качурин Л.Г., Дивинский Л.И., Иванов Б.Д., Осипов Ю.Г. - Предварительные результаты опытов по воздействию на грозовые процессы льдообразующим реагентом. Тр. Инст. геофизики АН ГССР, т.49, Тбилиси, "Мецниереба", 1982, с. 13-44.
9. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Nekhotina L.M., Trofimenko L.T., Bogachuk V.S. – Variation of Thunderclouds Electrical and Radar Parameters as a Result of Artificial Modification, Pap. Subm. to the 5th WMO Sc. Conf. on Weather Modification and Appl. Cloud Physics, Beijing, China, vol.1, WMO/TD-No 269, 8-12 May 1989, pp. 357-358.
10. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Chumburidze Z.A. – On the Role of Artificial Iceforming Reagents and Radioactive Intermixtures in the Variation of Convective Clouds Thunderstorm and Hail Activity. Proc. 12th Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Zurich, Switzerland, August 19-23, vol. 1, 1996, pp. 267-270.
11. Amiranashvili A. – Statistical Models of Connection of Lightning Activity with Aerosol Pollution of Atmosphere. Proc. of X Int. Symposium on Lightning Protection, Curitiba, Brazil, 9-13 November 2009, pp.261-266.

უკ 551.510:551.577:551.578

საქართველოში ატმოსფერული პროცესების ხელშეწყობის რეგულირების სამუშაოთა განახლების საჭიროების შესახებ /ამირანაშვილი ა., ბახსოლიანი მ., ბეგალიშვილი ნ., ბერიტაშვილი ბ., რეხვიშვილი რ., ცინცაძე თ., ჭითანაშვილი რ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. - გვ. 119. - გვ.144-152- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ჩატარებულია სამიში ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების დინამიკისა და მათთან ბრძოლის მეთოდების თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი. ნაჩვენებია ამ პროცესებისაგან მიყენებული ეკონომიკური და

ფიზიკური ზარალის მატება საქართველოში და საზღვარგარეთ. აღნიშნულია ქართველი მეცნიერების მნიშვნელოვანი როლი ამ პროცესების კვლევის საქმეში, რომელიც ამჟამადც მიმდინარეობს. საზგასმულია წარსულში ატმოსფერული ნალექების ხელოვნური გაზრდის, სეტყვასთან ბრძოლის, ღრუბლების საელქეკო აქტივობის რეგულირების, ზვავების ჩამოსვლის საშიშროების პრევენციის პრაქტიკული სამუშაოების წარმატებები. შემოთავაზებულია აღდგეს ორ ათეულ წელზე მეტი ხნის წინ შეწყვეტილი პრაქტიკული სამუშაოები ატმოსფერული პროცესების რეგულირების დარგში, და პირველ რიგში, სეტყვის საწინააღმდეგო სამუშაოები კახეთში.

UDC 551.510:551.577:551.578

ON THE NECESSITY OF RESUMPTION OF ATMOSPHERIC PROCESSES MODIFICATION ACTIVITIES IN GEORGIA /Amiranashvili A., Bakgsoliani B., Begalishvili N., Beritashvili B., Rekhviashvili R., Tsintsadze T., Chitanava R./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Tekhnical University. -2013. - т.119. – pp.144-152. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Contemporary state of the dynamics of hazardous hydrometeorological processes and methods of protection from them is analyzed. The rise in economic and physical damage from these processes in Georgia is outlined. Important role of Georgian scientists in the continuation of these processes investigation is indicated. Successful results obtained in the past in Georgia in operational activities on precipitation enhancement, hail suppression, cloud lightning activity modification and prevention of atmospheric processes modification operational activities, suspended more than two decades ago, is proposed, starting first with the restoration of hail protection works in the Kakheti Region.

УДК 551.510:551.577:551.578

О НЕОБХОДИМОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ РАБОТ ПО ИСКУССТВЕННОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГРУЗИИ/ Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Рехвиашвили Р.Г., Цинцадзе Т.Н., Читанава Р.Б./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т. 119. – с.144-152. – Рус .; Рез. Груз., Анг., Рус.

Проведен анализ современного состояния вопроса о динамике опасных гидрометеорологических процессов, методов борьбы с ними. Указывается на наличие роста экономического и физического ущерба от этих процессов в Грузии и за рубежом. Отмечается важная роль грузинских ученых в продолжающихся исследованиях этих процессов. Обращается внимание на успехи в прошлом в практических работах по искусственному увеличению атмосферных осадков, борьбе с градобитиями, регулированию грозовой активности облаков, превенции опасности схода лавин. Предлагается возобновить прекращенные более двух десятков лет назад практические работы по искусственному регулированию атмосферных процессов, начиная, в первую очередь, с восстановления противоголодовой защиты в Кახети.