ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

РД
52.11.678—
2006

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Проведение работ по искусственному подавлению развития конвективных облаков самолетными средствами воздействия

Москва
МЕТЕОАГЕНТСТВО РОСГИДРОМЕТА
2006

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН	Государственным учреждением Центральная аэрологическая обсерватория (ГУ ЦАО) Росгидромета
2 РАЗРАБОТЧИКИ	Г.П.Берюлев, канд.физ.-мат.наук (руководитель темы); В.П.Беляев, канд.физ.-мат.наук; Б.И.Зимин, канд.физ.-мат.наук; В.П.Корнеев, канд.техн.наук; О.К.Федоров, канд.физ.-мат.наук
3 ВНЕСЕН	Управлением геофизического мониторинга, активных воздействий и государственного надзора Росгидромета
4 УТВЕРЖДЕН	Руководителем Росгидромета 03. 04. 2006
5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН	ЦКБ ГМП ГУ «НПО «Тайфун» за номером РД 52.11.678 –2006
6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ	

Содержание

1 Область применения..... 1

2 Термины и определения..... 2

3 Физические основы разрушающего воздействия на конвективные облака..... 3

4 Объекты воздействия. Критерии пригодности облаков для воздействия..... 5

5 Материалы и технические средства для разрушающего воздействия на конвективные облака..... 7

5.1 Реагенты и устройства для засева облаков..... 7

5.2 Информационно-измерительная система..... 9

6 Планирование и организация работ..... 12

7 Операции по воздействию на конвективные облака..... 15

8 Оперативный контроль результатов воздействия и оценка эффективности работ..... 17

9 Оценка экологических последствий применения цемента и других порошков для АВ на облака..... 19

10 Меры безопасности при проведении работ..... 19

Библиография..... 21

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Методические указания Проведение работ по искусственному подавлению развития конвективных облаков самолетными средствами воздействия

Дата введения – 2007-01-01

1 Область применения

Настоящие методические указания устанавливают общий порядок и последовательность операций, средства измерений, оборудование и материалы, необходимые для организации и выполнения опытно-производственных и производственных летных работ по активному воздействию (АВ) на конвективные облака, направленному на подавление их развития и разрушение (далее – разрушающее АВ на облака), с целью снижения их ливневой активности. Методические указания включают в себя краткое описание физических принципов активного воздействия на облака и методики физической оценки эффективности воздействия.

Методические указания обязательны для использования специализированными организациями по АВ на метеорологические и другие геофизические процессы и научно-исследовательскими учреждениями Росгидромета, занимающимися опытно-производственными и производственными работами по разрушающему АВ на облака с целью снижения их ливневой активности для улучшения погодных условий или снижения опасности дождевых паводков.

2 Термины и определения

В настоящих методических указаниях применяются следующие термины и определения:

Активное воздействие на облако – преднамеренное воздействие на облако с целью изменения естественного хода микрофизических и динамических процессов (рассеяния облаков, ускорения осадкообразования в них, увеличения выпадающих из них осадков и т.п.) (ОСТ 52.11.25-86. Активные воздействия на гидрометеорологические процессы. Термины и определения).

Динамическая неустойчивость атмосферы – состояние атмосферной стратификации, при котором любое тепловое или динамическое возмущение атмосферы вызывает положительную реакцию, т.е. автоматическое поддержание и усиление вертикального воздушного потока, инициированного возмущающим воздействием.

Динамический метод разрушения конвективных облаков – метод, основанный на использовании динамической неустойчивости атмосферы в зоне растущего конвективного облака и заключающийся в искусственном создании в облаке нисходящего воздушного потока.

Дисперсность – характеристика размера (степени раздробленности) частиц какого-либо тела в дисперсных системах. Мерой дисперсности является значение общей площади поверхности всех частиц единицы массы вещества.

Засев облака – введение в облако реагента в диспергированном и (или) гранулированном, а также в газообразном состоянии (ОСТ 52.11.25-86).

Информационно-измерительная система (ИИС) – комплекс наземных и бортовых измерительных приборов, вычислительных устройств и средств связи, обеспечивающий получение, обработку и анализ метеорологической и аэронавигационной информации, необходимой для планирования и проведения летных работ по воздействиям на облака и для последующей оценки их эффективности.

Метеорологическая защита (далее – метеозащита) заданной территории

(мишени) – рассеяние облаков и предотвращение или существенное снижение интенсивности и количества осадков на площади мишени путем АВ на облака.

Опытная (или защищаемая) территория – территория, на которой проводятся эксперименты по изменению режима осадков или других метеорологических явлений (ОСТ 52.11.25-86).

Физическая эффективность – степень успешности воздействия на метеорологические процессы, выраженная через изменения физических параметров атмосферы (ОСТ 52.11.25-86).

3 Физические основы разрушающего воздействия на конвективные облака

3.1 В 60-80-х годах в НИУ Госкомгидромета был выполнен широкий комплекс исследований, направленных на разработку принципиально нового метода АВ – динамического подавления развития конвективных облаков с целью снижения их ливневой активности путем инициирования в них нисходящих воздушных движений. Среди различных способов искусственного инициирования нисходящих потоков в облаках наиболее эффективным был признан способ, основанный на сбросе с самолета в вершины облаков грубодисперсных порошков.

3.2 В ходе многочисленных экспериментов по воздействиям на конвективные облака различной мощности были изучены основные закономерности разрушения облаков и определены условия эффективного достижения их динамического разрушения. Было показано, что эффективность воздействия зависит от норм расхода реагента, от способа засева облака и от метеорологических условий. Проведенные модельные исследования и полевые эксперименты позволили подтвердить разработанную первоначально [1] теоретическую гипотезу о возможности подавления конвекции и разработать технологию разрушения конвективных облаков с целью снижения их ливневой активности [2,3].

3.3 Этот метод был успешно использован в 1986 году в ходе работ по

ликвидации последствий аварии на ЧАЭС для предотвращения ливневых осадков на зараженной радиоактивными отходами территории и исключения смыва этих отходов в речную сеть до завершения обвалования берегов рек. Также неоднократно метод применялся при проведении летных работ по улучшению метеорологических условий над Москвой и некоторыми другими крупными городами России и ближнего зарубежья в дни проведения массовых общественно-политических, спортивных и культурных мероприятий.

3.4 Так же как и все другие способы АВ на гидрометеорологические процессы, нашедшие практическое применение, описываемый метод воздействий базируется на использовании факта существования при определенных условиях в атмосфере неустойчивых состояний.

3.5 В частности, в таких неустойчиво стратифицированных средах, какими являются по своей природе конвективные облака на ранних стадиях их развития, возникновение любых локальных возмущений температуры или скорости вертикальных воздушных движений может приводить к образованию как восходящих, так и нисходящих стационарных струй. При этом инициируемые такими возмущениями восходящие движения в облаках способствуют конденсации водяного пара и развитию облака, в то время как нисходящие движения интенсифицируют процессы испарения облачных элементов и ускоряют разрушение облака.

3.6 Поскольку при развитой конвекции степень неустойчивости среды уменьшается с высотой, то в слоях равной мощности скорости нисходящих движений обычно оказываются выше, чем скорости восходящих движений. Вследствие этого при прочих равных условиях процесс разрушения облаков за счет более высоких скоростей нисходящих движений протекает быстрее, чем их рост.

3.7 При естественном развитии конвективного облака интенсивные нисходящие движения образуются в нем, главным образом, на конечной стадии его развития вследствие увлечения воздуха выпадающими в нем ливневыми осадками. В развивающихся же конвективных облаках нисходящие движения

могут быть вызваны только искусственно – путем создания внутри них мощных динамических импульсов, направленных вниз. В этом случае в развивающемся облаке за счет энергии неустойчивости образуется интенсивный нисходящий поток, который не только препятствует дальнейшему развитию облака, но может привести к его разрушению, а при соответствующих условиях и к полному исчезновению.

3.8 Принципиально возможен целый ряд различных способов создания в конвективных облаках нисходящих динамических импульсов. Из них наиболее изученными являются способы создания направленного вниз импульса скорости за счет подъемной силы самолета, пролетающего над самой вершиной облака или пересекающего облако, или же за счет струи газа от двигателя реактивного самолета при кабрировании в облаке или над облаком. Направленный вниз импульс скорости можно получить также путем создания отрицательной плавучести в некотором объеме облака.

3.9 При использовании последнего способа отрицательная плавучесть обычно создается путем сброса с самолета в верхнюю часть облака определенной массы грубодисперсного порошкообразного реагента. Возникающее при этом аэрозольное облако оказывается определенным спусковым механизмом для создания нисходящего потока, поскольку вес объема аэрозольного облака с достаточно большой концентрацией частиц порошка значительно превышает вес равных соседних объемов воздуха, а в условиях неустойчивой стратификации начинающееся нисходящее движение аэрозольного облака будет ускоряться по мере его снижения в толще облака, приводя в результате к частичному или полному разрушению облака.

4 Объекты воздействия. Критерии пригодности облаков для воздействия

4.1 Синоптические условия развития конвективных облаков условно можно разделить на три типа:

– чисто термическая конвекция;

– комбинация термической конвекции и существования фронтальной зоны

или интенсивного холодного вторжения;

– фронтальные процессы.

4.2 Первая группа синоптических условий соответствует классическому типу развития внутримассовых конвективных облаков, когда конвекция обусловлена неравномерным нагревом земной поверхности и результирующая энергия неустойчивости атмосферы оказывается достаточно большой.

4.3 Синоптические условия второй группы наряду с развитием свободной конвекции включают также влияние фронтальных разделов на процессы развития конвекции.

4.4 К третьей группе относятся ситуации, при которых развитие конвективных облаков целиком обусловлено только влиянием фронтальных атмосферных разделов.

4.5 В зависимости от типа синоптических условий изменяются не только характер, но и интенсивность развития облаков, что проявляется в организации структуры их взаимного расположения, в различии формы, высоты и мощности облаков. При переходе от метеорологических условий чисто термической конвекции к фронтальным процессам наблюдается увеличение вертикальной мощности облаков и их горизонтальных размеров, снижение высоты нижней границы облаков и уменьшение энергии неустойчивости в слое развития облачности.

4.6 Основными объектами для разрушающего АВ на облака с целью снижения их ливневой активности обычно считаются изолированные мощно-кучевые Cu cong. и кучево-дождевые облака Cb в начальной стадии своего развития и мезомасштабные системы таких облаков (кластеры). При этом изолированными считаются облачные ячейки указанных типов, находящиеся на значительных удалениях друг от друга (свыше 5 диаметров горизонтального сечения) и не имеющие общего основания. Кластеры представляют собой поля соединяющихся между собой или расположенных вблизи друг от друга (на расстоянии до 2 диаметров горизонтального сечения) облачных ячеек (башен), либо многовершинные облака с общим основанием, расположенные на

площади примерно от 400 до 600 км^2.

4.7 Критерии пригодности конвективных облаков для разрушающего АВ с целью снижения их ливневой активности были разработаны на основании данных, полученных в многочисленных натурных опытах. Было, в частности, установлено, что основными параметрами, определяющими пригодность облака для засева и саму целесообразность засева, являются значения вертикальной мощности облака H, скорости роста высоты верхней границы облака W и его горизонтального размера (среднего диаметра горизонтального сечения) L. В качестве пороговых значений указанных параметров обычно используются следующие их значения:

– вертикальная мощность H, м, более 3000;

– скорость роста высоты верхней границы W, м/с, более 1;

– горизонтальный размер L, км, более 2.

4.8 В качестве дополнительного условия при принятии решения о проведении воздействий может рассматриваться степень неустойчивости атмосферы (удельная энергия неустойчивости атмосферы должна превышать 10 дж/кг.км). По визуальным наблюдениям у выбранных для воздействий облаков не должны проявляться признаки диссипации, а их вершины должны находиться в стадии развития.

5 Материалы и технические средства для разрушающего воздействия на конвективные облака

5.1 Реагенты и устройства для засева облаков

5.1.1 В качестве основного реагента в работах по подавлению развития конвективных облаков используется грубодисперсный порошок. Исследования показали, что эффективность действия порошкообразного реагента существенно зависит от состава порошка, его гидрофильности, удельного веса и дисперсности. Очень грубый или слишком тонкий помол приводят к снижению эффективности действия реагента.

5.1.2 Оптимальная дисперсность порошка (суммарная поверхность всех

частичек его весовой единицы), обеспечивающая наиболее высокую степень увлечения падающим аэрозольным облаком окружающего воздуха и облачной массы, составляет примерно 3000 $см^2/г$. Это значение дисперсности соответствует среднему размеру частиц примерно около 5 мкм. Наиболее полно указанным выше свойствам соответствует обычный строительный цемент, состоящий из природных глиноземов с 4- процентной добавкой гипса. Кроме цемента в качестве реагентов могут использоваться также белая глина, окись меди, песок.

5.1.3 Оптимальные нормы расхода реагента были определены экспериментальным путем. Многочисленные опыты с воздействиями на облака мощностью 1 км показали, что достаточной нормой реагента для их засева оказываются 5 кг порошка. Для мощно-кучевых и кучево-дождевых облаков нормы расхода реагента возрастают и обычно составляют для изолированного облака до 30 кг.

5.1.4 Для порционного введения порошкообразного реагента в облака самолеты оборудуются специальными устройствами, позволяющими производить сброс реагента в необходимых количествах. На самолетах типа АН-12, в подавляющем большинстве случаев используемых в настоящее время для АВ описываемого типа, для засева облаков используются упаковки реагента с принудительным раскрытием, которые сбрасываются с самолета с помощью рольганговых транспортеров.

5.1.5 Конструктивно упаковка для порошкообразного реагента представляет собой картонный или пенопластовый корпус (с оптимальными размерами приблизительно 260 х 260 х 380 мм), закрываемый крышкой из того же материала, что и корпус. Конструкция упаковки предусматривает определенный механизм ее автоматического принудительного раскрытия после сброса с борта самолета. При раскрытии упаковки ее корпус разделяется на небольшие элементы, безопасные как для наземных объектов, так и для воздушных судов.

5.1.6 Один из возможных механизмов принудительного раскрытия упаковки

после сброса состоит в том, что в специальном канале ее крышки устанавливается небольшой пороховой заряд и тарированные по времени горения огнепроводные шнуры. После сброса упаковки и ее удаления от самолета на длину прикрепленного к ней фала при выдергивании конца фала из крышки упаковки происходит поджигание огнепроводного шнура. После этого упаковка продолжает свободное падение до момента взрыва порохового заряда, в результате которого происходит разрушение корпуса упаковки и разбрасывание реагента.

5.1.7 Чаще используется другой механизм принудительного раскрытия преимущественно картонных упаковок с грубодисперсным реагентом. Он состоит в том, что фал крепится к специальной обвязке упаковки. После сброса упаковки с самолета и ее удаления от него на длину фала обвязка упаковки за счет динамического удара при натяжении фала сдергивается и при этом происходит разрыв коробки и разбрасывание реагента.

5.1.8 Рольганговый транспортер для сброса упаковок с порошковым реагентом состоит из накопителя (рольганговая дорожка с упаковками), механизма сброса и пульта управления. Каждая упаковка перед сбросом с помощью карабина подсоединяется вторым концом прикрепленного к ней фала к фиксатору внутри фюзеляжа самолета. Длина фала обычно составляет около 10 м. Масса каждой упаковки, сбрасываемой с транспортера, составляет от 25 до 30 кг. Минимальный интервал между последовательными сбросами двух упаковок составляет около 2 с.

5.2 Информационно-измерительная система

5.2.1 Для получения метеорологической информации, необходимой при прогнозировании рабочей ситуации для проведения летных работ, при принятии решения о возможности и целесообразности разрушающего АВ на облака, при выработке команды на воздействие и ее корректировке в процессе воздействия, при оперативном контроле эффекта воздействия, а также при оценке результатов воздействий, используются данные информационно-измерительной

системы (ИИС). Основные элементы ИИС или обеспечиваемые ими информационные потоки иллюстрируются на рисунке 1.

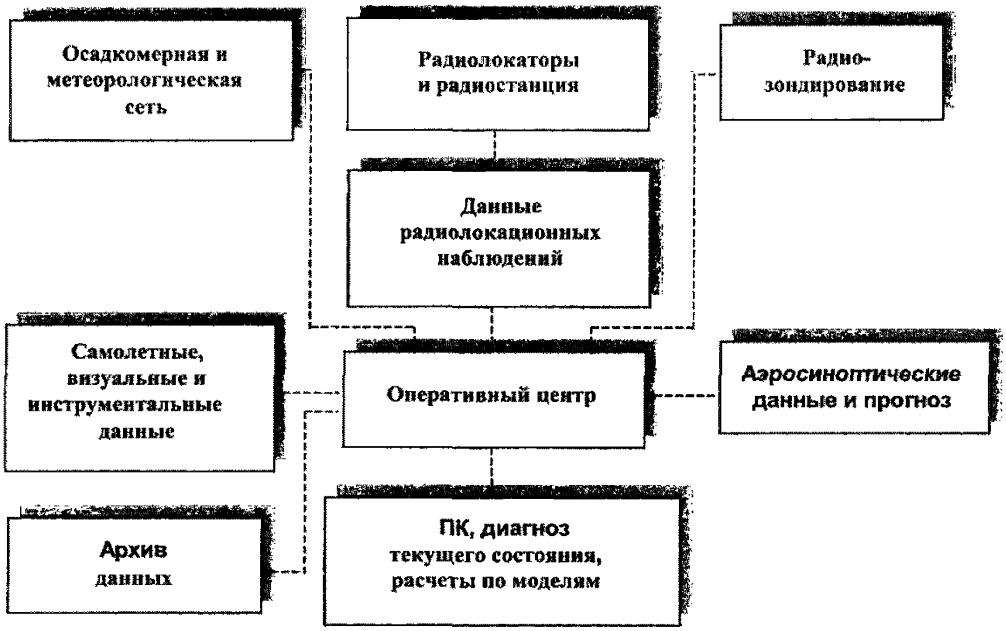

Рисунок 1 Схема информационно-измерительной системы

5.2.2 В состав ИИС входят:

- самолетные средства визуального и инструментального определения характеристик атмосферы и облаков;
- наземный автоматизированный радиолокационный метеорологический комплекс на базе радиолокатора МРЛ-5 с системой цифровой обработки информации;
- осадкомерная сеть и кусты (группы) осадкомерных приборов, предназначенные для калибровки радиолокационного комплекса;
- сеть метеостанций, достаточно равномерно расположенных по территории метеополигона (района работ);
- пункт радиозондирования атмосферы;
- технические средства связи, необходимые для оперативного обмена информацией между самолетом (самолетами) АВ, радиолокационным комплексом и другими подсистемами;

– аппаратура для приема синоптико-метеорологической и спутниковой информации, а также средства оргтехники, необходимые для отображения и документирования информации и решений на воздействия.

5.2.3 Для повышения эффективности АВ на облака на борту самолета-метеолаборатории устанавливается измерительно-вычислительный комплекс (ИВК), который позволяет измерять, рассчитывать и документировать на магнитных носителях, а также отображать на экране монитора компьютера текущие значения основных метеорололологических параметров атмосферы (температуры, давления и влажности воздуха, направления и скорости ветра, водности облаков, вертикальной скорости воздушных потоков и др.) и пилотажно-навигационные характеристики полета (высотно-скоростные данные, местоположение самолета и т.д.).

Информация с входящих в состав ИВК измерительных систем непрерывно поступает в ЭВМ (персональный компьютер) и обрабатывается в реальном масштабе времени. При этом на экране монитора компьютера непрерывно воспроизводится маршрут полета самолета, наложенный на карту местности. На линии маршрута фиксируются зоны проведения вертикально-горизонтального зондирования атмосферы и зоны проведения АВ на облака. Разработанное для ИВК программное обеспечение позволяет также в реальном времени считывать с экрана монитора данные об основных метеорологических параметрах атмосферы и характеристиках облаков.

5.2.4 В практике Центральной аэрологической обсерватории (ЦАО) для управления летными работами по АВ на облака и для контроля их результатов в составе ИИС обычно используется автоматизированный наземный радиолокационный комплекс АКСОПРИ на базе метеорологического радиолокатора МРЛ-5. Этот радиолокатор имеет два раздельных приемо-передающих канала в диапазоне длин волн 3,2 и 10 см. Его система управления антенной позволяет производить автоматическое сканирование пространства по азимуту и углу места через определенные интервалы времени, в качестве которых в оперативном режиме работы принят интервал 10 мин. Принятая

методика наблюдений включает определение геометрических размеров радио-эхо облаков, их координат, эволюции их радиолокационных параметров, получение информации о характеристиках зон осадков. При обработке этих данных с помощью ЭВМ производится определение интенсивности и размеров зон отражаемости облаков в разных горизонтальных и вертикальных плоскостях.

5.2.5 В комплексе информационных средств при проведении работ по АВ на облака важную роль играет система оперативного получения прогностической и диагностической информации о синоптической ситуации в районе работ, включая спутниковые изображения полей облачности и осадков. При достаточной регулярности обновления эта информация позволяет детально прослеживать развитие и перемещение облаков и осадков, заблаговременно планировать воздействие на них и корректировать задания выполняющим воздействия самолетам.

Важное значение имеет для этого возможность получения в пункте управления работами по АВ метеорологической информации по сети ИНТЕРНЕТ, объемы и качество которой в последнее время вполне удовлетворяют всем требованиям для работ по АВ.

6 Планирование и организация работ

6.1 Общее руководство работами по разрушающему АВ на облака с целью снижения их ливневой активности обычно осуществляется из специально организуемого Оперативного центра (ОЦ) управления. Для этого ОЦ оборудуется дистанционным терминалом наземного метеорологического радиолокационного комплекса и всеми необходимыми средствами оперативного доступа к данным остальных элементов ИИС (радиосвязь, телефонная и факсимильная связь, компьютеры с выходом в сеть Интернет). Для обеспечения работ ОЦ располагает также необходимыми транспортными средствами для транспортировки дежурного персонала и экипажей самолетов, доставки реагентов и бортпитания экипажей и т.п.

6.2 Последовательность операций, выполняемых в процессе подготовки и проведения оперативных работ по разрушающему АВ на облака с целью снижения их ливневой активности, иллюстрируется на рисунке 2 и включает в себя следующие этапы:

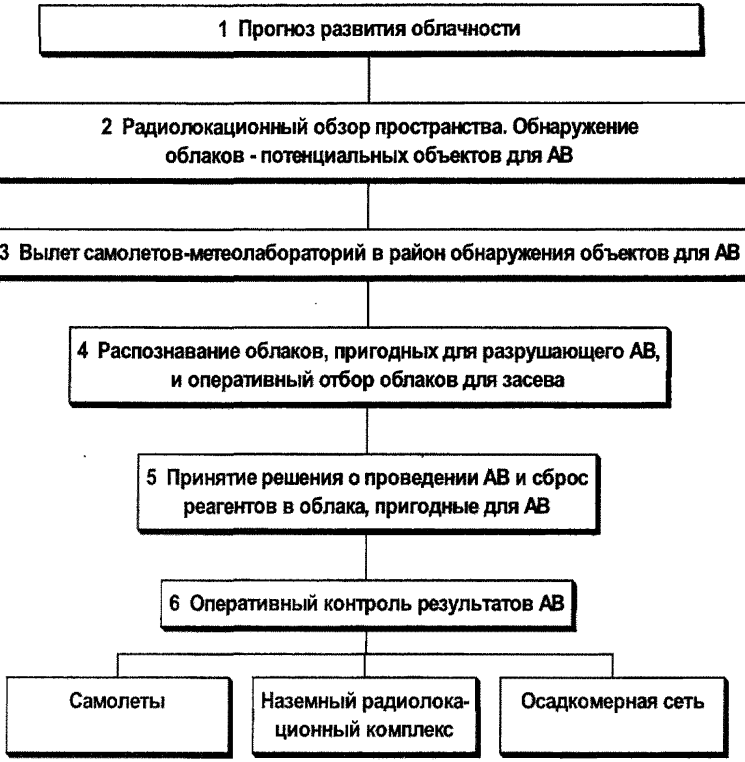

Рисунок 2 Последовательность операций по АВ на облака

6.2.1 Прогноз развития конвективной облачности, необходимый для работ по разрушающему АВ на облака с целью снижения их ливневой активности, составляется синоптиком ОЦ на основе доступной информации ИИС и включает в себя прогноз синоптического положения (перемещения и эволюции

барических образований, фронтов, облачных систем) и прогноз развития облаков, пригодных для АВ. Прогноз составляется на 36 ч с делением на 12-часовые интервалы. Наличие в прогнозе условий формирования облаков, пригодных для воздействия, служит основанием для подачи предварительных заявок на вылеты самолетов для АВ на следующий день. Количество и сроки предполагаемых вылетов определяются прогнозируемой продолжительностью существования над районом работ облаков, пригодных для воздействия.

6.2.2 Одновременно осуществляется круглосуточный радиолокационный обзор пространства штатным метеорологическим радиолокационным комплексом в составе ИИС по утвержденному графику наблюдений с целью своевременного обнаружения объектов для АВ.

6.2.3 При обнаружении радиолокатором приближающихся к району работ конвективных облачных систем или внутримассового развития конвективной облачности с вероятным развитием в них процессов осадкообразования над заданной для защиты территорией (мишенью) оперативным руководителем ОЦ принимается решение о вылете самолетов для исследования характеристик облачности и проведения АВ. Команда на вылет сопровождается указанием предполагаемой зоны воздействий и предварительными сведениями о характеристиках атмосферы и облачности по радиолокационным данным.

6.2.4 В процессе набора высоты первый вылетевший самолет-метеолаборатория производит вертикально-горизонтальное зондирование атмосферы с целью уточнения ее температурной и динамической стратификации и следует в заданный район, где путем визуальных наблюдений и приборных измерений производится оценка соответствия наблюдаемых облаков критериям пригодности для засева с целью подавления их развития.

6.2.5 В случае соответствия облаков критериям пригодности для засева оперативный состав экипажа самолета-метеолаборатории определяет необходимый для проведения воздействий высотный эшелон, дает соответствующую команду летному экипажу и после занятия выбранного эшелона приступает к засеву облаков, предварительно поставив в известность

ОЦ о принятом решении и сообщив координаты пункта начала АВ.

6.2.6 В процессе проведения АВ непрерывно осуществляется оперативный контроль физических эффектов АВ с борта самолета – появление характерных визуальных признаков прекращения развития облака (утрата вершиной облачной ячейки характерной клубящейся формы и приобретение разорванной волокнистой структуры), начинающееся вслед за этим опускание видимой верхней границы засеваемых конвективных облачных ячеек. Наземные радиолокационные наблюдения также могут выявлять такие признаки эффекта АВ на облака, как уменьшение радиолокационной отражаемости облаков после засева и отсутствие или существенное снижение интенсивности осадков из засеянных облаков. Более точная количественная оценка физической эффективности разрушающего АВ на облака с целью снижения их ливневой активности обеспечивается в ходе физико-статистической оценки по данным наземной осадкомерной сети.

7 Операции по воздействию на конвективные облака

7.1 Воздействие на изолированные конвективные облака производится путем засева порошкообразным реагентом развивающихся облачных вершин во время их пересечения на уровне, расположенном на 100 м ниже уровня верхней границы $H_{вг}$. При этом возможность безопасного проникновения в вершину облака контролируется по данным бортового самолетного метеорадиолокатора.

При необходимости засева кучево-дождевого облака Cb, дающего засветку на индикаторе бортового радиолокатора, необходимо выбрать уровень полета для засева непосредственно над верхней границей облака, либо с превышением границы примерно на 100 м.

В зависимости от размеров облака в его вершину сбрасывается от 1 до 3 упаковок реагента (по 30 кг порошка в каждой).

7.2 При воздействии на многовершинное грозовое облако в первую очередь следует производить засев его центральной вершины, пробивающейся сквозь

наковальню, или же вершины, расположенной ниже наковальни облака. При этом количество сбрасываемого реагента определяется количеством вершин и их горизонтальными размерами, а также стадией развития облака. В среднем при засеве кучево-дождевых и грозовых облаков в каждую их отдельную вершину вводится такое же количество реагента, как и при засеве изолированных конвективных облаков.

7.3 При проведении работ по метеозащите определенной территории рекомендуется следующая схема полетов. Самолет, имеющий на борту оборудование для введения реагента, вылетает в район работы, расположенный с наветренной стороны от защищаемой территории, для оценки текущей метеорологической обстановки и патрулирования. Здесь самолет занимает высотный эшелон на уровне около 6 км и в случае появления облаков, вершины которых достигают этого уровня, производит их засев. В случае продолжающегося роста вершин самолет занимает эшелон на уровне верхней границы облаков и продолжает засев на этом эшелоне.

7.4 В случае приближения к защищаемой территории атмосферного фронта самолет должен переместиться в зону, расположенную на подступах к площади мишени со стороны надвигающихся на нее облачных систем, и при необходимости осуществлять засев развивающихся в этой зоне конвективных облаков, удовлетворяющих принятому критерию. Засев следует производить, главным образом, на участке, который расположен на удалении от защищаемой зоны, примерно равном получасовому-часовому переносу облаков ветром. Выполняя засев всех растущих конвективных облаков на уровне 6 км, самолет тем самым предотвращает возможность их дальнейшего развития и превращения в кучево-дождевые облака.

8 Оперативный контроль результатов воздействий и оценка эффективности работ

8.1 При проведении разрушающих АВ на облака с целью предотвращения или снижения их ливневой активности в каждом конкретном случае результат засева облака считается достигнутым в тех случаях, когда:

– облако полностью рассеивается;

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

– облако начинает оседать или растекаться и сливается с окружающей его нижнюю часть слоистообразной облачностью.

8.2 Оперативный контроль результатов воздействия на облако с целью подавления его развития осуществляется путем визуальных наблюдений эволюции облака с борта самолета, с помощью некоторых инструментальных измерений параметров атмосферы в зоне облака и на основе радиолокационного контроля параметров облака.

8.2.1 Визуальные наблюдения результатов воздействия с борта самолета позволяют достаточно надежно зарегистрировать положительный эффект засева (подавление развития облака) во всех трех перечисленных в 8.1 вариантах эволюции облака. При этом вынужденный характер эволюции облака, т.е. ее отличие от естественного процесса выявляется, в частности, путем сопоставления с эволюцией соседних облаков (при их наличии).

8.2.2 К числу инструментальных наблюдений, которые могут надежно подтвердить положительную реакцию облака на произведенный засев порошковым реагентом, можно отнести, например, фиксируемое при повторном пролете через вершину облака снижение до нуля скорости восходящего вертикального потока или возникновение вместо него нисходящего потока.

8.2.3 Результаты радиолокационных наблюдений оказываются, в частности, основными при регистрации эффекта воздействия в третьем из перечисленных выше случаев, когда по визуальным наблюдениям облако может почти не изменить своей конфигурации и геометрических размеров, однако в нем существенно уменьшаются (в два-три раза) размеры и уровни интенсивности зон радиолокационной отражаемости, что свидетельствует о начале процесса диссипации облака.

8.3 Строгая физико-статистическая оценка эффективности разрушающего АВ на облака с целью снижения их ливневой активности, выраженная в значениях процентного уменьшения выпадающих из них осадков является достаточно сложной. В принципе, она возможна на базе существующих методов оценки (метод контрольных территорий, метод исторической регрессии, метод рандомизированного засева облаков) при длительном проведении АВ на фиксированной территории с постоянным радиолокационным контролем облачности и осадков и с наземной осадкомерной сетью, обеспечивающей измерение осадков с высокой пространственной и временной разрешающей способностью. Как правило, соблюдение этих условий при проведении опытно-производственных работ по метеозащите тех или иных мишеней невозможно в силу эпизодичности проводимых АВ по метеозащите тех или иных объектов.

8.4 Тем не менее, существуют вполне объективные оценки эффективности подобных работ по АВ на основе проводившихся в прошлом экспериментальных исследований. Так, в частности, в результате выполнявшихся несколько лет летных работ на специализированном полигоне ЦАО в Республике Молдова было экспериментально установлено, что эффективность разрушающего воздействия на облака с помощью самолетного метода в основном зависит от условий формирования облаков. Легче всего разрушаются отдельные внутримассовые облака. Для них эффективность воздействий составляет 80 %. При воздействиях на конвективные облака, связанные с фронтальными разделами, эффективность используемого способа разрушения облаков уменьшается и составляет около 65 %.

9 Оценка экологических последствий применения цемента и других порошков для АВ на облака

9.1 Степень опасности загрязнения природной среды порошками на основе цемента, используемыми для подавления развития облаков, может быть оценена на основе сопоставления интенсивности поступления в атмосферу глиноземов из природных источников (ветровая эрозия почв, извержение вулканов), из антропогенных источников (от промышленных объектов и т.д.) и при проведении АВ.

9.2 Расчеты и экспериментальные данные показывают, что концентрации частиц порошка в объеме воздуха, возникающие в вершине облака при его засеве в начальный момент времени, составляют $10^2 – 10^3$ см$^{-3}$. При оседании реагента до уровня нижней границы облака концентрация частиц в опускающемся объеме воздуха снижается до $10^5 – 10^6$ м$^{-3}$, а попадая в подоблачный слой, частицы порошка полностью перемешивается с атмосферным воздухом и их концентрация становится на 2 порядка ниже концентрации аэрозоля естественного происхождения. Следовательно, можно заключить, что влияние активных воздействий рассмотренным методом на загрязнение воздуха в районе проведения работ практически отсутствует.

10 Меры безопасности при проведении работ

10.1 Требования по технике безопасности (ТБ) при АВ на облака с целью подавления их развития включают в себя:

– требования по ТБ при работе на радиолокационных станциях;

– требования по ТБ при воздействиях на облака с самолетов;

– требования по ТБ при работе со средствами связи с самолетом.

10.2 При эксплуатации радиолокационных станций необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации, подготовленной заводом-изготовителем, действующими наставлениями и методическими указаниями.

10.3 ТБ при воздействиях на облака с борта самолета-метеолаборатории состоит в строгом соблюдении бортоператорами и бортнаблюдателями инструкции по технике безопасности полетов, утвержденной Департаментом ГА.

Библиография

[1] Вульфсон Н.И., Черенкова Б.П. Воздействие на конвективные облака искусственно созданными нисходящими движениями // Труды ИПГ.–1970.–Вып. 12.–с. 17.

[2] Диневич В.А. Результаты опытов воздействия на кучево-дождевые облака грубодисперсными порошками /В.А.Диневич, Л.П.Зацепина, Л.Б.Зонтов, Ю.А.Серегин //Труды ЦАО.–1980.–Вып. 142.–с. 12.

[3] Беляев В.П. Некоторые результаты опытов по разрушению многоячейковых конвективных облаков /В.П.Беляев, Л.П.Зацепина, Л.Б.Зонтов, В.В.Петров, Ю.А.Серегин // Труды ЦАО.–1987.–Вып. 164.–с. 3—10.

Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номер страницы				Номер документа	Подпись	Дата	
	измененной	замененной	новой	аннулированной			внесения изменений	введения изменений

Руководящий документ РД 52.11.678 – 2006

Методические указания

Проведение работ по искусственному
подавлению развития конвективных облаков самолетными
средствами воздействия

Подписано в печать 04.12.06. Формат 60х90 1/16.
Бумага Баллет классика. Печать лазерная. Печ.л. 1,6. Тираж 250 экз.
Заказ №0604/МА2-31

Метеоагентство Росгидромета
123242, Москва, Нововаганьковский переулок, дом 7/12

gost.e-ecolog.ru