

## МЕТЕОРОЛОГИЯ

*С.М. Гальперин, В.Н. Козлов, Г.Г. Щукин*

**АКТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
НА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
ПО СОЗДАНИЮ БЛАГОПРИЯТНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ  
В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ 15–17 ИЮЛЯ 2006 г.**

*S.M. Galperin, V.N. Kozlov, G.G. Shchukin*

**THE ACTIVE MODIFICATION OF THE  
HYDROMETEOROLOGICAL PROCESSES IN ST. PETERSBURG  
DURING THE G-8 SUMMIT ON 15–17 JULY, 2006**

*В статье рассматриваются вопросы проведения активных воздействий на гидрометеорологические процессы 15–17 июля 2006 г. во время проведения встречи глав государств и правительств «Группы Восьми». В работах было задействовано 11 воздушных судов Ил-18 и Ан-12. Приведены результаты работ по каждому дню. С учетом ограничений на полеты поставленная задача была выполнена.*

*The article is devoted to the active modification of the hydrometeorological processes in St. Petersburg during the G-8 summit on 15–17 July, 2006. 11 aircraft Il-18 and An-12 were engaged in the process. The article provides information on the day-by-day basis. Allowing for the introduced flight restrictions, all tasks were fulfilled.*

### **Введение**

Во второй половине 20-го столетия НИИ Росгидромета были разработаны технические средства и создана технология активного воздействия на гидрометеорологические процессы в атмосфере с целью создания благоприятных погодных условий при проведении праздничных и спортивных мероприятий. Большой объем научных и практических работ был выполнен ЦАО, ГГО, ВГИ, ИЭМ, РГГМУ (ЛГМИ) по разработке способов активного воздействия на облачные системы в целях предотвращения выпадения осадков. Накоплен значительный опыт проведения метеорологической защиты территорий в Москве, Ташкенте, Санкт-Петербурге, Астане и других городах [Беляев, 1996; Берюлев, 1990; Шметер, 2000; Щукин, 2004].

Методика воздействий на облачные системы с целью предотвращения (или существенного снижения интенсивности) осадков и рассеяния облачного

покрова над защищаемой территорией при проведении авиационных работ определяется характеристиками господствующего типа синоптических процессов и полем облачности, натекающей на площадь города. В связи с этим при подготовке к работам по активным воздействиям (АВ) на гидрометеорологические процессы (ГМП) предварительно рассматриваются возможные варианты метеорологических условий с облачностью различных форм и исходя из этого, на основе фактического состояния погоды в заданном районе, выбирается методика авиационных работ по АВ на ГМП. Ниже приведены случаи, при которых возможны воздействия на ГМП.

### ***Однослойная или многослойная облачность без осадков***

При наличии такой облачности можно производить воздействия с целью ее рассеяния. Для этого должен быть произведен засев кристаллизующими реагентами облачных слоев среднего яруса, характеризующихся наличием переохлажденной облачной влаги. В результате образования и выпадения на землю осадков слабой интенсивности будет обеспечиваться рассеяние засеваемых слоев, а также частичное (или полное) рассеяние расположенных ниже теплых облачных слоев за счет «вымывания» падающими сквозь их толщу частицами осадков.

Воздействия при этом могут производиться с самолетов Ан-30, Ан-12, Ан-26 и Ил-18 сухим льдом, жидким азотом и пиротехническими средствами на удалении, несколько превышающем дальность ветрового переноса облачных масс, за время, необходимое для образования и выпадения на землю частиц осадков из засеянных облаков. В общем случае это расстояние обычно не превышает дальности 1-часового ветрового переноса облаков (20–50 км) и уточняется по данным радиоветрового или самолетного зондирования атмосферы. Засев осуществляется вдоль линии, перпендикулярной направлению ветрового переноса облачности. При этом необходимая протяженность линии засева рассчитывается с учетом скорости и направления ветра в нижележащих слоях атмосферы.

Используемые при таком засеве нормы расхода реагентов относительно незначительны и составляют в зависимости от толщины засеваемого слоя от 0,1 до 0,5–0,7 кг сухого льда на 1 км трассы полета самолета или 1 серию из четырех пиропатронов ПВ-26 на каждые 5–6 км пути.

Эффекты воздействия прослеживаются по образованию просветов в облачности. Косвенными признаками, подтверждающими выпадение осадков, служат оптические явления – «нижнее солнце» и радуга. Нижнее солнце наблюдается на верхней границе облака и представляет собой отражение солнца в падающих кристаллах. Кроме яркого пятна, обычно наблюдается светлый столб вдоль направления на солнце. Нижнее солнце указывает на наличие кристаллов в облаке. Наличие радуги под облаком служит доказательством выпадения из него осадков. По радиолокационным данным после засева облаков наблюдается появление полос падения осадков.

**Однослойная или многослойная облачность с осадками**

В этом случае эффект прекращения или существенного снижения интенсивности осадков на заданной территории может быть достигнут путем обеспечения засева натекающих на эту территорию облачных масс повышенными дозами льдообразующих реагентов (перезасев). В результате такого засева в облаках образуется чрезмерно высокая концентрация зародышей частиц осадков, при которой рост частиц осадков замедляется вследствие ограниченной интегральной водности осадкогенерирующего облачного слоя и неизменного притока в него водяного пара из нижних слоев атмосферы. Замедление скорости роста частиц и скорости их гравитационного падения на землю ведет к снижению интенсивности потока осадков на землю, что и является задачей проводимых воздействий.

Эффект воздействия достигается засевом облачности льдообразующими реагентами – йодистым серебром и сухим льдом. Расстояние, на котором необходимо производить засев облаков, соответствует дальности 0,5–0,7-часового ветрового переноса облачных масс, с тем, чтобы осадки, сформировавшиеся с наветренной стороны от зоны воздействий, успели выпасть на землю еще до заданной территории. Так же как и в предыдущем случае, засев облачности должен производиться вдоль линии, перпендикулярной направлению ветрового переноса облачности, длина которой должна превышать диаметр обозначенной территории (с учетом профиля вектора ветра в нижележащих слоях атмосферы).

В то же время необходимые для достижения перезасева облачности нормы расхода льдообразующих реагентов, как правило, существенно превосходят нормы, упоминаемые выше, и сильно зависят от таких характеристик облачности, как концентрация естественных ледяных ядер в облаках и значения их жидкокапельной водности. Так, при воздействии на слоисто-дождевые облака с концентрацией естественных ледяных кристаллов порядка 10–20 на литр эффект перезасева достигается при расходе твердой углекислоты в несколько килограммов на километр трассы засева (5 кг/км и более) и расстоянии между параллельными линиями засева около 1 км. С ростом концентрации естественных кристаллов необходимая для перезасева доза реагента может снижаться до величин около 1 кг/км. Соответствующие значения расходов для пиротехнических изделий составляют для пиропатронов ПВ-26 от непрерывного отстрела одиночных патронов с 1-секундными интервалами до отстрела серий по 4 пиропатрона через каждые 2 км трассы полета.

Значительное сокращение норм расхода реагентов (до 1 кг/км) для обеспечения перезасева облачности достигается, когда по условиям полетов возможно проведение повторных засевов одного и того же объема облачности.

Эффекты воздействий при перезасеве обнаруживаются в ходе радиолокационных наблюдений по устойчивому снижению средней интенсивности осадков с подветренной стороны от линии воздействий на протяжении

1–2-часового ветрового переноса облачности с соответствующим уменьшением на этой площади слоя осадков по сравнению с окружающей территорией за период воздействий.

### ***Конвективная облачность с ливневыми осадками***

Наряду со слоистообразными формами облачности в атмосфере могут присутствовать конвективные облака, в том числе кучево-дождевые облака в толще слоистообразных облаков (затопленная конвекция), из которых, как правило, связано выпадение ливневых осадков.

Для предотвращения развития конвективных (мощно-кучевых и кучево-дождевых) облаков используется динамический способ прерывания их роста, т.е. искусственное создание в растущем облаке нисходящего воздушного потока, который компенсирует в нем восходящий поток и тем самым приводит к замедлению и в последующем к разрушению облака. Для создания нисходящего потока в растущую вершину облака сбрасывается с самолета определенная порция грубодисперсного порошка, который в процессе гравитационного падения увлекает за собой частицы воздуха, приводя к образованию в облаке упорядоченного нисходящего потока.

В процессе работ по улучшению погодных условий для таких воздействий используются самолеты Ан-12 и Ил-18, которые снаряжаются необходимым запасом картонных упаковок с порциями по 20–30 кг грубодисперсного порошка (цемента). В случае развития в натекающем на Санкт-Петербург воздушном слое изолированных конвективных облаков с их переходом в достаточно мощные формы с вероятным выпадением осадков указанные самолеты выполняют засев всех таких облаков, верхняя граница которых будет по мере роста превышать заданный уровень (порядка 6 км). То же самое относится и к конвективным облакам, развивающимся в толще слоистообразных облаков. При этом обнаружение зон затопленной конвекции на фоне слоистообразных облаков производится по факту наблюдения характерных шапкообразных клубящихся облачных возвышений над относительно более ровной верхней поверхностью слоистообразных облаков и по наблюдениям с МРЛ-5.

Эффект воздействия на растущие конвективные облака легко обнаруживается визуально по прекращению роста и последующей диссипации обработанной облачной вершины.

Исходя из приведенного выше, в интересах создания благоприятных погодных условий 15–17 июля 2006 г. в дни встречи глав государств и правительств «Группы Восьми» проводились АВ в районе Санкт-Петербурга.

### ***Метеорологические условия в период проведения работ 15–17 июля 2006 г.***

В начале второй декады июля 2006 г. над северной частью Европейского континента началась перестройка атмосферных процессов. Вместо очень теплого и влажного воздуха, долгое время господствовавшего над всей Европей-

ской территорией России (ЕТР), со стороны Скандинавского полуострова начал поступать более прохладный воздух Атлантического океана. Вытеснение теплой устойчивой воздушной массы сопровождалось формированием двух мощных атмосферных циклонических вихрей – одного над северо-западом ЕТР и второго над Украиной.

Образование глубокого высотного циклона 16 июля над северо-западом ЕТР, не предусмотренное среднесрочными прогнозами, было связано с более медленным, чем ожидалось, перемещением со Скандинавии с запада на восток высотной ложбины и сложным перераспределением энергии внутри высотной фронтальной зоны. Такое развитие синоптических процессов способствовало интенсификации процессов облако- и осадкообразования 16 и 17 июля над северо-западом ЕТР.

### **Метеорологические условия 15–17 июля 2006 г.**

**Метеорологические условия 15 июля 2006 г.** определялись прохождением в утренние часы с запада на восток через Санкт-Петербург холодного фронта со Скандинавии. Облачная система холодного фронта, хорошо видная на снимке с ИСЗ Метеосат-8, располагалась к 10 ч мск по линии Минск – Санкт-Петербург – Петрозаводск – Архангельск и перемещалась на восток со скоростью 20–25 км/ч.

По данным радиозондирования аэрологической станции (АЭ) Воейково в 04:00 мск в слое от земли до высоты 2 км наблюдался северный ветер 8–12 м/с. Выше уровня 3 км ветер менял направление на юго-западное, усиливаясь с высотой до 22–25 км/ч. Нулевая изотерма наблюдалась на высоте 2900 м.

В первую половину дня по данным летных экипажей в районе к юго-западу от Санкт-Петербурга наблюдалась многослойная слоистообразная облачность. Отдельные маскированные конвективные облака в первую половину дня смещались с юго-запада на северо-восток со скоростью 35–40 км/ч.

**Санкт-Петербург и Ленинградская область 16 июля 2006 г.** находились в передней части антициклона, на его восточной периферии. Центр антициклона в 4 ч располагался над Данией и перемещался в восточном направлении. Малоградиентная область пониженного давления с очень теплым и влажным воздухом занимала восточную и южные части Русской равнины. Облачная система холодного фронта с волнами, прошедшего через Санкт-Петербург накануне, располагалась в 100–150 км к востоку от города и перемещалась в северо-восточном направлении. Западная кромка сплошной облачности этого холодного фронта, согласно снимку со спутника, проходила по линии Петрозаводск – Новгород – Великие Луки. Ось высотной ложбины к 4 ч располагалась вдоль линии Мурманск – Санкт-Петербург – Великие Луки. В то же время над Карельским перешейком и северной частью акватории Ладожского озера находилась облачная система вторичного холодного фронта, перемещавшаяся в течение дня с севера на юг по тыловой западной периферии высотной ложбины.

Передняя кромка облачности этого фронта в 04:00 располагалась севернее Санкт-Петербурга вдоль линии Сестрорецк – Сортавала.

По данным утреннего радиозондирования 16 июля 2006 г. на АЭ Воейково неустойчивая стратификация наблюдалась в слое от земли до высоты 2600 м, а также в слое 3800–5400 м. Между этими слоями располагался задерживающий слой с пониженными вертикальными градиентами температуры от 3–4 °С/100 м. Нулевая изотерма находилась на высоте 2200 м. Относительная влажность в слое от земли до высоты 2600 м составляла 50–70 %. Выше уровня 3,5 км и до тропопаузы наблюдался очень сухой воздух с влажностью менее 10 %. Тропопауза располагалась на высоте 9 км. В нижнем 6-километровом слое преобладали северные и северо-западные ветры скоростью 10–15 м/с. В верхней тропосфере наблюдались сильные юго-западные ветры скоростью 20–25 м/с. В течение суток 16 июля на месте высотной ложбины в средней тропосфере сформировался высотный циклон. Температура у земли составляла утром 14 °С. Днем воздух в городе прогрелся до 22 °С.

В дневные часы в связи с прогревом воздуха у земли и поверхностных вод Финского залива создались благоприятные условия для развития конвекции. Конвективные облака образовывались к северу от Санкт-Петербурга и перемещались с севера на юг со скоростью до 35 км/ч.

По данным радиолокационных наблюдений интенсивность осадков в утренние часы достигала 1–2 мм/ч. Днем в городе и области наблюдались кратковременные дожди. Интенсивность осадков по радиолокационным данным в дневное время по области достигала 5–10 мм/ч.

**Циклогенез продолжился и 17 июля.** Центр сформировавшегося 16 июля высотного циклона располагался в 150–200 км к юго-востоку от Санкт-Петербурга, в районе Новгорода. Центр антициклона, смещаясь с запада на восток, приблизился к побережью Эстонии. На западной периферии вновь сформированного циклона располагалась облачная система по типу фронта окклюзии.

Анализ данных радиозондирования 17 июля 2006 г. в Воейково в 04:00 показал, что атмосфера была стратифицирована неустойчиво в нижних слоях и устойчиво в верхних. Основной осадкообразующий слой находился в слое 2200–4300 м. Нулевая изотерма находилась на высоте 1900 м. Относительная влажность в слое от земли до высоты 4,3 км составляла 60–80 %. Выше наблюдалось чередование слоев с влажностью 40–50 % и очень сухих слоев с относительной влажностью менее 10 %.

В 4 ч утра 17 июля обширный массив слоисто-дождевой облачности с дождями малой интенсивности располагался к северо-востоку от Санкт-Петербурга и в течение дня перемещался с северо-востока на юго-запад со скоростью 30–40 км/ч. В городе временами выпадали слабые осадки. По радиолокационным данным интенсивность осадков по области достигала 1–2 мм/ч.

***Подготовка и организация работ по улучшению погодных условий в рассматриваемые дни***

Исходя из метеорологических условий и программы летних работ по улучшению погодных условий в Санкт-Петербурге, 15–17 июля 2006 г. предусматривались воздействия на все указанные выше типы облачности: засев переохлажденных слоистообразных и слоисто-кучевых облаков льдообразующими реагентами с целью их рассеяния, засев этих же форм облачности льдообразующими реагентами с повышенным расходом реагента с целью создания в облаках чрезмерного количества зародышей частиц осадков (перезасев) и засев находящихся в стадии роста конвективных облаков порошкообразными реагентами (с целью динамического подавления их развития).

В качестве льдообразующих реагентов для засева использовались гранулированная твердая углекислота («сухой» лед), жидкий азот и кристаллы йодистого серебра, содержащегося в пиропатронах ПВ-26. Для динамического разрушения растущих конвективных облаков в их вершины производился сброс определенного количества грубодисперсного порошкообразного вещества.

Для достижения максимального эффекта по рассеянию переохлажденных облаков в условиях наименее благоприятной синоптической ситуации воздействия проводились на двух рубежах, удаленных от защищаемой территории (ЗТ) на расстояния, соответствующие 60–90–минутному и 20–40–минутному переносу облачности атмосферными потоками. Конкретная расстановка самолетов по рубежам и азимутальные секторы работ определялись непосредственно синоптической ситуацией в день работ. Оперативное управление авиаработами осуществлялось из пос. Воейково Колтушской волости Ленинградской области совместно со службой авиадвижения на основе информации о метеорологической и авиационной обстановке в Санкт-Петербургской воздушной зоне.

Для проведения работ было задействовано 11 воздушных судов (типа Ил-18 и Ан-12).

Техническое оснащение самолетов средствами воздействий позволяло им производить воздействия как на слоистообразные облака с целью их рассеяния и прекращения осадков, так и на изолированные или затопленные зоны конвекции с целью их разрушения и предотвращения ливней.

В качестве аэропорта базирования указанных самолетов на период работ был выбран аэродром "Чкаловский".

Техническое обеспечение работ средствами воздействий, их подготовку и техническое обслуживание, а также изготовление упаковок с порошкообразными реагентами осуществляло ЗАО «Центр внедрения методов и средств активного воздействия на погоду «АКВА».

В ходе подготовительного этапа была разработана необходимая для выполнения авиаработ организационно-методическая документация: графики доставки реагентов на аэродром «Чкаловский», графики и нормы загрузки реагентов в самолеты, графики полетов самолетов и режимов воздействия, плановые таблицы полетов. Все организационно-методические вопросы были

рассмотрены с участием специалистов АНО «Агентство атмосферных технологий» на научно-методическом совете ГГО НИЦ ДЗА и учтены при постановке задачи.

Специалистами НИЦ ДЗА (филиал ГГО) была проведена необходимая работа со специализированными организациями управления воздушным движением в Санкт-Петербургской воздушной зоне, в результате которой была подготовлена и утверждена в установленном порядке "Временная инструкция по организации и производству полетов по созданию благоприятных погодных условий в дни проведения встречи глав государств и правительств «Группы Восьми» в Санкт-Петербурге 15–17 июля 2006 г.».

Были также согласованы вопросы радиообмена с самолетами, принимающими участие в работах, и получены выделенные для этого обмена радиочастоты 120,350 МГц (для системы радиообмена и для голосовой связи) и радиопозывные для наземного пункта управления летными работами и для всех самолетов, принимающих участие в работах. Для радиосвязи с самолетами специалистами АНО «Агентство АТТЕХ» была организована доставка в Санкт-Петербург трех радиостанций «ICOM-A110» (с запасным комплектом), наземного комплекта оборудования системы радиообмена данными, осуществлено развертывание этих систем в Пункте управления работами в Воейково и проведены контрольно-проверочные сеансы связи.

Для непосредственного руководства летными работами по улучшению погодных условий в Санкт-Петербурге была создана группа управления работами, в состав которой вошли специалисты Филиала ГГО НИЦ ДЗА, АНО «Агентство атмосферных технологий» и Центральной аэрологической обсерватории, а также представители 6-й Воздушной Армии ВВС России. Группа располагалась в Пункте управления работами (на радиолокационном комплексе Филиала ГГО НИЦ ДЗА в Воейково) и имела своих представителей в аэропорту базирования самолетов воздействия для оперативного решения вопросов организации и управления.

На Пункте управления работами, в дополнение к имеющейся здесь радиолокационной информации, был организован также прием синоптической и спутниковой информации и данных радиовеетрового зондирования, что, наряду с поступающими данными самолетного зондирования атмосферы, обеспечивало группу оперативного управления всей информацией о синоптической обстановке и характеристиках облачных полей, необходимой для принятия оперативных решений о проведении воздействий.

### ***Авиационные работы по воздействию 15 июля 2006 г.***

В утренние часы 15 июля по данным радиолокационных наблюдений наблюдалась полоса облачности протяженностью около 200 км с СВ на ЮЗ и шириной до 50–70 км (рис. 1). Высота верхней границы облаков в полосе достигала 5–6 км, и в южной половине полосы наблюдалось выпадение осадков интенсивностью 0,1–0,2 мм/ч.



В соответствии с фактическими метеоусловиями летные работы по активному воздействию на облака с целью улучшения погодных условий в районе Санкт-Петербурга 15 июля были начаты в 8 ч, когда из аэропорта «Чкаловский» в воздух были подняты самолет Ил-18 для зондирования атмосферы и проведения воздействий. В 8:22 и 8:35 в воздух были подняты еще два самолета Ил-18.

Непосредственные воздействия на облачность с целью ее рассеяния и уменьшения выпадающих из нее осадков были начаты в 9 ч 40 мин. Работы по засеву фронтальных слоистых и слоисто-дождевых облаков 15 июля выполнялись по методике предотвращения выпадения осадков и разрушения осадкообразующей облачности. Для этого самолеты осуществляли засеивание облаков твердой углекислотой (сухим льдом) и жидким азотом вдоль линий длиной 30–35 км. Эти линии выбирались перпендикулярно вектору ветрового перемещения облачности и располагались на удалениях 30–70 км к юго-западу от города. Самолеты были расположены на эшелонах 4200, 4500 и 4800 м.

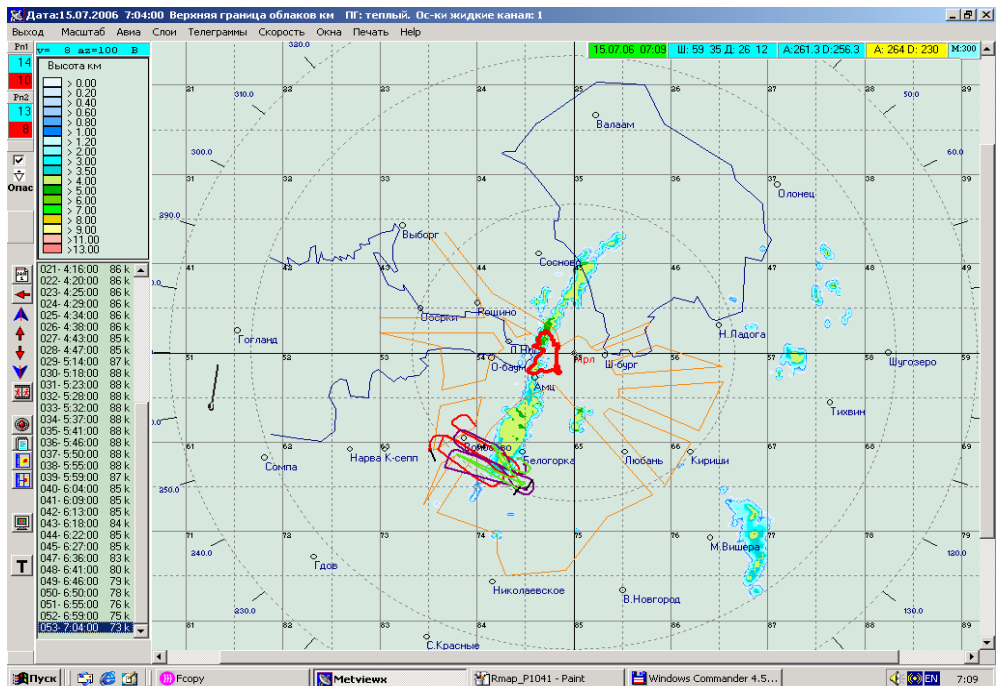


Рис. 1. Радиолокационные карты распределений верхней границы облаков на площади работ в 11:04 (мск) 15 июля 2006 г.

На рис. 1 также приведены маршруты полетов самолетов, проводящих АВ до 11:04 в юго-западном секторе на расстоянии 80–100 км.

Нормы расхода реагентов выбирались таким образом, чтобы на каждой линии суммарное количество диспергируемого в облака сухого льда составляло

3 кг/км и жидкого азота – 200–300 г/км. Кроме хладореагентов, воздействия на затопленные в слоистообразной облачности ячейки проводились с использованием пиропатронов ПВ-26. В процессе воздействий положение линий засева корректировалось с учетом перемещения облачного поля.

К 11 ч было полностью прекращено выпадение осадков из натекающей на защищаемую территорию облачности. Кроме того, наблюдалось уменьшение площади облаков и верхней границы облачности после их засева.

В 11 ч 50 мин по указанию Центра управления воздушным движением воздействия были закончены в связи с прилетом в Санкт-Петербург литерных рейсов и самолеты, принимавшие участие в работе по засеву облаков, в 12 ч направились на базу в «Чкаловский».

**Авиационные работы по воздействию 16 июля 2006 г.**

16 июля по данным радиолокационных наблюдений в утренние часы в 9:30 мск к северо-востоку от Санкт-Петербурга наблюдалась полоса облачности протяженностью около 100 км и шириной 30–40 км (рис. 2). Высота верхней границы облаков в полосе достигала 5–6 км, и из облачности наблюдалось выпадение осадков интенсивностью до 1–2 мм/ч. Облачность перемещалась с северо-востока на юго-восток со скоростью 15–20 км/ч.

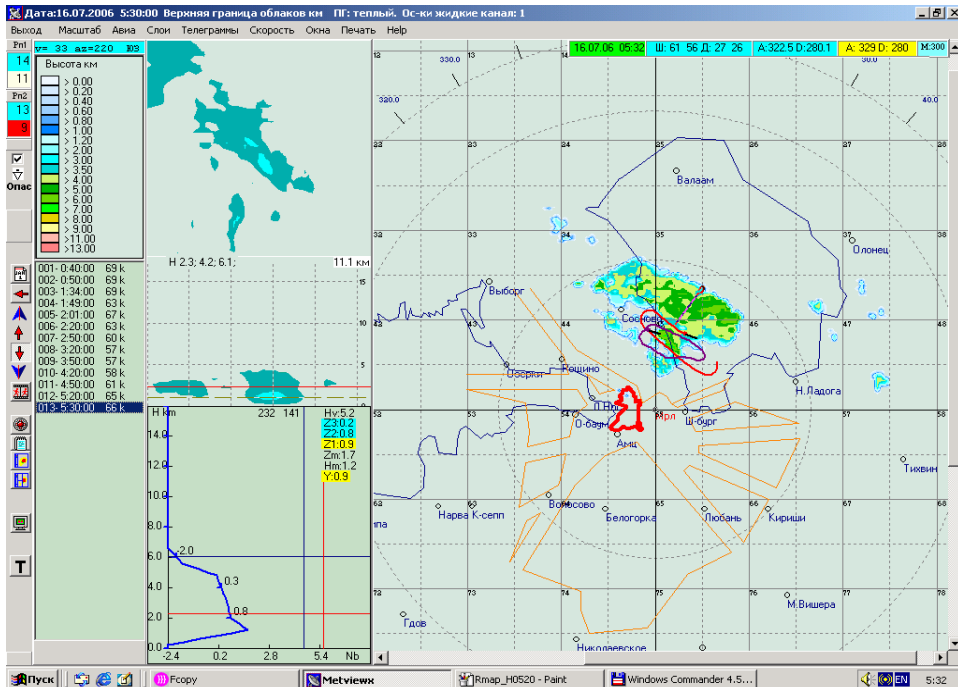


Рис. 2. Радиолокационные карты распределений верхней границы облаков на площади работ в 09:30 (мск) 16 июля 2006 г.

Воздействия на облачность с целью ее рассеяния и уменьшения выпадающих из нее осадков были начаты в 9 ч 20 мин. Работы по засеву фронтальных конвективных и слоисто-дождевых облаков с элементами внедренной конвекции 16 июля выполнялись по методике разрушения осадкообразующего облачного слоя и подавления развития конвективной облачности и внедренных во фронтальную облачность конвективных ячеек. Для этого самолеты осуществляли засев облаков упаковками с грубодисперсным порошком (динамическое подавление конвективных облаков и внедренных конвективных ячеек), а также твердой углекислотой (сухим льдом) и жидким азотом вдоль линий длиной 30–50 км.

Линии выбирались перпендикулярно вектору ветрового перемещения облачности и располагались на разных (30–60 км) удалениях от защищаемой территории. В процессе работы положение линий засева облаков постоянно корректировалось из Центра управления работами с учетом фактического перемещения облачности.

Самолеты работали на эшелонах 5400 и 5700 м. Нормы расхода реагентов, так же как и 15 июля, выбирались таким образом, чтобы на каждой линии воздействий суммарное количество диспергируемого в облака сухого льда составляло около 2–3 кг/км и жидкого азота – порядка 200–300 г/км. Сброс упаковок осуществлялся из расчета 2–3 упаковки на облачную ячейку.

В связи с изменением метеобстановки в Центре управления летными работами было принято решение о перегруппировке самолетов и их размещении на двух рубежах. В соответствии с новой схемой воздействий два самолета должны были работать на дальних подступах к объекту (~ 150 км от города), а один самолет должен был работать в непосредственной близости к границам города (~ 30 км) с целью подавления возникающих в этой зоне конвективных ячеек. Маршрут полетов этих самолетов, проводящих АВ, показан на рис. 3.

До 15 ч воздействия в основном проводились на конвективные ячейки, которые образовывались на удалении от 60 до 100 км и перемещались к защищаемой территории со скоростью 30–40 км/ч. После воздействия они разрушались, не доходя до защищаемого объекта.

После 15 ч в результате прогрева конвективные ячейки начали развиваться на удалениях 40–60 км от объекта, при этом скорость их перемещения возросла до 50–60 км/ч. В связи с этим продолжительность возможного воздействия на эти ячейки до их входа в запретную для полетов самолетов зону (при проведении летных работ самолетам воздействия было запрещено приближаться к защищаемому объекту на расстояние менее 40 км) сократился до 10–15 мин, что было недостаточно для полного подавления их развития. К тому же ячейки в своем перемещении выходили на акваторию Финского залива, которая вследствие заметного прогрева к этому времени существенно интенсифицировала в них процессы конвекции.

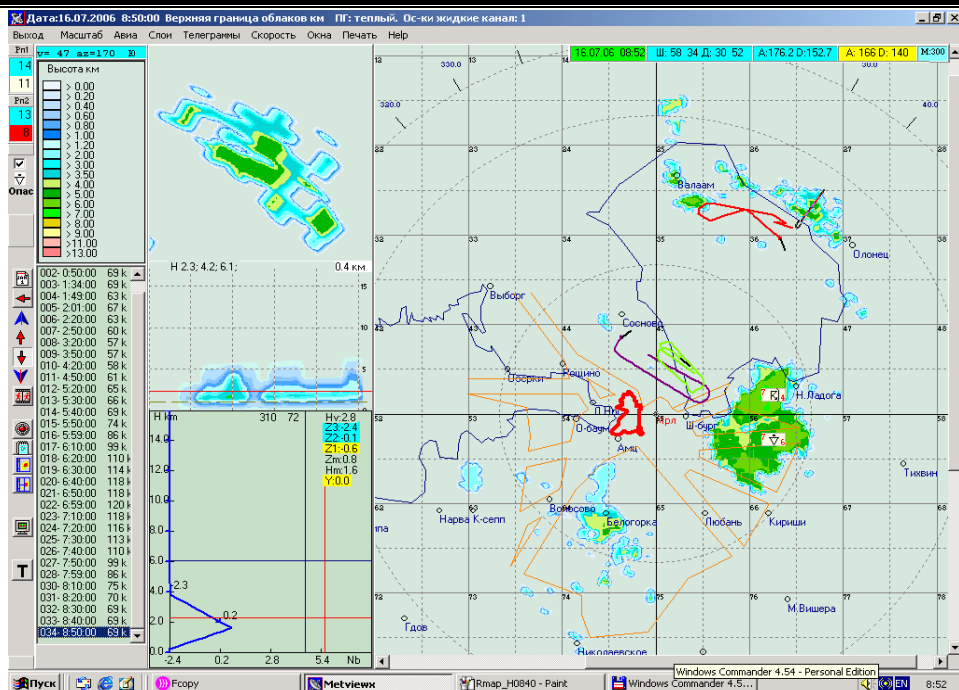


Рис. 3. Радиолокационные карты распределений верхней границы облаков на площади работ в 12:50 (мск) 16 июля 2006 г.

На рис. 4 приведено изображение радиоэхо от выпадавших в зоне работ из конвективных ячеек осадков, построенное по данным, полученным в последовательные моменты времени, помеченные цифрами. Из приведенного рисунка видно, что воздействие на перемещавшуюся в сторону объекта ячейку можно было проводить только в период прохождения ячейки через позиции 1 и 2, а в момент 3 ячейка находилась уже в запретной для полётов зоне, а следовательно, была недоступна для продолжения воздействий.

Анализ радиолокационных данных о высоте верхней границы рассматриваемой ячейки и интенсивности выпадающих из нее осадков показал, что после проведенного на нее воздействия произошло уменьшение ее высоты и интенсивности осадков. Очевидно, что при возможности продолжения воздействий выпадение осадков из ячейки было бы исключено или же значительно ослаблено в зоне объекта. Однако невозможность продолжения воздействий на ячейку, вошедшую в запретную зону, а также ее регенерация, связанная с прохождением над водной поверхностью, привели к росту как верхней границы, так и интенсивности выпадающих из ячейки осадков (позиции 5–7 на рис. 4).

До 20 ч воздействия по-прежнему проводились на двух рубежах – на ближнем и дальнем. Затем, с развитием мощных конвективных облачных кластеров в непосредственной близости к северу от города, все самолеты были переведены в ближнюю зону. Радиолокационные наблюдения за облачностью

и осадками при проведении засева облачности отчетливо иллюстрируют ее реакцию на засев, выражавшуюся в снижении верхней границы и последующей диссипации облаков в зонах засева и прекращения осадков.

Последовательное местоположение радиозохи от осадков

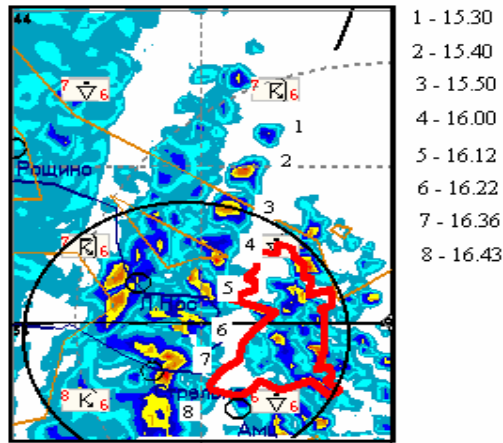


Рис. 4. Изображение радиозохи ячеек осадков в период 15:30 – 16:43, 16 июля 2006 г.

Окружностью показана 40-километровая зона запретов на полеты

***Авиационные работы по воздействию 17 июля 2006 г.***

По данным радиолокационных наблюдений в утренние часы наблюдалась обширная зона отражений от облачности и осадков. Облачность перемещалась на юг – юго-восток со скоростью 25–30 км/ч и имела многослойный характер: нижний ярус имел высоту до 4–5 км, верхний – до 8–9 км. Из облачности выпадали осадки интенсивностью до 2 мм/ч.

Непосредственные воздействия на облачность с целью ее рассеяния и уменьшения выпадающих из нее осадков 17 июля были начаты в 7 ч 30 мин. Для уменьшения осадков и разрушения осадкообразующей облачности засев слоисто-дождевых облаков 17 июля выполнялся с использованием сухого льда и жидкого азота вдоль линий длиной до 40–50 км. Линии воздействий располагались на удалениях 15–60 км к северо-востоку от города. Полеты проводились на различных эшелонах в диапазоне высот между 3600 – 6300 м.

Для создания перезасева облачности нормы расхода сухого льда 17 июля доходили до 5–6 кг/км и жидкого азота – до 300–500 г/км. Кроме хладореагентов, воздействия на затопленные в слоистообразной облачности конвективные ячейки проводились с использованием упаковок с грубодисперсным порошком. Как и в предыдущие дни, схемы воздействий, т.е. положение линий засева при проведении воздействий, корректировались с учетом фактического перемещения облачности и осадков.

Данные радиолокационных наблюдений, полученные в ходе проведения засева облачности, отчетливо иллюстрируют реакцию облаков и осадков на воздействия. Так, после проведения воздействий наблюдалось либо полное прекращение осадков от Сосново до Стрельны (см. рис. 5), либо значительное уменьшение их интенсивности (в 5–10 раз) и уменьшение площади и высоты верхней границы при проходе над защищаемыми объектами. К 12 ч 30 мин наблюдалось полное прекращение выпадения осадков из натекающей на защищаемую территорию облачности.

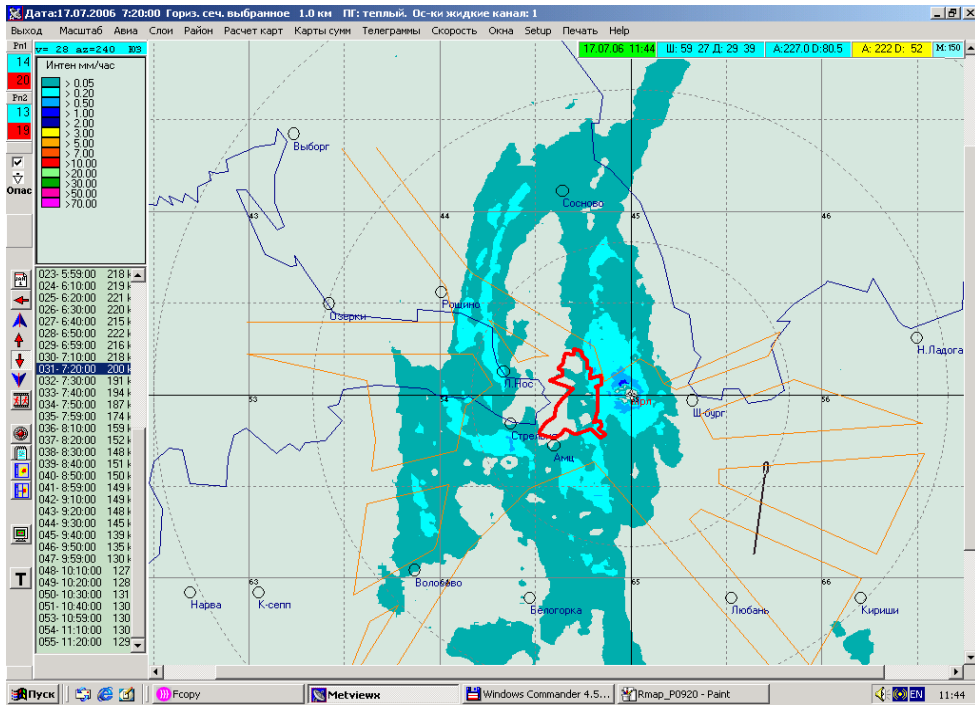


Рис. 5. Радиолокационные карты распределения интенсивности осадков в 11:20 17 июля 2006 г.

В 15 ч по согласованию с заказчиком воздействия были закончены и самолеты, принимавшие участие в работе по засеву облаков 17 июля, направились на базу в «Чкаловский».

Всего при выполнении летных работ по воздействиям 17 июля было выполнено 9 вылетов самолетов воздействия. Суммарное время налета самолетов в этот день составило 65 ч 09 мин. В результате выполненных воздействий выпадение осадков на защищаемой территории было либо полностью предотвращено, либо носило кратковременный характер с уменьшением практически на порядок интенсивности выпадающих из облачности осадков.

### Заключение

Обобщив представленные в настоящем отчете материалы, можно сформулировать следующие выводы относительно основных результатов работ по улучшению погодных условий в Санкт-Петербурге в дни встречи глав государств и правительств «Группы Восьми» 15–17 июля 2006 г., проводившихся специалистами АНО «Агентства атмосферных технологий» совместно с Филиалом ГГО НИЦ ДЗА.

1. Сложившаяся в результате многолетних совместных работ кооперация организаций и предприятий Росгидромета и Министерства обороны РФ позволила в кратчайшие сроки подготовить и успешно провести сложный комплекс авиационных работ по воздействию на облака. Работы выполнялись на основе разработанной в Росгидромете российской технологии активного воздействия на метеорологические процессы с применением экологически безопасных реагентов.

2. В течение 15–17 июля 2006 г. выполнено 20 полетов специально оборудованных самолетов с суммарным налетом 138 ч летного времени. В ходе полетов для воздействий на облачные системы израсходованы 23 т гранулированной твердой углекислоты, 17,8 т цемента марки М-500, 1800 л жидкого азота и 144 пиропатрона ПВ-26.

3. Анализ радиолокационных данных о распределении полей облачности и осадков в районе Санкт-Петербурга в результате проведенных работ по улучшению погодных условий позволяет сделать вывод, что воздействия действительно привели к существенному снижению интенсивности процессов осадкообразования в натекающих на защищаемую территорию облачных массах 16 и 17 июля и практически полностью исключили выпадение осадков 15 июля 2006 г.

4. Несмотря на сложные метеорологические условия и существенные ограничения по выполнению полетов вблизи защищаемых территорий Исполнителем выполнена поставленная перед ним задача по улучшению погодных условий в Санкт-Петербурге при проведении мероприятий во время встречи глав государств и правительств «Группы Восьми».

### Литература

1. *Беляев В.П., Берюлев Г.П., Власюк М.П. и др.* Опыт активного воздействия на облака над Москвой 9 мая 1995 г. // *Метеорология и гидрометеорология*, 1996, № 5, с. 71–82.
2. *Берюлев Г.П., Зацепина Л.П., Зонтов Л.Б. и др.* Опыт проведения работ по искусственному регулированию осадков в целях ослабления последствий аварии на Чернобыльской АЭС. / *Активные воздействия на гидрометеорологические процессы*. Тр. Всесоюз. конф. 17–21 ноября 1987 г. – Л., 1990, с. 233–238.
3. *Шметер С.М., Корнеев В.П.* Изменения режима осадков с подветренной стороны от зоны активных воздействий на облака // *Метеорология и гидрология*, 2000, № 2, с. 35–46.
4. *Щукин Г.Г., Козлов В.Н., Степаненко В.Д., Гальперин С.М., Стасенко В.Н.* Активные воздействия на облачные системы с целью обеспечения благоприятных погодных условий в период празднования 300-летия Санкт-Петербурга 30–31 мая 2003 г. // *Труды НИЦ ДЗА (филиала ГГО)*, 2004, вып. 5 (553), с. 143–168.