

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/diplomnaya-rabota/134749>

Тип работы: Дипломная работа

Предмет: Метеорология

ВВЕДЕНИЕ 2

1 ИСКУССТВЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОБЛАКА 4

1.1 История развития методов искусственного изменения погоды путем воздействия на облака 4

1.2 Физические основы воздействия на облака 7

1.3 Искусственные модификации переохлажденных облаков с использованием фазовой неустойчивости атмосферы 9

1.4 Активные воздействия на облака с использованием конвективной неустойчивости атмосферы 13

2 ХЛАДОРЕАГЕНТЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИХ ВНЕСЕНИЯ В ОБЛАКА 18

2.1 Природа действия хладореагентов 18

2.2 Технические средства внесения различных реагентов в облака 23

2.3 Внесение реагентов с помощью летательных аппаратов 27

2.4 Наземные способы воздействия на облака 32

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЬДООБРАЗУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ ХЛАДОРЕАГЕНТА 36

3.1 Определение границ зоны спонтанной конденсации вокруг частицы хладореагента 36

3.2 Расчет времени полного испарения и пути испарения хладореагента 38

3.3 Определение льдообразующей активности хладореагента 39

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 42

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 44

ВВЕДЕНИЕ

Решение проблемы целенаправленного экологически безопасного управления атмосферными процессами, предотвращения опасных явлений погоды или ослабления их разрушительной силы, уменьшения связанного с ними ущерба народному хозяйству является актуальной и важнейшей задачей гидрометеорологии.

Успешное разрешение ее имеет чрезвычайно важное практическое значение для авиации, сельского хозяйства, морского флота и других отраслей народного хозяйства. В работах по активным воздействиям на метеорологические процессы большое внимание уделяется разработке методов и средств рассеяния облаков и туманов, ослабления (усиления) и предотвращения осадков.

Большинство способов искусственного воздействия на гидрометеорологические процессы основано на использовании неустойчивого состояния облачной атмосферы. Неустойчивость особенно часто проявляется на определенных стадиях развития облаков. Среди разных видов неустойчивости наиболее важное значение имеют фазовая неустойчивость облачной воды и конвективная неустойчивость атмосферы. Капельножидкое облако или туман при отрицательных температурах представляет собой пример термодинамической системы, находящейся в метастабильном состоянии. Такое облако остается коллоидально устойчивым до тех пор, пока в нем не появятся ледяные кристаллы. С их появлением характер внутриоблачных процессов резко меняется, так как ледяные кристаллы быстро растут за счет диффузии водяного пара, а затем и коагуляции.

Искусственное рассеяние переохлажденных однослойных и многослойных облаков осуществляется путем засева льдообразующими реагентами облачных слоев среднего яруса, которые характеризуются наличием переохлажденной воды. В качестве вводимых реагентов, помимо льдообразующих, используют хладореагенты, то есть вещества, имеющие очень низкую температуру испарения. Благодаря своей холодопроизводительности, они могут создавать благоприятные условия для возникновения в воздухе зародышевых частиц новой фазы непосредственно из водяного пара.

В качестве хладореагентов для воздействия на облака применяются различные вещества: твердая углекислота, жидкий азот, пропан, жидкий воздух.

Основной целью работы является

Для решения поставленной цели будут решены следующие задачи:

- изучено история развития методов искусственного воздействия на облака;
- проанализированы физические основы воздействия на облака;
- изучены реагенты и технические средства по активному воздействию на облака;
- проведены исследования льдообразующих реагентов на облака.

1 ИСКУССТВЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОБЛАКА

1.1 История развития методов искусственного изменения погоды путем воздействия на облака

На сегодняшний день для повышения эффективности целенаправленных активных воздействий на облака необходимо основываться на фундаментальных знаниях, доступно описывающих процессы создания облачной микроструктуры с учетом термодинамических и электрических процессах в облаках, механизмы распределения и интерактивность реагента в облаке. Формирование облаков, туманов и осадков сопряжено с возникновением сложных механизмов взаимодействием на макро- и микромасштабном уровнях.

В 19 веке приоритетной была теория образования осадков, которая была сформулирована в 1794 г. Хеттоном, которая утверждала, что смешение двух воздушных масс, имеющие различные температур и влажности, создают условия для конденсации и формирования облаков и осадков. Дальнейшие исследования процесса конденсации позволили сказать, что время, которое затрачивается на образования дождя, формирующего только в результате конденсационных процессов, значительно увеличивает действительное время осадкообразования [1, 2].

А. И. Воейков в 1904 г. выдвинул гипотезу, которая говорила, что основным фактором слияния капель, которые провоцируют рост облачных частиц до размеров выпадающих, является гравитационная коагуляция [2-4].

В 1921 г. при Наркомземе был организован Научно-мелиоративный институт, который в число своих задач включал также и разработку проблемы искусственного дождя. Из работ, реализованных в те годы, следует указать на лабораторные опыты проф. В. И. Виткебича по искусственному осадждению облаков с помощью заряженного песка.

В период 1933-55 г. г. Бержерон и Финдайзен выдвинули предположение, которые позволили описать механизм образование осадков в облаках средних широт и механизм влияния на облака хладореагентов [5].

В 1961 г. Дессенс изложил версию, что с увеличением высоты в облаках отдельные кристаллы формируются тогда, когда температура воздуха находится в пределах минус 12°C. При значительной концентрации влаги в облаках отдельные кристаллы, которые сформировались на уровне изотермы минус 12°C, образуют градин. Параллельно с поднятием масс воздуха в восходящих потоках вблизи лежащих частях облака наблюдается его опускание [6, 8]. Одновременно с воздушными массами вниз стремятся градины и мелкие ледяные кристаллы. При этом градины направляются к земле, а мелкие ледяные кристаллы повторно попадают в восходящий поток, тем самым создается естественный «засев» ледяными кристаллами переохлажденной части облака. Наблюдается «конкуренция» (термин Дессенса), возникающая в полости между ледяными ядрами за переохлажденные капли, это способствует завершения процесса градообразования. града прекращаются.

Поисковые исследования в бывшем Советском Союзе по методическим подходам активных воздействий на облака и туманы, которые позволили бы управлять погодой имеют обширную историю [9]. Их начало было положено В. И. Виткевичем, проводившего лабораторные опыты по воздействию на облачную среду заряженного песка, и теоретическими изысканиями Б. П. Вейнберга и Н. А. Булгакова, которые обосновывали возможность применения данного метода.

Дальнейшие изыскания в этом направлении были в дальнейшем подхвачены учеными в Институте искусственного дождя, образованный в Москве и имеющий три филиала – в Ленинграде, Одессе и Ашхабаде. Ленинградское отделение Института искусственного дождя было преобразовано в самостоятельный институт с названием Ленинградским институтом экспериментальной метеорологии (ЛИЭМ).

В 1931 г. голландским ученым А. Ферааром [10] было реализовано несколько опытов по воздействию на облака с помощью твердой углекислоты и стандартного льда, имеющего температуру минус 700C, которые распылялись с самолета на высоте 200 м. Проведенные опыты были успешны, во всех случаях наблюдались осадки в виде дождя. Но результаты исследований не нашли признания среди научной общественности,

вследствие отсутствия физического обоснования процессов.

Научно обоснована гипотеза о роли ледяных кристаллов в процессе образования осадков из переохлажденных облаков была четко описана в 1933 г. Бергером [11].

Именно ЛИЭМ с 1932 по 1941 г.г. В.И. Оболенским и его учениками осуществлялись экспериментальные и теоретические исследования по физике осадков, основной упор был сделан на полевые опыты по изучению воздействия на облака высокочастотных электрических разрядов, ионных потоков, заряженного и незаряженного кварцевого песка, пыли, радиоактивных руд, хлористого кальция и размельченного льда. После окончания войны исследования по физике облаков и подбором методов воздействия на них были продолжены в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (ГГО), в Центральной аэрологической обсерватории (ЦАО), в Центральном институте прогнозов, в Высокогорном геофизическом институте и в институтах АН СССР коллективом ученых под руководством академика Е. К. Федорова. Такие работы ведутся также в Институте прикладной геофизики, в Ленинградском гидрометеорологическом институте (ныне РГГМУ), в Институте экспериментальной метеорологии и др.

В США крупнейшие исследования проводились на базе лаборатории «Дженерал-Электрик» под руководством В. Шеффера и И. Лэнгмюра (1944г.), именно ее работа по изучению физики облаков и осадков позволила разработать современный способ воздействия на переохлажденные облака. Разработанная программа исследований «Проект Циррус» позволила получить данные о процесс роста частиц воздействия ледяных кристаллов на переохлажденные облаках.

В 1946 г. В. Шеффера и И. Лэнгмюра реализовали натурные экспериментальные исследования по образованию кристаллов в переохлажденных облаках. На переохлажденное слоисто-кучевое облако с самолета было сброшено 1,5 кг твердой углекислоты (сухого льда) в результате чего в течении 5 мин на этом месте наблюдалось образование снежинок, которые в последующем переместились на 600 м в сухой воздух под облаком [12].

В 1947 г. сотрудником лаборатории «Дженерал-Электрик» Б. Воннегат предложил вместо твердой углекислоты применять йодистое серебро. Он доказал, что ядра льдообразования йодистого серебра и льда имеют схожую кристаллическую решетку. Им было доказано, что кристаллы йодистого серебра выступали в качестве льдообразующего ядра до температуры минус 30С. Данное открытие стало более экономически выгодным.

1.2 Физические основы воздействия на облака

Регулирование погоды процесс достаточно трудный и сопряженный с достаточно непредсказуемыми и многогранными атмосферными явлениями. Атмосферные явления содержат в себе достаточно высокую энергию, поэтому прямые воздействия на них вызывающая использование энергозатратных технологий, которые на данный момент не доступны современному человеку.

Основные концептуальные подходы были сформулированы в работах Е. К. Федорова гласящие, что метеорологические манипуляции должны подчиняться принципу управления, который основывается на направленном движении значительного количества вещества и энергии. Необходимо найти сложной структуре метеорологических взаимодействий связанных друг другом явлений, способными стать каналом управления [13].

В реальных условиях создание условий для создания искусственной модификации облаков и осадков используются формирующиеся в атмосфере зоны неустойчивости при развитии облаков, что позволяет изменить их направление в условиях экономии энергии.

К основным группам неустойчивости, оказывающих влияние на локальные формы облаков можно отнести:

- коллоидная неустойчивость, которая способствует формированию крупных коллоидных частиц – капель в облаке и выпадение осадков в идее дождя из теплых облачных структур,
- фазовая неустойчивость коллоидной структуры облаков, которая формируется в переохлажденных облаках,
- конвективная неустойчивость атмосферных явлений.

Неустойчивые системы нестабильны, на них достаточно воздействовать слабым импульсом, который вызовет самопроизвольный процесс, распространяющийся вследствие активизации внутренних механизмов.

Формирование и развитие облачных элементов координируется, на начальном этапе за счет конденсации и сублимации водяного пара в атмосфере, в совокупности с кооперацией капелек воды и льдинок-снежинок,

в совокупности с обратным процессом – испарением, и, на втором, коагуляцией. В конечном итоге данные процессы способствуют формированию облака либо его разрушению, или же преобразоваться в облако, которое вызовет осадки. Ранее говорилось, что в значительной части естественных облаков формирование элементарных частиц осадков протекает с низкой эффективностью, а вследствие того, что облака – это коллоидно-неравновесная система, на которую возможно воздействовать конденсацией, сублимацией и коагуляцией облачных частиц, что позволит управлять процессами облако- и осадкообразования в зависимости от задач модификации метеорообъектов.

1.3 Искусственные модификации переохлажденных облаков с использованием фазовой неустойчивости атмосферы

Наиболее развернуто физические процессы, способствующие выпадению осадков из переохлажденных облаков, были описаны в работах А. Вегенера [14-16], Т. Бержерона [17-18] и В. Финдайзена [19-20]. Предложенные механизмы базируются на обще принятых из физики фактах, а именно, что «упругость насыщенных паров над льдом меньше, чем над водой при одной и той же отрицательной температуре» [21]. В данной работе было установлено, разность упругостей над водой и льдом имеет максимум при минус 120С и при последующем снижении температуры стремится к убыванию.

Из-за того, что наблюдается разность насыщения над водой и льдом ледяные кристаллы, которые концентрируются в переохлажденном облаке, находятся в состоянии пересыщения, это создает условие для их роста. Избыток водяного пара в межкристалловом пространстве, снижается, капли приходят в состояния недосыщения, что вызывает процесс испарения. Данный процесс можно описать как «перегонку» водяного пара с капель в кристаллы. Этот процесс способствует быстрому росту кристаллов, которые на определенном этапе частицы достигают максимальных размеров и выпадают под действием сил тяжести, при этом динамично увеличиваются в процессе падения за счет коагуляции. Достигая минимальных значений изотермы, ледяные частицы тают и перерождаются в дождь, снег или град. Процесс «перегонки» водяного пара длится до момента, пока они все не испарятся или же пока все частицы не достигнут размеров частиц осадков и не покинут пределы облака.

Описанные подходы в работах А. Вегенером – Т. Бержероном – В. Финдайзеном можно отнести к положениям, описывающие физические основы для актуальных методов активных воздействий на переохлажденные облака. Делая допущение, что в естественных облаках не хватает природных ледяных облачных ядер (ЛОЯ), то за счет формирования в переохлажденных облаках акцессорных кристаллов создаются условия для управления облаками, с учетом количества и места введения, а именно либо увеличить значение эффективности процессов осадкообразования, либо осуществить интенсивный засев облака кристаллизующими реагентами (организовать «перезасев» облака), тем самым сократить или прекратить выпадения осадков вследствие мощного оледенения облака, или рассредоточить зоны выпадения осадков, их интенсивность и количество.

В результате засева облаков необходимо принимать во внимание механизм контакта льдообразующих аэрозолей с облачной средой, оказывающие влияние как на микрофизические, так и на динамические процессы в облаках. На сегодняшний день выделяют два концептуальных подхода при засеве облаков реагентами с целью их трансформации:

1. Микрофизическая,
2. Динамическая.

Микрофизическая, которая основывается на введении ледяных ядер в незначительных концентрациях в определенные облака, в которых продуктивность осадкообразовании низкая вследствие незначительного содержания в них естественных ледяных ядер. Особенностью этого явления является то, что введение реагента в облако способствует к трансформации микрофизических характеристик облака (водность, концентрация и размер частиц), но при этом не оказывает влияние ни на размеры, ни на динамику облака. Проведенные исследования позволили утверждать, что природные аэрозольные частицы более активны при низких температурах, поэтому в качестве объектов засева могут выступать переохлажденные облака, вершины которых могут достигать температуры выше минус 20–25 °С [22-24]. При условии, что количество ледяных ядер для осуществления статического засева необходимы частицы в диапазоне 10–100 частиц на 1 л [25-28].

Было проведены многочисленные исследования в рамках рандомизированных проектов по воздействию на конвективные облака, особое внимание следует обратить на результаты экспериментальных изысканий таких проектов как: на Высоких Равнинах «HIPLEX-1», «Аризона I и II», штат Миссури «Проект Уайттоп» США

[29-33] и ряде других стран [36-37].

Аналогичные исследования также были проведены и в СССР, направленные на изучение производительности осадкообразования фронтальных и внутримассовых облачных систем. Базовые исследования проведены над равнинной территорией, были выполнены на Экспериментальном метеорологическом полигоне (ЭМП) [38-40]. Параллельно такие же опыты выполнялись в 80-е – 90-е годы в Поволжье [41], на Северном Кавказе [42-43] и в Средней Азии [44].

Обзор представленных экспериментальных и теоретических исследований позволил утверждать, что показатель эффективности воздействия находится в значительной зависимости от характеристик облачности, а именно количественного показателя переохлажденной воды в облаках и ее координационной привязке, от количества ледяных кристаллов, от мощности облака и температур на верхней и нижней границах. При этом разбег диапазона конверсии осадков может, как сокращаться на 60 %, так и до увеличиваться на 200 %. Несмотря на разносторонность полученных результатов экспериментов можно утверждать, что при грамотном подборе объектов для воздействия и при организованном осуществлении засева можно достигнуть прирост осадков на 10–30 %, а при благоприятных условиях – до 50–70 %, и даже дать возможность к их перераспределению перераспределения, добиться выпадения осадков в нужных местах.

Динамическая концепция засева базируется на гипотезе, что если ввести в переохлажденную часть облака значительного количества искусственных ядер кристаллизации ледяных зародышей, то это будет способствовать замерзанию значительной части сконцентрированных в облаке воды и дифференциации большого количества скрытой теплоты кристаллизации. Полевые исследования, подтвержденные теоретическими

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Качурин Л. Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. — Л.: Гидрометеиздат. – 1990. 463 с.
2. Колосков Б. П., Корнеев В. П., Петров В. В., Берюлев Г. П., Данелян Б. Г. Современная концепция метеозащиты мегаполисов методами активных воздействий // Метеорология и гидрология. № 8. 2010. С. 21—32.
3. Колосков Б. П., Корнеев В. П., Щукин Г. Г. Методы и средства модификации облаков, осадков и туманов. — СПб: РГГМ. 2012. 342 с.
4. Никандров В. Я. (1959). Искусственные воздействия на облака и туманы. — Л.: Гидрометеиздат. 1959. 191 с.
5. Bergeron T. On the physics of clouds and precipitation. // Proc. Conf. Int. Union Geodesy and Geophysics, Lisbon, 1933. – Part II. – P. 156-178.
6. Dessens H.A. Project for a formation of cumulonimbus by artificial convection. Physics of precipitation // Proc. of the Cloud Phys. Conf. – Wood Hole, Massachusetts, 1959.
7. Диневич В.А., Зацепина Л.П., Зонтов Л.Б., Серегин Ю.А. Результаты опытов воздействия на кучево-дождевые облака грубодисперсными порошками // Труды ЦАО. – 1980. – Вып. 142. – С. 12-24.
8. Вульфсон Н.И., Левин Л.М. Разрушение развивающихся кучевых облаков искусственно созданными нисходящими потоками. //ДАН СССР. 1968. Т.181, №4. С.855-857.
9. Петросянц М.А., Седунов Ю.С. Активные воздействия на атмосферные процессы. //Труды V Всесоюзного метеорологического съезда. - Л.:Гидрометеиздат, 1972. С.64-89.
10. Veraart A.W. Meer zonneschijn in het neveling Noorden; meer regen in de Tropen. – Seyffardt's Boek en Muziekhandel. – Amsterdam, 1931. – 193 p.
11. Bergeron T. The problem of artificial control of rainfall on the globe // Tellus. 1949. Vol. 1. P. 32.
12. Morrison B. J. Characterization of dry ice as a glaciogenic seeding agent, A //Atmospheric science paper; no. 441. – 1989.
13. Уланова Е.С., Забелин В.Н. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. 207 с.
14. Wegener A. Thermodynamik der Atmosphäre. – Leipzig, 1911. – 311 p.
15. Weinstein A.I., MacCredy P.B. An isolated cumulus cloud modification project // J. Appl. Meteorol. – 1969. – Vol. 8. – No. 12. – P. 936-947.
16. Weinstein A.I., Kunkel B.A. Fog Dispersal – An Operational Weather Modification Technology Today // Papers presented at the 2nd WMO Scientific Conf. on Weather Modification, Boulder, Colorado. – 1976. – P. 381-388.

17. Bergeron T. On the physics of clouds and precipitation. // Proc. Conf. Int. Union Geodesy and Geophysics, Lisbon, 1933. – Part II. – P. 156-178.
18. Bergeron T. The problem of artificial control of rainfall on the globe // Tellus. – 1949. – Vol. 1. – P. 32.
19. Findeisen W. Kolloid-meteorologischen Vorgänge bei Niederschlagsbildung // Meteorologische Zeitschrift. – 1937. – Vol. 55. – P. 121-133.
20. Federer B., Schneider A. Properties of pyrotechnic nucleants used in Grossversuch IV // J. Appl. Meteorol. – 1981. – Vol. 20. – P. 997-1005,
21. Никандров В. Я. Искусственные воздействия на облака и туманы. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 191 с.
22. Диневич В.А., Красновская Л.И., Хижняк А.Н., Шевалдина Т.И. Некоторые результаты полевых опытов по искусственному воздействию на переохлажденный туман // Труды ЦАО. – 1980. – Вып. 142. – С. 3-11.
23. Прихотько Г.Ф. Искусственные осадки из конвективных облаков. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 176 с.
24. Vardiman L. and Moore J.A. Generalized criteria for seeding winter orographic clouds // J. Appl. Meteorol. – 1978. – Vol. 17. – P. 1769-1777.
25. Chappel C.F., Johnson F.L. Potential for snow augmentation in cold orographic clouds // J. Appl. Meteorol. – 1974. – Vol. 13. – P. 374-382.
26. McDonald J.E. The physics of cloud modification. // Advances in Geophysics. – N.Y.Academy Press, 1958. – P. 223-303.
27. Silverman B.A. Static mode seeding of summer cumuli. A review // Meteorol. Monographs. – 1986. – Vol. 21. – No. 43. – P. 7-24.
28. Young K.C. A numerical simulation of wintertime, orographic precipitation: Part II. Comparison of natural and AgI-seeding conditions // J. Atm. Sci. – 1974. – Vol. 31. – P. 1749-1767.
29. Cooper W.A., Lawson R.P. Physical interpretation of results from the HIPLEX-1 experiment // J. Climate Appl. Meteorol. – 1984. – Vol. 23. – P. 523-540.
30. Mielke P.W., Berry K.J. HIPLEX-1: Statistical Evaluation // J. Appl. Meteorol. – 1984. – Vol. 23. – No. 4. – P. 513-522.
31. Smith P.L., Cooper W.A., Lawson R.P. HIPLEX-1: Experimental design and response variables // J. Climate Appl. Meteor. – 1984. – Vol. 23. – P. 497-512.
32. Battan L.J. and Kassander A.R. Summary of results of a randomized cloud seeding project in Arizona // Proc. 5th Berkeley Symp. Math. Statist. Probab. – 1967. – Vol. V. – P. 29-33.
33. Decker W.L. and Schickedanz P.T. The evaluation of rainfall records from a five year cloud seeding experiment in Missouri. // Proc. of the 5th Berkeley Symp. Math. Statist. Probab. – 1967. – Vol. V. – P. 55-63.
34. Mielke P.W., Brier G.W., Grant L.O., Mulvey G.J., Rosensweig. A statistical reanalysis of the replicated Climax I and II wintertime orographic cloud seeding experiments // J. Appl. Meteorol. – 1981. – Vol. 20. – P. 643-660. 306.
35. Mielke P.W., Grant L.O., Chappell C.F. An independent replication of Climax wintertime orographic cloud seeding experiment // J. Appl. Meteorol. – 1971. – Vol. 10. – P. 1198-1212.
36. Super A.B., Heimbach J.A., McPartland J.T., Mitchell V.L. Atmospheric Water Resources Management Program // Final Rep., Bureau of Reclamation. – Montana State University, 1974. – Part II. – 191 p.
37. Grant L.O., Mielke Jr. Cloud seeding experiment at Climax, Colorado, 1960-65 // Proc. of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. – University of California Press, 1967. – Vol. 5. – P. 115-131.
38. Леонов М.П., Перелет Г.И. Активные воздействия на облака в холодное полугодие. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 152 с.
39. Лесков Б.Н. Результаты воздействий на облака холодного периода года с целью увеличения осадков // Труды УкрНИГМИ. – 1978. – Вып. 163. – С. 5-14.
40. Половина И.П. Воздействия на внутримассовые облака слоистых форм. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 216 с.
41. Зимин Б.И., Б.П. Колосков, Ю. А. Серегин, А. А. Черников. Об искусственном увеличении осадков из конвективных облаков в тропической зоне и в равнинных районах европейской части СССР // Метеорология и гидрология. – 1992. – № 3. – С. 54-61.
42. Залиханов М.Ч., Федченко Л.М., Экба А.Я., Свириденко А.С., Каплан Л.Г., Атабиев М.Д. Основные результаты работ по искусственному увеличению осадков на Северном Кавказе в 1986-1991 гг. и оценка их эффективности // Тезисы Всесоюз. конф. по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. – Нальчик, 1991. – С. 8-10.
43. Экба Я.А., Свириденко А.С., Каплан Л.Г. Работы по искусственному увеличению осадков на Северном Кавказе // Труды Ставроп. фил. ВГИ. – 1993. – Вып. 1. – С. 3-8.
44. Камалов Б.А. Результаты работ по увеличению осадков в Узбекистане // Труды Ставроп. фил. ВГИ. – 1993.

– Вып. 1. – С. 66-70.

45. Шмeтер С.М. Возмущения в полях метеовеличин, вызываемые искусственной кристаллизацией облаков // Метеорология и гидрология. – 1991. – № 10. – С. 37-42.

46. MacCready P.B., Jr., Scutt K.F. Cloud buoyancy increase due to seeding // J. Appl. Meteorol. – 1967. – Vol. 6. – No. 1. – P. 207-21.

47. Orvill H.D., Hubbard K.G. On the freezing of liquid water in cloud // J. Appl. Meteorol. – 1973. – Vol. 12. – P. 671-676.

48. Simpson J., Simpson R.H., Andrews D.A., Eaton M.A. Experimental cumulus dynamics // Reviews of Geophysics. – 1965. – No.3. – P. 387-431.

49. Wells J.M. and Wells M.A. Note on Project SCUD // Proc. 5th Berkeley Symp. Math. Statist. Probab. – 1967. – Vol. V. – P. 357-369.

50. Simpson J., Brier J.M., Simpson R.H. Stormfury Cumulus Seeding Experiment 1965: Statistical analysis and main results // J.Atmos. Sci. – 1967. – Vol. 24. – P. 508-521.

51. Simpson J., Woodley W.L., Miller A.H., Cotton G.F. Precipitation results of two randomized pyrotechnic cumulus seeding experiments // J. Appl. Meteorol. – 1971. – Vol. 10. – No. 3. – P. 526-544.

52. Woodley W.L., Barnston A., Flueck J.A., Biondini R. The Florida Area Cumulus Experiment's Second Phase (FACE-2). Part II: Replicated and Confirmatory Analyses // J. Appl. Meteorol. – 1983. – Vol. 22. – P. 1529-1540.

53. Woodley W.L., Jordan J., Barnston A., Simpson J., Biondini R., Flueck J. Rainfall results of the Florida Area Cumulus Experiment, 1970-76 // J. Appl. Meteorol. – 1982. – Vol. 21. – No. 2. – P. 139-164.

54. Woodley W.L., Rosenfeld D., Silverman B.A. Results of on-top glaciogenic cloud seeding in Thailand. Part I: The demonstration experiment // J. Appl. Meteorol. – 2003. – Vol. 42. – No.7. – P. 920-938.

55. Woodley W.L., Rosenfeld D., Silverman B.A. Results of on-top glaciogenic cloud seeding in Thailand. Part I: Exploratory analysis // J. Appl. Meteorol. – 2003. – Vol. 42. – No. 7. – P. 939-951.

56. Зимин Б.И., Б.П. Колосков, Ю.А.Серегин, А.А.Черников. Об искусственном увеличении осадков из конвективных облаков в тропической зоне и в равнинных районах европейской части СССР // Метеорология и гидрология. – 1992. – № 3. – С. 54-61.

57. Буйков М.В., Бондарчук Ю.В., Войт Ф.Я., Корниенко Е.Е., Кузьменко А.Г., Осокина И.А., Смородинцева Л.И., Фурман А.И., Хусид С.В., Шедеменко И.П. Оценка результатов экспериментов УкрНИГМИ Госкомгидромета СССР по искусственному увеличению осадков. // Труды Всесоюз. конф. по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, Киев, 1987. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – С. 220-227.

58. Корниенко Е.Е. Результаты эксперимента по воздействию на кучеводождевые облака с целью искусственного регулирования осадков // Труды УкрНИИ. – 1982. – Вып.187. – С.3-25.

59. Буйков М.В., Войт Ф.Я., Фурман А.И. Проведение и результаты экспериментальных работ по искусственному увеличению осадков в бассейне оз. Севан // Труды УкрНИИ. – 1986. – Вып. 212. – С. 56-62.

60. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Менабде Ш.Ш., Шакарашвили В.Ш. Применение радиолокационных данных для оценки результатов воздействия на отдельные конвективные ячейки в экспериментах по увеличению осадков // Труды VII Всесоюз. совещ. по радиометеорологии, Суздаль, 1986. – Л., 1989. – С. 221-223.

61. Вульфсон Н.И., Левин Л.М. Физические предпосылки воздействия на конвективные облака нисходящими струями. // Труды ИПГ. – 1970. – Вып. 12. – С. 5-16.

62. Гайворонский И.И., Зацепина Л.П., Серегин Ю.А. Результаты опытов воздействия на конвективные облака // Изв. АН СССР. – Физика атмосферы и океана. – 1970. – Т. 6. – Вып. 3. – С. 252-258.

63. Gaivoronskii I.I., Seregin Ju.A., Zatsepina L.P., Zimin B.I. Modification experiments of thunderstorm clouds // Proc. of the International Conference of Cloud Physics. – Toronto, 1968. – P. 815-819.

64. Беляев В.П., Зонтов Л.Б., Петров В.В. Исследование эволюции термодинамических параметров конвективных облаков при воздействии грубодисперсными порошками // Труды ЦАО. – 1984. – Вып. 156. – С. 23-32.

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

66. Бекряев В. И. Некоторые вопросы физики облаков и активных воздействий на них. – СПб., изд. РГГМУ, 2007 - 337с.

67. Методические указания. Проведение работ по искусственному увеличению атмосферных осадков самолетными методами. РД 52.11.637-2002. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. – 31 с.

68. Методические указания. Проведение работ по искусственному увеличению осадков из слоистообразных облаков. РД 52.11.646-2003. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. – 39 с.

69. Серегин Ю.А. Рассеяние переохлажденных туманов с земли аэрозолем йодистого серебра // Труды ЦАО. – 1958. – Вып. 19. – С. 68-80.
70. Красновская Л.И., Шевалдина Т.И., Хижняк А.Н. Лабораторные исследования механизма взаимодействия реагентов типа пропана с водным аэрозолем // Труды ЦАО. – 1976, Вып. 104. – С. 108-116.
71. Земсков А.Н., Красновская Л.И., Хижняк А.Н., Шевалдина Т.И. Разработка наземного метода искусственного рассеяния переохлажденных туманов на аэродромах // Труды ЦАО, 1984, Вып. 156. – С. 3-11.
72. Несмеянов П.А., Корнеев В.П., Петрунин А.М., Платонов Н.А., Шакиров И.Н. Новые наземные и самолетные генераторы льдообразующего аэрозоля //Сборник докладов Науч.-практич. конф. в Нальчике 10-12 октября 2007 г. – Нальчик, 2011. – С. 293-295.
73. Крюкова С. В., Симакина Т. Е. К вопросу об использовании хладореагентов при активных воздействиях на облака //Актуальные вопросы современной науки. – 2016. – №. 2. – С. 26-31.
74. Владимиров С.А. Численное моделирование воздействия на процесс образования осадков в конвективных облаках с помощью засева гигроскопическими аэрозолями // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 1. – С. 58-69.
75. Владимиров С.А. Оценка возможности эффективного воздействия на осадкообразование при засеве конвективных облаков каплями растворов гигроскопических солей // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 9. – С. 21-28.
76. Власюк М.П., Мукий Н.Г., Черников А.А. Искусственное рассеяние переохлажденных туманов в аэропортах с использованием жидкого азота // Метеорология и гидрология. – 1995. – № 4. – С. 53-65.

Эта часть работы выложена в ознакомительных целях. Если вы хотите получить работу полностью, то приобретите ее воспользовавшись формой заказа на странице с готовой работой:

<https://stuservis.ru/diplomnaya-rabota/134749>