

Лесев Вадим Николаевич, к.ф.м.н., доцент,  
Кабардино-Балкарский государственный университет  
им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик

**СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ  
НА КОНВЕКТИВНЫЕ ОБЛАКА  
STATE OF RESEARCH ON ANTHROPOGENIC IMPACTS  
ON CONVECTIVE CLOUDS**

**Аннотация:** В работе представлен анализ современного состояния целенаправленного антропогенного воздействия на процессы градообразования и осадковывпадения. Проанализирована динамика развития основных подходов к разработке эффективных методов воздействия на градовые процессы.

**Abstract:** The paper presents an analysis of the current state of purposeful anthropogenic impact on the processes of town formation and precipitation. The dynamics of the development of the main approaches to the development of effective methods of influencing hail processes is analyzed.

**Ключевые слова:** физика облаков, конвективные облака, градообразование, антропогенное воздействие.

**Keywords:** cloud physics, convective clouds, town formation, anthropogenic impact.

Сегодня, в теории физики конвективных облаков наблюдается переходный период в части трансформации исследований по пути от «элементарного» к «глобальному», от изучения отдельных внутренних процессов к изучению системных свойств облачных структур [1, 2]. На первый план выходят исследования микро- и макроструктурных характеристик облаков, изучение зарождения и развития облаков в целом.

Научная обоснованность методов антропогенного влияния на конвективные облака, сохраняется на уровне второй половины 20-го века. Это связано с объективными причинами, а именно с тем, что знания о закономерностях образования и развития облаков и состояние их математического моделирования не позволяли разработать на достаточном уровне методы активного воздействия.

Можно перечислить наиболее известные, из этих концепций:

1. Полная кристаллизации части облака под действием низких температур, вследствие которого рост града прекращается.

Очевидно, что использование данной концепции приведет к предотвращению роста града и образования градовых частиц в облаке, но остается сомнительной ее реализуемость из-за большого расхода льдообразующих реагентов.

2. Создание благоприятной конкуренции, предусматривающей искусственное увеличение концентрации зародышей градин в облаке, приводящем к перераспределению накопившейся воды между всеми зародышами, сдерживая рост капель, не доводя их до крупных размеров.

Реализуемость данной концепции также вызывает сомнения, т.к. по данным самолетных исследований естественная концентрация градовых зародышей в зоне их роста всегда значительна, но это не предотвращает рост части из них до опасных размеров.

3. Увеличение объема капель с последующим снижением их температуры.



Эта концепция ставит своей целью создания большой концентрации конкурирующих зародышей града. Предполагается, что одновременное независимое влияние на теплую часть облака и часть, переохлажденную посредством воздействия реагента с гигроскопичным действием, приведет к росту капель в теплых восходящих потоках. Результатом такого воздействия должно стать уменьшение водности облака и значительное увеличение концентрации градовых зародышей.

4. Еще одна концепция, построена на внесении гигроскопического реагента. Её суть заключалась в недопущении подъема градин и замедлении их роста.

Достижению этой цели должно было способствовать развитие зародышей града в низовых частях облака с меньшей водностью. Данная концепция не была реализована в виду своей экономической нецелесообразности.

5. Концепция интенсивного развития конвективной неустойчивости и дробления облаков на максимальное количество малых.

Основным методом воздействия согласно теории, должно являться динамическое воздействие. Практически, концепция должна осуществляться сбросом грубодисперсных порошков, взрывом, струей от реактивного самолета для создания импульсов нисходящих потоков.

6. Основная отечественная технология осадкообразования основана на теории интенсификации осадкообразования из участков облаков с наиболее вероятным градообразованием. Такая концепция подразумевает целенаправленное воздействие на те части облака где формируются градовые зародыши с целью стимулирования преждевременного выпадения осадков. Неестественное выпадение осадков может приводить к значительной убыли воды из тех частей облака, в которых зарождается град, приводить к замедлению не набравших силу восходящих потоков, а также устранению благоприятных условий для градообразования.

Описанная концепция борьбы с градобитием может приводить к высокоэффективным результатам при ее реализации на участках с восходящими потоками, обладающими скоростью 2-6 м/с. При задержке в применении данной технологии и увеличении скорости в два раза, эффект значительно снижается, поскольку градовые зародыши могут оставаться в потоке, что в свою очередь, может привести к обратному эффекту, а именно усиленному выпадению града. В случае применения метода при скорости, превышающей 10 м/с, может также возникать положительный эффект за счет выталкивания зародышей из области роста града в верхние области облака и за его пределы.

Данный метод, основанный на концепции ускорения осадкообразования, используется в противоголовых работах более двух десятков лет.

Вместе с тем, облака представляют собой нелинейные системы, со сложными физическими процессами внутри и на границы, поэтому и методы, направленные на решение проблем управления их внутренних характеристик должны учитывать новейшие достижения о микроструктурных характеристиках и системных свойствах. Также должны учитываться современные исследования натуральных экспериментов, включая опыты по целенаправленному воздействию на облака или отдельные их области [3, 4]. Очевидно, что разработка эффективных методов воздействия на облачные структуры подразумевает объединение усилий по нескольким направлениям и активное применение математического аппарата для построения моделей учитывающих различные способы воздействия на облака.

Анализируя изложенные концепции, легко также заметить, что они не в полной мере учитывают площади применения реагентов, поскольку лишь небольшие участки облаков соответствуют успешному применению перечисленных методов, где активное взаимодействие даст требуемый результат.



Продолжая анализ методов воздействия на облака, нельзя не проанализировать способ доставки активных веществ в необходимые области облаков. Одним из таких способов является применение ракет с реагентом. Он применяется для борьбы с градообразованием и не демонстрирует высокой степени эффективности.

В первую очередь это связано с тем, что далеко не весь доставляемый таким образом реагент попадает в нужную часть облака и ошибка в местоположении его распыления может привести в лучшем случае к отсутствию положительного воздействия на процесс градообразования, а в худшем – к его усилению. Помимо этого, реагент может вступать в реакцию с топливом ракеты или подвергаться влиянию высоких температур в следствии работы двигателя или детонации носителя, что также вносит свои коррективы в методологию активного воздействия.

Необходимо также учитывать и развивать способы проведения финансовых экспертиз эффективности результатов борьбы с градобитием и затрат на реализацию соответствующих концепций.

На сегодняшний день в научной литературе и в передовых научных школах накоплен значительный объем экспериментальных данных физики облаков, проведенных как в лабораторных, так и в полевых условиях, а также не меньший объем информации, полученной в результате вычислительных экспериментов. Возможная интенсификация исследований антропогенного воздействия на облака может быть вызвана в ближайшее время существенным развитием вычислительных мощностей и появлением новых программных продуктов. Эти факторы способны повлиять на восстановления интереса к проблемам управления процессами разного уровня в конвективных облаках.

Подводя итог проведенному анализу можно отметить, что основные концепции нуждаются в дальнейшем обосновании, базирующемся на фундаментальных знаниях о процессах зарождения и развития градовых частиц. Установление таких взаимосвязей позволило бы более эффективно воздействовать на облака и бороться с градобитием.

*Список литературы:*

1. Ашабоков Б.А., Лесев В.Н. Результаты исследования влияния структуры температурного поля в атмосфере на формирование конвективных облаков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2023. № 3. С. 79-89.
2. Ашабоков Б.А., Федченко Л.М., Шаповалов В.А. Современное состояние и основные направления развития физики облаков и активных воздействий // В сборнике: Проблемы физики атмосферы, климатологии и мониторинга окружающей среды. Доклады IV Международной научной конференции. Ставрополь, 2022. С. 16-23.
3. Ашабоков Б.А., Федченко Л.М., Куповых Г.В., Ташилова А.А., Ашабокова М.Б. Метод снижения рисков в сельском хозяйстве вследствие градобитий // Известия ЮФУ. Технические науки. 2023. № 2 (232). С. 100-110.
4. Хучунаев Б.М., Ташилова А.А., Теунова Н.В. Исследование влияния активных воздействий на спектральные и энергетические характеристики града // В сборнике: устойчивое развитие: проблемы, концепции, модели. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 75-летию председателя ФГБНУ «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», доктора технических наук, профессора П.М. Иванова. 2017. С. 179-184.

