

ЭВОЛЮЦИЯ В ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЬДООБРАЗУЮЩИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГРАДОВЫЕ ОБЛАКА

Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Чочишвили К.М.

Институт геофизики им. Михаила Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили, 0160, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1, darejan.kirkitadze@gmail.com

В конце 50-х и начале 60-х годов на основе анализа полевых и лабораторных экспериментальных данных, а также результатов теоретических расчетов была разработана концепция воздействия на градовые процессы, которая в дальнейшем была положена в основу разработки средств и методов защиты сельскохозяйственных культур от градобитий

Со второй половины пятидесятых годов в Алазанской долине и на Цив-Гомборском хребте проводились опыты по воздействию на конвективные облака. Впервые в этих районах они были проведены в 1955 г., с применением метода наземного дымления, позволяющего генерировать аэрозоль кристаллизующего реагента йодистого серебра, Институтом геофизики совместно с Эльбрусской экспедицией

В 1956 – 1957 гг. в районе Гомборского хребта была проведена серия экспериментов по воздействию на конвективные облака с использованием метода наземного дымления йодистого серебра и йодистого свинца. Анализ результатов этих экспериментов позволил прийти к заключению, что метод наземного дымления, в то время широко распространенный в ряде стран мира, не может быть признан пригодным для решения практической задачи подавления градового процесса, т.к. не позволяет с необходимой надежностью и оперативностью в нужный момент времени и в требуемую часть градоопасного облака вводить кристаллизующие реагенты в соответствующих количествах [1-3].

Была создана экспериментальная установка для изучения льдообразующей активности аэрозолей [4], необходимая как для нахождения новых эффективных льдообразующих реагентов, так и для определения условий их применения на практике для воздействия на конвективные облака [5,6].

В 1972 – 1981 гг. проводились экспериментальные исследования влияния пересыщения водяного пара на льдообразующую активность ацетил-ацетата меди, а также модификации поверхности ядер различных веществ на изменения их льдообразующей активности. Теоретически была изучена зависимость вероятности образования зародышей твердой фазы на подложке от ряда энергетических характеристик и величины пересыщения; изучен механизм встраивания молекул в кристаллическую решетку, в частности, исследована закономерность распределения адсорбированных молекул вдоль грани кристалла льда. В результате проделанной работы найдена зависимость значения косинуса угла смачивания от пересыщения водяного пара и определен диапазон пересыщения, обеспечивающий сублимационную нуклеацию льда на подложке йодистого серебра. Рассмотрена и предложена схема гетерогенной нуклеации льда на подложке, представляющая собой субстрат с адсорбированными молекулами воды, и установлена зависимость работы образования зародыша льда от теплоты взаимодействия адсорбент-адсорбат.

Учет полученных результатов способствовал не только целенаправленному поиску новых активных льдообразующих веществ, но и разработке способов искусственной активации уже известных кристаллизующих реагентов

Совместно с Институтом органической химии АН СССР и Московского института инженеров сельскохозяйственного производства проделаны важные исследования, позволяющие изыскать новый класс химических веществ, обладающих значительной льдообразующей активностью. Таковым является класс внутрикомплексных, в частности, хелатных соединений. Испытание значительного числа представителей веществ этого класса позволило выявить ряд новых соединений, которые характеризуются высокой льдообразующей активностью и, вместе с тем, обладают достаточной термической устойчивостью, что позволяет использовать простые способы теплового и термомеханического диспергирования. Среди испытанных веществ высокой льдообразующей активностью как по порогу кристаллизующего действия, так и по выходу активных ядер кристаллизации, обладают ацетилацетонат меди, ванадил, молибдил, кобальт и другие металлы, а также медный хелат ацетонуксусного эфира.

Эксперименты в облачных камерах показали, что ацетилацетонат меди столь активен как льдообразователь, что может явиться эффективным заменителем как дефицитного йодистого серебра, так и токсичного йодистого свинца [7-9].

Изобретения, связанные с изысканием нового класса льдообразователей и высокоактивного льдообразующего реагента, запатентованы в восьми странах.

Ацетилацетонат меди, как показали специальные исследования, проведенные в облачной камере, обладает повышенной чувствительностью льдообразующей активности от пересыщения водяного пара.

Лабораторные эксперименты, проведенные совместно с ЛГМИ в облачной камере Института геофизики, показали, что льдообразующая активность ацетилацетоната меди, диспергируемого в потоке пересыщенного пара может увеличиться более, чем на порядок [10,11].

В 1999 году Карцивадзе А.И. посмертно вместе с группой ученых (Патрикеев В.В., Малкина А.Д.) за работу по исследованию свойств органических внутрикомплексных (хелатных) соединений вызывать активную кристаллизацию переохлажденных водных систем в атмосфере Российской Академией Естественных наук был выдан диплом на открытие [12].

К сожалению, в Грузии в постсоветский период работы по исследованию льдообразующих свойств различных реагентов и повышению их эффективности были приостановлены. В других странах эти работы активно продолжаются. В результате удалось резко повысить выход кристаллизующих частиц с единицы массы реагента при одновременном снижении содержания йодистого серебра в пиротехническом составе. Так, например, выход кристаллизующего реагента с одного используемого Противорадовой службой Грузии в 2015 году изделия SK-6, примерно в 4 раза превосходит такие ракеты, как "Алазань 2М", "Кристалл-1М", "Кристалл-2М", в 1.8 раза превосходит ракеты типа "Алазань 5/6/9"; соизмерима с выходом активных частиц у ракет типа "Небо", "Дарт", "Loza-2", "Loza-3", "Алан-2"; примерно в 1.6-4.2 раза ниже, чем у ракет типа "Облако", "АС", "Loza-6" [13-17].

Литература

1. Аксенов М.Я., Вернидуб И.И., Карцивадзе А.И., Окуджава А.М., Плауде Н.О., Шишминцев В.В. Исследование льдообразующих аэрозолей йодистого серебра, генерируемого при горении пиротехнических составов. Тр. Ин-та геофизики АН СССР, т. 20, Тбилиси, «Мецниереба», 1962, с. 197-207.
2. Аксенов М.Я., Вернидуб И.И., Гайворонский И.И., Карцивадзе А.И. и др. Получение льдообразующего аэрозоля йодистого свинца с помощью пиротехнических составов. Тр. Центральной аэрологической обсерватории, вып. 44, 1962, с. 63-69
3. Аксенов М.Я., Гайворонский И.И., Карцивадзе А.И., Плауде Н.О. и др. Разработка и исследование составов для воздействия на конвективные облака. Тр. Всесоюзного научного совещания по активным воздействиям на градовые процессы. Тбилиси, 1964, с. 341-346.

4. Джгмадзе О.С., Карцивадзе А.И. Облачная камера для исследования льдообразующей активности аэрозоля. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 25, вып. I, Тбилиси, «Мецниереба», 1967.
5. Вернидуб И.И., Карцивадзе А.И., Кулигин А.С., Жихарев А.С. Льдообразующие свойства аэрозолей окислов металлов. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 25, вып. I, Тбилиси, «Мецниереба», 1967.
6. Аксенов М.Я., Баханова Р.А., Бактирова Г.М., Карцивадзе А.И и др. Использование льдообразующих аэрозолей для воздействия на облака и результаты исследования льдообразующих реагентов. Тр. V Метеор. Съезда, т. 4, 1972.
7. Kartsivadze A., Melkina B., Patrikiev V., Sedunov A., Kravchenko I. On the Ice-nucleating Ability of Complex (chelate) Compounds. 19-th Int. Con. On Atmospheric Aerosols, Condensation and Ice Nuclei, Abstr., Ireland, 1977.
8. Карцивадзе А.И., Малкина В.Д., Патрикеев В.В., Сидоров А.И., Кравченко И.П. О льдообразующей активности некоторых внутрикомплексных соединений. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 44, Тбилиси, «Мецниереба», 1978, с. 45-53.
9. Патрикеев В.В., Малкина А.Д., Сидоров А.И., Карцивадзе А.И., Кравченко И.П., Шишминцев В.В. Метод исследования и экспериментальная проверка эффективности органических льдообразующих реагентов. X Всес. конф. по актуальн. вопр. испар. и горения динамики дисперсных систем, Одесса, 1979.
10. Качурин Л.Г., Андросенко В.Я., Карцивадзе А.И, Окуджава А.М., Блиадзе Т.Г. Исследование льдообразующей активности некоторых реагентов при диспергировании их в сверхзвуковой струе перенасыщенного водного пара. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 52, Тбилиси, «Мецниереба», 1984, с. 74-79.
11. Качурин Л.Г., Андросенко В.Я., Карцивадзе А.И, Бибилури Л.Ш., Блиадзе Т.Г., Григоров Н.О., Окуджава А.М. Льдообразующая активность струи перенасыщенного водяного пара. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 52, Тбилиси, «Мецниереба», 1984, с. 80-84.
12. Карцивадзе А.И., Патрикеев В.В., Малкина А.Д. Диплом № 192 на открытие № А-220 “Свойство органических внутрикомплексных (хелатных) соединений вызывать активную кристаллизацию переохлажденных водных систем в атмосфере, «РАЕН», М., 1999.
13. Абшаев А.М., Абшаев М.Т., Барекова М.В., Малкарова А.М. Руководство по организации и проведению противорадовых работ. ISBN 978-5-905770-54-8, Нальчик, “Печатный двор”, 2014, 500 с.
14. Амиранашвили А.Г., Дзодзуашвили У.В., Чихладзе В.А. Противорадовые ракеты типа земля-воздух. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, ISSN 1512-1135, т. 64, Тбилиси, 2013, с. 151-159.
15. Амиранашвили А.Г., Дзодзуашвили У.В., Ломтадзе Дж. Д., Саури И.П., Чихладзе В.А. Средства воздействия на атмосферные процессы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 65, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2015, с.113-120.
16. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, 2015, pp. 92-106.
17. Амиранашвили А.Г., Барекчян И.Ю., Двалишвили К.С., Дзодзуашвили У.В., Ломтадзе Дж. Д., Осепашвили А.Р., Саури И.П., Татишвили Г.З., Телия Ш.О., Чихладзе В.А. Характеристики наземных средств воздействия на градовые процессы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 66, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2016, с. 39-52.

**სეტყვის ღრუბელზე ზემოქმედებისათვის საჭირო ყინულწარმომქმნელი
რეაგენტების ეფექტურობის ევოლუცია**

ბლიაძე თ., კირკიტაძე დ., ჩოჩიშვილი ქ.

რეზიუმე

წარმოდგენილია ცნობები საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტში წინა საუკუნეში ჩატარებული სეტყვის ღრუბლებზე ზემოქმედებისათვის საჭირო ყინულწარმომქმნელი რეაგენტების ეფექტურობის კვლევების შესახებ. სხვადასხვა ქვეყნებში აღინიშნება არსებითი პროგრესი ატმოსფერულ პროცესებზე ზემოქმედებისათვის გამოსადეგი თანამედროვე ყინულწარმომქმნელი რეაგენტების შექმნაში ადრე არსებულთან შედარებით.

**EVOLUTION IN THE EFFECTIVENESS OF THE ICE-FORMING REAGENTS FOR
THE ACTION ON THE HAIL CLOUDS**

Bliadze T., Kirkitadze D., Chochishvili K.

Abstract

The information about works in Institute of Geophysics of Academy of Science of Georgia on the study of the effectiveness of ice-forming reagents for the action on the hail clouds in the last century is given. Essential progress in the creation in different countries of the contemporary ice-forming reagents for the action on the atmospheric processes in comparison with those existing earlier is noted.

**ЭВОЛЮЦИЯ В ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЬДООБРАЗУЮЩИХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГРАДОВЫЕ ОБЛАКА**

Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Чочишвили К.М.

Реферат

Приводятся сведения о работах в Институте геофизики АН Грузии по исследованию в прошлом столетии эффективности льдообразующих реагентов для воздействия на градовые облака. Отмечается существенный прогресс в создании в разных странах современных льдообразующих реагентов для воздействия на атмосферные процессы по сравнению с существующими ранее.