

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО КОАГУЛЯЦИОННОМУ РОСТУ ГРАДА, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАДОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Зурашвили З.И., <sup>1</sup>Кириа Д.К., <sup>2</sup>Осидзе И.Г.

<sup>1</sup>Институт геофизики им. Михаила Нодиа Тбилисского государственного университета им.  
И. Джавахишвили, 0160, Тбилиси, ул. М. Алексидзе, 1, [Kiria51@yahoo.com](mailto:Kiria51@yahoo.com)

<sup>2</sup>Институт физики им. Э. Андроникашвили Тбилисского государственного университета  
им. Иванэ Джавахишвили

Основными направлениями в области модификации погоды в институте геофизики были полевые и экспериментальные лабораторные исследования атмосферных процессов и возможностей их искусственного регулирования (град, грозы, осадки, туманы) [1]. Тем не менее целый ряд работ с непосредственным участием А.И. Карцивадзе был посвящен также теоретическим исследованиям коагуляционного роста града и численному моделированию градовых процессов.

В области теоретических исследований особо следует отметить разработку кинетической теории коагуляционного роста градин [2]. В последующем эти работы были развиты и позволили дать теоретическое обоснование активным воздействиям на градовые процессы, осуществляемые с использованием кристаллизующих реагентов [3].

Расчеты, выполненные на ЭВМ с применением приближенных решений системы интегродифференциальных уравнений, описывающих кинетику коагуляционного роста системы градин при их взаимодействии с системой переохлажденных капель в гравитационном поле, позволили оценить роль повышения концентрации зародышей градин и выявить ряд важных закономерностей в трансформации спектра их размеров [4].

Используя идею искусственного размножения зародышей градин, были проведены расчеты с применением теории кинетики коагуляционного роста градин и показано, что повышение естественной концентрации их зародышей на два порядка, осуществленное путем внедрения в переохлажденную часть градоопасного очага аэрозолей активного кристаллизующего реагента в количестве  $10^4 - 10^5 \text{ м}^{-3}$ , позволяет за достаточно короткий промежуток времени (5 – 10 мин.) значительно подавить процесс роста их среднего объема, не давая последнему возможность существенно вырасти. Из расчетов следует, что среднекубический радиус в этом случае, даже при водности  $10 \text{ г/м}^3$ , не будет превосходить 3 мм. Следовательно, в теплой части атмосферы, в обычных для градобития ситуациях, большинство из них успевают полностью растаять. Численное решение кинетических уравнений позволило учесть зависимость функции вероятности коагуляции от объемов как градин, так и капель и исследовать трансформацию спектра распределения градин по объемам во времени. На этой основе удалось количественно оценить влияние повышения начальной концентрации зародышей градин на концентрацию градин опасных размеров, т. е. концентрацию таких градин, которые не успеют растаять, и при падении на Землю будут обладать кинетической энергией, достаточной для поражения сельскохозяйственных культур. Эти расчеты показали в частности, что искусственное повышение концентрации конкурентоспособных ледяных зерен на два порядка позволяет уменьшить концентрацию

градин опасных размеров, по сравнению с естественным процессом, на три порядка, т. е. в принципе добиться полного подавления градового процесса [5].

Теоретически исследовано также влияние спектра размеров переохлажденных капель на процесс образования и роста градин, и показано, что наибольшая скорость их роста происходит, когда максимум в распределении переохлажденных капель по размерам приходится на 50 мкм. Это следует учитывать при разработке методов воздействия на градовые процессы, основанные на искусственной трансформации спектра размеров переохлажденных капель в облаках [6].

Весьма существенным направлением развития работ по активным воздействиям на градовые процессы является разработка численной модели градового облака при его естественном развитии и при искусственном воздействии. Наиболее полной в семидесятые – восьмидесятые годы прошлого столетия являлась численная модель, разработанная Ленинградским гидрометеорологическим институтом (ЛГМИ) под руководством проф. Л. Г. Качурина. В ее формировании и экспериментальной проверке активное участие принимали и сотрудники института геофизики АН ГССР (А. И. Карцивадзе, И. Г. Осидзе, З.И. Зурашвили, А.Э. Шаптошвили, Н. К. Мургулия). В частности, были проведены расчеты для конкретных случаев градобитий, наблюдавшихся в Алазанской долине, что в ряде случаев позволили выявить эффект, сопровождающий проведенную операцию, недостатки в её выполнении и установить пределы возможности активных воздействии на градовые процессы на этапе развития науки и техники в те времена. С использованием этой численной модели градового облака были уточнены принципы воздействия на градовые процессы, выявлены особенности динамики развития кучево-дождевой облачности в аспекте активных воздействий на них, уточнена методика оценки эффекта активных воздействий на градовые облака методом рандомизации и численным моделированием [1, 7-9].

К сожалению, после смерти А.И.Карцивадзе (1989 г.), указанные работы в Институте геофизики были прекращены. В настоящее время работы по модификации погоды в Грузии восстановлены [10-11]. Противорадовая служба оснащена современной радиолокационной метеорологической станцией, имеющей в своем арсенале множество радиолокационных продуктов, в том числе и информацию о градовых процессах [12-14]. Это является определенным стимулом для восстановления в недалеком будущем теоретических работ по моделированию процессов образования и эволюции градовых явлений в естественных условиях и под влиянием искусственного воздействия для нашего региона с учетом опыта прошлых лет и современных методов теоретических исследований. Подобные работы, вкупе с экспериментальными, могут принести несомненную пользу для практики активных воздействий на атмосферные процессы.

## Литература

1. Институт геофизики – 50, Тбилиси, «Мецниереба», 1983, с. 94-116.
2. Карцивадзе А.И., Энукашвили И.Н., Окуджава А.М. К вопросу теории коагуляционного роста градин. Тр. Всесоюз. Науч. Сов. по акт. возд. на град. процессы. Изд. ин-та геофизики АН ГССР, Тбилиси, «Мецниереба», 1964.
3. Карцивадзе А.И. Об оценке влияния концентрации ледяных зерен на образовании градин опасных размеров. Тр. Института геофизики АН ГССР, физ. облаков, т. 25, Тбилиси, «Мецниереба», 1967.
4. Карцивадзе А.И., Осидзе И.Г., Кириа Д.К. О кинетике коагуляционного роста градин в пространственно-однородном монодисперсном переохлажденном жидкокапельном облаке. Всесоюз. конф. по физ. обл. и акт. возд. на них, Обнинск, 1979.
5. Карцивадзе А.И., Осидзе И.Г., Кириа Д.К. О влиянии концентрации зародышей градин на процесс их коагуляционного роста. Тр. Института геофизики АН ГССР, т. 47, Тбилиси, 1980.

6. Карцивадзе А.И., Осидзе И.Г., Зурашвили З.И. К оценке влияния дисперсности переохлажденных капель на процесс коагуляционного роста зародышей градин. Тр. института геофизики АН ГССР, т. 49, Тбилиси, «Мецниереба», 1982.
7. Kachurin L., Kartsivadze A, Artemyeva N., Stoyanov S., Tekle M. Simulation of the Natural Process of Hail Formation and its Transformation under the Influence of Artificial Crystallization. Proc.of the WMO/IAMAP Scien. Conf. on Weather Modif., Tashkent, 1973.
8. Kachurin L., Gurovich V., Kartsivadze A. A Numerical Model of hailstorm. Proceedings of the 9-th International cloud physics conference, Tallin, 1984.
9. Kartsivadze A., Salukvadze T., Kachurin L. - An Evaluation of Hail Suppression Using the Method of Inadvertent Randomization and a Numerical Analysis. Papers present. at the 4<sup>th</sup> WMO Scient. Conf. on Weather Modification. A Joint WMO/IAMAP Symposium, Honolulu, Hawaii, USA, 1985, p. 98-101.
10. 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.
11. Амиранашвили А.Г., Бурнадзе А.С., Двалишвили К.С., Геловани Г.Т., Глonti Н.Я., Дзодзуашвили У.В., Кайшаури М.Н., Квеселава Н.С., Ломтадзе Дж. Д., Осепашвили А.Р., Саури И.П., Телия Ш.О., Чаргазия Х.З., Чихладзе В.А. Возобновление работ по борьбе с градом в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 66, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2016, с. 14-27.
12. Амиранашвили А.Г., Дзодзуашвили У.В., Ломтадзе Дж. Д., Саури И.П., Чихладзе В.А. Метеорологические радары и радиолокационное обеспечение активных воздействий на атмосферные процессы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 65, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2015, с.101-112.
13. Абаиадзе О.А., Авлохашвили Х.В., Амиранашвили А.Г., Дзодзуашвили У.В., Кирия Дж.К., Ломтадзе Дж. Д., Осепашвили А.Р., Саури И.П., Телия Ш.О., Хеташвили А.А., Цхведиашвили Г.Н., Чихладзе В.А. Радиолокационное обеспечение противоградовой службы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 66, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2016, с. 28-38.
14. Авлохашвили Х.В., Банеташвили В.Г., Геловани Г.Т., Джавахишвили Н.Р., Кайшаури М.Н., Митин М.Н., Самхарадзе И.Н., Цхведиашвили Г.Н., Чаргазия Х.З., Хурцидзе Г.Т. Продукты метеорологического радиолокатора «METEOR 735CDP10». Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 66, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2016, с. 60-65.

**თეორიული სამუშაოები სექციის კოაგულაციური ზრდის შესახებ, სექციის პროცესების რიცხვითი მოდელირება**

**ზურაშვილი ზ., ქირია ჯ., ოსიძე ი.**

**რეზიუმე**

წარმოდგენილია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტში წინა საუკუნეში ჩატარებული სექციის მარცვლების კოაგულაციური ზრდის და სექციის პროცესების რიცხვითი მოდელირების საკითხებისადმი მიძღვნილი თეორიული ნამუშევრების მოკლე მიმოხილვა. საქართველოში ამინდის მოდიფიკაციის სამუშაოების აღგენასთან დაკავშირებით შემოთავაზებულია ამ მიმართულებით კვლევების განახლება.

## **THEORETICAL WORKS ON A COAGULATION INCREASE IN THE HAIL, THE NUMERICAL SIMULATION OF HAIL PROCESSES**

**Zurashvili Z., Kiria J., Osidze I.**

### **Abstract**

The brief survey of theoretical works on coagulation increase of hail and numerical simulation of the hail processes, conducted by Institute of Geophysics of Academy of Sciences of Georgia during last century is presented. In connection with the restoration of works on the weather modification in Georgia it is proposed to renew studies in this direction.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО КОАГУЛЯЦИОННОМУ РОСТУ ГРАДА, ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАДОВЫХ ПРОЦЕССОВ**

**Зурашвили З.И., Кириа Д.К., Осидзе И.Г.**

### **Реферат**

Представлен краткий обзор теоретических работ по коагуляционному росту града и численному моделированию градовых процессов, проводимых в Институте геофизики АН Грузии в прошлом столетии. В связи с восстановлением работ по модификации погоды в Грузии предлагается возобновить исследования в этом направлении.