

უაკ 551.578.7

თ.სალუქვაძე, ე.ხელაია

**ატმოსფერულ ნალექთა ხელოვნური რეგულირების თანამედროვე მდგომარეობა**

ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედება მათგან მოსული ნალექების რაოდენობის გაზრდის და სეტყვისაგან მოსალოდნელი ზარალის შემცირების მიზნით დიდი ხანია საცდელ-ექსპერიმენტული სტადიიდან პრაქტიკული გამოყენების სტადიაში გადავიდა. ამჟამად მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში ნახევარ მილიონ კვ.კმ-ზე მეტ ფართობზე მიმდინარეობს პრაქტიკული სამუშაოები გვალვითა და სეტყვით გამოწვეული ზარალის შესამცირებლად.

ანალოგიური სამუშაოები ფართოდ იყო დანერგილი ყოფილ საბჭოთა რესპუბლიკებში, მათ შორის საქართველოშიც. დღეისათვის ეს სამუშაოები შეწყვეტილია, მიუხედავად იმისა, რომ გვალვისა და სეტყვის პრობლემა ისევ მწვავედ დგას ჩვენთან. ამ პრობლემის სიმწვავე უფრო გაიზრდება სოფლის მეურნეობის ინტენსიფიკაციის და მოსავლიანობის ზრდასთან ერთად.

წარმოდგენილ სამუშაოში შევეცადეთ გვეჩვენებინა თუ რა მდგომარეობაა დღეს მსოფლიოში ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების გამოყენებით ნალექთა რეგულირების საქმეში. წარმოდგენილი ინფორმაცია ეყრდნობა ინტერნეტით გავრცელებული მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის და აშშ-ის ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების კორპორაციის ექსპერტთა და სხვადასხვა პროექტების განხორციელების შემდეგ გამოქვეყნებული ანგარიშების მონაცემებს, აგრეთვე იმავე ქსელში გავრცელებულ სხვადასხვა მეცნიერთა მიერ შედგენილ მიმოხილვებს.

ქვემოთ მოყვანილ ცხრ.1-ში წარმოდგენილია არასრული სია ქვეყნებისა, სადაც ტარდებოდა ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედება ექსპერიმენტული ან საწარმოო მიზნით. ცხრილში ნაჩვენებია აგრეთვე სამუშაოს ჩატარების წლები (გრ.3), სამუშაო მიზანი (სიტყვა "ნალექი" ნიშნავს, რომ სამუშაო ტარდებოდა ნალექთა გაზრდის მიზნით; "სეტყვა"-სეტყვის საწინააღმდეგო ღონისძიებას) [4]. მე-5 და მე-6 გრაფებში მოყვანილია ნალექთა რაოდენობის გაზრდის და სეტყვით გამოწვეული ზარალის შემცირების რიცხვითი მნიშვნელობები %-ში. ნალექთა რაოდენობის ზრდა ან სეტყვით გამოწვეული ზარალის შემცირება შეფასებულია მოცემულ რეგიონში დაცვითი სამუშაოების დაწყებამდე სადაზღვეო კომპანიების მიერ სადაზღვეო თანხის გადახდის ან სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის შესახებ სტატისტიკური უწყებების მონაცემების შედარებით იმავე სიდიდეებთან სამუშაოების ჩატარების დროს. ამ გრაფებში "უმნიშვნელო" [5] ნიშნავს ნალექის რაოდენობის გადიდებას არაუმეტეს 8-9%-ით, ხოლო "შემცირება" [6] - სეტყვასაში ღრუბლების და მოსული მყარი ნალექის ფიზიკური მასახიათებლების ისეთ ცვლილებას, რომელიც მიუთითებდა სეტყვის პროცესის შესუსტებაზე.

ცხრილი 1

| №  | ქვეყნები                    | წლები                       | მიზანი    | ეფექტ I          |                     |           |
|----|-----------------------------|-----------------------------|-----------|------------------|---------------------|-----------|
|    |                             |                             |           | ნალექის გაზრდა % | ზარალის შემცირება % |           |
| 1  | ამერიკის შეერთებული შტატები | კანზასი [4.14.20]           | 1979-2000 | სეტყვა           | უმნიშვნელო          | 35-48     |
| 2  |                             | სამხრეთ დაკოტა [1]          | 1989-1999 | სეტყვა           | 12--15              | 35        |
| 3  |                             |                             |           | ნალექი           | 11                  | -         |
| 4  |                             | ჩრდილოეთ დაკოტა [1,3,17,20] | 1976-2000 | სეტყვა           | უმნიშვნელო          | 43.5      |
| 5  |                             |                             |           | ნალექი           | 15                  | -         |
| 6  |                             | ტეხასი [1,6,10,11]          | 1974-1999 | ნალექი           | 25-42               | -         |
| 7  |                             | ილინოისი [1]                | 1986-1989 | ნალექი           | უმნიშვნელო          | -         |
| 8  |                             | არიზონა [2,3]               | 1990-1993 | ნალექი           | 17                  | -         |
| 9  |                             | კოლორადო [1,19]             | 1960-1970 | ნალექი           | 14                  | -         |
| 10 |                             | იუტა [3,8]                  | 1989-2000 | ნალექი           | 14-20               | -         |
| 11 |                             | ნევადა [3,5]                | 1973-1999 | ნალექი           | 34                  | -         |
| 12 |                             | ოკლაჰომა [7,11]             | 1986-1999 | სეტყვა           |                     | შემცირება |
| 13 |                             |                             |           | ნალექი           | 11                  | -         |
| 14 |                             | კალიფორნია [1,18]           | 1973-1999 | ნალექი           | 30                  | -         |
| 15 | ავსტრალია                   | კონტინენტი [3,10,12]        | 1953-1999 | ნალექი           | უმნიშვნელო          | -         |
| 16 |                             | კუნძ. ტასმანია              | 1989-1999 | ნალექი           | 30                  | -         |
| 17 | არგენტინა [16]              | 1985-1987                   | სეტყვა    | -                | არ აღინიშნება       |           |
| 18 |                             | 1988-1999                   |           | -                | 33-41               |           |

|    |                                |                 |           |        |             |               |
|----|--------------------------------|-----------------|-----------|--------|-------------|---------------|
| 19 | ბულგარეთი [20]                 |                 | 1969-1995 | სეტყვა | -           | შემცირება     |
| 20 | გერმანია [1,20]                |                 | 1980-1986 | სეტყვა | 15          | -             |
| 21 |                                |                 |           | ნალექი | 15          | -             |
| 22 | ისრაელი<br>[3,10]              | ისრაელი I       | 1961-1967 | ნალექი | 13          | -             |
| 23 |                                | ისრაელი II      | 1970-1975 |        | 26          | -             |
| 24 |                                | ისრაელი III     | 1976-1994 |        | 26          | -             |
| 25 | იტალია-საფრანგეთი-სლოვენია [1] |                 | 1974-1981 | სეტყვა | -           | შემცირება     |
| 26 | კანადა (ალბერტა) [1,3,9]       |                 | 1980-1999 | სეტყვა | უმნიშვნელო  |               |
| 27 | კენია [1]                      |                 | -         | ნალექი | 10-Sep      | 35-48         |
| 28 | კუბა [1,3]                     |                 | 1986-1989 | ნალექი | უმნიშვნელო  | -             |
| 29 | მექსიკა [1]                    |                 | -         | ნალექი | 30          | -             |
| 30 | მოლდოვა [1]                    |                 | 1978-1985 | სეტყვა | 5--53       | -             |
| 31 | რუსეთი [1,20]                  |                 | 1960-1985 | სეტყვა | 10--20      | შემცირება     |
| 32 | საბერძნეთი [1,20]              |                 | 1984-1999 | სეტყვა | 12          | 19            |
| 33 | სამხრეთ აფრიკა [3,20]          |                 | 1991-1992 | ნალექი | 10          | -             |
| 34 | საფრანგეთი [1,20]              |                 | 1988-1995 | სეტყვა | -           | შემცირება     |
| 35 | სერბია [1]                     |                 | 1980-1987 | სეტყვა | 10--23      | -             |
| 36 | სლოვენია [1,20]                |                 | 1985-1995 | სეტყვა | 10          | შემცირება     |
| 37 | ტაილანდი [1,10]                |                 | 1991-1993 | ნალექი | უმნიშვნელო  | -             |
| 38 | ტაჯიკეთი [1]                   |                 | 1994      | სეტყვა | 10--20      | -             |
| 39 | შვეიცარია [1,3]                | გროსსვერზუჰ III | 1957-1963 | სეტყვა | უმნიშვნელო  | არ აღინიშნება |
| 40 |                                | გროსსვერზუჰ IV  | 1977-1981 | სეტყვა | არ აღინიშნა | შემცირება     |
| 41 | ჩინეთი [1,20]                  |                 | 1994-1996 | სეტყვა | 20          | 77            |

მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების შედეგად ნალექების ჯამური რაოდენობის გადიდება და სეტყვისგან მოსალოდნელი ზარალის შემცირება.

მოცემულ ნაშრომში გაანალიზებულია ისეთი პროექტებიც, რომელთა განხორციელებისას მიზნად ისახავდნენ სეტყვით გამოწვეული მოსალოდნელი ზარალის შემცირებას. ამის მიზეზი გახლავთ ის, რომ ჯერ ერთი, ეკონომიკური თვალსაზრისით უფრო მომგებიანია სასოფლო-სამეურნეო კულტურები ერთდროულად დავიცვათ როგორც გვალვისგან, ისე სეტყვით მიყენებული ზარალისაგან (რა თქმა უნდა, სადაც ამას კლიმატური პირობები მოითხოვს). მეორეს მხრივ, სეტყვის პროცესებზე ზემოქმედებას, როგორც ქვემოთ იქნება ნაჩვენები, თან სდევს ნალექთა რაოდენობის ზრდაც.

ცხრილში წარმოდგენილია ცნობები მსოფლიოს 22 ქვეყანაში სხვადასხვა დროს განხორციელებული 41 პროექტის შესახებ. აქედან 21 ეძღვნებოდა ნალექთა გადიდებას, ხოლო 20- სეტყვით გამოწვეული ზარალის შემცირებას. ამ 41 პროექტიდან 26-ში ადგილი ჰქონდა ნალექთა რაოდენობის მნიშვნელოვან ზრდას. 8 პროექტში აღინიშნა ნალექის უმნიშვნელო ზრდა. ნალექთა რაოდენობის გაზრდისთვის წარმოებულ 21 პროექტიდან ყველა შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა სხვადასხვა მნიშვნელობის დადებით ეფექტს. აქედან მხოლოდ 4 შემთხვევაში აღინიშნა ნალექთა რაოდენობის სუსტი გაზრდა.

სეტყვიან ღრუბლებზე ჩატარებული 20 პროექტიდან 8 შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა ნალექთა მნიშვნელოვან, ხოლო 4-ჯერ უმნიშვნელო ზრდას. ერთ შემთხვევაში ნალექის ზრდა არ დაფიქსირდა. დანარჩენ 7 შემთხვევაში კი არ გაგვაჩნია ინფორმაცია ნალექთა რაოდენობის რომელიმე მიმართულებით ცვლილების შესახებ.

როგორც ანალიზმა აჩვენა, ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების სამუშაოები ხასიათდება მაღალი რენტაბელობით, განსაკუთრებით ისეთი მეთოდებით, რომლებშიც ღრუბლებში აქტიური რეაგენტის შესატანად თვითმფრინავები გამოიყენება. ე.წ. "მიწა - ჰაერის" ტიპის რაკეტების გამოყენებით ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების მეთოდები, რომლებიც დამუშავებული იყო ყოფილ საბჭოთა კავშირში ( მათ შორის ორი მეთოდი შეიქმნა ქართველი მეცნიერების მიერ ჩვენი მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტებში. სამწუხაროდ უნდა აღინიშნოს, რომ დღეს მსოფლიოს არცერთ ქვეყანაში ე.წ. სარაკეტო მეთოდი აღარ გამოიყენება მისი სიძვირის გამო).

ნალექთა რაოდენობის გაზრდით მიღებულ პირდაპირ მოგებად ითვლება: სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის გაზრდა, ჰიდროელექტრო სადგურების და სარწყავი სისტემების წყალსაცავებში წყლის მარაგის გაზრდა და სარწყავი წყლის დაზოგვა.

აშშ-ში განხორციელებული სამუშაოების მაგალითზე მოგვყავს მონაცემები ამ სამუშაოების მაღალი რენტაბელობის შესახებ. აშშ-ში თეორიულად აჩვენეს, რომ 1 ჰა-ზე მმ-ით ნალექის რაოდენობის გაზრდა მარცვლეული კულტურებიდან თითოეული ჰა-დან მიღებული სუფთა მოგების 3,5-6 დოლარით გაზრდას იწვევს. შტატ სამხრეთ დაკოდაში 1986-1988 წლებში მარტო ხორბლის მოსავლიანობის გაზრდით მიღებულმა მოგებამ ერთი პროექტის შემთხვევაში შეადგინა 3,75 მილიონი დოლარი. შტატში ასეთი 25 პროექტი მუშავდებოდა და მთლიანად მოგებამ 97 მილიონი დოლარი შეადგინა ერთ სეზონში. დაახლოებით ასეთივე მოგება დაფიქსირდა კანზასის შტატშიც.

არიზონას შტატში ელექტროსადგურის წყალსაცავში წყლის მარაგის გაზრდით გამომუშავებულ იქნა დამატებით 137 მილიონი დოლარის ღირებულების ელექტროენერჯია.

ტეხასის შტატში 1998-2000 წლებში ნალექის რაოდენობის გადიდებისა და სეტყვით გამოწვეული ზარალის შემცირების მიზნით ხორციელდებოდა 9 პროექტი 178 ათას კმ2 ფართზე. სამუშაოს ღირებულებამ შეადგინა დაახლოებით 2 მილიონი დოლარი, ანუ 0,11 დოლარი 1 ჰა-ზე. საშუალოდ ერთი პროექტის ღირებულება 2 მილიონ ჰა ფართზე წელიწადში შეადგენს 220-300 ათას დოლარს.

კანზასის შტატში 1999 წელს ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების საქმეში ჩადებულმა 1 დოლარმა 37 დოლარი მოგება მისცა.

საზღვარგარეთ ასეთი სამუშაოების ფინანსირება წარმოებს კოოპერირებულად- ბიუჯეტის ნახევარს იხდის სახელმწიფო, ხოლო მეორე ნახევარს - კერძო სტრუქტურები (სადაზღვეო, წყლის რესურსების, ელექტროსადგურების და სხვა კომპანიები). სახელმწიფო ამ დახარჯულ თანხას იბრუნებს პროდუქტის მწარმოებელი ფირმებიდან, დამატებითი შემოსავლიდან აღებული გადასახადების სახით.

ამ სამუშაოების მაღალი რენტაბელობა აშშ-ში განპირობებულია ზემოქმედების ოპერაციების სიიარაღითა და სოფლის მეურნეობის მაღალი ინტენსივობითა და რენტაბელობით.

#### ლიტერატურა - REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.andromeda.hail.ersa.fgv.it/morgan/med.html>
2. <http://www.ag.arizona.edu/AZWATER/arroyo/061/wthr.html>
3. <http://www.agu.org/revgeophys/crys.html>
4. <http://www.users.pld.com/hailman/master.html>
5. <http://www.cloudseeding.com/>
6. <http://www.connecti.com/stwma/main.html>
7. [http://www.oklaosf.state.ok.us/owrb/features.wx\\_mod.html](http://www.oklaosf.state.ok.us/owrb/features.wx_mod.html)
8. <http://www.nr.state.ut.us/WTRRESC/Plammomg/cldseed/default.html>
9. <http://www.infoharvest.ab.ca/AHP/people.html>
10. <http://www.infoharvest.ab.ca/AHP/people.html>
11. <http://www.wmi.cban.com>
12. <http://www.dar.csiro.au/publications/cloud.htm>
13. <http://www.hydro.com.au/newsroom/mediareleases/>
14. <http://www.ixks.com/wkwmp/news/prevnews.htm>
15. <http://www.atmos-inc.com/weamod.html>
16. <http://www.ams.confex.com/ams/Krauss.html>
17. <http://www.cangeo.ca/IA98/Clouds.html>
18. <http://www.wmi.cban.com/sb.html>
19. <http://www.cwcb.state.co.us.html>
20. <http://www.wmi.cban.com/pojects.html>

უკ 551.578.7

ატმოსფერულ ნალექთა ხელოვნური რეგულირების თანამედროვე მდგომარეობა./თ.სალუქვაძე, ე.ხელაია/ჰმ-ს შრომათა კრებული. -2002.-ტ.107-გვ.194-199.-ქართ; რეზ. ქართ; ინგლ; რუს.

ნაშრომში გაანალიზებულია მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში სხვადასხვა დროს ჩატარებული ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების ექსპერიმენტული და პრაქტიკული სამუშაოები. მოპოვებული ინფორმაციის ანალიზის საფუძველზე ნაჩვენებია, რომ ნალექების ხელოვნური გადიდების მიზნით ჩატარებული ღრუბლებზე ზემოქმედების სამუშაოების ეფექტურობის დონე ცალსახად მიუთუთებს ასეთი სამუშაოების რენტაბელობაზე, იქ სადაც კლიმატური პირობების გამო აღინიშნება ბუნებრივი ატმოსფერული ნალექების დეფიციტი.

UDC 551.578.7

Modern state of atmospheric precipitation modification/Salukvadze T.Khelaia E./. transactions of the Institute of Hydrometeorology. 2002.-V.107.-p.194-199.-Georg.: Summ.Georg., Eng., Russ

The paper presents the analysis of the results of experimental and operational projects of cloud seeding, aimed at the precipitation enhancement. On the basis of gathered information it is shown that the efficiency level of these works definitely suggests their high profitability in those regions where climatic conditions are causing the deficit of atmospheric precipitation.

УДК 551.578.7

Современное состояние искусственного регулирования атмосферных осадков. /Салуквадзе Т. Г., Хелая Э.И./ Сб.Трудов Института гидрометеорологии АН Грузии. -2002. -т.107. -с.194-199. -Груз., рез. Груз., Англ., Русск

В работе проанализированы результаты экспериментальных и производственных практических работ по воздействию на облака с целью искусственного увеличения осадков. На основе собранной информации показано, что уровень эффективности этих работ однозначно указывает на их высокую рентабельность в тех регионах, где по климатическим условиям отмечается дефицит атмосферных осадков.