



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია  
“ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური  
კრობლემები”

მიძღვნილი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის დაარსების 60 წლისთავისა  
და მისი პირველი დირექტორის, მეცნიერების გამოჩენილი ორგანიზატორის  
ვასილ ლომინაძის დაბადების 100 წლისთავისადმი

2013 წლის 28-30 მაისი, თბილისი

---

GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY  
INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY

INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE  
“PRESSING PROBLEMS IN HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY”  
DEDICATED TO THE 60<sup>TH</sup> ANNIVERSARY OF THE FOUNDATION OF THE INSTITUTE OF  
HYDROMETEOROLOGY

28-30 MAY, 2013, Tbilisi

---

ГРУЗИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

Международная Научно-Техническая Конференция  
”Актуальные Проблемы Гидрометеорологии и Экологии”

ПОСВЯЩЕННАЯ 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОСНОВАНИЯ ИНСТИТУТА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И  
100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В.П.ЛОМИНАДZE,  
ЕГО ПЕРВОГО ДИРЕКТОРА И ВЫДАЮЩЕГОСЯ ОРГАНИЗАТОРА НАУКИ

Тбилиси, 28-30 МАЯ 2013 года

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები

ტომი № 119

საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის მასალები

“ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური  
პრობლემები”

---

TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY  
AT THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY  
VOL.№119  
Papers of the International Conference  
“PRESSING PROBLEMS IN HYDROMETEOROLOGY AND ECOLOGY”

---

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ  
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ТОМ № 119  
Материалы международной конференции  
”АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ”

---

თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2013

|   |   |
|---|---|
| <p><b>მთავარი რედაქტორი</b><br/> <b>Editor in Chief</b><br/> <b>Главный редактор</b><br/> <b>სარედაქციო</b><br/> <b>კოლეგია</b></p> | <p>ნ.ბეგალიშვილი<br/> N.Begalishvili<br/> Бегалишвили Н.А.<br/> ბ.ბერიტაშვილი (რედაქტორის მოადგილე), გ.გაჩეჩილაძე, გ.გუნია, გ.გრიგოლია, ე.ელიზბარაშვილი, გ.მელაძე, რ.სამუკაშვილი, ვ. ცომაია, თ.ცინცაძე (პასუხ. მდივანი)</p> |
| <p><b>სარედაქციო საბჭო</b></p>  | <p>ნ.ბუაჩიძე, ი.გელაძე, ჯ.ვაჩნაძე, ლ.ინჭკირველი, მ.მელაძე, გ.ხერხეულიძე.</p>  |
| <p><b>Editorial Board</b></p>   | <p>V.Beritashvili (Deputy Ed.-in-Chief), G.Gachechiladze, G.Gunia, G.Grigolia, E.Elizbarashvili, G.Meladze, R. Samukashvili, V.Tsomaia, T.Tsintsadze (Executive secretary)</p>  |
| <p><b>Editorial Council</b></p>   | <p>N.Buachidze, J.Vachnadze, I.Geladze, L.Inckirveli, M.Meladze, G.Kherkheulidze</p>  |
| <p><b>Редакционная коллегия</b></p>   | <p>Бериташвили Б.Ш. (зам.гл. редактора), Гачечиладзе Г.А., Григолия Г.Л., Гуния Г.С., Меладзе Г.Г., Самукашвили Р.А., Цомая В.Ш., Цинцадзе Т.Н. (отв. секретарь), Элизбарашвили Э.Ш.</p>                                    |
| <p><b>Редакционный совет</b></p>  | <p>Буачидзе Н.С., Вачнадзе Д.И., Геладзе И.М., Инцкирвели Л.И., Меладзе М.Г., Херхеулидзе Г.И.</p>  |

ISSN 1512-0902

|   |  |      |
|---|--|------|
| © | <p>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის<br/> ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი</p> <p>INSTITUTE OF HYDROMETEOROLOGY<br/> AT THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY</p> <p>ИНСТИТУТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ ГРУЗИНСКОГО<br/> ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА</p> | 2013 |
|---|--|------|

**შენიშვნა:** რედაქცია არ აგებს პასუხს ავტორების მიერ წარმოდგენილ მასალებზე  
**Note:** The Editorial board is not responsible for materials submitted by authors  
**Примечание:** Редакция не несет ответственности за содержание материалов, представляемых авторами

წინამდებარე კრებულში შესულია საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე “**ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები**” მასალები, რომლებიც ეძღვნება კავკასიისა და შავი ზღვის აუზის რეგიონებისათვის შემდეგ აქტუალურ საკითხებს:

1. წყლის რესურსები, მათი პროგნოზები და მართვა;
2. გარემოს დაბინძურების გავლენა ბუნებრივ ეკოსისტემებზე, ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს ქიმიურ შემადგენლობაზე;
3. კლიმატის ცვლილების ტენდენციები და მათი გავლენა ბუნებრივ ეკოსისტემებზე;
4. ატმოსფერული პროცესების მათემატიკური მოდელირება;
5. სამშენებლო კლიმატოლოგია, საინჟინრო ჰიდროლოგია;
6. კავკასიონის მყინვართა გამოკვლევა თანამგზავრული მონაცემებით;
7. განახლებადი ენერგორესურსები საქართველოს ტერიტორიაზე;
8. საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები სამხრეთ კავკასიაში;
9. სამეცნიერო თანამშრომლობა.

კრებული განკუთვნილია გეოფიზიკურ, გეოგრაფიულ და ეკოლოგიურ მეცნიერებათა სხვადასხვა დარგში მომუშავე მეცნიერებისა და სპეციალისტებისათვის, მაგისტრანტებისა და დოქტორანტებისათვის.

The present volume includes papers presented at the international scientific-technical conference “**Pressing problems of Hydrometeorology and Ecology**” on the following acute problems for the Caucasus and Black Sea:

1. Water resources, their forecast and management;
2. Impact of environmental pollution on natural ecosystems, chemical composition of the atmosphere and hydrosphere;
3. Trends of climate change and their influence on natural ecosystems;
4. Mathematical modeling of atmospheric processes;
5. Construction Climatology, Engineering Hydrology;
6. The Caucasus glaciers investigation using satellite data;
7. Renewable energy resources at the territory of Georgia;
8. Hazardous hydrometeorological events in the South Caucasus;
9. Scientific cooperation.

The volume is intended for experts working in different branches of geophysical, geographical and ecological sciences, magistrates and doctorates.

В настоящий сборник вошли материалы, представленные на Международной научно-технической конференции «**Актуальные проблемы гидрометеорологии и экологии**», посвященные следующим актуальным вопросам для регионов Кавказа и Черного моря:

1. Водные ресурсы, их прогнозы и управление;
2. Влияние загрязнения окружающей среды на природные экосистемы, химический состав атмосферы и гидросферы;
3. Тенденции изменения климата и их влияние на природные экосистемы;
4. Математическое моделирование атмосферных процессов;
5. Строительная климатология, инженерная гидрология;
6. Исследование ледников Кавказа по данным спутниковой информации;
7. Возобновляемые энергоресурсы на территории Грузии;
8. Опасные гидрометеорологические явления на Южном Кавказе;
9. Научное сотрудничество.

Сборник предназначен для ученых и специалистов, работающих в различных областях геофизических, географических и экологических наук, магистрантов и докторантов.

**ს ა რ ჩ ე ვ ი**

| <b>მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია</b> |  |     |
|-------------------------------------|--|-----|
| 1                                   | ორთბრაფიულად შეფუთილი ჰაერის დინების რიცხვითი მოდელირება ტროპოსფეროში ფონური დომინანტობის პროცესების არასტაციონარულობის პირობებში. <b>დ.დემეტრაშვილი, თ.ღავითაშვილი</b>  | 14  |
| 2                                   | ზოგიერთი ლოკალურ “ფენომენური” ატმოსფერული მოვლენების შესწავლა ჰიდრო-თერმოდინამიკური მიდგომით. <b>ხ.ხველედიძე, თ.ღავითაშვილი, ი.სამხარაძე</b>   | 17  |
| 3                                   | ЦИКЛОНЫ И АНТИЦИКЛОНЫ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ. <b>БАЯНКИНА Т.М., ВОСКРЕСЕНСКАЯ Е.Н., КОВАЛЕНКО О.Ю., МАСЛОВА В.Н.</b>  | 22  |
| 4                                   | ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ КАК ПОСЛЕДСТВИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ. <b>АББАСОВА М.А.</b>  | 27  |
| 5                                   | საქართველოს კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ტენდენციები. <b>ე.ელიზბარაშვილი, მ.ტატიშვილი, მ.ელიზბარაშვილი, რ.მესხია, შ.ელიზბარაშვილი</b>  | 29  |
| 6                                   | ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ. <b>МЕЛКОНЯН Г.А., ОВСЕПЯН А.Р., ИРИЦЯН А.Р., ХАЛАТЯН Е.С., ГЕВОРГЯН А.М</b>  | 33  |
| 7                                   | კლიმატი და მისი ცვალებადობის გამოყვევი მიზეზები. <b>მ.ტატიშვილი, ნ.ბოლუაშვილი, ი.მკურნალიძე</b>  | 38  |
| 8                                   | АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ. <b>МАХМУДОВ Р.Н.</b>   | 43  |
| 9                                   | ნაღმეთა რეჟიმული მონაცემებით ექსტრემალურად უხვი ნალექების რისკის შეფასება. <b>ნ.გებელიაშვილი, ბ.ბერიტაშვილი, თ.ცინცაძე, ნ.გებელიაშვილი, ს.მღვიანო, ნ.ცინცაძე</b>   | 48  |
| 10                                  | ატმოსფერული ნალექების რეჟიმი იმერეთში კლიმატის გლობალური დატვირთვის ფონზე. <b>დ.მიქაუტაძე, მ.კვახჩიანი</b>   | 52  |
| 11                                  | ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI СТОЛЕТИЙ. <b>САФАРОВ С. Г., МАХМУДОВ Р.Н.</b>   | 56  |
| 12                                  | ბარე კახეთის ტერიტორიაზე მისი ჯამური რადიაციის ვერტიკალური განაწილების შეფასება. <b>ბ.ბერიტაშვილი, ნ.კაკაბაძე</b>  | 60  |
| 13                                  | ჰაერის ტემპერატურის მოსალოდნელი ცვლილების სტატისტიკური შეფასება თბილისში და სანკტ-პეტერბურგში 2056 წლამდე. <b>ა.ამირანაშვილი, ლ.ქართველიშვილი, ლ.ტროფიშინკო, თ.ხურობე</b>  | 64  |
| 14                                  | ИЗМЕНЕНИЕ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО И МАЛОГО КAVKAZA В КОНЦЕ XX ВЕКА (В ПРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ). <b>МАХМУДОВ Р.Н., САФАРОВ С.Г., СУЛЕЙМАНОВ М.Ф., САФАРОВ А.С., ГУСЕЙНОВ Г.М.</b>       | 69  |
| 15                                  | ტემპერატურული რეჟიმის სეზონური წანაცვლება. <b>კ.თავართქილაძე, დ.მუხლაძე, ნ.ლომიძე</b>  | 74  |
| 16                                  | იმერეთის ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული რესურსები. <b>რ.სამუკაშვილი, ც.დიასანიძე</b>   | 81  |
| 17                                  | საქართველოს რეგიონალური და ლოკალური კლიმატური ცვლილებების გამოკვლევა მაღალი რეზოლუციის გადური მონაცემების მიხედვით. <b>ე.ელიზბარაშვილი, მ.ტატიშვილი, მ.ელიზბარაშვილი, შ.ელიზბარაშვილი, რ.მესხია, ლ.შავლიაშვილი</b> | 83  |
| 18                                  | მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის აბროკლიმატური პოტენციალის შეფასება. <b>მ.ბ.მელაძე, ბ.ბ.მელაძე</b>  | 87  |
| 19                                  | საქართველოს საშემნებლო დარაიონება კომპლექსური კლიმატური მახასიათებლები მიხედვით. <b>ლ.ქართველიშვილი, ი.მკურნალიძე, ლ.მებრედიძე, ნ.შაველიშვილი</b>  | 91  |
| 20                                  | გლობალური დატვირთვის ბათვალისწინებით საშემოღობო სორბლის კულტურის გავრცელება. <b>ბ.ბ.მელაძე, მ.ბ.მელაძე</b>   | 97  |
| 21                                  | სუბპრონული აეროზოლები თბილისის ატმოსფეროში. <b>თ.ბლიაძე, დ.კირკიტაძე, ბ.ნიკიფოროვი, ა.ჭანკვეტაძე</b>   | 101 |
| 22                                  | მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის ცვალებადობის თავისებურებები თბილისში 1984-2012 წწ. <b>ჯ.ხარჩილაძე, ვ.ჩიხლაძე, ძ.ჩოჩიშვილი, ბ.ჩხაიძე</b>   | 106 |
| 23                                  | ქალაქ თბილისის ჰაერის მიწისპირა ფენაში მსუბუში იონების კონცენტრაციის გამოკვლევის ზოგიერთი შედეგი 2010-2011. <b>თ.ბლიაძე, დ.კირკიტაძე, ბ.ნიკიფოროვი, ა.ჭანკვეტაძე</b>   | 110 |
| 24                                  | წამინების ზოგიერთი თავისებურებები კახეთის რეგიონში. <b>ჯ.ჭანჩაძე, ც.დიასანიძე</b>  | 115 |
| 25                                  | ВЫБОР АЭРОЗОЛЯ ДЛЯ БОРЬБЫ С РАДИАЦИОННЫМИ ЗАМОРОЗКАМИ. <b>АБШАЕВ М.Т., АБШАЕВ А.М., МАЛКАРОВ Х.Ж., СОЗАЕВА Л.Т</b>   | 120 |
| 26                                  | ნისლი იმერეთის ტერიტორიაზე. <b>სამუკაშვილი რ.</b>  | 123 |
| 27                                  | ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ТУМАНА В РАЙОНЕ АБШЕРОНА И НЕФТЯНЫХ КАМНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ НАЗЕМНЫХ И АЭРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ. <b>САФАРОВ С.Г., ДЖУВАРОВ Р.П.</b>        | 127 |

|                   |  |     |
|-------------------|--|-----|
| 28                | ამროსინოკტიკური მდგომარეობა და მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის ცვალებადობა კახეთში ელჭექ-სეტყვიანობის პროცესების მიმდინარეობისას.<br><b>ჯ.ხარჩილავა, ვჩიხლაძე, ლ.ქართველიშვილი</b>  | 131 |
| 29                | АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС «АСУ-МРЛ». <b>АБШАЕВ М.Т., АБШАЕВ А.М., СИРОТА Н.В., КОТЕЛЕВИЧ А.Ф</b>  | 136 |
| 30                | აღმოსავლეთ საქართველოს წლის თბილი პერიოდის სხვადასხვა ინტენსივობის ატმოსფერული ნალექებისათვის კ-1 დამოკიდებულების გამოკვლევა.<br><b>ნ.პაპანაძე, ე.ხელია, მ.სალუშვაძე, თ.სალუშვაძე</b>  | 142 |
| 31                | АНОМАЛЬНОЕ РАДИОЭХО ПРИ СУПЕР РЕФРАКЦИИ РАДИОВОЛН. <b>АБШАЕВ М.Т., АБШАЕВ А.М., ГЕРГОВ А.Х.</b>  | 145 |
| 32                | საქართველოში ატმოსფერული პროცესების ხელოვნური რეპულირების სამუშაოთა განახლების საჭიროების შესახებ.<br><b>ა.ამირანაშვილი, მ.გახსოლიანი, ნ.გებელიშვილი, ბ.გერიტაშვილი, რ.მეხვიაშვილი, თ.ცინცაძე, რ.ჭითანავა</b>                            | 150 |
| 33                | ბეოზიზიკის და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტების ერთობლივი სამუშაოების თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი და განვითარების პერსპექტივები საქართველოში ატმოსფერული გამოკვლევების დარგში.<br><b>ნ.დლონტი, თ.ცინცაძე</b>                          | 159 |
| <b>ჰიდროლოგია</b> |  |     |
| 1                 | დასავლეთ საქართველოს მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯები, მათი დინამიკა და რეგულირება. <b>ც.გასილაშვილი</b>  | 164 |
| 2                 | ზვავსაშიში და კოტენციურად ზვავსაშიში რაიონები საქართველოში.<br><b>მ.სალუშვაძე, ნ. კობახიძე, ბ. ჯინჭარაძე</b>   | 169 |
| 3                 | დვარცოფვარამომქმნელი წყლის ჩამონადენის პარამეტრთა შეფასების პრობლემები და მათი შეფასების გამოცდილება. <b>ბ.ხერხეულიძე</b>  | 173 |
| 4                 | СОЛНЕЧНО-ОБУСЛОВЛЕННАЯ КВАЗИДВАДЦАТИЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ НА ВОДОСБОРЕ ДУНАЯ И ЕГО СТОКА. <b>ИВАНОВА В.А., ПРУСОВА А.В., СИЗОВА А.А.</b>   | 178 |
| 5                 | მდინარეების წყლიანობის პრობნოზირების შესაძლებლობა ბრუნტის წყლების მარაგის გამოყენების საფუძველზე.<br><b>ვ.ცოგია, ლ.ჭარელი, მ.შხაპაძე, კ.ლაშაური, ნ.ნ. გებელიშვილი, ნ.ცინცაძე</b>   | 184 |
| 6                 | 2005 წლის მასშტაბური წყალდიდობები საქართველოში და კატასტროფების შერბილების გზები. <b>ც.გასილაშვილი, რ.მესხია</b>   | 188 |
| 7                 | კავკასიონის მყინვარების კვლევა თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენებით.<br><b>ბ.კორძახია, ლ.შენგელია, ბ.თვაური</b>   | 193 |
| 8                 | გამქინვარების საუკუნოვანი დინამიკა კავკასიაში და მყინვართა ბაჰრობის კლიმატური პრობნოზი გლობალური დატბობის ფონზე.<br><b>ვ.ცოგია, ნ.ა.გებელიშვილი, თ.ცინცაძე, კ.ლაშაური, ნ.ნ.გებელიშვილი, ნ.ცინცაძე</b>                                    | 197 |
| 9                 | კლიმატის თანამედროვე ცვლილებების ფონზე კავკასიონის ცალკეული მყინვარების არეალის შესწავლა თანამგზავრული მონაცემების საფუძველზე. <b>ლ. შენგელია, რ. ჯიქიძე, ბ. თვაური, ბ. წიბნაძე, ლ. მეღაძე, ნ. ხვიციანიძე, ნ. მაჭუკელიაძე, ბ. ბერაძე</b> | 204 |
| 10                | ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНОГО КАСПИЯ. <b>А.ЛЛАХВЕРДИЕВ З.С., РЗАЕВА С.А.</b>  | 208 |
| <b>ეკოლოგია</b>   |  |     |
| 1                 | საქართველოში ინტენსიური ანთროპოგენური ზემოქმედებით გამოწვეული ბუნებრივ ბარემოში ლითონური მიკრომდინარეების მონიტორინგის შესახებ.<br><b>ზ.სვანიძე, ბ.ბუნია, ლ.სვანიძე</b>  | 213 |
| 2                 | ატმოსფეროს ამროსოლური დაბინძურების დინამიკა თბილისში და კისლოვოდსკოში.<br><b>ა.ამირანაშვილი, კ.თავართიძე, ა.კირილიძე, ზ.კორტუნოვა, ნ.კოვლოვცაია, ვ.სენიკი</b>  | 218 |
| 3                 | ქალაქ თბილისის ატმოსფერულ ჰაერზე ავტოტრანსპორტის ნაკადის გავლენის ეკოლოგიური ასექტი. <b>ნ.ვაშაყმაძე, ნ.ნასყილაშვილი, დ.შავლაძე, ნ.ბებლარაშვილი</b>   | 222 |
| 4                 | სოჭის ფორმაციებში ატმოსფერული ნახშირბადის (C-CO <sub>2</sub> ) მარაგების დაღებნა (ბორჯომ-გაკურნიანის რეგიონის მაგალითზე). <b>ენაქაძე, ბ.წიქიტიანი, ბ.ვანაძე, ზ.ტიბინაშვილი</b>   | 226 |
| 5                 | ქ.თბილისის დასურული და მოქმედი ნაბავსაყრელ რეგიონთან მეთანის ემისიის განსაზღვრა და გამოყოფილი მეთანის პრაქტიკული გამოყენების პოტენციალი.<br><b>ნ.დვალაშვილი, ნ.ნასყილაშვილი</b>  | 230 |
| 6                 | СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОСОСТАВА ДОЖДЕЙ, ВЫПАДАЮЩИХ НА РАЗЛИЧНЫЕ РЕГИОНЫ АЗЕРБАЙДЖАНА. <b>БАЙРАМОВ Ш. П., ДАДАШОВА Ф.С.</b>   | 235 |
| 7                 | საქართველოს ძირითადი ტრანსანაზღვრო მდინარეების ეკოპრობლემატიკური მდგომარეობა და მათი კლასიფიკაცია. <b>ნ.ბუაჩიძე, ლ.ინევირევილი, ბ.კუჭავა, ე.ბაქრაძე, ნ.ბებლარაშვილი</b>  | 238 |
| 8                 | საქართველოს ტერიტორიაზე მდ. მტკვრის ანთროპოგენური დატვირთვის შეფასება.<br><b>ს.მდივანი</b>   | 244 |
| 9                 | ქ. თბილისის ტერიტორიაზე მდ.მტკვრის ძირითადი შენაკადების თანამედროვე ეკოპრობლემატიკური მდგომარეობის შეფასება. <b>ნ.დვალაშვილი, მ.ტაბატაძე</b>   | 247 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 10 | მდ. ყოროლისწყლის დაბინძურების წყაროების შესწავლა. <b>ჯ.პარფალომიძე, ნ.მუმლაძე, ქ.მუმლაძე</b>  | 251 |
| 11 | ОСОБЕННОСТИ ВЫНОСА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ РЕКАМИ АЗЕРБАЙДЖАНА. <b>АБДУЕВ М.А.</b>  | 254 |
| 12 | ალანის ველის დამლაშებულ ნიადაგებზე არსებული ხელოვნური წყალსაცავის ქიმიური შედგენილობა. <b>ლ.შავლიაშვილი, ბ.კორძაია, ბ.კუჭავა, ნ.ბუაჩიძე, ე.ბაქრაძე, ვ.თაღლაკვაძე</b>  | 259 |
| 13 | მტკნარი წყლების, განსაკუთრებით სასმელი წყლის ხარისხის დაცვა ზოგიერთი მანქანა-ვაჭროებისაგან. <b>რ.დიაკონიძე, ჟ.მამასახლისი, თ.სუპატაშვილი, ფ.ლოტიშვილი</b>   | 264 |
| 14 | ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ АММОНИЯ И БАЛАНС БИОГЕНОВ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ. <b>КУБРЯКОВА Е.А</b>   | 269 |
| 15 | ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД БАЛАКЛАВСКОЙ БУХТЫ НА БАЗЕ ГИДРООПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ. <b>ЛОМАКИН П.Д., ПОПОВ М.А., ЧЕПЫЖЕНКО А.А.</b>   | 274 |
| 16 | ყოფრალი ნიადაგების ზოგიერთი მანქანების ცვლა მთავარი სარბელობის ზრის გავლენით აჭარის წიფლნარებში. <b>თ.ურუშაძე, თ.თ.ურუშაძე, თ.ქვრივიშვილი, რ.კახაძე</b>   | 278 |
| 17 | ზემო იმერეთის კლიმატურ ეროზირებულ ყოფრალ ნიადაგების თავისებურებანი. <b>ა.თხელიძე, დ.ხომასურიძე, ნ.ნიკოლეიშვილი</b>  | 282 |
| 18 | ალანის ველის დამლაშებულ და ბიცობიანი ნიადაგების ქიმიური შედგენილობა კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე. <b>ლ.შავლიაშვილი, ნ.ქარდავა, ბ.კირტავა, ნ.ხარხელი, ს.შუბრიაშვილი, ბ.ბრეგვა</b>  | 285 |
| 19 | ფიტოცენოზების მდგრადობის პარამეტრები რაღიაციისა და ტემპერატურული ზემოქმედების ექსტრემალური რეჟიმის პირობებში. <b>მ.ბობეგაშვილი, ნ.ივანიშვილი, ე.სალუქვაძე</b>   | 290 |
| 20 | სამხრეთ საქართველოს ტყის რესურსები. <b>მ.კაიშაური</b>   | 294 |
| 21 | კავკასიის რეგიონის შესაბამის დაბინძურების რიცხვითი მოდელირება სომხეთის ატომური ელემენტოდაზღვრისა და <sup>137</sup> I ჰიკოთექტური ამოფრქვევის შემთხვევაში. <b>ა.სურგავა, ლ.ინჭიტიანი, ნ.ბიბაური, ს.ბიორბაძე, ბ.კვიციანი, ა.მელია</b> | 299 |
| 22 | ეკოლოგიურად აქტუალური ზოგიერთი მემბრანული ეროზიის პროცესის რიცხვითი მოდელირება. <b>ბ.ბეღაძე, ნ.აბეგალიშვილი, ნ.ნაბეგალიშვილი</b>  | 303 |
| 23 | საქართველოს მდგრადი ეკონომიკური განვითარების უზრუნველყოფის თანამედროვე ეკოლოგიური ასპექტები. <b>ზ.სვანიძე, ბ.ბუნია</b>  | 310 |
| 24 | ინდუსტრიული ზონების ეკოლოგიური მდგრადობით გამოწვეული მოსახლეობის პრობლემები (ქკასის მაგალითზე). <b>ბ.ბეღაძე</b>   | 316 |
| 25 | ეკოლოგიურად სუფთა და იაფი აბროსასურსათო პროდუქციის წარმოება. <b>ვ.თაღლაკვაძე</b>  | 320 |
| 26 | ხელოვნური თევზისაგანების ოზონირებული წყლით დამუშავების ექსპტურება. <b>ვ.თაღლაკვაძე</b>  | 323 |

## CONTENTS

| <b>METEOROLOGY AND CLIMATOLOGY</b> |  |     |
|------------------------------------|--|-----|
| 1                                  | NUMERICAL MODELING OF OROGRAPHICALLY DISTURBED AIR FLOW IN THE TROPOSPHERE IN CONDITIONS OF NONSTATIONARITY OF LARGE –SCALE BACKGROUND PROCESSES.<br><b>D.DEMETRASHVILI, T.DAVITASHVILI</b>                                  | 14  |
| 2                                  | STUDY OF SOME LOCAL ATMOSPHERIC “PHENOMENAL” EVENTS BY HYDROTHERMODYNAMIC APPROACH. <b>Z. KHVEDELIDZE, T.DAVITASHVILI, I.SAMKHARADZE</b>   | 17  |
| 3                                  | CYCLONES AND ANTICYCLONES IN THE BLACK SEA-MEDITERRANEAN REGION. <b>T.BAYANKINA, E.VOSKRESENSKAYA, O.KOVALENKO, V.MASLOVA</b>  | 22  |
| 4                                  | NATURAL HYDROMETEOROLOGICAL HAZARDS AS A CONSEQUENCE OF GLOBAL WARMING.<br><b>M.ABBASOVA</b>   | 27  |
| 5                                  | CURRENT CLIMATE CHANGE TRENDS IN GEORGIA. <b>E.SH.ELIZBARASHVILI, M.TATISHVILI, M.E.ELIZBARASHVILI, R.MESKHIA, SH. E.ELIZBARASHVILI.</b>   | 29  |
| 6                                  | CLIMATE CHANGE ASSESSMENT IN ARMENIA. <b>G.MELKONYAN, A.OVSEPYAN, A.IRITYAN, E.KHALATYAN, A.GEVORGYAN</b>  | 33  |
| 7                                  | CLIMATE AND CAUSES OF ITS VARIABILITY. <b>M.TATISHVILI, N.BOLASHVILI, I.MKURNALIDZE</b>  | 38  |
| 8                                  | THE ANALYSIS OF HYDROMETEOROLOGICAL HAZARDS IN THE TERRITORY OF AZERBAIJAN REPUBLIC. <b>R. MAHMUDOV</b>  | 43  |
| 9                                  | EXTREME HEAVY PRECIPITATION RISK ASSESSMENT USING STANDARD RECORD DATA.<br><b>N.BEGALISHVILI, B.BERITASHVILI, T.TSINTSADZE, N.N.BEGALISHVILI, S.MDIVANI, N.TSINTSADZE</b>  | 48  |
| 10                                 | ATMOSPHERIC PRECIPITATION ON THE CLIMATE OF IMERETI REGION IN THE LIGHT OF GLOBAL WARMING. <b>D.MIKAUTADZE, M.KVABZIRIDZE</b>  | 52  |
| 11                                 | THE ESTIMATION OF CONTEMPORANEOUS TENDENCY OF CHANGING OF THE MAXIMAL AIR TEMPERATURE ON THE TERRITORY OF AZERBAIJAN REPUBLIC AT THE END OF XX – EARLY OF XXI CENTURY. <b>S.SAFAROV, R.MAHMUDOV</b>                          | 56  |
| 12                                 | ASSESSMENT OF SOLAR SUMMARY RADIATION VERTICAL DISTRIBUTION AT THE TERRITORY OF GARE KAKHETI. <b>B.BERITASHVILI, N.KAPANADZE</b>   | 60  |
| 13                                 | THE STATISTICAL EVALUATION OF THE EXPECTED CHANGES OF AIR TEMPERATURE IN TBILISI AND ST.-PETERSBURG UP TO 2056 YEARS. <b>A. AMIRANASHVILI, L. KARTVELISHVILI, L.TROFIMENKO, T.KHURODZE</b>                                   | 64  |
| 14                                 | WIND REGIME CHANGE ON THE TERRITORY OF MAJOR AND MINOR CAUCASUS AT THE END OF XX CENTURY (IN LIMITS OF AZERBAIJAN REPUBLIC). <b>R.MAHMUDOV, S.SAFAROV, M.SULEYMANOV, A.SAFAROV, H.HUSEYNOV</b>                               | 69  |
| 15                                 | SEASONAL SHEARING OF TEMPERATURE REGIME. <b>K.TAVARTKILADZE, D.MUMLADZE, N.LOMIDZE</b>   | 74  |
| 16                                 | SOLAR ENERGE RESOURCES AT THE TERRITORY OF IMERETI. <b>R.SAMUKASHVILI, TS. DIASAMIDZE</b>  | 81  |
| 17                                 | INVESTIGATION OF REGIONAL AND LOCAL CLIMATE CHANGES IN GEORGIA BASED ON THE HIGH RESOLUTION GRIDDED DATA SET. <b>E.SH.ELIZBARASHVILI, M.TATISHVILI, M.E.ELIZBARASHVILI, R.MESKHIA, SH.E. ELIZBARASHVILI, L.SHAVLIASHVILI</b> | 83  |
| 18                                 | ESTIMATION OF AGROCLIMATIC POTENTIAL OF MTSHETA-MTIANETI REGION. <b>M.MELADZE, G.MELADZE</b>   | 87  |
| 19                                 | CONSTRUCTION ZONING OF GEORGIA IN VIEW OF COMPLEX CLIMATIC CHARACTERISTICS.<br><b>L. KARTVELISHVILI, I. MKURNALIDZE, L. MEGRELIDZE, N. SHAVISHVILI</b>   | 91  |
| 20                                 | DISTRIBUTION OF WINTER WHEAT WITH ACCOUNT OF GLOBAL WARMING. <b>G.MELADZE, M.MELADZE</b>   | 97  |
| 21                                 | SUB-MICRON AEROSOLS IN THE ATMOSPHERE OF TBILISI. <b>T.BLIADZE, D.KIRKITADZE, G.NIKIFOROV, A.CHANKVETADZE</b>  | 101 |
| 22                                 | SPECIAL FEATURES OF THE CHANGEABILITY OF SURFACE OZONE CONCENTRATION IN TBILISI IN 1984-2012. <b>J.KHARCHILAVA, V.CHIKHLADZE, K.CHOCHISHVILI, G.CHKHAIDZE</b>  | 106 |
| 23                                 | SOME RESULTS OF THE ANALYSIS OF LIGHT IONS CONCENTRATION IN SURFACE BOUNDARY LAYER OF TBILISI IN 2010-2011. <b>T.BLIADZE, D.KIRKITADZE, G.NIKIFOROV, A.CHANKVETADZE</b>  | 110 |
| 24                                 | SOME FREEZING RECUIIARITIES IN KAKHETI REGION. <b>J.VACHNADZE, TS.DIASAMIDZE</b>   | 109 |
| 25                                 | AEROSOL SELECTION FOR SUPPRERSSION RADIATION FROSTS. <b>M.ABSHAEV, A.ABSHAEV, KH.MALKAROV, L.SOZAEVA</b>   | 115 |
| 26                                 | A FOG OF THE TERRITORY OF IMERETI. <b>SAMUKASHVILI R.D.</b>  | 123 |
| 27                                 | THE RESEARCH OF SPECIFICATIONS OF METEOROLOGICAL CONDITIONS OF THE FOG FORMING IN ABSHERON AND NEFT DASHLARI REGION BY THE USING OF GROUND AND AEROLOGICAL OBSERVATION DATA. <b>S.SAFAROV, R.JUVAROV</b>                     | 127 |
| 28                                 | AEROSYNOPTIC STATE AND CHANGEABILITY OF THE SURFACE OZONE CONCENTRATION IN KAKHETI DURING THE THUNDERSTORM - HAIL PROCESSES. <b>J.KHARCHILAVA, V.CHIKHLADZE, L.KARTVELISHVILI</b>  | 131 |
| 29                                 | AUTOMATED METEOROLOGICAL RADAR SYSTEM «ASU-MRL». <b>M.ABSHAEV, A.ABSHAEV, N.SIROTA, A.KOTELEVICH</b>   | 136 |
| 30                                 | THE RELATIONSHIP STUDIES ON Z-I RATIO OF DIFFERENT INTENSITY ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS OF A WARM PERIOD IN EAST GEORGIA. <b>N.KAPANADZE, E.KHELAIYA, M.SALUKVADZE, T.SALUKVADZE</b>   | 142 |



|                                      |   |     |
|--------------------------------------|---|-----|
| 31                                   | ANOMAL RADIOECHO AT SUPER REFRACTION OF RADIO WAVES. <b>M.ABSHAEV, A.ABSHAEV, A.GERGOKOV</b>  | 145 |
| 32                                   | ON THE NECESSITY OF RESUMPTION OF ATMOSPHERIC PROCESSES MODIFICATION ACTIVITIES IN GEORGIA. <b>A.AMIRANASHVILI, B.BAKHSOLIANI, N.BEGALISHVILI, B.BERTASHVILI, R.REKHVIASHVILI, T.TSINTSADZE, R.CHITANAVA</b>  | 150 |
| 33                                   | ANALYSIS OF CONTEMPORARY STATE AND PROSPECT FOR THE DEVELOPMENT OF THE JOINT OPERATIONS OF THE INSTITUTES OF GEOPHYSICS AND HYDROMETEOROLOGY IN THE FIELD OF ATMOSPHERIC RESEARCH IN GEORGIA. <b>N.GHLONTI, T.TSINTSADZE</b>                          | 159 |
| <b>HYDROLOGY</b>                     |   |     |
| 1                                    | MAXIMUM STREAM FLOWS ON THE RIVERS OF WEST GEORGIA, THEIR DYNAMICS AND REGULATION. <b>TS.BASILASHVILI</b>   | 164 |
| 2                                    | AVALANCHE HAZARD AND POTENTIALLY AVALANCHE HAZARD REGIONS IN GEORGIA. <b>M.SALUKVADZE, N. KOBAKHIDZE, G.JINCHARADZE</b>   | 169 |
| 3                                    | PROBLEMS AND EXPERIENCE OF EVALUATING THE DESIGNED MUDFLOW FORMING RUNOFF PARAMETERS. <b>G.KHERKHEULIDZE</b>  | 173 |
| 4                                    | SOLAR -CONDITIONED QUASI-INSECTICIDE RAINFALL VARIABILITY IN THE DANUBE RIVER WATERSHED AND ITS RUNOFF. <b>V.IVANOV, A.PRUSOV, A.SIZOV</b>  | 178 |
| 5                                    | ON THE POSSIBILITY OF RIVERS' WATER CONTENT FORECASTING ON THE BASIS OF UNDERGROUND WATER RESERVE USE. <b>V.TSOMAIA, L.CHARELI, M.PKHAKADZE, M.LASHAURI, N.BEGALISHVILI, N.TSINTSADZE</b>   | 184 |
| 6                                    | FLOODS ON THE RIVERS OF GEORGIA IN 2005 FLOOD CONTROL AND MEASURES OF REDUCING THEIR DISASTROUS CONSEQUENCES. <b>TS.BASILASHVILI, R.MESKHIA</b>   | 188 |
| 7                                    | INVESTIGATION OF CAUCASIAN GLACIERS BY SATELLITE DATA. <b>G.KORDZAKHIA, L.SHENGELIA, G.TVAURI</b>   | 193 |
| 8                                    | DYNAMICS OF FREEZING OF CAUCASUS RANGE ON THE BACKGROUND OF THE EXPECTED CLIMATIC CHANGE AND FORECAST ABOUT ITS DISENGAGEMENT OFF THE GLACIER'S COVER<br><b>V.TSOMAIA, N.A.BEGALISHVILI, T.TSINTSADZE, K.LASHSURI, N.N.BEGALISHVILI, N.TSINTSADZE</b> | 197 |
| 9                                    | STUDY OF THE AREA OF SEPARATE GLACIERS OF THE CAUCASUS USING SATELLITE DATA ON THE BACKGROUND OF CONTEMPORARY CLIMATE CHANGE. <b>L.SHENGELIA, R.CHELIDZE, G.TVAURI, B.CIGNADZE, L.MELADZE, N.KHVEDELIDZE, N.MACKEPLADZE, G.BERADZE</b>                | 204 |
| 10                                   | THE ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGES ON THE TEMPERATURE OF THE SURFACE WATER ON THE WESTERN BANK OF SOUTHERN CASPIAN SEA. <b>Z.ALLAHVERDIYEV</b>  | 208 |
| <b>NATURAL ENVIRONMENT POLLUTION</b> |   |     |
| 1                                    | ABOUT MONITORING OF METAL IMPURITY IN ENVIRONMENTS OF AREAS OF INTENSIVE ANTHROPOGENOUS INFLUENCE OF GEORGIA. <b>Z.SVANIDZE, G.GUNIA, L.SVANIDZE</b>  | 213 |
| 2                                    | DYNAMICS OF THE AEROSOL POLLUTION OF ATMOSPHERE IN TBILISI AND KISLOVODSK. <b>A.AMIRANASHVILI, K.TAVARTKILADZE, A.KIRILENKO, Z.KORTUNOVA, N.POVOLOTSKAIA, I.SENIK</b>   | 218 |
| 3                                    | ENVIRONMENTAL ASPECT OF IMPACT OF ATMOSPHERIC AIR ON THE FLOW OF TRANSPORT IN TBILISI CITY. <b>N.VASHAKMADZE, N.NASKIDASHVILI, D.SHAVLADZE, N. BEGLARASHVILI</b>  | 222 |
| 4                                    | IDENTIFICATION OF CARBON (C-CO <sub>2</sub> ) STOCK IN CAUCASIAN FIR FOREST STADS OF BORJOMI-BAKURIANI REGION. <b>E.NAKAIDZE, G.TSERETELI, G.VACHNADZE, Z.TIGINASHVILI</b>  | 226 |
| 5                                    | DETERMINATION OF METHANE EMISSION FROM CLOSED AND OPEN LANDFILLS AND PRACTICAL USAGE OF ISOLATED METHANE. <b>N. DVALISHVILI, N. NASKIDASHVILI</b>   | 230 |
| 6                                    | COMPARATIVE RESEARCH OF THE RAINS. ECOCOM POSITION OF RAINS, FALLING ON DIFFERENT REGIONS OF AZERBAIJAN. <b>SH.BAYRAMOV, F.DADASHOVA</b>  | 235 |
| 7                                    | GEORGIAN MAJOR TRANSBOUNDARY RIVERS ECO-BIO-CHEMICAL CONDITIONS AND THEIR CLASSIFICATION. <b>N.BUACHIDZE, L. INTSKIRVELI, G. KUCHAVA, E. BAKRADZE, N.BEGLARASHVILI.</b>   | 238 |
| 8                                    | ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC LOADING ON THE R. KURA AT THE TERRITORY OF GEORGIA. <b>S. MDIVANI</b>   | 244 |
| 9                                    | EVALUATION OF THE ECO-CHEMICAL STATUS OF MAIN TRIBUTARIES OF RIVER MTKVARI IN THE CITY TBILISI. <b>N.DVALISHVILI, M. TABATADZE</b>  | 247 |
| 10                                   | STUDY OF POLLUTION SOURCES OF THE RIVER KOROLISTSKALI. <b>J.VARSHALOMIDZE, N.MUMLADZE, K.MUMLADZE</b>   | 251 |
| 11                                   | FEATURES REMOVAL NUTRIENTS RIVERS OF AZERBAIJAN. <b>M.ABDUYEV</b>   | 254 |
| 12                                   | THE CHEMICAL COMPOSITION OF AN ARTIFICIAL RESERVOIR IN SALINE SOILS OF ALAZANI VALLEY. <b>L.SHAVLIASHVILI, G.KORDZAKHIA, G.KUCHAVA, N.BUACHIDZE, E.BAKRADZE, V.TALAKVADZE</b>   | 259 |
| 13                                   | PROTECTION OF FRESH WATER, ESPECIALLY DRINKING WATER QUALITY FROM SOME HARMFUL FACTORS. <b>R.DIAKONIDZE, ZH.MAMASAKHLISI, T.SUPATASHVILI, F.LORTKIPANIDZE</b>   | 264 |
| 14                                   | UPWARD FLUX OF AMMONIUM AND BALANCE OF NUTRIENTS IN THE UPPER LAYER OF THE DEEP PART OF THE BLACK SEA. <b>E.KUBRYAKOVA</b>  | 269 |
| 15                                   | THE BALAKLAVSKAYA BAY WATERS' POLLUTION ASSESSMENT ON THE BASIS OF HYDROOPTICAL RESEARCH METHODS. <b>P.LOMAKIN, M.POPOV, A.CHEPYZHENKO</b>  | 274 |
| 16                                   | CHANGING OF SOME INDEXES OF BROWN SOILS UNDER INFLUENCE OF FINAL FELLINGS IN AJARIAN BEECH FORESTS. <b>T.URUSHADZE, T.T.URUSHADZE, T.KVRIVISHVILI, R.KAXADZE</b>  | 278 |
| 17                                   | PECULIARITIES OF STRONGLY ERODED BROWN SOILS IN UPPER IMERETI REGION. <b>A.TKHELIDZE, D.KHOMASURIDZE, N.NIKOLEISHVILI</b>   | 282 |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 18 | THE CHEMICAL COMPOSITION OF SALINE AND ALKALINE SOILS OF ALAZANI VALLEY AMID THE MODERN CLIMATE CHANGE. <b>L.SHAVLIASHVILI, N.KARDAVA, B.KIRTAVA, N.KHARKHELI, S.KUBRIASHVILI, G.ROGAVA.</b>   | 285 |
| 19 | STABILITY PARAMETERS OF PHYTOCENOSIS UNDER EXTREME RADIATION AND TEMPERATURE. <b>M. GOGEBASHVILI, N.IVANISHVILI, E. SALUKVADZE.</b>  | 290 |
| 20 | FOREST RESOURCES OF SOUTH GEORGIA. <b>M.KAISHAURI</b>  | 294 |
| 21 | NUMERICAL SIMULATION OF THE POSSIBLE POLLUTION OF THE CAUCASION REGION IN CASE OF THE HYPOTHETICAL EMISION OF 131I ON THE ARMENIAN NUCLEAR POWER PLANT. <b>A.SURMAVA, L.INTSKIRVELI, N.GIGAURI, S.GIORGADZE, G.KVINIKADZE, A.MELIA</b> | 299 |
| 22 | NUMERICAL MODELLING OF SOME ECOLOGICALLY ACTUAL PROBLEMS OF MESOMETEOROLOGY. <b>G.GELADZE, N.BEGALISHVILI, N.N.BEGALISHVILI</b>  | 303 |
| 23 | MODERN ECOLOGICAL ASPECTS OF ENSURING SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT OF GEORGIA. <b>Z.SVANIDZE, G.GUNIA</b>  | 310 |
| 24 | PROBLEMS OF POPULATION CAUSED BY AN ECOLOGICAL CONDITION OF INDUSTRIAL ZONES (ON AN EXAMPLE OF KASPI). <b>G.G.MELADZE</b>  | 316 |
| 25 | PRODUCTION OF LOW-COST AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY AGRICULTURAL PRODUCTS. <b>V.TALAKVADZE</b>   | 320 |
| 26 | EFFECTIVENESS OF TREATMENT WITH OZONATED WATER ARTIFICIAL FISH NURSERIES. <b>V.TALAKVADZE</b>  | 323 |

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

| <b>МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ</b> |   |     |
|------------------------------------|---|-----|
| 1                                  | ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРОГРАФИЧЕСКИ ВОЗМУЩЕННОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ТРОПОСФЕРЕ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ФОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ. <b>ДЕМЕТРАШВИЛИ Д.И., ДАВИТАШВИЛИ Т.П.</b>  | 13  |
| 2                                  | ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЛОКАЛЬНЫХ АТМОСФЕРНЫХ “ФЕНОМЕНАЛЬНЫХ” ЯВЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДАМИ ГИДРОТЕРМОДИНАМИКИ. <b>ХВЕДЕЛИДZE З.В., ДАВИТАШВИЛИ Т.П., САМХАРАZE И.Н.</b>  | 16  |
| 3                                  | ЦИКЛОНЫ И АНТИЦИКЛОНЫ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ. <b>БАЯНКИНА Т.М., ВОСКРЕСЕНСКАЯ Е.Н., КОВАЛЕНКО О.Ю., МАСЛОВА В.Н.</b>   | 21  |
| 4                                  | ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ КАК ПОСЛЕДСТВИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ. <b>АББАСОВА М.А.</b>   | 26  |
| 5                                  | СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ГРУЗИИ. <b>ЭЛИЗБАРАШВИЛИ Э.Ш., ТАТИШВИЛИ М.Р., ЭЛИЗБАРАШВИЛИ М.Э., МЕСХИЯ Р.Ш., ЭЛИЗБАРАШВИЛИ Ш. Э.</b>   | 28  |
| 6                                  | ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ. <b>МЕЛКОНЯН Г.А., ОВСЕПЯН А.Р., ИРИЦЯН А.Р., ХАЛАТЯН Е.С., ГЕВОРГЯН А.М.</b>  | 32  |
| 7                                  | КЛИМАТ И ПРИЧИНЫ ЕГО ИЗМЕНЧИВОСТИ. <b>ТАТИШВИЛИ М.Р., БОЛАШВИЛИ Н.Р., МКУРНАЛИДZE И.П.</b>  | 37  |
| 8                                  | АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ. <b>МАХМУДОВ Р.Н</b>   | 37  |
| 9                                  | ОЦЕНКА РИСКА ЭКСТРЕМАЛЬНО ОБИЛЬНЫХ ОСАДКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИХ РЕЖИМНЫХ ДАННЫХ. <b>БЕГАЛИШВИЛИ Н.А., БЕРИТАШВИЛИ Б.Ш., ЦИЦАДZE Т.Н., БЕГАЛИШВИЛИ Н.Н., МДИВАНИ С.Г., ЦИЦАДZE Н.Т.</b>   | 42  |
| 10                                 | РЕЖИМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ИМЕРЕТИИ НА ФОНЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА. <b>МИКАУТАDZE Д.К., КВАБЗИРАDZE М.Н.</b>  | 46  |
| 11                                 | ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI СТОЛЕТИЙ. <b>САФАРОВ С. Г., МАХМУДОВ Р.Н.</b>  | 50  |
| 12                                 | К ОЦЕНКЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ГАРЕ КАХЕТИ. <b>БЕРИТАШВИЛИ Б. Ш., КАПАНАDZE Н. И.</b>  | 54  |
| 13                                 | СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОЖИДАЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ И САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ДО 2056 ГОДА. <b>АМИРАНАШВИЛИ А.Г., КАРТВЕЛИШВИЛИ Л.Г., ТРОФИМЕНКО Л.Т., ХУРОDZE Т.В.</b>  | 58  |
| 14                                 | ИЗМЕНЕНИЕ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО И МАЛОГО КАВКАЗА В КОНЦЕ XX ВЕКА (В ПРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ). <b>МАХМУДОВ Р.Н., САФАРОВ С.Г., СУЛЕЙМАНОВ М.Ф., САФАРОВ А.С., ГУСЕЙНОВ Г.М.</b>  | 63  |
| 15                                 | СЕЗОННЫЙ СДВИГ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА. <b>ТАВАРТКИЛАDZE К.А., МУМЛАDZE Д.Г., ЛОМИDZE Н.</b>  | 68  |
| 16                                 | ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ТЕРРИТОРИИ ИМЕРЕТИ. <b>САМУКАШВИЛИ Р.Д., ДИАСАМИDZE Ц.О.</b>  | 75  |
| 17                                 | ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ГРУЗИИ ПО ДАННЫМ СЕТОЧНЫХ МАССИВОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ЗА ПЕРИОД 1936-2008 ГОДЫ. <b>ЭЛИЗБАРАШВИЛИ Э.Ш., ТАТИШВИЛИ М.Р., ЭЛИЗБАРАШВИЛИ М.Э., ЭЛИЗБАРАШВИЛИ Ш.Э., МЕСХИЯ Р.Ш.</b> | 77  |
| 18                                 | ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА МЦХЕТА-МТИАНЕТИ. <b>МЕЛАDZE М.Г., МЕЛАDZE Г.Г.</b>   | 81  |
| 19                                 | СТРОИТЕЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ С УЧЕТОМ КОМПЛЕКСНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК. <b>КАРТВЕЛИШВИЛИ Л.Г., МКУРНАЛИDZE И.П., МЕГРЕЛИDZE Л., ШАВИШВИЛИ Н.Г.</b>   | 85  |
| 20                                 | РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С УЧЕТОМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ. <b>МЕЛАDZE Г.Г., МЕЛАDZE М.Г.</b>   | 91  |
| 21                                 | СУБМИКРОННЫЕ АЭРОЗОЛИ В АТМОСФЕРЕ ТБИЛИСИ. <b>БЛИАDZE Т.Г., КИРКИТАDZE Д.Д., НИКИФОРОВ Г.В., ЧАНКВЕТАDZE А.Ш.</b>   | 95  |
| 22                                 | ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В ТБИЛИСИ В 1984-2012 ГГ. <b>ХАРЧИЛАВА Д.Ф., ЧИХЛАDZE В.А., ЧОЧИШВИЛИ К.М., ЧХАИDZE Г.П.</b>   | 100 |
| 23                                 | НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕГКИХ ИОНОВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ВОЗДУХА ГОРОДА ТБИЛИСИ В 2010-2011 ГГ. <b>БЛИАDZE Т.Г., КИРКИТАDZE Д.Д., НИКИФОРОВ Г.В., ЧАНКВЕТАDZE А.Ш.</b>  | 104 |
| 24                                 | НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАМОРОЗКОВ В КАХЕТИ. <b>ВАЧНАDZE Д.И., ДИАСАМИDZE Ц.О.</b>  | 109 |
| 25                                 | ВЫБОР АЭРОЗОЛЯ ДЛЯ БОРЬБЫ С РАДИАЦИОННЫМИ ЗАМОРОЗКАМИ. <b>АБШАЕВ М.Т., АБШАЕВ А.М., МАЛКАРОВ Х.Ж., СОЗАЕВА Л.Т.</b>   | 114 |
| 26                                 | ТУМАН НА ТЕРРИТОРИИ ИМЕРЕТИ. <b>САМУКАШВИЛИ Р.Д.</b>  | 117 |
| 27                                 | ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ТУМАНА В РАЙОНЕ АБШЕРОНА И НЕФТЯНЫХ КАМНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ НАЗЕМНЫХ И АЭРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ. <b>САФАРОВ С.Г., ДЖУВАРОВ Р.П.</b>   | 121 |

|                                     |  |     |
|-------------------------------------|--|-----|
| 28                                  | АЭРОСИНОПТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В КАХЕТИИ ПРИ ГРОЗО - ГРАДОВЫХ ПРОЦЕССАХ. <b>ХАРЧИЛАВА Д.Ф., ЧИХЛАДЗЕ В.А., КАРТВЕЛИШВИЛИ Л.Г.</b>  | 125 |
| 29                                  | АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС «АСУ- МРЛ». <b>АБШАЕВ М.Т., АБШАЕВ А.М., СИРОТА Н.В., КОТЕЛЕВИЧ А.Ф.</b>  | 130 |
| 30                                  | ИССЛЕДОВАНИЯ Z-I ОТНОШЕНИИ ДЛЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛОГО ПЕРИОДА ГОДА ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ. <b>КАПАНАДЗЕ Н.И., ХЕЛАЯ Э.И., САЛУКВАДЗЕ М.Т., САЛУКВАДЗЕ Т.Г.</b>  | 136 |
| 31                                  | АНОМАЛЬНОЕ РАДИОЭХО ПРИ СУПЕРРЕФРАКЦИИ РАДИОВОЛН. <b>АБШАЕВ М.Т., АБШАЕВ А.М., ГЕРГОВ КОВ А.Х.</b>   | 139 |
| 32                                  | О НЕОБХОДИМОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ РАБОТ ПО ИСКУССТВЕННОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГРУЗИИ. <b>АМИРАНАШВИЛИ А.Г., БАХСОЛИАНИ М.Г., БЕГАЛИШВИЛИ Н.А., БЕРИТАШВИЛИ Б.Ш., РЕХВИАШВИЛИ Р.Г., ЦИНЦАДЗЕ Т.Н., ЧИТАНАВА Р.Б.</b>  | 144 |
| 33                                  | АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОВМЕСТНЫХ РАБОТ ИНСТИТУТОВ ГЕОФИЗИКИ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ В ОБЛАСТИ АТМОСФЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГРУЗИИ. <b>ГЛОНТИ Н.Я., ЦИНЦАДЗЕ Т.Н.</b>  | 153 |
| <b>ГИДРОЛОГИЯ</b>                   |  |     |
| 1                                   | МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ РЕК ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ, ИХ ДИНАМИКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ. <b>БАСИЛАШВИЛИ Ц.З.</b>  | 158 |
| 2                                   | ЛАВИНООПАСНЫЕ И ПОТЕНЦИОНАЛЬНО ЛАВИНООПАСНЫЕ РАЙОНЫ В ГРУЗИИ. <b>САЛУКВАДЗЕ М.Е., КОБАХИДЗЕ Н.Ш., ДЖИНЧАРАДЗЕ Г.А.</b>   | 163 |
| 3                                   | ПРОБЛЕМЫ И ОПЫТ ОЦЕНКИ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕФОРМИРУЮЩЕГО ВОДНОГО СТОКА. <b>ХЕРХЕУЛИДЗЕ Г.И.</b>  | 167 |
| 4                                   | СОЛНЕЧНО-ОБУСЛОВЛЕННАЯ КВАЗИДВАДЦАТИЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ В ВОДОСБОРЕ ДУНАЯ И ЕГО СТОКА. <b>ИВАНОВА В.А., ПРУСОВА А.В., СИЗОВА А.А.</b>  | 172 |
| 5                                   | ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗА ВОДНОСТИ РЕК НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАПАСОВ ГРУНТОВЫХ ВОД. <b>ЦОМАЯ В.Ш., ЧАРЕЛИ Л.Р., ПХАКАДЗЕ М.В., ЛАШАУРИ К.А., БЕГАЛИШВИЛИ Н.Н., ЦИНЦАДЗЕ Т.Н.</b>  | 178 |
| 6                                   | МАСШТАБНЫЕ НАВОДНЕНИЯ 2005 ГОДА НА РЕКАХ ГРУЗИИ И ПУТИ СМЯГЧЕНИЯ ОПАСНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ. <b>БАСИЛАШВИЛИ Ц.З., МЕСХИЯ Р.Ш.</b>   | 182 |
| 7                                   | ИССЛЕДОВАНИЕ КАВКАЗСКИХ ЛЕДНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ. <b>КОРДЗАХИЯ Г.И., ШЕНГЕЛИЯ Л.Д., ТВАУРИ Г.А.</b>  | 187 |
| 8                                   | ВЕКОВАЯ ДИНАМИКА ОЛЕДЕНЕНИЯ НА КАВКАЗЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ЛЕДНИКОВ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ. <b>ЦОМАЯ В.Ш., БЕГАЛИШВИЛИ Н.А., ЦИНЦАДЗЕ Т.Н., ЛАШАУРИ К., БЕГАЛИШВИЛИ Н.Н., ЦИНЦАДЗЕ Н.Т.</b>  | 191 |
| 9                                   | ИССЛЕДОВАНИЕ АРЕАЛА ОТДЕЛЬНЫХ ЛЕДНИКОВ БОЛЬШОГО КАВКАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА ИЗМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА. <b>ШЕНГЕЛИЯ Л.Д., ЧЕЛИДЗЕ Р.А., ТВАУРИ Г.А., ЦИГНАДЗЕ Б., МЕЛАДЗЕ Л., ХВЕДЕЛИДЗЕ Н., МАЦКЕПЛАДЗЕ Н., БЕРАДЗЕ Г.</b> | 198 |
| 10                                  | ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНОГО КАСПИЯ. <b>АЛЛАХВЕРДИЕВ З.С., РЗАЕВА С.А.</b>   | 202 |
| <b>ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b> |  |     |
| 1                                   | О МОНИТОРИНГЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПРИРОДНЫХ СРЕД РАЙОНОВ ИНТЕНСИВНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРУЗИИ. <b>СВАНИДЗЕ З.С., ГУНИЯ Г.С., СВАНИДЗЕ Л.С.</b>  | 207 |
| 2                                   | ДИНАМИКА АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ТБИЛИСИ И КИСЛОВОДСКЕ. <b>АМИРАНАШВИЛИ А.Г., ТАВАРТКИЛАДЗЕ К.А., КИРИЛЕНКО А.А., КОРТУНОВА З.В., ПОВОЛОЦКАЯ Н.П., СЕНИК И.А.</b>   | 212 |
| 3                                   | ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ВЛИЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ Г. ТБИЛИСИ. <b>ВАШАКМАДЗЕ Н.А., НАСКИДАШВИЛИ Н.Н., ШАВЛАДЗЕ Д.М., БЕГЛАРАШВИЛИ Н.Г.</b>  | 216 |
| 4                                   | УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАПАСОВ АТМОСФЕРНОГО УГЛЕРОДА (С-СО <sub>2</sub> ) В ДРЕВОСТОЯХ ПИХТЫ КАВКАЗСКОЙ (НА ПРИМЕРЕ БОРЖОМО-БАКУРИАНСКОГО РЕГИОНА). <b>НАКАИДЗЕ Е.Э., ЦЕРЕТЕЛИ Г.В., ВАЧНАДЗЕ Г.С., ТИГИНАШВИЛИ З.Т.</b>   | 220 |
| 5                                   | ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭМИССИИ МЕТАНА С ДЕЙСТВУЮЩЕЙ И НЕДЕЙСТВУЮЩИХ СВАЛОК Г. ТБИЛИСИ И ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. <b>ДВАЛИШВИЛИ Н., НАСКИДАШВИЛИ Н.</b>   | 224 |
| 6                                   | СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОСОСТАВА ДОЖДЕЙ ВЫПАДАЮЩИХ НА РАЗЛИЧНЫЕ РЕГИОНЫ АЗЕРБАЙДЖАНА. <b>БАЙРАМОВ Ш. П., ДАДАШОВА Ф.С.</b>  | 229 |
| 7                                   | КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭКОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОСНОВНЫХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК ГРУЗИИ. <b>БУАЧИДЗЕ Н.С., ИНЦКИРВЕЛИ Л.Н., КУЧАВА Г.П., БАКРАДЗЕ Е.М., БЕГЛАРАШВИЛИ Н.Г.</b>   | 232 |
| 8                                   | ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА Р. КУРА ПО ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ. <b>МДИВАНИ С.Г.</b>   | 238 |
| 9                                   | ОЦЕНКА ЭКОХИМИЧЕСКОГО СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОСНОВНЫХ ПРИТОКОВ Р. КУРА НА ТЕРРИТОРИИ Г. ТБИЛИСИ. <b>ДВАЛИШВИЛИ Н.Л., ТАБАТАДЗЕ М.Ш.</b>  | 241 |
| 10                                  | ИЗУЧЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ КОРОЛИСЦКАЛИ. <b>ВАРШАЛОМИДЗЕ Д.З. МУМЛАДЗЕ Н.Г. МУМЛАДЗЕ К.М.</b>  | 245 |
| 11                                  | ОСОБЕННОСТИ ВЫНОСА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ РЕКАМИ АЗЕРБАЙДЖАНА. <b>АБДУЕВ М.А.</b>   | 248 |
| 12                                  | ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИСКУССТВЕННОГО ВОДОЕМА В ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ АЛАЗАНСКОЙ ДОЛИНЫ. <b>ШАВЛИАШВИЛИ Л.У., КОРДЗАХИЯ Г.И., КУЧАВА Г.П., БУАЧИДЗЕ Н.С., БАКРАДЗЕ Е.М.</b>   | 253 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 13 | ЗАЩИТА КАЧЕСТВА ПРЕСНЫХ ВОД, В ОСОБЕННОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, ОТ НЕКОТОРЫХ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ. <b>ДИАКОНИДЗЕ Р.В., МАМАСАХЛИСИ Ж.Г., СУПАТАШВИЛИ Т.Л., ЛОРТКИПАНИДЗЕ П.Н.</b>   | 257 |
| 14 | ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ АММОНИЯ И БАЛАНС БИОГЕНОВ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ. <b>КУБРЯКОВА Е.А.</b>  | 262 |
| 15 | ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД БАЛАКЛАВСКОЙ БУХТЫ НА БАЗЕ ГИДРООПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ. <b>ЛОМАКИН П.Д., ПОПОВ М.А., ЧЕПЫЖЕНКО А.А.</b>   | 267 |
| 16 | ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В БУКНЯКАХ АДЖАРИИ. <b>УРУШАДЗЕ Т.Ф., УРУШАДЗЕ Т.Т., КВРИВИШВИЛИ Т.О., КАХАДЗЕ Р.Г.</b>  | 271 |
| 17 | ОСОБЕННОСТИ СИЛЬНО ЭРОДИРОВАННЫХ БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ВЕРХНЕЙ ИМЕРЕТИИ. <b>ТХЕЛИДЗЕ А.Т., ХОМАСУРИДЗЕ Д.Р., НИКОЛЕИШВИЛИ Н.Т.</b>  | 275 |
| 18 | ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗАСОЛЕННЫХ И СОЛОНЦЕВАТЫХ ПОЧВ АЛАЗАНСКОЙ ДОЛИНЫ НА ФОНЕ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА. <b>ШАВЛИАШВИЛИ Л.У., КАРДАВА Н.Л., КИРТАВА Б.З., ХАРХЕЛИ Н.Е., КУБРИАШВИЛИ С.В., РОГАВА Г.Г.</b>   | 278 |
| 19 | ПАРАМЕТРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ФИТОЦЕНОЗОВ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНОМ РЕЖИМЕ РАДИАЦИОННОГО И ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ. <b>ГОГЕБАШВИЛИ М.Э., ИВАНИШВИЛИ Н.И., САЛУКВАДЗЕ Е.Д.</b>   | 283 |
| 20 | ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ ЮЖНОЙ ГРУЗИИ. <b>КАЙШАУРИ М.Н.</b>   | 287 |
| 21 | ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА В СЛУЧАЕ ГИПОТЕТИЧЕСКОГО ВЫБРОСА <sup>131</sup> I НА АРМЯНСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ. <b>СУРМАВА А.А., ИНЦКИРВЕЛИ Л.Н., ГИГАУРИ Н.Г., ГИОРГАДЗЕ С.Г., КВИНИКАДЗЕ Г.Т., МЕЛИА А.О.</b> | 282 |
| 22 | ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ МЕЗОМЕТЕОРОЛОГИИ. <b>ГЕЛАДЗЕ Г.Ш., БЕГАЛИШВИЛИ Н.А., БЕГАЛИШВИЛИ Н.Н.</b>   | 296 |
| 23 | СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ГРУЗИИ. <b>ГУНИЯ Г.С., СВАНИДЗЕ З.С.</b>  | 303 |
| 24 | ПРОБЛЕМЫ НАСЕЛЕНИЯ ВЫЗВАННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ЗОН (НА ПРИМЕРЕ Г.КАСПИ). <b>МЕЛАДЗЕ Г.Г.</b>  | 309 |
| 25 | ПРОИЗВОДСТВО ДЕШЕВЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ АГРОПРОДУКТОВ. <b>ТАЛАКВАДЗЕ В.В.</b>  | 319 |
| 26 | ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОЗОНИРОВАННОЙ ВОДОЙ ИСКУССТВЕННЫХ РЫБОПИТОМНИКОВ. <b>ТАЛАКВАДЗЕ В.В.</b>  | 322 |

UDC 551.558.21:551.511.32

## NUMERICAL MODELING OF OROGRAPHICALLY DISTURBED AIR FLOW IN THE TROPOSPHERE IN CONDITIONS OF NONSTATIONARITY OF LARGE -SCALE BACKGROUND PROCESSES

**D.Demetrashvili, T.Davitashvili**

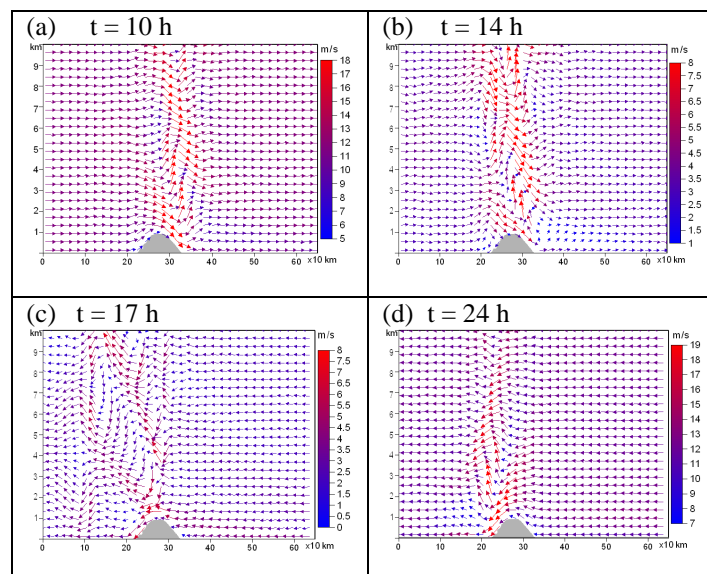
Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University

The formation of weather on the territory of Georgia is the result of joint action of large-scale synoptic and local processes. The classification of basic synoptic processes developed above the territory of Georgia and character of the weather caused by these processes are well investigated by the Georgian meteorologists [1, 2]. Among the local factors the complex relief of Georgia, which essentially deforms air flow of synoptic scales, is very impotent for spatial-temporal distribution of meteorological fields. Clearly, the question arises as to how the meso-scale flow over the complex terrain responds to the variability of large-scale processes. The theoretical investigation of this problem was partially performed in [3, 4] in the framework of the 2-D hydrostatic model. The main goal of this paper is to describe briefly some results of numerical experiments on simulation of meso-scale air flow over the complex terrain (in case of both the model and real relief of Georgia) in conditions of nonstationarity of large-scale background (synoptic) flow on the basis of a 3-D hydrostatic meso-scale numerical model [5].

In case of simulation of air flow over the isolated obstacle with height 1 km and diameter 150 km on a vertical in the troposphere 21 levels were taken with 46 x 66 grid points and grid step 10 km. The time step was  $\Delta t = 60$  s. In the numerical experiments with taken into consideration the real relief Caucasus the solution domain with horizontal sizes 830 x 690 km was covered with a grid having 30 levels on a vertical and 84 x 70 points on each horizons. The other parameters were the same as in the previous case.

In the numerical experiments the uniform undisturbed background flow was directed along the axis x. It arose at  $t = 0$  and within two hours reached 12 m/s. After  $t = 10$  h it was transformed during 12 hours and obtained opposite direction with speed  $U = -12$  m/s.

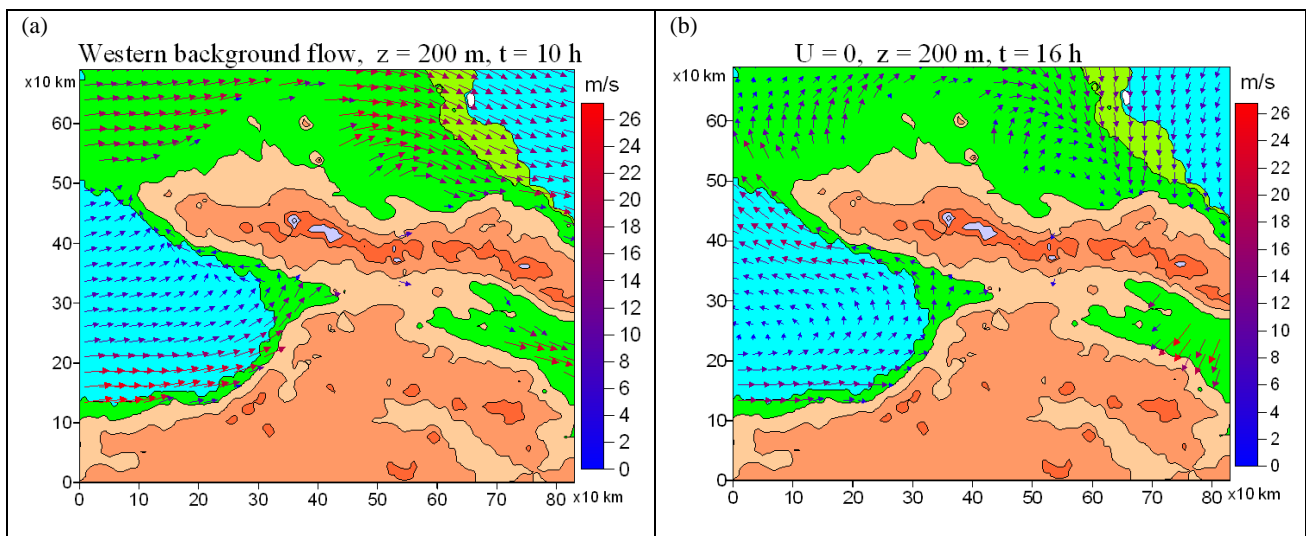
Fig.1, which illustrates transformation of a disturbed air flow in the vertical section  $zx$  passing through the centre of the obstacle under the nonstationary background flow, showed that during decreasing of speed of the background flow the meso-scale wave flow over the obstacle loses stability, its amplitudes gradually grow and transform in the vortical movement. Under influence of occurrence and amplification of the background opposite current the disorder meso-scale movement becomes ordered again and current of an opposite direction over the obstacle is gradually formed (Fig1d).



**Fig. 1. Transformation of the meso-scale flow in the vertical section.**  
 (a)-10 h, (b)- 14 h, (c) – 17 h, (d) – 24 h.

In Fig. 2 the disturbed flows above the Caucasus on height  $z = 200$  m (above the Black Sea level) are shown at  $t=10h$  and  $t=16h$ , when the western background flow transformed into the eastern flow. Above the Kolchis lowland

and the east part of the Black Sea tendency of generation of vortical formation is clearly observed (Fig.2b). Similarly to the isolated obstacle there is interesting phenomenon, when the disturbed meso-scale current exists in that case, when the background current is absent (Fig. 2b).



**Fig.2. Simulated current field above the Caucasus relief on  $z = 200$  m at following time moments: (a) – 10 h, (b) – 16 h**

**ლიტერატურა - ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES**

1. Gigineishvili V. M., Napetvaridze E. A., Papinashvili K. I. The main types of synoptic processes in Transcaucasia. Proceed. of TbilNIGMI, issue 01, 1954, p 3-28 (in Russian).
2. Javakhishvili Sh. Atmospheric precipitations on the territory of Georgia. Tbilisi, 1981, 182 p (in Georgian).
3. Demetrashvili D. I. A nonstationary problem of meso-scale processes in the free atmosphere over orographically inhomogeneous Earth's surface, Izv. AN USSR, Atmospheric and Oceanic Physics, 1979, t.15, N 7, p.609-709 (in Russian).
4. Demetrashvili D. I., Pushistov P. Yu. On influence of nonstationarity of the background flow on air motion in the free atmosphere over mountains, Trudy Zap.Cib. NII, 55, p. 793-803 (in Russian).
5. Demetrashvili D. I. A nonstationary three-dimensional problem of mesoscale processes over orographically inhomogeneous Earth's surface. International workshop on limited-area and variable resolution models (Beijing, China, 23-27 October, 1995), WMO/TD – N 699, pp.293- 298.

შპს 551.558.21:551.511.32

ორგანიზაციულად შეფუთიებული ჰაერის დინების რიცხვითი მოდელირება ტროპოსფეროში ფონური დინების არასტაციონარულობის პირობებში/ დ.დემეტრაშვილი, თ.დავითაშვილი/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.14-16-ინგლ., რუს. ქართ., ინგლ., რუს.

3-განზომილებიანი ჰიდროსტატიკური რიცხვითი მოდელის საფუძველზე გამოკვლეულია ჰაერის მეზომასტაბური დინების სტრუქტურა ტროპოსფეროში ფონური შეუშფოთებელი დინების არასტაციონარულობის პირობებში მოდელური განმსოლოებული მთისა და კავკასიის რეალური რელიეფის შემთხვევაში. გამოთვლებმა აჩვენა, რომ შეუშფოთებელი დინების არასტაციონარულობას შეუძლია მნიშვნელოვნად შეცვალოს ჰაერის დინების სტრუქტურა მთიანი რელიეფის ზემოთ.

UDC 551.558.21:551.511.32

**NUMERICAL MODELING OF OROGRAPHICALLY DISTURBED AIR FLOW IN THE TROPOSPHERE IN CONDITIONS OF NONSTATIONARITY OF LARGE –SCALE BACKGROUND PROCESSES** /D.Demetrashvili, T.Davita-shvili/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.14-16- Eng.; Summ. Georg., Eng., Russ

The structure of meso-scale air flow in the troposphere over the isolated model obstacle and real relief of Caucasus is investigated in conditions of nonstationarity of background undisturbed flow on the base of the 3-D hydrostatic numerical model. Calculations have shown that the non-stationary character of the undisturbed air flow can considerably change the structure of air flow above the mountain relief.

УДК 551.558.21:551.511.32

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРОГРАФИЧЕСКИ ВОЗМУЩЕННОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ТРОПОСФЕРЕ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ФОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ**/ Д. Деметрашвили, Т.Давиташвили/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. - 2013.-т.119.-с.14-16 - Англ., Рез. Груз., Англ., Рус.

На основе 3-х мерной гидростатической численной модели исследуется структура мезомасштабного воздушного течения в тропосфере в условиях нестационарности фонового невозмущенного потока в случае изолированного модельного препятствия и реального рельефа Кавказа. Расчеты показали, что нестационарность невозмущенного воздушного потока может значительно изменить структуру воздушного потока над горным рельефом.



უაკ 551.509

## ზოგიერთი ლოკალურ-„ფენომენური“ ატმოსფერული მოვლენის შესწავლა ჰიდროთერმოდინამიკური მიდგომით

ზ.ხვედელიძე, თ.დავითაშვილი, ი.სამხარაძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი.

### შესავალი

დედამიწის ატმოსფეროში, მცირე ფართის ტერიტორიაზე, ხშირად მიმდინარეობს არაპერიოდული არაორდინალური პროცესები. ამ პროცესებს თან ახლავს არასასურველი მოვლენები ადამიანთა მსხვერპლით დამთავრებულიც კი. აღნიშნულ მოვლენებს მიეკუთვნება: ქარბორბალა, ადგილობრივი ქარები, მიწისპირა ფენაში წარმოშობილი სხვადასხვა ბუნების აღმავალი დინებები, ლოკალური ადგილები სადაც მუდმივად დაიკვირვება ე.წ. გეოფიზიკური „ფენომენური“ მოვლენები (დავით გარეჯის ტაფობი, სურამის ზეგანი, არაგვის და თერგის ხეობები). ეს მოვლენები დიდ გავლენას ახდენს ამინდზე და კლიმატზე, ამიტომ მათ შესწავლას უდიდესი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

### ამოცანის დასმა

დედამიწის ატმოსფეროში მიმდინარე სხვადასხვა ბუნების მოვლენებიდან განსაკუთრებით საინტერესოა ქარის ველში ბრუნვითი გრივალეების შესწავლა. ამგვარი გლობალური და რეგიონალური მასშტაბის პროცესები სულ უფროდაუფრო ხშირდება და აქტიურდება ბოლო ათწლეულებში. ამ მოვლენის თეორია საკმარისად არის დამუშავებული [1-3], მაგრამ ლოკალური ტერიტორიის თავისებურებების გათვალისწინება, ყოველი ცალკეული შემთხვევისათვის მოითხოვს დამატებითი ფაქტორების გავლენის შესწავლას. მაგალითად, საქართველოს ტერიტორიისათვის აუცილებელია გამოკვლეული იქნას გრივალის რელიეფზე, ჰორიზონტისადმი დახრის კუთხეზე და მიწისპირა ფენის თერმულ არაერთგვაროვნებაზე დამოკიდებულება. ამ ნაშრომში აღნიშნული მოვლენის შესწავლისათვის ვიყენებთ ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებებს ეილერისა და ლამბა-გრომეკოს ფორმით. შესაბამისი საწყისი და სასაზღვრო პირობებით [1,3]. განვიხილოთ საქართველოს ტერიტორიის ცალკეულ რეგიონებზე დაკვირვებული განსაკუთრებული მოვლენები.

ა) დავით გარეჯის ტაფობის „ფენომენი“.

დავით გარეჯის მიდამოში შეიმჩნევა განსაკუთრებული პროცესები: კერძოდ, ტაფობში მთელი წლის განმავლობაში დაიკვირვება უნაღვექობა, მიუხედავად იმისა, რომ ტაფობის გარშემო ამაღლებულ შემოგარენზე შეიძლება თავსება წვიმა იყოს, ჰაერის მაღალი ტემპერატურა, ქარის მუდმივი ქროლვა ტაფობიდან გარეუბნისაკენ, მთებზე ტაფობის გარშემო თბილი და გრილი მასების შემოდინება და ხშირად გროვა-საწვიმარი ღრუბლების წარმოშობა. ტაფობის გეოლოგიური სტრუქტურიდან გამომდინარე ჰაერის ქვედა ფენებში მაღალია ტემპერატურა, რაც განაპირობებს აღმავალი დინების გაძლიერებას, ეს დინება სიმაღლის მიხედვით წარიტაცება შედარებით დაბალი ტემპერატურის მქონე პერიფერიისაკენ. ამ მოვლენების თეორიული ახსნისათვის ვისარგებლოთ ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში მოქმედი განტოლებათა სისტემით, სადაც ზემოთ აღნიშნული მიზეზის გამო გადამწყვეტია ქარის სიჩქარის ვერტიკალური მდგენელი [3-6]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + k \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + k \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}, \quad (2)$$

სადაც  $t$  არის დრო;  $ox$  და  $oz$  ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ღერძებია,  $u$ ,  $v$  და  $w$  სიჩქარის მდგენელებია შესაბამის ღერძებზე,  $\rho$  – სიმკვრივეა,  $p$  – წნევა,  $k$  – ტურბულენტობის კოეფიციენტი. ვინაიდან პროცესის ხანგრძლივობა მცირეა, ამიტომ შეიძლება მივიჩნიოთ იგი სტაციონალურად. თუ (1) განტოლებას გავაწარმოებთ  $z$ -ით, (2)–ს კი  $x$ -ით და გამოვაკლებთ, სიჩქარის გრივალის  $x$  მდგენელისათვის მივიღებთ შემდეგ განტოლებას:

$$k \frac{\partial^2 \Omega}{\partial z^2} - w \frac{\partial \Omega}{\partial z} = 0, \quad (3)$$

სადაც  $\Omega$ -სინქარის გრიგალია.

(1),(2)-ის ამოხსნისათვის  $z$ -ის მიმართ უნდა შესრულდეს შემდეგი სასაზღვრო პირობები: როცა  $z=h$  (მიწისპირა ფენის სიმაღლე), ქარის სინქარის გრიგალის  $\Omega$  მნიშვნელობა უტოლდება დინამიკური სინქარის ვერტიკალურ გრადიენტს  $\Omega = gradV^*$ , სადაც  $V^*$  არის დინამიკური სინქარე და ასეთი მიდგომა შესრულებულია პირველად.

როცა  $z \rightarrow \infty$ ,  $\Omega$ -შემოსახლვრულია. ამ პირობებით (1)-(2)-ის ამონახსნს აქვს შემდეგი სახე:

$$\Omega_x = gradV^* e^{\frac{w}{k}z}, \quad (4)$$

ამრიგად მივიღეთ, რომ  $\Omega_x$  სიმაღლის მიხედვით ექსპონენციალურად იზრდება. მიუხედავად იმისა, რომ  $\frac{w}{k}$  -მცირეა ( $10^{-5}$  რიგისაა),  $\Omega_x$  მაინც მკვეთრად იზრდება და მისი ბუნებიდან გამომდინარე იწვევს ნაკადის შიგნიდან (ტაფობიდან) ზემოთ და გარეთ გამოდინებას. ეს ფაქტი კი ამართლებს მითითებულ თავისებურებებს. ის გარემოება, რომ გრიგალი პროპორციულადაა დამოკიდებული დინამიკურ სინქარეზე განაპირობებს ოროგრაფიული და სითბური ფაქტორების გავლენას.  $h$ - სიმაღლის ზემოთ ქარი ხდება გეოსტროფიული, ე.ი.  $\Omega_x = \alpha \Delta p$  ( $\Delta$  –ბრტყელი ლაპლასიანია, გამოდის, რომ ქარის სინქარის ზრდა  $\Omega_x > 0$  იწვევს წნევის გრადიენტის  $\Delta p > 0$  მატებას ისე, რომ მაქსიმალური მნიშვნელობა ტაფობის შიგნითაა. ასეთი სიტუაცია ხელს უშლის ღრუბლების წარმოშობას ტაფობში და ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ღრუბლებისათვის გარეუბნებზე. ბუნებრივია, ნალექების განაწილებაც შესაბამისად განხორციელდება. ამრიგად, მითითებული თავისებურებანი თეორიულად დასაბუთებულია.

### სურამის ზეგანის ფაქტორი

როგორც ცნობილია, საქართველოს ტერიტორიაზე ძირითადად გაბატონებულია დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ატმოსფერული პროცესები. საქართველოს ტერიტორიაზე სურამის ქედი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან შემოჭრილი ატმოსფერული ნაკადების მოძრაობაზე. ცნობილია, რომ ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში, თითქმის სიბლანტის დამოუკიდებლად, ჰაერის ნაკადის წინააღმდეგობის გარსდენისას ჰაერის ნაწილაკები მოძრაობენ უფრო ნელა, ვიდრე აღნიშნული ფენის გარეთ. გარკვეულ სიტუაციაში ამას მივყავართ გამყოფი „ზედაპირის“ წარმოქმნასთან და ამ უკანასკნელთან გრიგალის ჩასახვასთან. მართლაც, ნაკადებში წნევათა სხვაობა ზრდის ან ამცირებს (შემოჭრილი სიტუაციის მიხედვით) ნაკადის სინქარეს. როცა წნევა გარეგან ნაკადში მოძრაობის მიმართულებით მცირდება, მაშინ ფენის შიგა ნაწილაკები მიჰყვებიან გარეგან ნაკადს და ხახუნის მიუხედავად აგრძელებენ მოძრაობას შემხვედრი წინაღობის გასწვრივ. როცა წნევა გარეგან ნაკადში იზრდება მოძრაობის მიმართულებით, მაშინ წნევათა სხვაობა ანელებს გარეგან ნაკადს, ე.ი. გარეგან ნაკადში ნაწილაკი მოძრაობს შენელებულად, ვიდრე შინაგან ნაკადში. შეიძლება შინაგანმა ნაწილაკებმა მოძრაობა შეაჩერონ და ამოძრავდენ საპირისპირო მიმართულებით. ამრიგად, გარსმდენი სხეულის ზედაპირის უკუ მოძრაობა, მიუხედავად იმისა, რომ გარეგანი ნაკადი აგრძელებს წინ მოძრაობას. ახალი ნაკადის შემოდინება ამ პროცესს აძლიერებს და პროცესი გრძელდება მანამ, სანამ არ წარმოიქმნება ჩახვეულობა მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით. თუ დინების სინქარე კლებულობს ნაკადის მოძრაობის მიმართულებით, მაშინ სასაზღვრო ფენაში აღიძვრება უკუმოძრაობა, რომელიც მნიშვნელოვნად აჩერებს გარე ნაკადს და წარმოქმნის გრიგალს. ამრიგად, სურამის ზეგანზე დასავლეთიდან ციკლონური შემოჭრისას  $\Delta p > 0$  იზრდება ქარის სინქარე ნაკადის შიგა არეში და შეხვედრა რა ქედს მოხდება სინქარის შემცირება და შემობრუნება უკან [6]. ანტიციკლონური შემოჭრისას პროცესი წარმართება შებრუნებით და მოხდება ქედზე გადადინების გაძლიერება. სწორედ ასეთი შედეგები დაიკვირვება ყოველდღიურ პრაქტიკაში. ასეთივე მიდგომით აიხსნება ადგილობრივი ქარების არსებობა, მთა-ხეობებსა და მდინარეთა სანაპირო მიდამოებში, რომლითაც განებივრებულია საქართველო. ქსპედიციურმა დაკვირვებებმა დუშეთის რაიონში, არაგვსა და ცაიშის ხეობაში აჩვენეს, რომ ქარის სინქარე იზრდება სიმაღლის ზრდით 3-3,5 მ/წმ-მდე; მაქსიმუმს აღწევს 250-300 მ-ზე და გარკვეულ სიმაღლეზე იცვლის მიმართულებას. მოყვანილი რიცხვითი მნიშვნელობები დამოკიდებულია მეტეოროლოგიურ სიტუაციაზე და იზრდება არამდგრადობის გაზრდით,

დრუბლიანობის მომატებით, ციკლონის მოახლოებით. ყოველივე ეს მოყვანილ თეორიაში კარგად თავსდება [2].

**ქარბორბალა მცირე სიმაღლის მქონე მთა-გორიან ტერიტორიაზე**

განვიხილოთ ჰაერის მასის დიდი სიჩქარით (20 მ/წმ და მეტი) დინება წრიული ცილინდრის ფორმის გარემოში, რომელიც ბრუნავს მუდმივი  $w$  კუთხური სიჩქარით. დავეუშვათ, რომ ოროგრაფიული პირობებით ბრუნვის ღერძი კი არ არის ვერტიკალური, როგორც ეს საერთოდ არის მიღებული, არამედ ჰორიზონტისადმი  $\varphi$  კუთხით არის დახრილი (კუთხე აითვლება ღერძიდან პერიფერიისაკენ). რელიეფის გავლენის გათვალისწინება ხდება ვერტიკალური კოორდინატის გარდაქმნით [4,5]. იმის გათვალისწინებით, რომ პროცესები სწრაფად ვითარდება – მოვლენები ითვლება სტაციონალურად. შესაბამისი განტოლებათა სისტემა შემდეგი სახით ჩაიწერება[1-5].

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}, \tag{5}$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}, \tag{6}$$

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z_1} - g, \tag{7}$$

სადაც  $g$  თავისუფალი ვარდნის აჩქარებაა,  $oz_1$  ცილინდრის ბრუნვის ღერძია. მოვლენის მცირე დროში არსებობისას (რამოდენიმე ათეული წუთი) მასათა დეფორმაციას ადგილი არ აქვს და ხდება მხოლოდ ბრუნვა [1], მაშინ ვისარგებლოთ შემდეგი ცნობილი დამოკიდებულებით [6]:

$$u = -\omega \sin \varphi y, v = \omega \sin \varphi x, \tag{8}$$

(8)-ის გათვალისწინებით (5)-(7) ასე გადაიწერება:

$$\omega^2 \sin^2 \varphi x = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}, \tag{9}$$

$$\omega^2 \sin^2 \varphi y = \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}, \tag{10}$$

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = g, \tag{11}$$

გავამრავლოთ (5)-(7) განტოლებები შესაბამისად  $dx, dy, dz$ -ზე და შევკრიბოთ, გვექნება:

$$p + \gamma z_1 = \frac{\rho \omega^2}{2} r^2 \sin^2 \varphi + c, \tag{12}$$

სადაც  $r^2 = x^2 + y^2$ ,  $\gamma = g\rho$ ,  $c$  – მუდმივა ნაკადის გეომეტრიით განისაზღვრება. კერძოდ, მივიღოთ, რომ ნაკადის პერიფერიაში წნევა საზღვარზე შიგნიდან და გარედან ტოლია, მაშინ ეილერის განტოლების საფუძველზე ვწერთ[1,4]:

$$c = p_\infty - \frac{\rho G^2}{8\pi^2 r_0^2} - \frac{\rho \omega^2}{2} r_0^2 \sin^2 \varphi \tag{13}$$

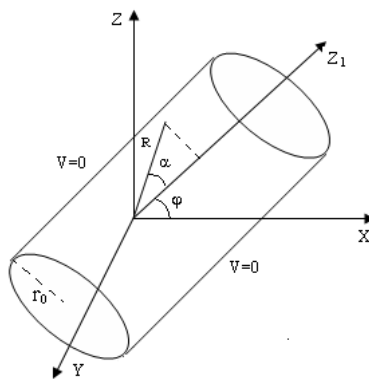
სადაც  $p_\infty$  წნევაა უსასრულოებაში, პრაქტიკულად ცილინდრის საზღვარზე, სადაც სიჩქარე ნულია.  $G = 2\pi R\omega$  – სიჩქარის ცირკულაციაა. ამრიგად (12) და (13) გვაძლევს:

$$p + \gamma z_1 - p_\infty = \frac{\rho \omega^2}{2} \sin^2 \varphi (r^2 - r_0^2) - \frac{\rho \omega^2}{2} r_0^2, \tag{14}$$

აქედან კარგად ჩანს, რომ წნევა მცირდება ბრუნვის ღერძისაკენ და მინიმალურია ღერძის გასწვრივ. ამიტომ ხდება ქარბორბალაში გარედან წატაცება და შიგნით ბრუნვა დიდი სიჩქარით. ფიზიკური რელიეფის გათვალისწინებით [4] გვაქვს:

$$p + \gamma dz_1^1 = \frac{\rho \omega^2}{2} r^2 \sin^2 \varphi + c \tag{15}$$

გამოდის, რომ რელიეფის გავლენით წნევა იზრდება რელიეფის ფარდობითი სიმაღლის  $d = \frac{H}{H-\xi(x,y)}$  პროპორციულად [1,4]. გამოვსახოთ  $r$  გრიგალის ჩასახვის წერტილიდან (სათავიდან) მოცემულ წერტილამდე  $R$  მანძილით (იხ. ნახ. 1.),  $r = R \sin \alpha$ , სადაც  $\alpha$  არის კუთხე გრიგალის ბრუნვის ღერძსა და  $R$  მიმართულებას შორის. ეს კუთხე დამოკიდებულია რელიეფის ჰორიზონტისადმი დახრის სიდიდეზე.



ნახ. 1

აღნიშნულის გათვალისწინებით (15) ასე გადაიწერება:

$$p + \gamma dz_1^1 = \frac{\rho \omega^2}{2} R^2 \sin^2 \alpha \sin^2 \varphi + c. \quad (16)$$

აღმოჩნდა, რომ წნევა მინიმალურია გრიგალის ცენტრში, იზრდება მანძილის პროპორციულად და მოიცავს  $\pi R^2 \sin^2 \alpha$  ფართს. მიღებული შედეგები კარგად ხსნის დაკვირვებულ მოვლენებს და თეორიულად მიღებულია პირველად.

**დასკვნები:**

- ა) დამტკიცებულია, რომ ქარის გრიგალურ ველში წნევა იზრდება ბრუნვის ღერძიდან მანძილის კვადრატის პროპორციულად, მაქსიმალურია პერიფერიაში და მინიმალური ბრუნვის ღერძის გასწვრივ;
- ბ) ჰაერის ნაკადის დინების მიმართულებით წინააღმდეგობის შესხვედრისას ადგილი აქვს ჩახვეულობების (გრიგალური) წარმოქმნას და ნაკადის შემობრუნებას ან გარსდენის გაძლიერებას მეტეოროლოგიური სიტუაციის მიხედვით;
- გ) თეორიულად დასაბუთებულია დავით გარეჯის ტაფობის თავისებურებანი.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. ზ. ხვედელიძე „დინამიკური მეტეოროლოგია“ თსუ გამომცემლობა, 2002წ.გვ.535.
2. А.Хргиан. Физика атмосферы, том 2, Л., Гидрометиздат 1978 с 315.
3. Л. Гандин, Д .Лайхтман, Л.Матвеев, М.Юдин. Основы динамической метеорологии. Л., Гидрометиздат, 1955г. с.639.
4. З .Хведелидзе, Т. Шаламверидзе, Е. Тагвадзе „Изучение вихревых полей ветра на горной территории“. Экологические системы и приворы, М., 2009, с.41-46.
5. ზ. ხვედელიძე, დ. ჯანაზაშვილი, რეგიონალური ატმოსფერული პროცესების „მადონური“ ბუნების შესახებ ლოკალური რელიეფის გავლენის გათვალისწინებით, ქესუ „ფიზიკა“№1(5), 2011წ.გვ.104-112.
6. Z.Khvedelidze, T.Davitashvili, I.Samkharadze “Mathematical Modelling of the hydro-dynamical flows in a narrow canals with compound bottom”, Journal “Ecology and Appliances” Moscow, Russia, No.5, pp. 60-66, 2007.

უაკ 551.509

**ზოგიერთი ლოკალურ „ფენომენური“ ატმოსფერული მოვლენის შესავალა ჰიდროთერმოდინამიკური მიღებით/** ხვედელიძე ზ., დავითაშვილი თ., სამხარაძე ი/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.17-21-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს. დედაშიწის ატმოსფეროში, ხშირად დაიკვირვება, მცირე ტერიტორიაზე განვითარებული არაპერიოდული არაორდინალური ატმოსფერული პროცესები. ამ პროცესებს თან სდევს მატერიალური ზარალი და ადამიანის მსხვერპლიც კი. აღნიშნულ მოვლენებს მიეკუთვნება: ქარბორბალა; მიკრორელიეფური ადგილობრივი ქარები; ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში წარმოშობილი სხვადასხვა ბუნების აღმავალი დინებები და ლოკალურ რეგიონზე თითქმის მუდმივად არსებული გეოფიზიკური „ფენომენები“. საქართველოს ტერიტორიაზე ასეთი „ფენომენები“ დავით გარეჯის ტაფობზე და სურამის პლატოზე დაიკვირვება. სტატიაში ჰიდროთერმოდინამიკის კანონების საფუძველზე მოყვანილია აღნიშნული

მოვლენების ასხნა. დღემდე ასეთი მიდგომა და გაკეთებული დასკვნები ცნობილი არ არის. კერძოდ დამტკიცებულ იქნა, რომ ქარის გრიგალურ ველში წნევა იზრდება რელიეფის სიმაღლის პროპორციულად და იმ კუთხის ზრდით, რომელსაც ნაკადის ბრუნვის დერძი ადგენს ვერტიკალურ მიმართულებასთან. მიღებულია, რომ ქარის სიქარის გრიგალის ვერტიკალური მდგენელი სიმაღლის მიხედვით იზრდება ექსპონენციალურად. ასეთი დამოკიდებულებით აიხსნება მითითებული მოვლენების თავისებურებანი. მიღებულ შედეგებს აქვთ, როგორც თეორიული, ასევე პრაქტიკული მნიშვნელობა.

UDC 551.509

**STUDY OF SOME LOCAL ATMOSPHERIC “PHENOMENAL” EVENTS BY HYDROTHERMODYNAMIC APPROACH** / Z.Khvedelidze, T.Davitashvili, I.Samkharadze / Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.17-21 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.

In the Earth atmosphere there are often observed non-periodical, non-ordinary air phenomenal events which are accompanying with material and even human damage. Such kind atmosphere phenomenal events may be: powerful wind vortex, strong local micro-orographic winds, different arising air currents in the atmosphere lower boundary layer and constantly dominated some regional geophysical “phenomenal” events. Over the territory of Georgia such kind of “phenomenal” events are observed over David Gareji depression and Surrami mountain plateau. In the present article on the bases of the hydrothermodynamic laws above mentioned phenomena is investigated. Namely it was proved that pressure in the wind vortex is arising proportionally with relief altitude and enlarged with augmentation of the angle between wind vortex axes and vertical direction. Also it was obtained that vertical component of the wind vortex was arising with altitude and it has exponential character. Obtained results are new and have as theoretical as well practical values.

УДК 551.509АА

**ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЛОКАЛЬНЫХ АТМОСФЕРНЫХ “ФЕНОМЕНАЛЬНЫХ” ЯВЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДАМИ ГИДРОТЕРМОДИНАМИКИ**/ З. Хведелидзе, Т. Давиташвили, И. Самхарадзе/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета.-2013.-т.119.-с.17-21-Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.

В атмосфере Земли часто наблюдаются неперидические, неординарные явления, которые сопровождаются с материальными и даже человеческими жертвами. Среди таких явлений можно перечислить: мощные атмосферные вихри, локальные микрорельефные ветры, восходящие потоки, имеющие различную природу зарождения и постоянно действующие геофизические “феномены” свойственные для данного региона. Такие “феномены” на территориях Грузии можно наблюдать над впадиной Давид Гареджи и Сурами плоскогорьем. В настоящей статье методами гидротермодинамики дается объяснение происхождению таких явлений. А именно было доказано, что давление в поле вихря ветра растет пропорционально высоте рельефа и по увеличению угла между осью вращения потока и вертикального направления. Также получено, что вертикальная составляющая вихря скорости ветра растет экспоненциально по высоте. Предлагаемый подход и полученные результаты имеют новизну и представляют как теоретическую так и практическую ценность.

УДК: 551.582, 551.589.1

## ЦИКЛОНЫ И АНТИЦИКЛОНЫ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

Баянкина Т.М., Воскресенская Е.Н., Коваленко О.Ю., Маслова В.Н.  
Морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь

**Введение.** Важность изучения активности синоптических вихрей (циклонов и антициклонов) в Черноморско-Средиземноморском регионе (ЧСР) состоит в том, что их изменчивость является одной из наиболее информативных интегральных характеристик гидрометеорологических условий в регионе. С повышением активности синоптических вихрей связано учащение опасных гидрометеорологических явлений, которые оказывают серьезный ущерб народному хозяйству. Для предотвращения этого ущерба и принятия превентивных мер необходимы знания о закономерностях изменчивости циклонов и антициклонов на масштабах от межгодового до междесятилетнего.

Несмотря на важность исследования особенностей циклонической активности, многолетние ряды наблюдений за ней отсутствуют. В настоящее время для такого анализа можно привлекать данные реанализа, доступные за последние около 50 лет, и спутниковую информацию в диапазоне 10 – 20 лет.

Целью данной работы было изучение климатического режима циклонов и антициклонов по многолетним данным реанализа NCEP/NCAR за период 1948 – 2006 гг. и уточнение региональных особенностей циклонической активности в ЧСР с привлечением спутниковых данных за период 1996 – 2008 гг.

**Данные и методы.** На основе данных реанализа NCEP/NCAR о высоте геопотенциальной поверхности 1000 гПа за 1948 – 2006 гг. и специализированной методики *Бардина, 1995* [1] были выделены синоптические вихри (циклоны и антициклоны) и определены их параметры (частота, глубина и площадь) в трех регионах ЧСР: Черноморском, западной и восточной частях Средиземного моря. Более детально выделяемые параметры синоптических вихрей описаны в работе *Maslova et al., 2010* [2].

Для верификации полученных данных и уточнения региональных особенностей циклонической активности в ЧСР привлекались данные спутниковых наблюдений EUMETSAT за период 1996 – 2009 гг. На основе информации со спутников Meteosat 2 – Meteosat 8, передаваемой в видимом и инфракрасном диапазонах, с помощью специализированного программного обеспечения [3], созданного в МГИ НАН Украины, были определены параметры (повторяемость, линейные размеры, время жизни и др.) облачных вихрей – циклонов, подробное описание которых приводится в работе *Баянкиной, 2006* [4].

**Обсуждение.** Для анализа режимных характеристик оценивались средние многолетние величины и среднеквадратические отклонения (СКО) параметров циклонов и антициклонов по сезонам в Черноморско-Средиземноморском регионе (ЧСР) за период 1948 – 2006 гг. Результаты расчетов представлены, соответственно, в таблицах 1 и 2.

Из таблицы 1 видно, что наибольшая активность циклонов приходится преимущественно на зимний сезон, а наименьшая – на летний. Зимой максимальная частота циклонов отмечается в Средиземноморском регионе, особенно в его восточной части ( $0,106 \cdot 10^{-6} \text{ км}^{-2}$ ), а дисперсии частоты циклонов выше в этот период в Черноморском регионе ( $0,042 \cdot 10^{-6} \text{ км}^{-2}$ ). Абсолютный максимум средней многолетней величины и СКО частоты циклонов в Черноморском регионе приходится на весенний период, в то время как в обеих частях Средиземноморского региона он наблюдается зимой. В этот сезон наибольшие по глубине (5,7 гПа), интенсивности (2,1 гПа) и площади ( $1,44 \cdot 10^6 \text{ км}^2$ ) циклоны характерны для западной части Средиземноморского региона, здесь же отмечаются наибольшие дисперсии указанных параметров циклонов.

**Таблица 1. Среднемноголетние величины / СКО основных параметров циклонов по сезонам в Черноморском регионе, западной и восточной частях Средиземноморского региона**

| Регион  | Частота, $\cdot 10^{-6} \text{ км}^{-2}$ |               | Глубина, гПа |           | Площадь, $\cdot 10^6 \text{ км}^2$ |             |
|---|--|---------------|--------------|-----------|------------------------------------|-------------|
| <b>Черноморский регион</b>                        | зима:                                    | 0,077 / 0,042 | зима:        | 4,6 / 1,3 | зима:                              | 1,26 / 0,41 |
|   | весна:                                   | 0,089 / 0,056 | весна:       | 3,6 / 0,8 | весна:                             | 0,99 / 0,30 |
|   | лето:                                    | 0,039 / 0,020 | лето:        | 2,5 / 0,9 | лето:                              | 0,55 / 0,20 |
|   | осень:                                   | 0,047 / 0,036 | осень:       | 3,6 / 1,6 | осень:                             | 0,88 / 0,37 |
| <b>Западная часть Средиземноморского региона</b>  | зима:                                    | 0,088 / 0,029 | зима:        | 5,7 / 1,6 | зима:                              | 1,44 / 0,46 |
|   | весна:                                   | 0,070 / 0,025 | весна:       | 4,2 / 1,0 | весна:                             | 1,20 / 0,44 |
|   | лето:                                    | 0,046 / 0,016 | лето:        | 1,8 / 0,5 | лето:                              | 0,53 / 0,17 |
|   | осень:                                   | 0,075 / 0,021 | осень:       | 4,0 / 1,3 | осень:                             | 1,08 / 0,42 |
| <b>Восточная часть Средиземноморского региона</b> | зима:                                    | 0,106 / 0,029 | зима:        | 4,9 / 0,8 | зима:                              | 1,23 / 0,26 |
|   | весна:                                   | 0,064 / 0,023 | весна:       | 3,1 / 0,7 | весна:                             | 0,84 / 0,24 |
|   | лето:                                    | 0,009 / 0,008 | лето:        | 0,7 / 0,5 | лето:                              | 0,19 / 0,14 |
|   | осень:                                   | 0,044 / 0,018 | осень:       | 2,8 / 1,4 | осень:                             | 0,72 / 0,35 |

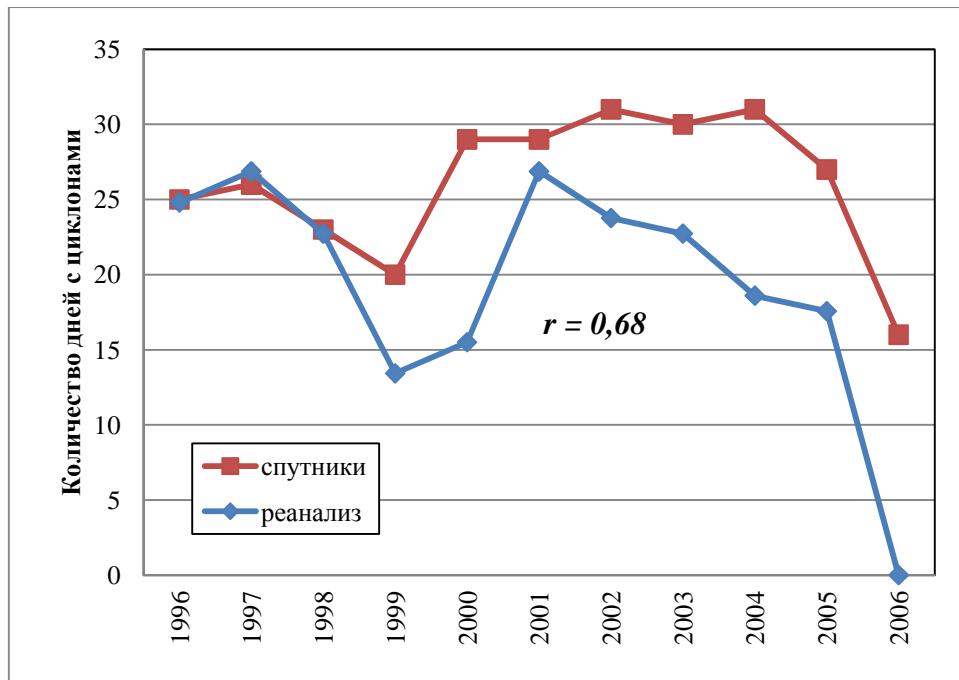
Как показано в таблице 2, максимум средней многолетней частоты антициклонов наблюдается в Черноморском регионе и западной части Средиземноморского региона летом, а в восточной части – весной. В региональном отношении по средним многолетним величинам и СКО частоты антициклонов лидирует Черноморский регион (среднее  $0,077 \cdot 10^{-6} \text{ км}^{-2}$ ; СКО  $0,045 \cdot 10^{-6} \text{ км}^{-2}$ ). Минимальные значения частоты антициклонов во всем ЧСР характерны для зимнего сезона. При этом зимние антициклоны ЧСР превосходят летние по средним многолетним величинам и дисперсиям глубины и площади в 2 – 3 раза. Максимальные средние величины и СКО глубины и площади антициклонов отмечаются зимой в западной части Средиземного моря ( $4,3 \text{ гПа}$  и  $3,74 \cdot 10^{-6} \text{ км}^2$ ).

**Таблица 2. Среднемноголетние величины / СКО основных параметров антициклонов по сезонам в Черноморском регионе, западной и восточной частях Средиземноморского региона**

| Регион  | Частота, $\cdot 10^{-6} \text{ км}^{-2}$ |               | Глубина, гПа |           | Площадь, $\cdot 10^6 \text{ км}^2$ |             |
|---|--|---------------|--------------|-----------|------------------------------------|-------------|
| <b>Черноморский регион</b>                        | зима:                                    | 0,077 / 0,045 | зима:        | 3,2 / 1,2 | зима:                              | 1,56 / 0,84 |
|   | весна:                                   | 0,074 / 0,023 | весна:       | 3,1 / 1,0 | весна:                             | 1,53 / 0,84 |
|   | лето:                                    | 0,104 / 0,039 | лето:        | 2,4 / 0,4 | лето:                              | 1,02 / 0,28 |
|   | осень:                                   | 0,084 / 0,034 | осень:       | 4,0 / 1,3 | осень:                             | 2,27 / 0,91 |
| <b>Западная часть Средиземноморского региона</b>  | зима:                                    | 0,036 / 0,018 | зима:        | 4,3 / 2,1 | зима:                              | 3,74 / 1,98 |
|   | весна:                                   | 0,043 / 0,018 | весна:       | 2,7 / 1,1 | весна:                             | 1,88 / 1,01 |
|   | лето:                                    | 0,068 / 0,037 | лето:        | 1,8 / 0,4 | лето:                              | 0,96 / 0,29 |
|   | осень:                                   | 0,045 / 0,020 | осень:       | 3,1 / 1,5 | осень:                             | 2,69 / 1,72 |
| <b>Восточная часть Средиземноморского региона</b> | зима:                                    | 0,032 / 0,016 | зима:        | 2,0 / 0,7 | зима:                              | 1,54 / 0,78 |
|   | весна:                                   | 0,103 / 0,022 | весна:       | 2,3 / 0,3 | весна:                             | 1,35 / 0,32 |
|   | лето:                                    | 0,084 / 0,025 | лето:        | 1,8 / 0,3 | лето:                              | 0,86 / 0,20 |
|   | осень:                                   | 0,053 / 0,022 | осень:       | 1,8 / 0,5 | осень:                             | 1,20 / 0,59 |

Для верификации полученных по реанализу данных и уточнения региональных особенностей циклонической активности привлекались данные спутниковых наблюдений за период 1996 – 2009 гг. Было проведено сравнение количества дней с циклонами, выделяемых по реанализу и по спутниковым данным. Пример такого сравнения для декабря приведен на рисунке 1. Длина временного диапазона сравнения составляет 11 лет (1996 – 2006 гг.), чего вполне достаточно для определения статистической значимости корреляционной связи.

В результате проведенного анализа можно выделить следующие особенности. Реанализ занижает количество дней с циклонами по сравнению со спутниками до 15 (дней с циклонами), что объясняется его более грубой сеткой  $2,5 \times 2,5^\circ$ . Такое разрешение не позволяет достаточно точно учесть циклоны с линейными размерами  $\leq 500 \text{ км}$ . Несмотря это различие, характер межгодовой изменчивости количества дней с циклонами по данным ре-анализа схож с соответствующей изменчивостью по данным спутниковых снимков (см. рис. 1). Коэффициенты линейной корреляции Пирсона между этими рядами варьируют в пределах 0,3 – 0,8 (на уровне 98% статистической значимости).



**Рисунок 1. Количество дней с циклонами в Черноморско-Средиземноморском регионе в декабре по реанализу и спутниковым данным**

Привлечение спутниковой информации по облачным циклоническим вихрям позволило далее уточнить региональные особенности циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе и провести районирование внутри выделяемых трех основных регионов: Черноморского, западной и восточной частей Средиземноморского региона.

Методом кластерного анализа по комплексу метеорологических наблюдений, спутниковых данных и реанализа (NCEP/NCAR) было проведено климатическое районирование (рисунок 2), в результате которого выделено шесть однородных климатических районов в Средиземноморском регионе: I – Северо-западный; II – Юго-западный; III – Центральный; IV – Балканский; V – Восточный; VI – Черноморский [5]. Выделенные климатические районы имеют свои особенности по параметрам облачности и циклонической активности. Средние оценки и дисперсии облачности за январь и июль в климатических районах можно видеть на рисунке 3.



**Рисунок 2. Карта уточненного климатического районирования Средиземноморского региона**



В распределении количества облаков зимой на рисунке 3 видна значительная облачность (более 6 баллов) в Северо-западном (I), Балканском (IV) и Черноморском (VI) климатических районах, расположенных на севере СР. Дисперсии облачности здесь минимальны (0,1 кв. балла). В южных районах: Юго-западном (II), Центральном (III) и Восточном (V) – балл облачности меньше (около 5 баллов), а дисперсии больше (до 1,0 кв. баллов).

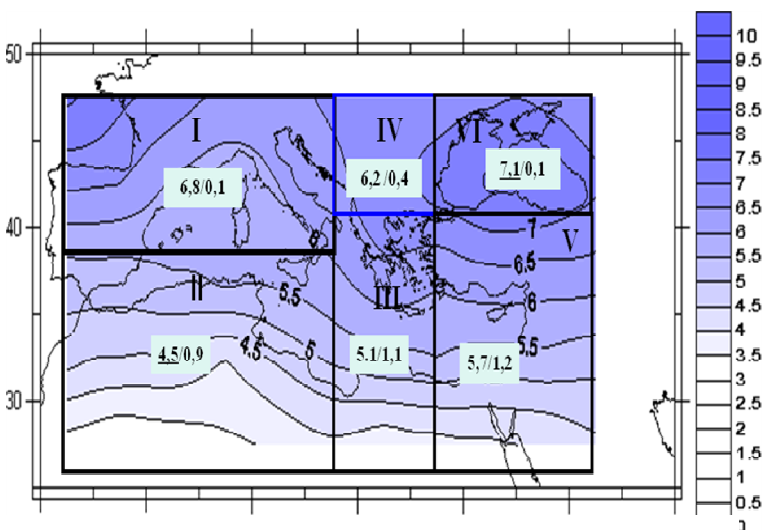


Рисунок 3. Карта поля облачности и количество облаков / дисперсии в климатических районах Средиземноморского региона за период 1984 – 2009 гг.

Каждый из выделенных климатических районов характеризуется своими особенностями циклонической активности. Это видно из таблицы 3, где приведена повторяемость циклонов для каждого из районов, рассчитанная от общего числа образовавшихся в Средиземноморском регионе циклонов в 1996 – 2009 гг. (ноябрь – март).

Анализ повторяемости циклонов и облачности показал, что значительная часть облачности в холодный период года тесно связана с образованием циклонов, что согласуется с результатами других авторов, например *Hahn & Warren, 2003* [6].

По траекториям средиземноморских циклонов были выбраны циклоны, которые пришли в различные части Черного моря из каждого климатического района. Расчет повторяемостей (%) проводился от общего количества всех пришедших на Черное море циклонов за период ноябрь – март 1996 – 2009 гг. (301 циклон = 100%). В результате анализа показано, что из Северо-западного климатического района в Черноморский регион пришло максимальное количество циклонов – 47,5%, из них 20,6% вышло на северо-западную часть Черного моря, а на остальные части Черного моря выходов циклонов было в 2,0 – 2,5 раза меньше. Наименьшее число случаев выходов циклонов на Черное море (5,6%) – из Юго-западного климатического района. Из остальных климатических районов: III, IV и V – на Черное море пришло, соответственно, в 4,6; 2,8 и 2,6 раза циклонов меньше, чем из Северо-западного.

Таблица 3. Количество и повторяемость циклонов, образовавшихся в каждом климатическом районе региона Средиземного моря в период 1996 – 2009 гг. (ноябрь – март)

| № р-на | Климатический район | Количество циклонов | Повторяемость циклонов, % |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| I      | Северо-западный     | 326                 | 54,4                      |
| II     | Юго-западный        | 44                  | 7,3                       |
| III    | Центральный         | 54                  | 8,9                       |
| IV     | Балканский          | 78                  | 13,1                      |
| V      | Восточный           | 86                  | 14,3                      |
| VI     | Черноморский        | 12                  | 2,0                       |

**Выводы.**

Исследование климатического режима циклонов и антициклонов по многолетним данным реанализа NCEP/NCAR за период 1948 – 2006 гг. показало, что максимальные величины параметров циклонов и их изменчивости в Черноморско-Средиземноморском регионе приходятся преимущественно на зимне-весенний период, а антициклонов – на летний.

Несмотря на то, что реанализ занижает количество дней с циклонами по сравнению со спутниками в связи с его более грубой сеткой 2,5 × 2,5°, отмечается подобная межгодовая изменчивость количества дней с циклонами по данным реанализа и по данным спутниковых наблюдений. Коэффициенты линейной корреляционной связи между этими рядами лежат в пределах 0,3 – 0,8 (на уровне 98% статистической значимости).

Выполнено климатическое районирование Черноморско-Средиземноморского региона по комплексу параметров и выделено шесть климатических районов, для которых определены их типичные особенности.

Показано, что районом наиболее интенсивного циклогенеза является Северо-западный климатический район, где образуется 54% циклонов, наименее интенсивный циклогенез – над Черным морем – 2% циклонов.

Показано, что наибольшее количество циклонов на Черное море (47,5 %) приходит их Северо-западного климатического района, а наименьшее (6,7 %) – из Юго-западного.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Бардин М. Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария. *Метеорология и гидрология*, 1995, № 11, с. 24–37.
2. Maslova V., Voskresenskaya E., Bardin M. Variability of the cyclone activity in the Mediterranean-Black Sea region. *ЖЕПЕ*, 2010, V. 11, № 4, p. 1366–1372.
3. Абрамсон Г.А., Баянкина Т.М., Калинин Е.И., Бородин С.В., Иванчик М.В., Кихай Ю.В., Ратнер Ю.Б., Сизов А.А., Соловьев Д.М., Шермазан В.Ф. Программно-аппаратный комплекс приема и обработки спутниковых и опорных данных и его использование для мониторинга гидрометеорологических полей. *Морской гидрофизический журнал*, 1997, № 5, с. 42–50.
4. Баянкина Т.М. Средиземноморские циклоны и погодно-климатические аномалии в Черноморском регионе. *Системы контроля окружающей среды*, 2006, с. 319 – 323.
5. Баянкина Т.М., Воскресенская Е.Н. Климатическое районирование Средиземноморского региона и его особенности в поле облачности и параметрах циклонов по данным спутникового мониторинга. *Системы контроля окружающей среды*, 2012, с. 90–93.
6. Hahn C.J., Warren S.G. Cloud climatology for land 1971–1996. Tech. Rep. NDP–026D. Oak Ridge: CDIAC, 2003, 35 p.

UDK 551.582, 551.589.1

**CYCLONES AND ANTICYCLONES IN THE BLACK SEA-MEDITERRANEAN REGION** / Bayankina T.M., Voskresenskaya E.N., Kovalenko O.Yu., Maslova V.N. / Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. – 2013. – т.119. – pp.22-26. – Russ.; Summ. Eng.; Russ.

This study is dedicated to the analysis of the regime of synoptic vortices and regional features of cyclonic activity in the Black Sea-Mediterranean region. Time series of characteristics of synoptic vortices' (cyclones' and anticyclones') were calculated using daily NCEP/NCAR re-analysis data sets on geopotential height in 1948 – 2006. For the verification of the obtained data satellite information from EUMETSAT in 1996 – 2009 was involved. Assessment of the parameters of cloudiness and cyclones on the basis of Meteosat 2 – Meteosat 8 satellite data sets in visible and IR range was done using the special software package created in the MHI NASU. As a result, cyclonic activity in the Black Sea-Mediterranean region was refined using satellite data. On the basis of cluster analysis, climatic regionalization of the Mediterranean cyclogenesis was done. In the result, six typical zones of cyclogenesis were identified. Typical values of cyclones' and cloudiness' parameters were estimated.

УДК 551.582, 551.589.1

**ЦИКЛОНЫ И АНТИЦИКЛОНЫ В ЧЕРНОМОРСКО-СРЕДИЗЕМНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ** / Баянкина Т.М., Воскресенская Е.Н., Коваленко О.Ю., Маслова В.Н. / Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119. – с. 22-26. – Рус.; Рез. Англ., Рус.

Настоящая работа посвящена исследованию режима синоптических вихрей и региональных особенностей циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе. Для этого использовались ряды характеристик синоптических вихрей (циклонов и антициклонов), полученные по ежедневным данным реанализа NCEP/NCAR о высоте геопотенциала за 1948 – 2006 гг. Для верификации полученных данных привлекались данные спутниковых наблюдений EUMETSAT за период 1996 – 2009 гг. Определение параметров облачности и циклонов на основе информации со спутников Meteosat 2 – Meteosat 8, передаваемой в видимом и инфракрасном диапазонах, выполнялось с помощью специализированного программного обеспечения, созданного в МГИ НАН Украины. В результате информация о циклонической активности в Черноморско-Средиземноморском регионе была уточнена спутниковыми данными. С использованием кластерного анализа было выполнено климатическое районирование Средиземноморского региона и выделены шесть характерных зон циклогенеза, для которых определены типичные параметры облачности и циклонов.

УДК 551.5

## ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ КАК ПОСЛЕДСТВИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Аббасова М..А.

Гидрометеорологический Научно-Исследовательский Институт при  
 Министерстве Экологии и Природных Ресурсов Азербайджанской Республики, г.Баку

В последнее время произошедшие изменения в гидрометеорологическом режиме многих стран мира, в том числе Азербайджана, тесно связаны с аномальными атмосферными процессами, которые сами являются последствия глобального климатического потепления. Эти изменения, отрицательно воздействуя на экономику и окружающую среду любого региона мира, в большинстве случаев приводит к многочисленным человеческим жертвам.

По данным Всемирной Метеорологической Организации 80-90% опасных природных явлений произошедших по всему миру в последние годы являются гидрометеорологическими процессами. Негативные последствия климатических изменений, особенно в экономическом аспекте, увеличиваются. Несмотря на научно-технический прогресс, на точность заданных прогнозов, ущерб от этих опасных гидрометеорологических явлений в мировой экономике увеличиваются год за годом до 90-100 млрд.долларов США, когда как он в 1960-70 г.г. составлял всего 5-6 млрд.долларов США. Сейчас 17% производимой в мире электрической энергии получают от ГЭС.

В Азербайджане тенденция регионального изменения климата наблюдается с 1975 г. по 1980 г., и за этот период увеличение средней температуры воздуха в республике составляет  $0.66^{\circ}\text{C}$ . Анализ сезонных изменений температур показывает, что после 1975 г. амплитудные колебания летних температур в большинстве территорий заметно сокращается. При этом повышение температуры больше всего наблюдается за зимний период. За последние 5-8 лет месячная норма температура, с исключением мая и октября, возрастает, а в начале августа 2000 года за весь период инструментального наблюдения на территории республики зафиксировано рекордные значения температуры  $+46^{\circ}\text{C}$  в Джулфе (абс.макс. $+44^{\circ}\text{C}$ ). Учитывая, что после 1995 года динамика изменения климата стала более значительной, проведены трендовые анализы некоторых климатических показателей в частности, температуры воздуха (Т, С) и осадков (Х, мм) за период 1961-2012 г.г.

**Таблица. Разница сезонных температур между периодами 1961-1990 г.г. и 1991-2012 г.г.**

| №  | Станция    | Высота, м | Зима  | Весна | Лето | Осень | Год  |
|----|------------|-----------|-------|-------|------|-------|------|
| 1  | 2          | 3         | 4     | 5     | 6    | 7     | 8    |
| 1  | Шемаха     | 802       | -0.28 | -1.17 | +0.7 | -0.9  | -0.4 |
| 2  | Ордубад    | 861       | +0.7  | -1.9  | +1.7 | +3.3  | +1.0 |
| 3  | Астара     | -23       | +0.8  | -0.3  | +0.4 | +1.4  | +0.8 |
| 4  | Ленкорань  | -13       | -0.92 | 0     | +1.9 | +0.2  | +0.8 |
| 5  | Закачала   | 487       | +1.3  | -0.1  | +1.1 | +1.6  | +1.0 |
| 6  | Кюрдемир   | -22       | +0.8  | -0.8  | +0.8 | +1.8  | +0.6 |
| 7  | Келвяз     | 1567      | +3.2  | +1.41 | +0.6 | +1.7  | +1.7 |
| 8  | Хачмас     | 27        | +0.79 | -0.1  | +0.7 | +1.5  | +0.7 |
| 9  | Шемкир     | 165       | +0.72 | -0.1  | -2.6 | +1.5  | -0.1 |
| 10 | Мингечаур  | 93        | +4.4  | -0.5  | -0.2 | +0.6  | +1.1 |
| 11 | Губа       | 550       | +0.11 | -0.52 | +1.9 | +2.1  | +1.2 |
| 12 | Нахичевань | 885       | -2.24 | +1.7  | +0.7 | +1.6  | +0.4 |
| 13 | Огуз       | 582       | +1.04 | -0.8  | +0.6 | +1.6  | +0.6 |
| 14 | Гянджа     | 309       | +0.63 | -1.4  | +1.1 | +1.2  | +0.3 |
| 15 | Джафархан  | -3        | -0.4  | -0.4  | +1.1 | +1.9  | +0.5 |
| 16 | Бейлаган   | 56        | +0.9  | -0.4  | +0.4 | +1.4  | +0.6 |
| 17 | Габала     | 679       | +0.4  | -0.5  | +0.8 | +1.7  | +0.5 |

Анализы данных наблюдений различных метеорологических станций, расположенных на разных физико-географических условиях республики, показывают, что во всех случаях за период 1995-2012 г.г. в сравнении с периодом 1961-1990 г.г. температура увеличивается от  $+0.3^{\circ}\text{C}$  (Гянджа) до  $+1.7^{\circ}\text{C}$  (Келвяз). Интерес-

ნო, что на всех метеостанциях (кроме ст. Келвиз  $+1.4^{\circ}\text{C}$  и ст.Джулфа  $+1.7^{\circ}\text{C}$ ) весенние температуры воздуха уменьшались, однако, количество осадков по сравнению с другими сезонами возросло. Однако, в годовом аспекте явной тенденции к увеличению или уменьшению количества осадков не наблюдается.

На некоторых реках нашей республики (Демирапаранчай, Турянчай, Гирдманчай, Акстафачай) величина расходов воды опередила исторически максимальный расход воды, число селевых явлений и половодья увеличилось на Шеки-Закаталинской, Нахичеванской, Ленкоранской территориях, а на реке Кура критическое повышение уровня во всех направлениях стока создало большую опасность для окружающих территорий.

Природные бедствия наибольший экономический ущерб нанесли Азиатскому континенту – 46%. Он составляет 26% на Американском, 23% на Европейском, 5% на Австралийском континентах и в Океании. В некоторых странах такой ущерб составляет больше чем их ВВП. В развитых странах, с главной ролью донора в борьбе против природных бедствий, год за годом увеличивается сумма исчислений из годового бюджета на эту борьбу.

Климатические изменения с наибольшим выявлением в развивающихся странах воздействуют на режим их экосистем, что приводит к лесным пожарам, засухам и другим природным бедствиям. С этой точки зрения с целью изучения региональных воздействий глобальных климатических изменений необходимо провести трендовый анализ данных гидрометеорологических наблюдений последнего периода, усовершенствовать методики прогнозирования климатических изменений по разным сценариям и разработать новые. В соответствии с этим также необходимо провести политику адаптации сельскохозяйственных культур к климату.

UDC. 551.5

**NATURAL HYDROMETEOROLOGICAL HAZARDS AS A CONSEQUENCE OF GLOBAL WARMING./** Abbasova M.A./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.27-28 -Rus.; Summ. Eng., Russ.

In Azerbaijan the tension of regional climate change is observed since 1980 y., and along this period the increasing of mean air temperature has consisted of  $0.66^{\circ}\text{C}$  over the republic. The analysis of seasonal temperature changes shows that after 1980 y. the fluctuations in amplitudes of summer temperature markedly reduced in many territories. Over last 5-8 years the monthly norm of temperature (excepting of May and October) increases, but in the early of August in 2000 y. along the whole instrumental observation period there have been fixed record values of temperature in the territory of republic ( $+46^{\circ}\text{C}$ , Nakhchivan, absolute maximum is  $+44^{\circ}\text{C}$ ). On taking into the consideration that after 1995 y. the dynamics of climate change has become more considerable, there have been hold trend analysis of some climate indicators, especially, air temperature and precipitation for the period of 1961-2012.

The analysis of observational information of different meteorological stations, which are situated in separate physical-geographical conditions of republic, shows that in all cases in the 1995-2003 y.y. period the temperature in comparison with 1970-1995. period has been increased from  $+0.3^{\circ}\text{C}$  (Ganja) to  $+1.7^{\circ}\text{C}$  (Kelviz). It is interest that in the all of stations (excepting of st. Kelviz  $+1.4^{\circ}\text{C}$  and st. Julfa  $+1.7^{\circ}\text{C}$ ) spring air temperatures have been decreased. However, the quantity of precipitations in comparison with other seasons has been grew, in the aspect of year there is not observed any evident tension to the increasing or decreasing of precipitation's quantity.

УДК 551.5

**ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ КАК ПОСЛЕДСТВИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ./** Аббасова М.А. Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.- т.119.-с.27-28 -Рус., Рез. Англ., Рус.

В Азербайджане тенденция регионального изменения климата наблюдается с 1980 г., и в целом увеличение средней температуры воздуха в республике составляет  $0.66^{\circ}\text{C}$ . Анализ сезонных изменений температур показывает, что после 1980 г. амплитудные колебания летних температур в большинстве территорий заметно сокращается. При этом повышение температуры больше всего наблюдается за зимний период. За последние 5-8 лет месячная норма температура, с исключением мая и октября, возрастает, а в начале августа 2000 года за весь период инструментального наблюдения на территории республики зафиксировано рекордные значения температуры  $+46^{\circ}\text{C}$  в Джулфе (абс.макс. $+44^{\circ}\text{C}$ ). Учитывая, что после 1995 года динамика изменения климата стала более значительной, проведены трендовые анализы некоторых климатических показателей в частности, температуры воздуха (Т, С) и осадков (Х, мм) за период 1961-2012 г.г.

Анализ данных наблюдений различных метеорологических станций, расположенных на разных физико-географических условиях республики, показывают, что во всех случаях за период 1990-2012 г.г. в сравнении с периодом 1961-1990 г.г. температура увеличивается от  $+0.3^{\circ}\text{C}$  (Гянджа) до  $+1.7^{\circ}\text{C}$  (Келвиз). Однако, в годовом аспекте явной тенденции к увеличению или уменьшению количества осадков не наблюдается.

УДК: 551.501.8

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ГРУЗИИ

Э.Ш.Элизбарашвили, М.Р.Татишвили, М.Э.Элизбарашвили\*,  
Ш. Э. Элизбарашвили, Р.Ш.Месхия,  
Институт Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета,  
\* Тбилисский Государственного университета им.И.Джавахишвили

Изменение климата является одной из актуальных проблем современности. В сложных физико-географических условиях Грузии эта проблема рассматривалась еще с середины прошлого века [1,3,4 и др.], хотя наиболее достоверные закономерности многолетнего изменения климата были выявлены к концу XX и в начале XXI столетий [2,5-7, 8 и др.].

Целью настоящей статьи было выявление современных тенденций изменения основных элементов климата - температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Грузии в условиях глобального потепления.

В качестве исходных данных были использованы следующие материалы:

1. Архив данных Института гидрометеорологии, созданный при подготовке первого национального сообщения к конвенции изменения климата ООН (1936-1995 гг) [2, 8].
2. Материалы наблюдений функционирующих в настоящее время метеорологических станций (1996-2008 гг).
3. Кадастровые данные выборочных метеорологических станций гидрометслужбы Грузии.
4. Данные наблюдений снеголавинных постов (1995-2008).

Восстановление пропущенных данных осуществлялось методами корреляционного анализа, а также соответствующих разностей и отношений. Более подробно об этом изложено в заключительном отчете проекта Национального научного фонда Руставели (грант №1-5/67, 2010-2012гг) [9], а также в ряде опубликованных в последнее время в статьях [10, 11 и др.].

После составления базы данных были построены линейные тренды и определены скорости изменения температуры и осадков за период глобального потепления для всех 87 станций.

Судя по значениям трендов в различных пунктах территории, в зависимости от их физико-географических или других условий, фиксируется потепление или похолодание, а также увеличение или уменьшение уровня осадков.

В зависимости от интенсивности потепления (похолодания) и увеличения (уменьшения) осадков градации скорости изменения температуры и осадков были выделены в соответствии с уровнем их статистической значимости:

### а) для температуры воздуха

- 1- сильное похолодание (менее  $-0.10^{\circ}\text{C}$  за 10 лет);
- 2- умеренное похолодание ( $-0.06$ -  $-0.10$ )  $^{\circ}\text{C}$  за 10 лет;
- 3- слабое похолодание ( $-0.02$ -  $-0.06$ )  $^{\circ}\text{C}$  за 10 лет;
- 4.- без изменения ( $-0.02$ -  $0.02$ )  $^{\circ}\text{C}$  за 10 лет;
- 5.- слабое потепление ( $0.02$ - $0.06$ )  $^{\circ}\text{C}$  за 10 лет;
- 6.- умеренное потепление ( $0.06$ - $0.10$ )  $^{\circ}\text{C}$  за 10 лет;
- 7.- сильное потепление (более  $0.10$   $^{\circ}\text{C}$  за 10 лет)

### б) для атмосферных осадков

- 1.- значительное уменьшение (менее  $-5\%$  за 10 лет);
- 2.- умеренное уменьшение ( $-3.1$ -  $-5.0$ )  $\%$  за 10 лет;
- 3.- незначительное уменьшение ( $-1.1$ -  $-3.0$ )  $\%$  за 10 лет;
- 4.- без изменения ( $-1$ -  $1$ )  $\%$  за 10 лет;
- 5.- незначительное увеличение ( $1.1$ -  $3.0$ )  $\%$  за 10 лет;
- 6.- умеренное увеличение ( $3.1$ -  $5.0$ )  $\%$  за 10 лет;
- 7.- значительное увеличение (более  $5\%$  за 10 лет).

Изменение температуры воздуха в пределах  $0-0.02^{\circ}$  за 10 лет за период 1936-2008 гг является статистически незначимым. В интервале скоростей  $0.02-0.06^{\circ}$  тренды температур в некоторых случаях статистически значимы в основном на уровнях значимости 90-95%, поэтому такие изменения мы считаем, как слабое потепление (похолодание). Скорость изменения температуры в пределах  $0.06-0.1^{\circ}$  является статистически значимым

уровне значимости 95-99%, Такой характер изменения температуры можно считать умеренным потеплением (похолоданием). Изменение температуры со скоростью более  $0.1^{\circ}$  считалось сильным потеплением (похолоданием). Аналогичные уровни статистической значимости удовлетворяют градации осадков: градация 4- статистически незначима, градации 3 и 5 –значима на уровнях 90-95%, градации 2 и 6 –значима на уровнях 95-99%, градации 1 и 7 –значима на уровне более 95%. Таким образом о реальных, статистически значимых изменениях температуры и осадков можно судить по градациям 1,2 и 6,7.

С учетом выделенных градаций интенсивности потепления (похолодания) и увеличения (уменьшения) осадков составлены геоинформационные карты изменения температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Грузии в условиях глобального потепления (рис.1 и 2).

Из представленных карт следует, что в условиях глобального потепления изменение температуры и осадков на территории Грузии имеет неоднородный характер, что обусловлено сложными физико-географическими, главным образом, орографическими и ландшафтно-климатическими условиями. Наибольшие очаги и территории сильного потепления, когда средняя годовая температура воздуха росла со скоростью более  $0.1^{\circ}\text{C}$  за 10 лет, отмечаются в восточной Грузии. Это южная часть Кахетинского хребта, районы Гудамакарского и Харульского хребтов, Джавахетское плато. Очаги слабого и умеренного потепления, когда температура увеличивалась со скоростью  $0.02-0.1^{\circ}\text{C}$  за 10 лет, отмечаются в западной Грузии, в основном в районах Сванетского, Лучхумского и Эгрисского хребтов. На незначительной части территории Грузии температура воздуха почти не изменялась, или изменялась не существенно. Понижение температуры отмечается в основном в западной Грузии. Сильное похолодание имеет место на значительной части территории Аджарии и в северной части Черноморского побережья, где средняя годовая температура воздуха уменьшалась со скоростью более  $0.1^{\circ}\text{C}$  за 10 лет.

На значительной территории Восточной Грузии годовые суммы осадков уменьшаются со скоростью 1-3% за 10 лет. Наибольшая скорость уменьшения осадков отмечается в Квемо Картли, южнее Тбилиси, и превышает 5% за 10 лет. В крайней восточной части Восточной Грузии, характеризующейся степными и полупустынными ландшафтами, а также на значительной территории Западной Грузии существенное изменение осадков не наблюдается. Увеличение годовых сумм осадков отмечается в некоторых районах Западной Грузии-Лечхумский и Эгрисский хребты, центральная часть Колхидской низменности, восточная часть Аджарии, а также в центральной части Иорского плоскогорья в Восточной Грузии, где годовые суммы осадков возрастали со скоростью 1-3% за 10 лет. В горной же Аджарии и в некоторых районах Черноморского побережья скорость увеличения осадков достигла 5%.

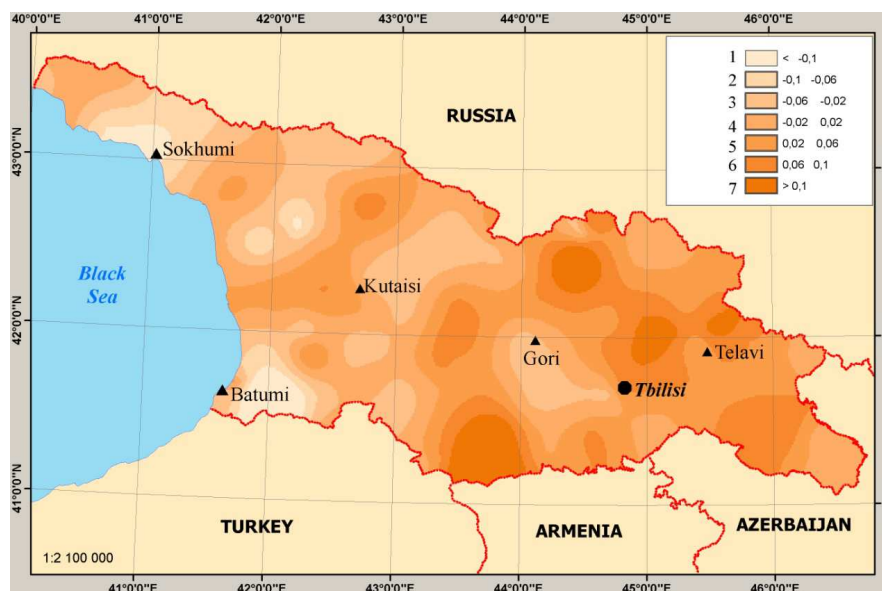
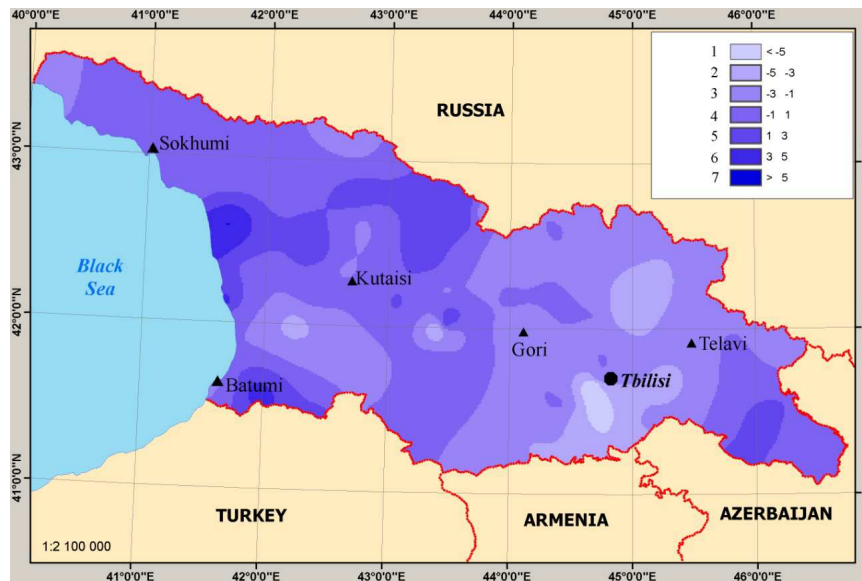


Рис.1 Скорость изменения средней годовой температуры воздуха  $^{\circ}\text{C}$  за 10лет



**რის.2. Скорость изменения средней годовой суммы осадков % за 10 лет**

На значительной территории Восточной Грузии годовые суммы осадков уменьшаются со скоростью 1-3% за 10 лет. Наибольшая скорость уменьшения осадков отмечается в Квемо Картли, южнее Тбилиси, и превышает 5% за 10 лет. В крайней восточной части Восточной Грузии, характеризующейся степными и полупустынными ландшафтами, а также на значительной территории Западной Грузии существенное изменение осадков не наблюдается. Увеличение годовых сумм осадков отмечается в некоторых районах Западной Грузии-Лечхумский и Эгрисский хребты, центральная часть Колхидской низменности, восточная часть Аджарии, а также в центральной части Иорского плоскогорья в Восточной Грузии, где годовые суммы осадков возрастали со скоростью 1-3% за 10 лет. В горной же Аджарии и в некоторых районах Черноморского побережья скорость увеличения осадков достигла 5%.

При оценке климатических изменений решающее значение имеет выбор периода осреднения. В таблице 1 сопоставлены скорости изменения температуры воздуха за период глобального потепления(наши данные за период 1936-2008 гг) [9] с результатами Первого Национального сообщения [2], за период 1906-1995 гг.

**Таблица 1. Скорость изменения температуры воздуха  $^{\circ}\text{C}$  за 10 лет за различные периоды осреднения**

| Район                  | Пункт          | 1906-1995[2] | 1936-2008[9] |
|------------------------|----------------|--------------|--------------|
| Черноморское побережье | Батуми         | -0.01        | -0.02        |
|                        | Сухуми         | -0.02        | -0.14        |
| Западная Грузия        | Кутаиси        | -0.03        | 0.04         |
|                        | Зugdidi        | -0.01        | -0.09        |
|                        | Сенаки         | -0.01        | -0.04        |
| Восточная Грузия       | Телави         | 0.03         | 0.05         |
| Большой Кавказ         | Казбеги в.г    | -0.03        | 0.04         |
|                        | Пасанаури      | 0.01         | 0.06         |
|                        | Гудаури        | -0.03        | -0.02        |
|                        | Местиа         | -0.04        | 0.03         |
|                        | Мамисонск.пер. | -0.02        | -0.06        |
| Ю-Г нагорье            | Ахалкалаки     | -0.01        | 0.01         |

Из таблицы следует, что скорость изменения температуры существенно зависит от периода осреднения (например, .Кутаиси, Казбеги в.г, Мамисонский перевал, Зugdidi, Местиа. Сухуми, Пасанаури), что и следует учитывать при обобщении соответствующих выводов, а также при научных дискуссиях.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Курдиани И.Г. К вопросу векового колебания климата Грузии.- Труды Института геофизики АН ГССР, 1956, т.15, с.21-29.
2. Таварткилидзе К.А., Элизбарашвили Э.Ш., Мумладзе Д.Г., Вачнадзе Д.И. Эмпирическая модель изменения поля температуры Грузии.-Тбилиси, 1999, 127 с.(на груз. яз.).
3. Цуцкиридзе Я.А. Основные черты термического режима Грузии.- Труды ЗаКНИГМИ, 1960, вып.22, с.5-19.
4. Чиракадзе Г.И. Основные черты климата Тбилиси и его окрестностей. Труды ТбилНИГМИ, 1959, вып.6, с.9-22.
5. Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э. Изменения климата Западного Закавказья.- Известия РАН, серия географическая, 2005, №4, с.35-38.
6. Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э. Динамика повторяемости экстремальных аномалий среднемесячной температуры воздуха в Грузии в XX столетии и ее влияние на осадки и сток рек.-Метеорология и гидрология, 2007, №1, с.110-114.
7. Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э., Мегрелидзе Л.Д. Динамика климата ледников Большого Кавказа за XX столетие.- Метеорология и гидрология, 2009, №12, с.90-95 .
8. Элизбарашвили Э.Ш., Папинашвили Л.К. Многолетнее изменение атмосферных осадков на территории Грузии.- Труды Института гидрометеорологии АН Грузии, 2001, том 103, с.112-116
9. Элизбарашвили Э.Ш., Татишвили М.Р., Элизбарашвили М.Э., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили Ш.Э. Изменение климата Грузии в условиях глобального потепления. Тбилиси, 2013, 128с.( на груз. яз.).
10. Элизбарашвили Э.Ш., Татишвили М.Р., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э. Тенденции изменения атмосферных осадков на территории Грузии в условиях глобального потепления. Известия Национального аграрного университета Армении. № 3, 2012, с. 35-38.
11. Tatishvili M, Elizbarashvili E., Elizbarashvili S., Meskhia R, M. Elizbarashvili M., Natural hydrometeorological disasters, their causes and prevention measures. The Macrotheme Review A multidisciplinary journal of global. vol.3, Issue 1 2013, p. 148-154.

უაკ: 551.59

**საქართველოს კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ტენდენციები/**ეკლიზბარაშვილი, მ.ტატიშვილი, მ.ელიზბარაშვილი, რ.მესხია, შ.ე. ელიზბარაშვილი/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.29-32-რუს., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

საქართველოს 87 მეტეოროლოგიური სადგურის 1936–2011 წლების დაკვირვებათა მონაცემებით გამოკვლეულია ჰაერის ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების ცვლილების ტენდენციები. შედგენილია კლიმატის ამ ელემენტების ცვლილების სიხარის სივრცობრივი სტრუქტურის გეოინფორმაციული რუკები

UDC 551.59 UDC

**Current Climate Change Trends in Georgia.**/E.Sh.Elizbarashvili, M.R.Tatishvili, M.E.Elizbarashvili, R.Sh.Meskhia,Sh. E.Elizbarashvili./Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.29-32- Russ.; Summ. Georg., Eng., Russ.

Based on the observation data of 87 meteorological stations for 1936-2008 year period change regulations of air temperature and atmosphere precipitation have been investigated. The geoinformational maps of spatial structure of those climate elements change rate have been constructed.

УДК 551.59 УДК

**Современные тенденции изменения климата Грузии.**/Э.Ш.Элизбарашвили, М.Р.Татишвили, М.Э.Элизбарашвили, Р.Ш.Месхия, Ш. Э. Элизбарашвили /Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.29-32 - Рус., Рез. Груз., Анг., Рус.

По материалам наблюдений 87 метеорологических станций Грузии за период 1936-2008 годы исследованы тенденции изменения температуры воздуха и атмосферных осадков. Построены геоинформационные карты пространственной структуры скорости изменения этих элементов климата.



УДК 551.577, 551.582

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ

Мелконян Г.А., Овсепян А.Р., Ирицян А.Р., Халатян Е.С., Геворгян А.М.  
Гидрометслужба Армении

### Введение

Работа посвящена анализу результатов исследований в области изменения климата, осуществленных в Гидрометслужбе Армении в течение последних двух десятилетий. Результаты этих работ были отражены в Первом и Втором Национальном сообщении Армении по изменению климата. В начале исследований для оценки изменения климата и разработки возможных сценариев на территории Армении были применены эмпирико-статистические методики [1,2], а в последующем использовались результаты Глобальных и Региональных моделей. В работе приводятся некоторые результаты исследований для температуры воздуха и количества осадков, как основных климатических параметров и индикаторов для оценки уязвимости экосистем.

Изменение климата является одной из важнейших глобальных проблем 21-го века, которая выходит за рамки научных проблем и представляет собой комплексную межотраслевую научную задачу, которая охватывает экологические, экономические и социальные аспекты. В Армении исследования в этой области осуществлялись, начиная с 1995 года изучением наблюдаемых изменений климата, разработкой сценариев его будущих изменений и полученные результаты имели практическое применение для расчетов уязвимости экосистем, а также разных секторов экономики. Однако, первоначальные оценки были ориентировочными, и содержащими значительную погрешность. Впоследствии, с накоплением данных и применением моделей разных масштабов была поставлена задача для разработки более реалистических сценариев.

### Климат Армении

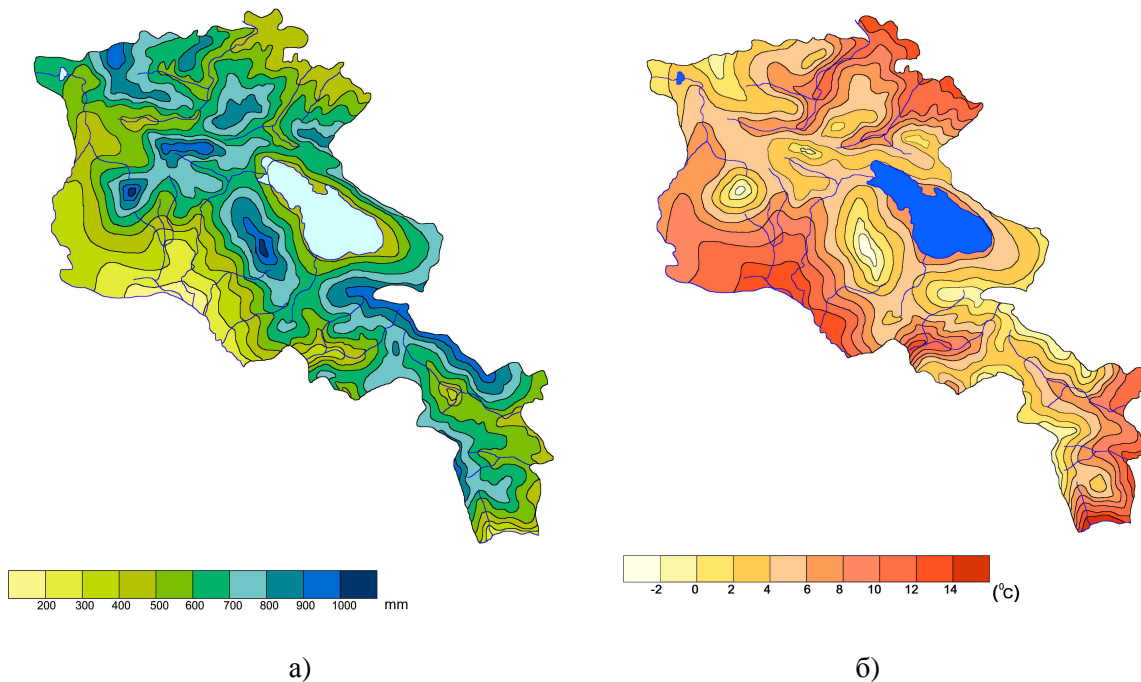
Климат Армении крайне разнообразный, что обусловлено сложным, горным рельефом. Характерно ярко выраженное чередование по вертикали 6-и основных климатических зон от сухого субтропического до сурового высокогорного. Средняя годовая температура воздуха равна 5,5 °С, среднее годовое количество осадков 592 мм. В низинах средняя температура воздуха в июле и августе достигает 24-26 °С, а в высокогорном поясе даже в летние месяцы средняя температура не поднимается выше 10 °С. В январе температура в зависимости от высоты и особенностей рельефа колеблется в пределах от минус 13 °С до плюс 1°С. Абсолютный минимум температуры - 42 °С зарегистрирован на севере страны, а абсолютный максимум составляет 43.7 °С.

Атмосферные осадки на территории страны распределены крайне неравномерно. На высоте 3000 м над у.м. и выше количество осадков составляет около 800-1000мм, а на средних высотах выпадает около 400-600мм. Около 70 % годового количества осадков выпадает весной и в начале лета.

Используя месячные, сезонные и годовые данные температуры и осадков периодически анализируются как текущие аномалии, так и тренды изменения для отдельных регионов, и для всей территории Армении в целом. 1961-1990 используется как базовый период (рис 1). Для улучшения результатов используемые методики периодически обновляются.

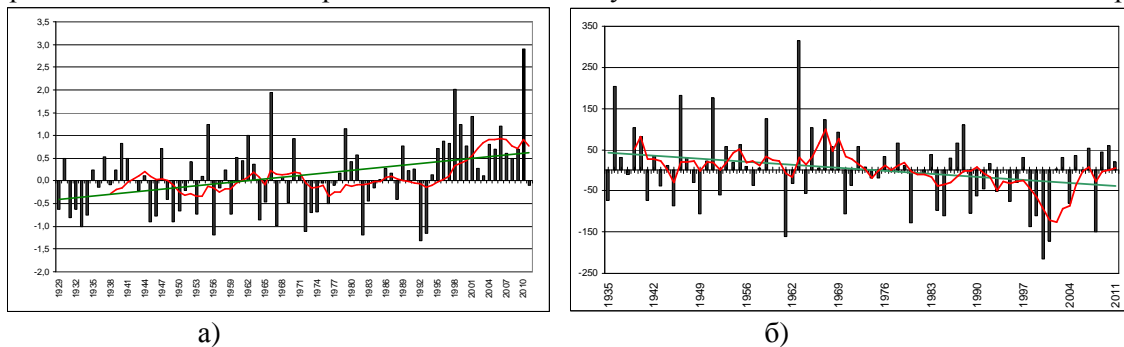
Ниже приводятся некоторые результаты, полученные разными методами.

С помощью **эмпирико-статистического анализа** температуры приземного слоя и количества осадков [1] оценено, что температура воздуха на всей территории Армении за 1935-1996 гг. в годовом разрезе выросла на 0.4 °С, а количество осадков в среднем уменьшилось на 5.8 % относительно их норм 1961-1990 гг., причем количество осадков уменьшилось в теплый период (апрель-октябрь), а увеличилось в холодный период (ноябрь-март). Используя зависимости увеличения аномалий приземной температуры воздуха от изменения концентрации углекислого газа в атмосфере, по сценарию IS92c МГЭИК, было получено, что температура воздуха повысится на 0.84 °С до 2025 г., на 1.3 °С до 2050 г., и на 1.73 °С к концу столетия. Количество осадков соответственно уменьшится на 2.9 % к 2025 г., на 5.4 % к 2050 г., и на 10.3 % к 2100 г.



**Рис. 1. Средняя годовая температура воздуха (°C) а) и среднее годовое количество осадков (мм) б) за 1961-1990 гг.**

Дальнейший анализ рядов данных гидрометеорологических наблюдений показал, что темпы изменения годовой и сезонной температуры воздуха значительно увеличились по отношению к средним за 1961-1990 гг. Так, за период 1935-2007 гг. средняя годовая температура воздуха повысилась на  $0,85^{\circ}\text{C}$ , а за 1935-2011 гг. – на  $1,03^{\circ}\text{C}$  (рис. 2). Причем, отклонения средней годовой температуры по отношению к норме (1961-1990 гг.) за период 1994-2011 гг. были только положительные, и их средняя составляет  $0,9^{\circ}\text{C}$ . 2010 год был самым теплым ( $\Delta T = 2,9^{\circ}\text{C}$ ), а 1998 г. – вторым самым теплым годом ( $\Delta T = 2,0^{\circ}\text{C}$ ) за весь период наблюдений. Годовая сумма атмосферных осадков за те же периоды соответственно уменьшилась на 6 %, 8,5 % и 13 % от нормы.



**Рис. 2. Отклонения среднегодовой температуры (а) и количества годовых осадков (б) от их норм за 1961-1990 гг.**

Для анализа годового хода изменения температуры и осадков нами были оценены изменения температуры и осадков по месяцам для всех 47 действующих станций за период 1935-2008 гг. по отношению к их нормам 1961-1990 гг. [3].

Как видно из рисунка 3, в годовом разрезе максимальный рост температуры воздуха  $2.6^{\circ}\text{C}$  отмечается в марте, а в ноябре и январе изменений не наблюдалось. В весенние месяцы в Армении наблюдается некоторое увеличение количества осадков, в частности в апреле на 40мм. В остальные же месяцы количество осадков значительно уменьшилось (максимальное уменьшение в сентябре).

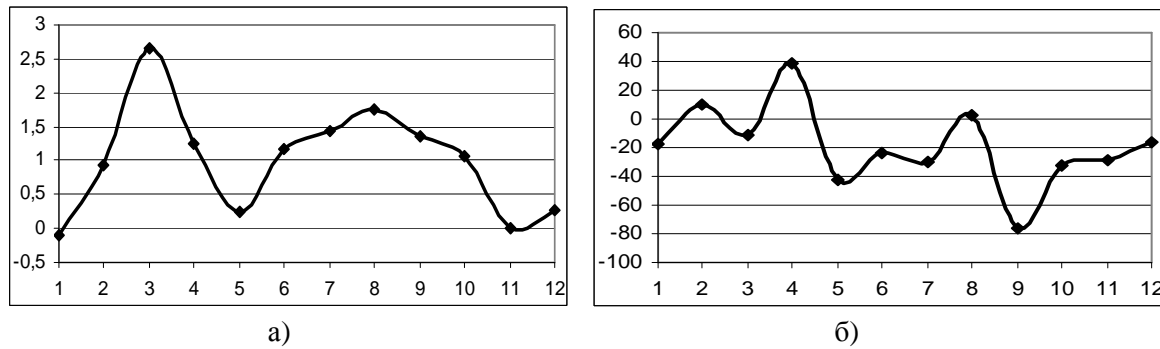


Рис. 3. Годовой ход изменения средних месячных температур а) и осадков б) за 1935-2008 гг. по отношению к норме 1961-1990 гг.

### Анализ результатов климатических моделей

Для получения наиболее детальной информации об изменении климата и разработки сценариев в региональном масштабе использовались данные модели PRECIS, разработанные в Центре Хедли (UK MetOffice), с горизонтальным шагом (25x25 км). В качестве входных данных этой модели были использованы выходные данные глобальной модели HadAM3P.

В работе были использованы результаты модели PRECIS для базового периода 1961-1990 гг., и проекции будущего климата (2071-2100 гг.) для сценария выбросов A2. Сравнение результатов модельных расчетов с фактическими нормами осадков и температуры за 1961-1990 гг. показало высокое качественное соответствие полей температуры и осадков. Но в смысле абсолютных значений должным образом оценить ошибку невозможно, что обусловлено наличием только осредненных значений, которые были учтены при разработке прогнозов будущего климата на 2071-2100 гг. На основе полученных результатов были разработаны сценарии изменения климатических параметров, которые представлены в таблице 1 (результаты для 2030 и 2070 г. в данной статье не приводятся). Согласно этому сценарию и поведению фактических климатических изменений на территории Армении, в таблице 1 приведены сценарии температуры и осадков, на основании которых была оценена уязвимость экосистем. Полученные результаты показывают, что в Армении ожидается рост температуры воздуха как в сезонном, так и в годовом разрезе. Этот рост будет иметь максимальное значение летом, на 4-6 °С. В разных районах Армении рост температуры различен: в западных и центральных районах (особенно в Араратской долине) ожидается более высокий рост, чем в других частях страны, в предгорьях температура поднимется умеренно. Ожидаются также существенные изменения количества осадков. В особенности летом количество осадков резко уменьшится. В другие сезоны распределение колебаний осадков похожи, но имеют определенную разницу абсолютных величин. Наибольшее изменение осадков ожидается весной. Возможное уменьшение осадков ожидается в долинах, в частности в Араратской долине. В предгорьях, горных районах и в западной части бассейна озера Севан ожидается некоторое увеличение. Обобщая результаты можно заключить, что на территории Армении с запада на восток друг за другом следуют пояса зоны роста и уменьшения осадков, что обусловлено фактором обтекаемости рельефа. Уменьшение количества осадков в некоторых районах приведет к дефициту водных ресурсов, для предотвращения этого необходимо предпринять ряд адаптационных мероприятий, а также увеличить эффективность управления водными ресурсами.

Сопоставление результатов полученных в странах Южного Кавказа [4,5,6] по PRECIS-у показало, что имеют место некоторые расхождения при оценке изменения количества осадков. Так, в Армении и Грузии в среднем ожидается уменьшение количества осадков приблизительно на 10 %, а в юго-восточных районах Азербайджана количество осадков увеличится почти на 80 %. Эта оценка позволяет предположить, что причиной этого расхождения могут служить некоторые недостатки модели PRECIS при воспроизведении осадков.

Для выяснения отмеченной выше неопределенности были изучены результаты глобальных климатических моделей [7]. В результате были выявлены модели (HadCM3, ECHAM5, GISS ER, и GFDL), которые наиболее успешно воспроизводят поля осадков и температуры на территории Южного Кавказа. Эти модели достаточно хорошо моделировали годовой ход температуры и осадков с сезонным пиком температуры летом, и максимумом осадков в апреле-мае. Для анализа этих моделей были использованы вычислительные ресурсы Института информатики и проблем автоматизации Академии Наук Армении.

| Таблица 1.Изменения сезонной и годовой температуры (°C) и осадков (%) по региональной модели PRECIS |      |       |       |       |         |
|---|------|-------|-------|-------|---------|
| Температура °C  |      |       |       |       |         |
| Район   | Зима | Весна | Лето  | Осень | Годовые |
| Северо-Восточный  | 4    | 4     | 4,5   | 2     | 3,6     |
| Бассейн озера Севан,  | 5    | 3,5   | 6     | 6     | 5,1     |
| Ширак   | 4    | 4     | 4,5   | 5     | 4,4     |
| Апаран-Раздан   | 5,5  | 7     | 3     | 5     | 5,1     |
| Араратский  | 4    | 5,5   | 2     | 3     | 3,6     |
| Вайк  | 6    | 6     | 6     | 6     | 6,0     |
| Сюник   | 2    | 2,5   | 4     | 3     | 2,9     |
| Армения   | 4,4  | 4,7   | 4,2   | 4,3   | 4,4     |
| Осадки, %   |      |       |       |       |         |
| Северо-Восточный  | 20   | 5     | -25   | 20    | 0,8     |
| Бассейн озера Севан,<br>Восточная часть   | -20  | -10   | -25   | -5    | -14,6   |
| Бассейн озера Севан,<br>Западная часть  | 20   | 10    | -15   | 15    | 5,5     |
| Ширак   | -30  | -30   | -20   | -10   | -23,4   |
| Апаран-Раздан   | -30  | -20   | -30   | -20   | -24,6   |
| Араратский  | -35  | -25   | -35   | -25   | -28,8   |
| Вайк  | -30  | -30   | -25   | 10    | -21,3   |
| Сюник   | 40   | 30    | 15    | 40    | 30,5    |
| Арагац  | 30   | 30    | 5     | 35    | 26,3    |
| Армения   | -7,2 | -8,1  | -18,9 | 3,2   | -8,7    |

Согласно оценкам этих моделей, при сценарии А2 ожидается, что во всех трех странах региона к концу века количество осадков сократится на 20-30% - в Армении, на 5-25% - в Азербайджане, и на 0-25% - в Грузии. Прогнозируемое изменение среднегодовой температуры для Армении, Азербайджана и Грузии по этим моделям к 2100 году составит 4.4°C- 5.5°C, 3.6°C-4.1°C и 4.1°C -5.5 °C соответственно (таблица 2).

Из вышеописанного можно заключить, что изменение температуры и осадков по результатам региональных и глобальных моделей достаточно близки, но имеются некоторые различия в количественном отношении.

Таблица 2.Аномалии температуры и осадков между периодами 2080-2099 гг. и 1980-1999 гг. по государствам Южного Кавказа, рассчитанные по лучшим четырем моделям

| Модель  | Характеристика  | Армения | Азербайджан | Грузия |
|---------|-----------------|---------|-------------|--------|
| HadCM3  | Температура, °C | 5.5     | 4.1         | 5.5    |
|         | Осадки, %       | -22     | -10         | -11    |
| ECHAM5  | Температура, °C | 5.2     | 4.0         | 4.3    |
|         | Осадки, %       | -20     | -5          | 0      |
| GFDL2.1 | Температура, °C | 4.4     | 3.6         | 4.1    |
|         | Осадки, %       | -31     | -15         | -24    |
| GISS ER | Температура, °C | 4.8     | 4.1         | 4.8    |
|         | Осадки, %       | -20     | -23         | -20    |

На основе полученных сценариев изменения климата была оценена уязвимость экосистем (водных ресурсов, лесов) и секторов экономики (сельского хозяйства, здравоохранения).

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Melkonyan H.A., Zoryan Z.A., Hayrapetyan K.A., et. al. Estimation of Global Climate Change in the Republic of Armenia and Assessment of Vulnerability of Ecosystems, 2<sup>nd</sup> European Conference on Applied Climatology, 1998, Vienna, Austria ISSN. 1016-6254.
2. Мохов И.И., Елисеев А.В., Семенов В.А. Возможные сценарии изменения климата в Армении, с использованием результатов численных экспериментов с климатической моделью ИФА РАН. Сборник статей “Армения – Проблемы изменения климата”, Ереван, 1999, с. 22-37.
3. Мелконян Г.А., Шиндян С.С., Естественные и антропогенные климатические изменения на территории Армении. Ученые записки Ереванского государственного университета, Ереван, 2009, с.31-37.
4. Georgia’s Second National Communication to UNFCCC, (2009) Ministry of Environment Protection and Natural Resources and United Nation Development Programme
5. Second National Communication of the Republic of Armenia Under The United Nations Framework Convention On Climate Change, (2010) Ministry of Nature Protection of the Republic of Armenia
6. Second National Communication of the Republic of Azerbaijan to UNFCCC, (2010) Ministry of Natural Resources and Ecology of Azerbaijan
7. Исследование регионального воздействия изменения климата для региона Южного Кавказа Тбилиси 2011

UDC 551.577, 551.582

**CLIMATE CHANGE ASSESSMENT IN ARMENIA.** / Melkonyan G., Ovsepyan A., Irityan A., Khalatyan E., Gevorgyan A. / Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.33-37-Russ.; Summ. Eng., Russ.

The paper considers present and future climate change in Armenia and Southern Caucasus. It has been found that the increase in annual temperature in Armenia consists 0,4 °C, 0,85 °C and 1,03 °C for 1935-1996, 1935-2007 and 1935-2011 periods correspondingly. Annual precipitation amount in Armenia has been decreased by 6 % 8,25 % и 13 % for the mentioned periods relative to the 1961-1990 precipitation norm. Detailed analysis of temperature and precipitation predictions obtained from regional PRECIS model output data is presented for different regions of Armenia. Validation of different global models made it possible to identify most successful models being able to capture spatial variability of temperature and precipitation in Southern Caucasus (HadCM3, ECHAM5, GISS ER и GFDL).

УДК 551.577, 551.582

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ.** / Мелконян Г.А., Овсепян А.Р., Ирицян А.Р., Халатян Е.С., Геворгян А.М. / Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. - 2013.-т.119.-с.33-37-Рус., Рез. Англ., Рус.

Работа посвящена анализу результатов исследований в области изменения климата осуществленных в Гидрометслужбе Армении в течение последних двух десятилетий. Используя месячные, сезонные и годовые данные температуры и осадков периодически анализируются как текущие аномалии, так и тренды изменения для отдельных регионов, и для всей территории Армении в целом. В качестве базового периода принимается 1961-1990 гг. Результаты оценки изменения температуры воздуха показали, что среднегодовая температура воздуха на территории Армении в среднем повысилась на 0,4 °C за период 1935-1996 гг., на 0,85 °C за период 1935-2007 гг., на 1,03 °C за период 1935-2011 гг. Годовая сумма осадков за указанные периоды уменьшилась на 6 % 8,25 % и 13 % соответственно относительно нормы. В статье приводится детальный анализ результатов прогноза температуры воздуха и осадков для отдельных регионов Армении по сезонам за периоды до 2030 г., 2070 г. и 2100 г используя данные региональной модели PRECIS. Апробированы результаты глобальных климатических моделей рекомендованные IPCC. В результате были выделены модели, которые наиболее успешно воспроизводят поля осадков и температуры на территории Южного Кавказа (HadCM3, ECHAM5, GISS ER и GFDL).

UDC: 551.501.8

## CLIMATE AND CAUSES OF ITS VARIABILITY

Marika Tatishvili\*, Nana Bolashvili\*\*, Irine Mkurnalidze\*

\* Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University

\*\*Institute of Geography at the Iv.Javakishvili Tbilisi State University

The global warming has increased dramatically in the last 20 years. The IPCC report estimates that the 1990s were the warmest years since the beginning of instrumental records in 1861 and that 1998 may have been the warmest year on record. This increase in temperature over the last century is likely to have been the largest 100-year increase in the last 1000 years. Because of these dramatic climate changes of the last 100 years many scientists believe that human activities, such as burning fossil fuels, have contributed to global warming.

Two of the questions that now face scientists studying climate change are:

1. How has human activity influenced the climate?
2. How would the global climate change without human influence?

In order to answer the first question, scientists must answer the second question.

The total energy output of the sun is nearly constant. At the top of Earth's atmosphere the total irradiance from the sun is about 1366 W/m<sup>2</sup>. Imagine thirteen 100 Watt light bulbs shined all of their energy onto a square meter. During the course of an 11-year solar cycle, the average output of the sun changes by about 1-2 W/m<sup>2</sup> or about 0.1%. Thus, the solar constant varies between 1365 and 1367 W/m<sup>2</sup> and is therefore, not really a constant.

In other wavelengths such as the ultraviolet and extreme ultraviolet parts of the solar spectrum, the solar variability can be quite large. In the x-ray wavelengths, the sun can change brightness by a factor of 100 or even 1000 in just a few minutes but these wavelengths only affect the upper reaches of our atmosphere. Figure 2 shows a 5-year sequence of x-ray images of the sun from solar maximum to solar minimum. It is thought that the total solar output of the sun has changed by larger amounts over longer time scales. There is evidence that the total solar output may have been as low as 1360 W/m<sup>2</sup> during the 19th century and even lower than that during the 17th century. Thus over centennial time scales, the solar output may have changed by 0.5%.

The NOAA Space Environment Center (SEC) combines scientific research and an operational Space Weather Center to maintain a vigilant watch on solar activity. SEC's primary mission is studying the affects of a variable sun on the upper atmosphere and the near-Earth space environment. Monitoring and understanding the solar effects on the middle and lower atmosphere is a new component of SEC's mission. Present NOAA/SEC activities include monitoring the sun in x-ray and ultraviolet wavelengths as well as sunspots. NOAA recognizes the need for new efforts in this area and will include solar extreme ultraviolet measurements on the next generation of GOES spacecraft and total solar irradiance and solar spectral irradiance measurements as part of its upcoming NPOESS spacecraft mission [3].

The sun plays a role in our climate in direct and indirect ways. The sun changes in its activity on time scales that vary from 27 days to 11, 22, 80, 180 years and more. A more active sun is brighter due to the dominance of faculae over cooler sunspots with the result that the irradiance emitted by the sun and received by the earth is higher during active solar periods than during quiet solar periods. The amount of change of the solar irradiance based on satellite measurements since 1978 during the course of the 11 year cycle just 0.1% (Frohlich and Lean 1998) has caused many to conclude that the solar effect is negligible especially in recent years. Over the ultra long cycles (since the Maunder minimum), irradiance changes are estimated to be as high as 0.4% (Hoyt and Schatten (1993), Lean et al. (1995), Lean (2000), Lockwood and Stamper (1999) and Fligge and Solanki (2000)).

However this does not take into account the sun's eruptional activity (flares, solar wind bursts from coronal mass ejections and solar wind bursts from coronal holes) which may have a much greater effect. This takes on more importance since Lockwood et al., (1999) showed how the total magnetic flux leaving the sun has increased by a factor of 2.3 since 1901. This eruptional activity may enhance warming through ultraviolet induced ozone chemical reactions in the high atmosphere or ionization in higher latitudes during solar induced geomagnetic storms. In addition, the work of Svensmark (1997), Bago and Butler (2000) Tinsley and Yu (2002) have documented the possible effects of the solar cycle on cosmic rays and through them the amount of low cloudiness. It may be that through these other indirect factors, solar variance is a much more important driver for climate change than currently assumed. Because, it is more easily measured and generally we find eruptional activity tracking well with the solar irradiance, we may utilize solar irradiance measurements as a surrogate or proxy for the total solar effect. Correlations with Total Solar Irradiance studies vary on the importance of direct solar irradiance especially in recent decades [1].

When Gleissberg (1958) first investigated solar cycle lengths, he found short cycles had high sunspot numbers and strong eruptive activity while long cycles were characterized by low maxima and fewer solar eruptions. This may ex-

plain why Friis-Christensen and Lassen (1991) found a correlation of solar cycle length with temperatures. With major geomagnetic storms, there is ionization warming in the polar auroral zone, an increase in solar wind with more general warming. Landscheidt (2003) showed a  $r^2$  correlation of 0.92 between smoothed yearly global temperature anomalies and a smoothed geomagnetic index (aa index) with a tendency for temperatures to lag the solar by 4 to 8 years.

Ionization of the air occurs due to cosmic rays (CR), from the decay of trace radioactive isotopes, ionization by solar ultra violet light and electrical effects such as lightning. At cloud forming altitude ( $> 1000$  m) over the land and at all altitudes over the sea CR are thought to dominate the production of ionization in the troposphere.

It was suggested long ago that CR could be connected with the weather and the climate and various mechanisms have been suggested. Much publicity has been given to the observation that the reduction in the low cloud cover (LCC) observed during solar cycle 22 correlates well with the decrease in the cosmic ray (CR) rate as measured by neutron monitors. This led the groups to hypothesize that the reduction was caused by the influence of ionization from CRs on cloud cover. Furthermore, it has been suggested that this is a significant contributor to global warming. The basis of the suggestion is that the cosmic ray rate has been observed to decrease over the last century. This leads to less ionization in the atmosphere, reducing cloud cover according to the hypothesis, allowing more sunlight to warm the Earth. This suggestion has been questioned on the grounds of inconsistencies between different methods of measuring cloud cover and on the grounds of imperfect data analyses. Attempts have been made to look for local or regional correlations which find either nothing, the opposite correlation or some correlation. We discount these in order to investigate the hypothesis further and on a global scale. We further discount the likelihood that CR effects would change mainly the depth of the clouds, rather than the cloud cover. The suggestion was also questioned in a study of the long term CR rate where it was shown that this rate began to increase in 1985 yet global warming continued. Nevertheless, there may be some connection between clouds and ionization since it is well known that charged drops grow at smaller radii than uncharged drops, providing that the supersaturation is high enough [4].

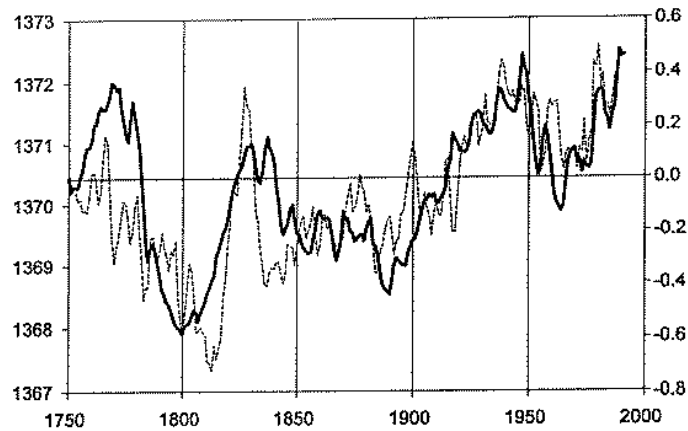
A key aspect of the sun's effect on climate is the indirect effect on the flux of Galactic Cosmic Rays (GCR) into the atmosphere. GCR is an ionizing radiation that supports low cloud formation. As the sun's output increases the solar wind shields the atmosphere from GCR flux. Consequently the increased solar irradiance is accompanied by reduced low cloud cover, amplifying the climatic effect. Likewise when solar output declines, increased GCR flux enters the atmosphere, increasing low cloudiness and adding to the cooling effect associated with the diminished solar energy. The conjectured mechanism connecting GCR flux to cloud formation received experimental confirmation in the recent laboratory experiments of Svensmark (Proceedings of the Royal Society, Series A, October 2006), in which he demonstrated exactly how cosmic rays could make water droplet clouds.

Palle Bago and Butler showed in 2002 (Intl J Climat.) how the low clouds in all global regions changed with the 11 year cycle in inverse relation to the solar activity. Changes of 1 to 2% in low cloudiness could have a significant effect on temperatures through changes in albedo. K. Labitzke and H. van Loon have discovered a statistically significant connection between temperature-dependent 30-hP heights in the stratosphere and extreme in the 11-year sunspot cycle, which involves the troposphere and is strongest in special geographical regions. It is an indication of feedback or resonance amplification that the temperature difference in the stratosphere between minimum and maximum of the 11-year cycle reaches  $1.8^{\circ}$  C and in the troposphere still  $0.9^{\circ}$  C. In the Subtropic troposphere this difference even amounts to  $2^{\circ}$  C. Northern and Southern Hemisphere show such sunspot related temperature patterns in a mirror-symmetric way. The geographic distribution of the temperature effect corroborates the hypothesis that a modulation of Hadley cell circulation is involved. Experiments with models have shown that winds in the lower stratosphere can have an impact on circulation in the troposphere. Strong temperature variations following the course of the 11-year sunspot cycle were not only observed in recent decades. According to M. Stuiver, P. M. Grootes, and T. F. Braziunas the GISP delta  $^{18}$ O climate record shows a close correlation with the 11-year sunspot cycle for hundreds of years. This data point to a regional temperature variation of  $2.6^{\circ}$  C following the sunspot rhythm [2].

A climatic effect caused by total irradiance variations becomes more effective when its impact lasts longer. The Milankovitch theory in its modern form shows that a change of  $0.1\%$  effective during a very long interval can release a real ice-age. So it may be expected that the 90-year Gleissberg cycle of sunspot activity, which modulates the intensity of the 11-year cycle, possesses a considerable potential to accumulate an effective surplus of irradiance, or to induce a steadily decreasing level of radiant flux density, particularly since the Gleissberg cycle can reach a length of 120 years.

When satellite observations had established that the solar constant is variable, phenomenological regression models were developed which assess the variations in irradiance in past decades and centuries. The model developed by D. V. Hoyt and K. H. Schatten, shown in fig.1, is based on proxy data related to secular changes in the convective energy transport or the convective velocities in the sun. They include the solar cycle length, the equatorial solar rotation rate, and sunspot structure. This solar-irradiance model has only two parameters: the amplitude of variations of the 11-year cycle and the Gleissberg cycle. The thick curve in fig.1 shows the output of the model. The corresponding

vertical axis on the left measures the irradiance in  $W/m^2$ . The dashed curve represents the smoothed annual mean Northern Hemisphere temperature variations (right scale) for 1700 – 1879 from B. S. Groveman and H. E. Landsberg, and for 1880 to the present from J. E. Hansen and S. Lebedeff. The two curves show a close correlation that point to a strong link between solar activity and climate.



**Fig.1.**

Change in the ultraviolet radiation of the sun is much greater than in the range of visible radiation. The ultraviolet range of the spectrum lies between  $100 \text{ \AA}$  and  $3800 \text{ \AA}$ . Wavelengths below  $1500 \text{ \AA}$  are called extreme ultraviolet (EUV). The variation in radiation between extrema of the 11-year sunspot cycle reaches 35% in the EUV- range, 20% at  $1500 \text{ \AA}$ , and 7% around  $2500 \text{ \AA}$ . At wavelengths above  $2500 \text{ \AA}$ , the variation reaches still 2%. At the time of energetic solar eruptions, the UV-radiation increases by 16%. At a sunspot maximum the EUV-radiation raises the temperature in the Ionosphere by 300% in relation to the minimum. Yet most important is that the UV-radiation below  $2900 \text{ \AA}$  is completely absorbed by ozone in the stratosphere. The resultant rise in temperature is augmented by positive feed-back, as the UV-radiation also generates new ozone. Satellite observations show that the ozone content grows by 2% from sunspot minimum to maximum. D. Rind and J. Overpeck are working on a model which explains how the rising temperature in the stratosphere influences the circulation in the troposphere. J. D. Haigh has already assessed this effect in quantitative terms and shows that temperature in the Subtropics and North Atlantic storm tracks are especially affected.

Variations in radiation are not the sun's only way to influence climate. Between energetic solar eruptions and galactic cosmic radiation modulated by the solar wind on the one hand and electric parameters of the atmosphere on the other, exist couplings, the strength of which varies by 10% in the course of days, years, and even decades. The most important change is to be found in the downward air-earth current density, which flows between the ionosphere and the surface. R. Markson and M. Muir have shown how this affects the thunderstorm activity, while B. A. Tinsley assumes that electrically induced changes in the microphysics of clouds (electrofreezing) enhance ice nucleation and formation of clouds. These approaches have the advantage to be independent of dynamic coupling between different layers of the atmosphere, since these variations affect the whole atmosphere

The most convincing argument yet, supporting a strong impact of the sun's activity on climate change, is a direct connection between cloud coverage and cosmic rays, discovered by H. Svensmark and E. Friis-Christensen in 1996. It is shown in fig.2.. Clouds have a hundred times stronger effect on weather and climate than carbon dioxide in the atmosphere. Even if the atmosphere's  $CO_2$  content doubled, its effect would be cancelled out if the cloud cover expanded by 1%, as shown by H. E. Landsberg. Svensmark's and Friis-Christensen's result is therefore of great importance. The thin curve in fig.2 presents the monthly mean counting rates of neutrons measured by the ground-based monitor in Climax, Colorado (right scale). This is an indirect measure of the strength of galactic and solar cosmic rays. The thick curve plots the 12-month running average of the global cloud cover expressed as change in percent (left scale). It is based on homogeneous observations made by geostationary satellites over the oceans. The two curves show a close correlation. The correlation coefficient is  $r = 0.95$ .

Short-range variations in the intensity of cosmic rays, caused by energetic solar eruptions, have the same effect, though shorter. The plot shows that strong cosmic rays go along with a larger cloud cover, whereas weak cosmic rays shrink the cloud cover. The global cloud coverage diminished from its peak at the end of 1986 to its bottom in the middle of 1990 by more than 3%. According to observations by V. Ramanathan, B. R. Barkstrom, and E. F. Harrison, clouds have a net cooling effect of  $-17 \text{ W/m}^2$ . Svensmark and Friis-Christensen conclude from the diminution of this cooling effect between 1986 and 1990 that the solar irradiance has increased by about  $1.5 \text{ W/m}^2$  within these three and



a half years. A change of this order is quite remarkable, since the total radiative forcing by carbon dioxide accumulated since 1750 has been estimated by the IPCC not to go beyond  $1.5 \text{ W/m}^2$ . This means that cosmic rays, strongly modulated by solar activity, achieve an effect within three and a half years for which the accumulation of carbon dioxide in the atmosphere needs centuries. This shows clearly to what extent the greenhouse effect has been overestimated in comparison with the solar contribution to climate change, which turns out to be the most important factor.

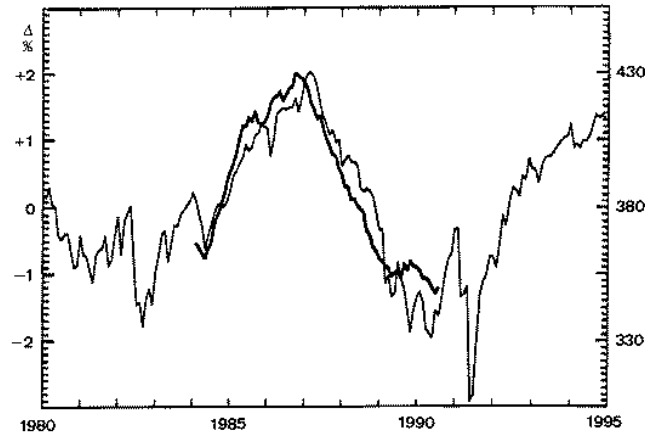


Fig.2.

There is also a physical explanation of the effect: the secondary ions produced by the cosmic rays serve as condensation nuclei with hygroscopic properties that enhance the formation of clouds. Meanwhile, H. Svensmark has extended his investigation that now covers the interval 1980 to 1996. As before, the correlation between cloud cover and cosmic rays is very close. Indirect measurements of the intensity of cosmic rays, which register myons instead of neutrons, go back to 1937. When H. Svensmark compared these data with global temperature in the Northern Hemisphere, he again found a strong correlation which indicates that the connection between cosmic rays, cloud cover, and global temperature is real.

The primary cause of the solar modulation of cosmic rays is not the level of sunspot activity, but the varying strength of the solar wind. This supersonic outflow of plasma originates in the very hot corona of the sun and carries ionized particles and magnetic field lines from the sun. While it is expanding towards the boundary of the solar system, cosmic ray particles interacting with it lose energy. When the solar wind blows heavily, cosmic rays are weak, and when the solar wind is in a lull, cosmic rays become strong. The highest velocities in the solar wind are caused by energetic solar eruptions and coronal holes. Strong eruptions (flares and eruptive prominences) avoid sunspot maxima and even occur close to sunspot minima. So sunspots are not a good indicator of solar wind strength. As cosmic rays, which have such a strong impact on cloud cover, are strongly modulated by eruptive features of the sun's activity, the solar contribution to climate change can no longer be considered negligible. This is all the more so as the already described changes in irradiance has an additional effect.

D. Rind and J. Overpeck have shown that at least half of the rise in temperature since the end of the Little Ice Age can be attributed to the parallel rise in the sun's irradiance. D. Hoyt and K. H. Schatten judge their elaborate results as follows: *"From the record, we believe the sun plays a major role in natural secular climatic changes on time scales of decades to centuries."* E. S. Posmentier, W. H. Soon, and S. L. Baliunas [88, 107] eventually derive from a model based on the same solar factors as in the Hoyt-Schatten-model that **78% of the rise in temperature between 1885 and 1987 can be explained by the sun's varying irradiance.** An additional statistical experiment corroborates this result, though it omits the Svensmark effect and other solar-terrestrial relationships which are independent from irradiance. There is not much room left for the anthropogenic greenhouse effect. H. N. Priem aptly remarks: "Recent studies show that solar variability rather than changing CO pressure is an important, probably the dominant climate forcing factor ... The current and anticipated fleet of spacecraft devoted to the study of solar and solar-terrestrial physics will therefore probably prove to have more bearing on the understanding and forecasting of climate change than the orchestrated assessments by politically motivated international panels biased towards global warming exclusively by the enhanced greenhouse effect."

Cycles of big fingers have a mean length of 35.8 years ( $178.8 \text{ years [big hand]} / 5 = 35.76 \text{ years [big fingers]}$ ). They are closely connected with solar activity. They coincide with maxima and minima in the Gleissberg cycle and open up the possibility of predicting these crucial phases many years ahead. As will be shown below, they also define the length of the 22.1-year magnetic cycle of sunspot activity (Hale cycle). As far as climatic change is concerned, cycles of a length of 36 years are not new. Francis Bacon has already pointed to a cycle in the Netherlands with a length

of 35 to 40 years with cool and wet phases followed by warm and dry periods. E. Brückner discovered this cycle again in 1887. He demonstrated that varied climatic phenomena in different regions of the world show synchronized phases in a cycle of 33 to 37 years. He had already surmised in those days a connection with the sun's activity. H. W. Clough followed this suggestion and found the Brückner cycle not only in 12 meteorological variables, but also in sunspots and especially in variations in the length of the 11-year sunspot cycle. D. V. Hoyt and K. H. Schatten think that the reality of the cycle is confirmed by Scandinavian tree ring data which show its rhythm over hundreds of years.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. What do we really know about the Sun-climate connection Eigil Friis-Christensen and Henrik Svensmark. Solar-Terrestrial Physics Division, Danish Meteorological Institute. 2008.
2. Solar activity: Dominant factor in climate dynamics. Theodor Landscheidt. Schroeter Institute for Research in Cycles of Solar Activity. Nova Scotia, Canada. 2007.
3. The sun climate connection. Rodney Viereck, NOAA Space Environment Center. 2001.
4. Solar activity and mean global temperature. A.D. Erlykin, T. Sloan, A.W. Wolfendale. Environ. Res. Lett. 4 (January-March 2009).

უაკ: 551.501.8

**კლიმატი და მისი ცვალებადობის გამომწვევი მიზეზები/მ.ტატიშვილი, ნ.ბოლაშვილი, ი.მკურნალიძე/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.38-42-ქართ., რუხ. ქართ., ინგლ., რუს.**

კლიმატის ცვლილების მიზეზებს იკვლევენ ორი მიმართულებით: ბუნებრივი და ანთროპოგენული. ორივე მიმართულებით მრავალი კვლევა ტარდება. ბევრი მეცნიერი-კლიმატოლოგი დარწმუნებულია, რომ ამჟამინდელი კლიმატის ცვლილება პირდაპირ დაკავშირებულია მზის აქტივობასთან, რომელიც განსაზღვრავს დედამიწაზე ტემპერატურას და ღრუბლიანობას. მზის აქტივობის ცვლილების დროითი მასშტაბი მოიცავს 27 დღიდან 11, 22, 80, 180 და მეტ წლებს. მას შემდეგ რაც თანამგზავრული დაკვირვებებით დადგინდა, რომ მზის მუდმივა ცვალებადია, შეიქმნა ფენომენოლოგიური რეგრესიული მოდელები მზის რადიაციის ცვლილების შეფასებისთვის გასულ ათწლეულებში და საუკუნეებში. მათი შედეგებიდან ცხადი ხდება, რომ მზის წველითან შედარებით სათბური გახების როლი გადაფასებულია კლიმატის ცვლილებაში. ხოლო მრავალი მეცნიერის აზრით მზე შედის აქტივობის შემცირების ფაზაში რაც მომავალი 30წ განმავლობაში გამოიწვევს გლობალურ აცივებას.

UDC: 551.501.8

**CLIMATE AND CAUSES OF ITS VARIABILITY./M.Tatishvili, N.Bolashvili, I.Mkurnalidze/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.38-42 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.**

Climate change causes have been studied basically in two directions: natural and anthropogenic. Many studies have been devoted to both directions. A lot of scientist-climatologists believe that current climate change is directly connected with solar activity that determines temperature and cloud cover on the Earth. The sun changes in its activity on time scales that vary from 27 days to 11, 22, 80, 180 years and more. When satellite observations had established that the solar constant is variable, phenomenological regression models were developed which assess the variations in irradiance in past decades and centuries. The outputs show clearly that the greenhouse effect has been overestimated in comparison with the solar contribution to climate change. And according to enormous number of scientists the sun enters the phase of decreasing activity that would undoubtedly cause global cooling during future 30 years.

УДК: 551.501.8

**КЛИМАТ И ПРИЧИНЫ ЕГО ИЗМЕНЧИВОСТИ/ М.Татишвили, Н.Болашвили, И.Мкурналидзе/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.38-42 -Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.**

Причины изменения климата были изучены в основном в двух направлениях: природные и антропогенные. Многие исследования были посвящены обоим направлениям. Многие ученые-климатологи считают, что нынешнее изменение климата напрямую связан с солнечной активностью, определяющей температуру и облачности на Земле. Солнце меняет свою деятельность на временных масштабах, которые варьируются от 27 дней до 11, 22, 80, 180 и более лет. Когда со спутниковых наблюдений было установлено, что солнечная постоянная переменная, феноменологическая регрессионные модели были разработаны, которые оценивают изменения радиации в последние десятилетия и века. Выводы ясно показывают, что парниковый эффект был завышен в сравнении с солнечным вкладом в изменение климата. И по мнению огромного числа ученых, солнце вступает в фазу снижения активности, что, несомненно, вызывает глобальное похолодание в течение будущих 30 лет.

УДК 551.5

## АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Махмудов Р.Н.

Гидрометеорологический Научно-Исследовательский Институт при  
Министерстве Экологии и Природных Ресурсов Азербайджанской Республики

В последнее время глобальное климатическое изменение и его региональные воздействия продолжают отрицательно воздействовать стабильному развитию любой страны. Так, аномальные атмосферные процессы, происходящие под воздействием климатических изменений, способствовали изменению гидрометеорологических условий и как результат, увеличению числа природных бедствий, в том числе, селей, штормов, засухи, шквалов, интенсивных дождей, лесных пожаров, колебаний уровня водных объектов и других явлений.

Глобальные климатические изменения в нашей республике также увеличили число разных природных бедствий, опасных гидрометеорологических явлений, таких как сели, штормы, засухи, колебания уровня моря и т.д.

В представленной статье особое внимание уделено хронике опасных гидрометеорологических явлений в Азербайджане за последние годы (2007-2011) и по отдельным месяцам проанализированы гидрометеорологические условия, изменчивость годовой температуры и осадков относительно нормы, сели, паводки, град и шквалы на территории республики, изменчивость уровня на Каспийского море, явления стока и волнения под воздействием штормов.

В 2007 году среднегодовая температура воздуха стала выше нормы на  $0,6-0,7^{\circ}\text{C}$ . За год среднемесячные температуры стали ниже нормы в месяцах апрель, июль, ноябрь и декабрь, а в остальные месяцы выше нормы. Годовая максимальная температура наблюдалась в августе в низменных районах и в Сумгаите ( $41,2-41,4^{\circ}\text{C}$ ). Абсолютная минимальная температура отмечена в Нахичевани ( $-25^{\circ}\text{C}$ ), низменных районах, ( $-2,-4^{\circ}\text{C}$ ), Апшероне ( $-2,8^{\circ}\text{C}$ ) и на нагорных районах ( $-18^{\circ}$ ). Осадки были близки к норме по месяцам; в январе, феврале, сентябре месяцах ниже, а в остальные месяцы ближе к норме и выше неё.

В 2007 году на территории Азербайджана наблюдались приблизительно 22 селевые явления. Самое сильное из них было отмечено 27 мая в Нахичевани, в результате чего погибло 2 человека.

В 2007 году уровень Каспийского моря снизился на 5 см. По месяцам самый минимальный уровень наблюдалась в январе (98 см), а самый максимальный уровень в месяцах июнь – июль (129 см).

В 2008 году среднегодовая температура воздуха в сравнении с предыдущими годами незначительно повысилась и стала выше многолетней нормы всего на  $0,3^{\circ} - 0,6^{\circ}\text{C}$ . 8 января в городе Баку отмечено самая минимальная температура ( $-8,7^{\circ}\text{C}$ ) за последнее сто лет. Отмеченная в 1935 году минимальная температура составила  $-8,1^{\circ}\text{C}$ . Наоборот, в марте среднемесячная температура было выше многолетней нормы на  $8 - 11^{\circ}\text{C}$ , а в апреле на  $5 - 7^{\circ}\text{C}$ .

26 марта 2008 года в Баку, Сумгаите наблюдались рекордные температуры по этому месяцу ( $+31^{\circ}\text{C}$ ), что выше климатической нормы на  $17^{\circ}\text{C}$ .

По месяцу март за последнее сто лет самая максимальная температура наблюдалась в 1952 году 31 марта ( $+30,8^{\circ}\text{C}$ ).

За 2008 год на территории республики наблюдались приблизительно 22 селевых явлений.

В 2008 году среднегодовой уровень Каспийского моря на Нефтяных Камнях составила 113 см и в сравнении 2007 году повысилась приблизительно на 26 см.

В 2009 году среднегодовая температура воздуха в сравнении с предыдущими годами повысилась незначительно и стала выше многолетней нормы всего на  $0,7^{\circ}$  по республике. За год среднемесячные температуры были ниже нормы в январе, марте, апреле, августе, сентябре месяцах и выше в мае, июле, октябре, ноябре, декабре месяцах. Самый холодный воздух наблюдался в Нахичевани ( $-18,21^{\circ}$ ).

За год осадки были ближе к норме и наибольшая осадка с величиной выше климатической нормы на 2-2,5 раза (205 -259 %) наблюдалась в феврале в Баку и на Апшеронском полуострове. В марте, апреле, мае, октябре, декабре месяцах количество осадков месяц было ниже климатической нормы, а на нагорных и предгорных районах незначительно выше нормы.

В 2009 году на территории Азербайджана наблюдались приблизительно 25 сильных селевых явлений.

В 2009 году среднегодовой уровень Каспийского моря на районе Нефтяных Камней составила 110 см и в сравнении с 2008 годом снизилась примерно на 3 см.

В 2010 году на территории страны с исключением января, мая, сентября, октября месяцев погодное условие прошло нестабильно. Годовая температура воздуха с наибольшим повышением в сравнении с предыдущими годами была выше многолетней нормы (12,3<sup>0</sup>) на 1,3<sup>0</sup> С по республике (13,6<sup>0</sup> С). Во всех сезонах температура повысилась, за лето и зима повышение температуры стала больше нормы. В январе месяце среднемесячная температура воздуха была выше климатической нормы на 2,3<sup>0</sup>, а в отдельные дни на 4<sup>0</sup>. 12 декабря в Баку максимальная температура воздуха составила 22,7<sup>0</sup>, что обновила рекордный показатель наблюдений последнего столетия.

За год среднемесячная температура только в апреле была ниже на 1<sup>0</sup> многолетней нормы, а в остальные месяцы выше не. Самая холодная погода наблюдалась в январе в Парагачае (-19<sup>0</sup>), а самая теплая в июне, июле месяцах в Кюрдамире (41<sup>0</sup>), Джульфе (44<sup>0</sup>), Нахичевани (43<sup>0</sup>), а в августе в Нахичевани (42<sup>0</sup>).

Несмотря на неравномерное распределение осадков по территории республики, за исключением ноября, декабря месяцев, они были близки к норме, а на некоторых низменных районах выше неё в 3-4 раза.

В 2010 году наблюдалось около 20 сильные селевые явления и половодья.

В период половодья на территории республики на устье реки Кура пунктах Кура-Сурра Ширван, Сальяны и Араз-Новрузлу, Евлах и Зардаб произошло затопление, на реках Кура-Араз уровень достигла максимального значения. В районах Сабирабад, Саатлы, Зардаб, Имишли, Сальяны, Нефтечала населению, сельскому хозяйству, быту, в общем экономике республики нанесен ущерб в сумме 500 млн. евро. На пункте Кура-Гырагесемен максимальный расход воды составил 1980 м<sup>3</sup>/с (исторический максимум 2720 м<sup>3</sup>/с), а на пункте Кура-Сальяны -1890 м<sup>3</sup>/с (исторический максимум 2350 м<sup>3</sup> с). На Мингечаурском водохранилище за последние 35 лет уровень достиг критического значения. Максимальный уровень отмечен 4 июня 2010 года (83,20 м).

В 2010 году среднегодовой уровень Каспийского моря на районе Нефтяных Камней составила 102 см и сравнений с 2009 годом снизилась на 8 см.

В зимние и весенние месяцы 2011 года (с исключением месяца январь) среднемесячная температура воздуха стала ближе к климатической норме.

В месяце январь на территории республики преобладал теплое погодное условие. В Баку и на Апшеронском полуострове среднемесячная температура воздуха была выше климатической нормы на 2-5<sup>0</sup>. 26 января в Баку среднесуточная температура составила 11,7<sup>0</sup> и таким образом, стала выше климатической нормы на 9,0<sup>0</sup>.

В июле в Баку и на Апшеронском полуострове среднемесячная температура воздуха была выше климатической нормы 2-4<sup>0</sup>, 22 июня в Баку максимальная температура воздуха достигла 40<sup>0</sup> и для месяца июль многолетняя абсолютная максимальная температура повторялось. А также за месяц многолетние показатели суточных максимальных температур 8 дней возобновились.

В 2011 году на территории республики осадки распределились неравномерно. В месяцах январь, март, апрель, сентябрь, октябрь наблюдались осадки, близкие к климатической норме, в месяцах июль и декабрь на некоторых районах их количество было незначительным.

За 2011 год наблюдалось около 20 сильных селевых явлений половодье. В 2011 году, среднегодовой уровень Каспийского моря на районе Нефтяных Камней составил 81 см и уровень моря в сравнении с 2010 годом снизился на 21 см.

**Таблица 1. Распределение температур относительно многолетней нормы (1961-1990) по разным высотам за 2007-2011 гг., °С**

| Высота, м          | ≤ 0  | 1-200 | 201-500 | 501-1000 | >1000 | По территории республики |
|--------------------|------|-------|---------|----------|-------|--------------------------|
| Норма 1961-1990    | 14.6 | 14.3  | 13.3    | 11.9     | 7.8   | 12.3                     |
| Среднегодовой 007  | 15.3 | 14.9  | 13.7    | 12.4     | 8.5   | 12.9                     |
| Разница от нормы   | +0.7 | +0.6  | +0.4    | +0.5     | +0.7  | +0.6                     |
| Среднегодовой 2008 | 15.4 | 15.1  | 14.2    | 12.5     | 8.9   | 13.0                     |
| Разница от нормы   | 0.8  | +0.8  | +0.9    | +0.6     | +1.1  | +0.7                     |
| Среднегодовой 2009 | 15.2 | 14.9  | 14.1    | 12.3     | 8.8   | 12.9                     |
| Разница от нормы   | +0.6 | +0.6  | +0.8    | +0.4     | +1.0  | +0.7                     |
| Среднегодовой 2010 | 15.7 | 15.5  | 14.4    | 13.1     | 9.7   | 13.6                     |
| Разница от нормы   | +1.1 | +1.2  | +1.1    | +1.2     | +1.9  | +1.3                     |
| Среднегодовой 2011 | 14.7 | 14.6  | 13.1    | 11.2     | 7.7   | 12.3                     |
| Разница от нормы   | +0.1 | +0.3  | -0.2    | -0.7     | -0.1  | 0                        |

Как видно из таблицы 1, несмотря на наблюдение повышения температур относительно многолетний нормы до высоты 0-200 м, к высоте >200 м наблюдается их снижение.

**Таблица 2. Изменение температур относительно многолетней нормы (1961-1990 гг.) по разным регионам на территории республики за 2007-2011 гг., °C**

| Годы               | Апшерон-Кобустан | Ленкоран-Астара | Большой Кавказ | Малый Кавказ | Кура-Араз | Нахичеван АР | По территории республики |
|--------------------|------------------|-----------------|----------------|--------------|-----------|--------------|--------------------------|
| Норма 1961-1990    | 14.5             | 12.9            | 10.7           | 9.2          | 14.3      | 12.4         | 12.3                     |
| Среднегодовой 2007 | 15.4             | 14.0            | 12.2           | 9.7          | 15.1      | 12.4         | 13.1                     |
| Разница от нормы,  | +0.9             | +1.1            | +1.5           | +0.5         | +0.8      | 0            | 0.8                      |
| Среднегодовой 2008 | 15.0             | 13.4            | 11.1           | 10.0         | 15.4      | 13.3         | 13.0                     |
| Разница от нормы   | +0.5             | +0.5            | +0.4           | +0.8         | +0.7      | +0.9         | +0.7                     |
| Среднегодовой 2009 | 14.6             | 13.4            | 10.8           | 10.0         | 15.1      | 13.0         | 12.8                     |
| Разница от нормы,  | +0.1             | +0.5            | +0.1           | +0.8         | +0.8      | +0.6         | +0.5                     |
| Среднегодовой 2010 | 15.4             | 13.9            | 12.3           | 11.1         | 16.1      | 14.0         | 13.8                     |
| Разница от нормы   | +0.9             | +1.0            | +1.6           | +1.9         | +1.8      | +1.4         | +1.5                     |
| Среднегодовой 2011 | 14.7             | 12.6            | 9.8            | 9.6          | 14.3      | 13.0         | 12.1                     |
| Разница от нормы   | +0.2             | -0.3            | -0.9           | +0.4         | 0         | +0.6         | -0.2                     |

Как видно из таблицы 2 на Малом Кавказе, в Нахичевани, несмотря на повышения температуры, в общем, по территории республики температура снизилась относительно многолетней нормы (-0,2 °C).

**Таблица 3. Распределение осадков по разным высотам и их многолетние нормы (1961-1990) на территории республики за 2006-2011 гг.**

| Высота, м          | ≤ 0   | 0-200 | 201-500 | 501-1000 | >1000 | По территории республики |
|--------------------|-------|-------|---------|----------|-------|--------------------------|
| Норма 1961-1990    | 334.5 | 327.5 | 478.0   | 534.3    | 639.7 | 476.5                    |
| Среднегодовая 2006 | 390.1 | 321.7 | 436.8   | 592.4    | 569.7 | 462.3                    |
| Разница от нормы   | 55.6  | -5.8  | -41.2   | 58.1     | -70   | -14.2                    |
| Среднегодовая 2007 | 313.1 | 319.8 | 540.5   | 623.1    | 664.2 | 492.8                    |
| Разница от нормы   | -21.4 | -7.7  | 62.5    | 88.8     | 24.5  | 16.3                     |
| Среднегодовая 2008 | 340.4 | 298.3 | 307.2   | 681.9    | 644.3 | 445.1                    |
| Разница от нормы   | 5.9   | -29.2 | 170.8   | 147.6    | 4.6   | -31.4                    |
| Среднегодовая 2009 | 372.8 | 396.3 | 471.0   | 551.2    | 650.2 | 482.6                    |
| Разница от нормы   | 38.3  | 68.8  | -7      | 16.9     | 10.5  | 6.1                      |
| Среднегодовая 2010 | 364.5 | 396.9 | 450.7   | 766.1    | 619.3 | 527.0                    |
| Разница от нормы   | 30.0  | 69.4  | -27.3   | 231.8    | -20.4 | 50.5                     |
| Среднегодовая 2011 | 512.4 | 451.2 | 459.0   | 822.3    | 782.3 | 563.3                    |
| Разница от нормы   | 177.9 | 123.7 | -19.0   | 288.0    | 142.6 | 86.8                     |

Как видно из таблицы 3 в 2011 году на территории республики количество выпадающих осадков в сравнении с предыдущими годами увеличилось, и разница с многолетней нормой составила 86,8 мм. На отдельных высотах, несмотря на увеличение количества осадков, на высоте 201-500 м наоборот, годовое количество осадки стала ниже многолетней нормы на 19,0 мм. Наибольшее увеличение количества осадков во все годы (288 мм) наблюдались на высотах 501-1000 м.

На рисунках 1 и 2 представлено сравнительный анализ распределения температур и осадков по месяцам относительно многолетней нормы.

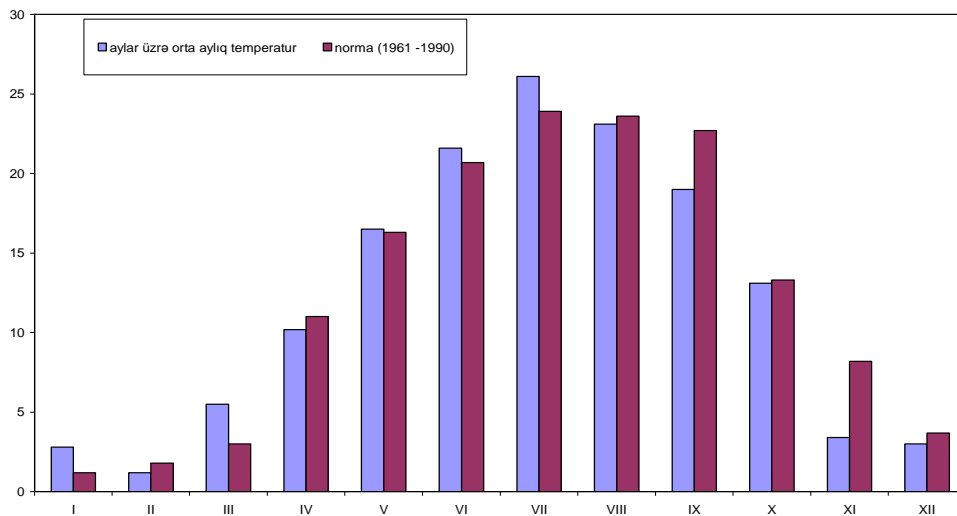


Рис.1. Сравнительный график среднемесячных температур по месяцам за 2011 год относительно многолетней нормы.

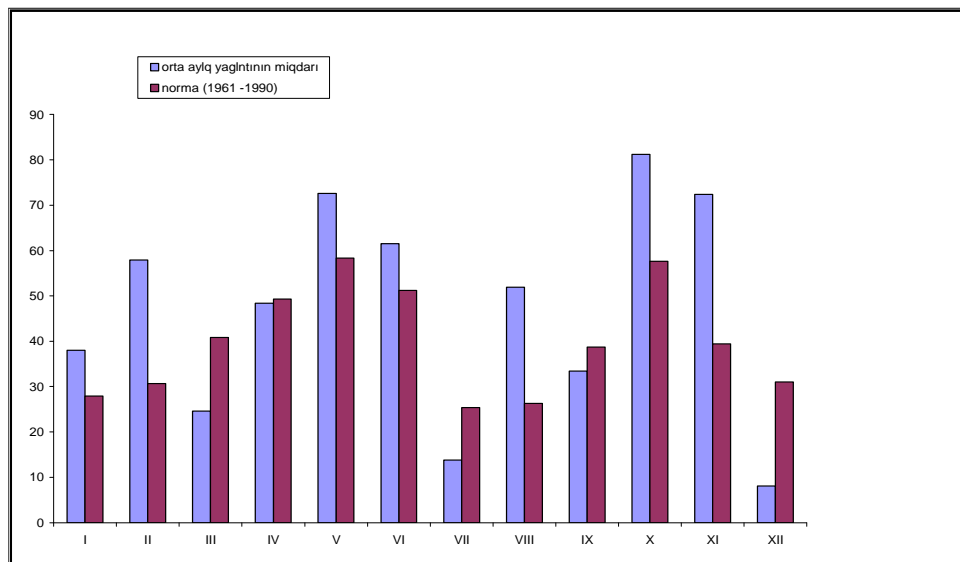


Рис.2. Сравнительный график среднемесячных осадков по месяцам за 2011 год относительно многолетней нормы.

На рис.1 видно, что январь, март, май, июнь, июль месяцы температуры были выше многолетней нормы, а в остальные месяцы были ниже нормы.

На рис.2 видно, что в марте, июле и декабре месяцах температуры были относительно ниже многолетней нормы, а в остальных месяцах температуры были выше многолетней нормы. Необходимо отметить, что кроме весны в остальных периодах (сезонах) наблюдались повышение температур.

UDC 551.5

**THE ANALYSIS OF HYDROMETEOROLOGICAL HAZARDS IN THE TERRITORY OF AZERBAIJAN REPUBLIC./Mahmudov R.N./** Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp. 43-47-Russ.; Summ. Eng., Russ.

In the article the especial attention has been directed to the change of dynamic of hydrometeorological hazards in Azerbaijan over last year (2007 - 2011). The hydrometeorological condition in the territory of the republic, including floods, strong breeze, mudflows, hail, Caspian Sea's level fluctuations, waving and runoff processes under the influence of strong breeze, has been analyzed.

Researches show, that over 1991 – 2010 period in the territory of the republic the mean annual temperature has been increased to  $0,8^{\circ}\text{C}$  and this increasing has different characters regarding on different regions, seasons and heights. So, most increasing of the temperature is observed on  $> 1000\text{ m}$  heights.

In 2011, in the territory of the country the increasing of annual temperatures has not been observed in comparison with preceding year, and mean annual norm of the temperature has been closer to the multiyear norm. But in 2011 the quantity of precipitations has been increased in comparison with previous years and became more than multiyear norm on  $86,8\text{ m}$ . Despite of the increasing of precipitations over separate heights, on  $201 - 500\text{ m}$  height the annual quantity of precipitations has been lower than the multiyear norm on  $20\text{ mm}$ . The most increasing of precipitations consists of  $290\text{ mm}$  on  $501 - 1000\text{ m}$  heights.

Last year the frequency of local hydrometeorological hazards and processes increases over separate regions.

УДК 551.5

**АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ.**/Махмудов Р.Н./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.43-47 -Рус., Рез. Англ., Рус.

В данной статье особое внимание уделено изменению динамику опасных гидрометеорологических явлений в Азербайджане за последние годы (2007-2011). Анализированы гидрометеорологическое условие, в том числе сели, половодья, град и сильные ветры на территории республики, колебания уровня на Каспийском море, процессы волнения и стока под воздействием сильных ветров.

Исследования показывают, что за период 1991-2010 на территории республики среднегодовая температура повысилась до  $0,8^{\circ}\text{C}$  и такое повышение носит разный характер по отдельным регионам, сезонам и высотам. Так, наиболее повышение температуры наблюдается на высотах  $> 1000\text{ м}$ .

В 2011 г. Повышение годовых температур на территории страны не наблюдается относительно предыдущим годам, и среднегодовая норма температуры была близка многолетней норме. А количество осадков в 2011 г. повысилось в сравнении с предыдущими годами и стало больше многолетней нормы на  $86,8\text{ мм}$ . Несмотря на возраст осадков по отдельным высотам на высотах  $201-500\text{ м}$ , наоборот, годовое количество осадков было ниже многолетней нормы на  $20\text{ мм}$ . Наибольший возраст осадков составляет  $290\text{ мм}$  на высотах  $501-1000\text{ м}$ .

Последние годы частота локальных опасных гидрометеорологических и процессов по отдельным регионам увеличиваются.

УДК 551.577

## ОЦЕНКА РИСКА ЭКСТРЕМАЛЬНО ОБИЛЬНЫХ ОСАДКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИХ РЕЖИМНЫХ ДАННЫХ

Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Цинцадзе Т.Н.,  
Бегалишвили Н.Н., Мдивани С.Г., Цинцадзе Н.Т.  
Институт Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии

### Введение

Атмосферные осадки являются одной из основных характеристик климата. сведения об осадках крайне необходимы для различных отраслей экономики, в особенности при обеспечении запросов сельского хозяйства, энергетики, транспорта, промышленного и гражданского строительства, создания гидротехнических сооружений, а также решения ряда других производственных и научных задач. Весьма важна информация относительно величин экстремально обильных осадков и связанных с ними вероятностей их выпадения (рисков). Большая интенсивность отдельного дождя, как правило, характерна для ливня. Однако, в протяжении ливневого дождя небольшой продолжительности, но большой интенсивности выпадает такое количество осадков, которое может привести к катастрофическим результатам. В горных условиях, при наличии крутых склонов с водонепроницаемыми геологическими структурами экстремально обильные осадки, в том числе и ливни, приобретают разрушительную силу. Экстремально обильные осадки, вызывая паводки и наводнения, наносят огромный ущерб, экономике страны, нередко приводя к трагическим последствиям среди населения.

В настоящей работе предложена методика оценки вероятности выпадения экстремально обильных суточных осадков на основе применения режимных месячных их характеристик. Методика реализована для данных осадков региона, прилегающего к Черноморскому побережью Грузии. Однако, она может быть применена и для других регионов, например для оценки риска обильных осадков в регионах Восточной Грузии. Проверка методики выполнена путем сравнения расчетных величин осадков и связанных с ними рисков с фактическими суточными данными наблюдений за обильными осадками.

### Методика исследований

Вероятность (риск) выпадения экстремально обильных осадков можно оценить исходя из закона распределения суточных осадков для данного месяца, которые принимаем известными в виде ассиметричной гамма-функции:

$$f(x) = Ax^\alpha \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right), \quad (1)$$

где  $f(x)$ -плотность вероятности суточных осадков  $x$ ;

$\alpha > -1, \beta > 0, A = \frac{1}{\beta^{\alpha+1}\Gamma(\alpha+1)}$  -параметры распределения.  $\Gamma(\alpha + 1)$ -полная гамма-функция или интеграл Эйлера второго рода.

Таким образом, интегральная функция

$$\Gamma(x \gg x_1) = \int_{x_1}^{\infty} f(x)dx = \int_{x_1}^{\infty} Ax^\alpha \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right) dx = \frac{\Gamma(\alpha+1, \frac{x}{\beta})}{\Gamma(\alpha+1)} \quad (2)$$

представляет собой вероятность выпадения суточных осадков выше величины  $x_1$ . Здесь  $\Gamma(\alpha + 1; \frac{x}{\beta})$ - неполная гамма-функция.

Первые два момента функции распределения (1) могут быть выражены через параметры распределения следующим образом:

$$M_1[x] = \bar{x} = \int_0^{\infty} xf(x)dx = (\alpha + 1)\beta, \quad (3)$$

$$M_2[x] = D = \int_0^{\infty} (x - \bar{x})^2 f(x)dx = (\alpha + 1)\beta^2, \quad (4)$$

где  $\bar{x}$  и  $D$  - соответственное среднее значение суточных осадков и дисперсия распределения для данного месяца.

И так, используя известные режимные характеристики осадков для каждого месяца, приведенные в климатических справочниках [1,2], а также результаты исследований в различных регионах Грузии (например, в [3]), можно оценить величины  $\bar{x}$  и  $D$  в выражениях (3) и (4). Затем, решая систему уравнений (3)-(4) относительно  $\alpha$  и  $\beta$ , можно определить параметры распределения  $\alpha, \beta, A$  в (1).

Окончательно, это позволяет вычислить вероятность выпадения осадков, равных и больше заданной величины  $x_1$  в (2), иначе, оценить в частности риск обильных осадков с количеством  $x \gg x_1$ .



**Результаты исследований**

В качестве примера реализации предложенной методики рассмотрим ежегодные данные об осадках двух метеостанций на территории Аджарии – Батуми и Хуло, в регионе Западной Грузии, прилегающей к Черному морю [1]. Из всех данных, помещенных в климатический справочник, остановимся на изменениях в сентябре 1959 года, когда на станции Батуми – АМСГ было отмечено наибольшее количество осадков за период 1951-1965 годов – 674 мм [1,2]. Наибольшее суточное количество осадков, зафиксированных в сентябре, 1959 года составило  $x_m = 110$  мм. Число дней с осадками в этом месяце оказалось равным  $N = 19$  (см.табл.1). Таким образом, среднемесячное количество суточных осадков составило  $\bar{x}_1 = \frac{674}{30} = 22.5$  мм, а среднемесячное за сутки с осадками  $\bar{x}_2 = \frac{674}{19} = 35.5$  мм. Дисперсию суточных осадков находим из среднеквадратического значения, которое принимаем равным [3]

$$\sigma = 0.7\bar{x} = 0.7 \cdot 35.5 = 25 \text{ мм.}$$

Тогда  $D = \sigma^2 = 625 \text{ мм}^2$ .

Итак, имеем систему уравнений:

$$\begin{cases} (\alpha + 1)\beta = 35.5 \\ (\alpha + 1)\beta^2 = 625' \end{cases} \quad (5)$$

решением, которой будет  $\alpha = 1, \beta = 17.6$ . Тогда  $A = 0.00323$ . Таким образом, искомая функция распределения суточных осадков имеет вид:

$$f(x) = 0.00323x \exp(-0.057x). \quad (6)$$

Используя (2) и (6), можно оценить суточную вероятность выпадения осадков выше определенной величины. Расчетные значения вероятности, в том числе риск экстремально обильных осадков, представлены в последнем столбце табл.1.

**Таблица 1. Число дней с осадками  $N_x$  разной величины и соответствующие вероятности выпадения осадков (Батуми, сентябрь 1959г.)**

| № | Количество осадков $x_m$                 | Число $N_x$ дней с указанными осадками | Суточная вероятность выпадения осадков в сентябре $F_1$ , вероятность для дней с осадками $F_2$ | Расчетная вероятность с осадками $F$ |
|---|--|--|---|--------------------------------------|
| 1 | $\gg 0,1$                                | 19                                     | $\frac{19}{30} = 0.63; \frac{19}{19} = 1$   | 1.00                                 |
| 2 | $\gg 0,5$                                | 18                                     | $\frac{18}{30} = 0.60; \frac{18}{19} = 0.95$  | 0.99                                 |
| 3 | $\gg 1.0$                                | 18                                     | $\frac{18}{30} = 0.60; \frac{18}{19} = 0.95$  | 0.99                                 |
| 4 | $\gg 5.0$                                | 17                                     | $\frac{17}{30} = 0.57; \frac{17}{19} = 0.90$  | 0.96                                 |
| 5 | $\gg 10.0$                               | 14                                     | $\frac{14}{30} = 0.47; \frac{14}{19} = 0.74$  | 0.88                                 |
| 6 | $\gg 20.0$                               | 13                                     | $\frac{13}{30} = 0.43; \frac{13}{19} = 0.68$  | 0.68                                 |
| 7 | $\gg 30.0$                               | 10                                     | $\frac{10}{30} = 0.33; \frac{10}{19} = 0.53$  | 0.49                                 |
| 8 | $\gg 50.0$                               |  |   | 0.22                                 |
| 9 | экстремально обильные осадки $\gg 100.0$ | ориентировочно 1                       | $\frac{1}{30} = 0.03; \frac{1}{19} = 0.05$  | 0.02                                 |

Для данных метеостанции Хуло был аналогично отобран октябрь 1951 года, когда наблюдалось наибольшее месячное количество осадков 300мм для периода 1951-1965 гг. Согласно этим данным, наибольшее суточное

количество осадков в этом месяце составило  $x_m = 57$  мм. Число дней с осадками было равным  $N = 24$  (см табл.2). В этом случае функция распределения суточных осадков имеет вид:

$$f(x) = 0.0631x^{0.235} \exp(-0.1x). \quad (7)$$

Число дней с осадками различной величины, соответствующая им фактическая суточная вероятность выпадения осадков, а также расчетные значения суточной вероятности, в том числе риск экстремально обильных осадков, представлены в табл.2.

Сравнивая в таблицах 1 и 2 фактические (наблюденные) данные суточных вероятностей выпадения осадков различной величины с расчетными значениями вероятностей, можно отметить их удовлетворительное согласие. Укажем только, что небольшое превышение расчетных величин над фактическими получено для сравнительно малых значений осадков и наоборот - вычисленные величины несколько меньше наблюдаемых для «хвоста» распределения в направлении больших осадков.

**Таблица 2. Число дней с осадками  $N_x$  разной величины и соответствующие вероятности выпадения осадков (Хуло, октябрь 1951г.)**

| № | Количество осадков $x_m$                 | Число $N_x$ дней с указанными осадками | Суточная вероятность выпадения |                                       | Расчетная вероятность с осадками $F$ |
|---|--|--|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|   |  |  | осадков в сентябре $F_1$ ,     | вероятность для дней с осадками $F_2$ |                                      |
| 1 | $\gg 0,1$                                | 24                                     | $\frac{24}{31} = 0.77$ ;       | $\frac{24}{24} = 1$                   | 1.00                                 |
| 2 | $\gg 0,5$                                | 22                                     | $\frac{22}{31} = 0.71$ ;       | $\frac{22}{24} = 0.92$                | 0.97                                 |
| 3 | $\gg 1.0$                                | 21                                     | $\frac{21}{31} = 0.68$ ;       | $\frac{21}{24} = 0.88$                | 0.94                                 |
| 4 | $\gg 5.0$                                | 14                                     | $\frac{14}{31} = 0.45$ ;       | $\frac{14}{24} = 0.58$                | 0.70                                 |
| 5 | $\gg 10.0$                               | 9                                      | $\frac{9}{31} = 0.29$ ;        | $\frac{9}{24} = 0.38$                 | 0.46                                 |
| 6 | $\gg 20.0$                               | 5                                      | $\frac{5}{31} = 0.16$ ;        | $\frac{5}{24} = 0.21$                 | 0.19                                 |
| 7 | $\gg 30.0$                               | 3                                      | $\frac{3}{31} = 0.10$ ;        | $\frac{3}{24} = 0.13$                 | 0.07                                 |
| 8 | $\gg 50.0$                               |  |                                |                                       | 0.01                                 |
| 9 | экстремально обильные осадки $\gg 100.0$ | ориентировочно 1                       | $\frac{1}{31} = 0.03$ ;        | $\frac{1}{24} = 0.04$                 | $10^{-6}$                            |

### Закключение

Таким образом, проверка предложенной методики показала, что она может быть применена для определения суточной вероятности выпадения осадков различной величины, в том числе для оценки риска экстремально обильных осадков в данном месяце. Для реализации методики желательно знать количество осадков и число дней с осадками в данном месяце. При отсутствии этой информации можно воспользоваться данными климатических справочников [1,2].

Проверка методики может быть выполнена и для месяцев, характеризующихся сравнительно малым количеством выпавших осадков.

Проверку можно провести, также, для данных измеренных суточных осадков в отдельных месяцах годов текущего столетия.

В дальнейшем можно планировать исследования по применимости методики для различных регионов, например, для оценки рисков обильных осадков в районах Восточной Грузии.

располагая ежегодными данными относительно величин вероятности выпадения обильных осадков, можно исследовать их динамику, оценить влияние климатических изменений на риск экстремально обильных осадков в различных регионах страны. Для решения указанной задачи необходимо будет оценить региональные значения параметров (коэффициентов) в распределении суточных осадков.

ЛИТЕРАТУРА- ლიტერატურა- REFERENCES

1. Справочник по климату СССР. Вып. 14. Грузинская ССР. Метеорологические данные за отдельные годы. Часть II. Атмосферные осадки. Гидрометеиздат, Л., 1973, 377 с.
2. Справочник по климату СССР. Вып. 14. Грузинская ССР. Часть IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Гидрометеиздат, Л., 1970, 426 с.
3. Бегалишвили Н.А., Сванидзе Г.Г., Шакарაშვილი В.Ш. К вопросу планирования проекта ивеличения осадков (ПУО) на основе статистического моделирования экспериментов. В сб. «Планирование и оценка эффективности работ по искусственному увеличению осадков». М. Московское отделение Гидрометеиздата, 1988, с.216-220.
4. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш. Планирование на основе метода Монте-Карло рандомизированного засева облаков в экспериментах по искусственному увеличению осадков в горном регионе. Обзорение прикладной и промышленной математики. Серия «Вероятность и статистика» Том 3, вып.2, М. «ТВП», 1996, с.193-203.

უაკ 551.577

**ნალექთა რეჟიმული მონაცემებით ექსტრემალურად უხვი ნალექების რისკის შეფასება.** /ნ.ბეგალიშვილი, ბ.ბერიტაშვილი, თ.ცინცაძე, ნ.ნ.ბეგალიშვილი, ს.მდივანი, ნ.ცინცაძე/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.48-51.-რუს.; რეზ.ქართ.,ინგლ., რუს.

ცალკეული თვეების ნალექთა რეჟიმული მონაცემების საფუძველზე შეფასებულია ექსტრემალურად უხვი დღელამური ნალექების მოსვლის ალბათობა შავი ზღვის საქართველოს მიმდებარე რეგიონის მაგალითზე. ნალექთა გამითვლილი სიდიდეები და მათთან დაკავშირებული რისკები შედარებულია უხვ ნალექებზე დაკვირვების ფაქტობრივ მონაცემებთან.

UDC 551.557

**Extreme heavy precipitation risk assessment using standard record data.**/N.Begalishvili, B.Beritashvili, T.Tsintsadze, N.N.Begalishvili, S.Mdivani, N.Tsintsadze/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University. -2013. - v.119. – pp.48-51 -Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The extremely heavy precipitation event probability is assessed on the basis of monthly weather records. Case study is conducted for Georgia's Black Sea coastal region. Risk calculated values are verified applying data on observed patterns of precipitation.

УДК 551.557

**Оценка риска экстремально обильных осадков с использованием их режимных данных.** /Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Цинцадзе Т.Н., Бегалишвили Н.Н., Мдивани С.Г., Цинцадзе Н.Т./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. –2013. – т.119. – с. 48-51 – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Выполнена оценка вероятности выпадения экстремально обильных суточных осадков с использованием режимных месячных характеристик на примере региона, прилегающего к Черноморскому побережью Грузии. Проведено сравнение расчетных величин осадков и связанных с ними рисков с фактическими данными наблюдений за обильными осадками.

უაკ 0505.01

## ატმოსფერული ნალექების რეჟიმი იმერეთში კლიმატის გლობალური დათბობის ფონზე

მიქაუტაძე დ. კ., კვაბზირიძე მ. კ.  
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი

რეგიონის კლიმატური პირობების დასახასიათებლად სასურველია მისი მდგენელი ყველა მეტეოროლოგიური ელემენტის შესწავლა, თუმცა მათგან უპირატესობა მაინც ჰაერის ტემპერატურასა და ატმოსფერულ ნალექებს ენიჭება, რამეთუ სითბო, სინათლე და ტენი ის ძირითადი ფაქტორებია, რომელთა ოპტიმალური მნიშვნელობანი განაპირობებენ ადგილის ლანდშაფტის ფორმირებას, ასევე პირდაპირი თუ არაპირდაპირი გზით ზემოქმედებენ მეურნეობის რიგი დარგების განვითარებაზე. აქედან გამომდინარე, ბუნებრივია ის დიდი ინტერესი, რომელსაც როგორც მსოფლიოს გამომჩენილი მეცნიერები, ასევე ქართველი კლიმატოლოგები იხენენ რეგიონის კლიმატის შესაწავლის საქმეში. 1994 წელს საქართველო მიუერთდა რა გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენციას და იკისრა გარკვეული ვალდებულებები, ქართველმა მეცნიერებმა ბოლო 10-15 წლის მანძილზე პირველად ჩატარეს კვლევები სექტორების მიხედვით სათბურის ძირითადი გაზების ინვენტარიზაციის მიზნით, შეფასდა კლიმატის ძირითადი მახასიათებლების ტრენდები სამ პრიორიტეტულ რეგიონში, განისაზღვრა მოწყვლადობისა და საადაპტაციო ღონისძიებები. ჩატარებული კვლევის შედეგები წარმოდგენილ იქნა საქართველოს პირველ (1999) და მეორე (2009) ეროვნულ შეტყობინებებში, სადაც, ერთ-ერთ მნიშვნელოვან დასკვნად მიღებულია, რომ მიმდინარე გლობალური დათბობის ფონზე აღმოსავლეთ საქართველოში ადგილი აქვს ჰაერის საშუალო ტემპერატურის მატებას, ხოლო დასავლეთ საქართველოში დათბობას რამდენადმე მოზაიკური ხასიათი აქვს (ე-ელიზბარაშვილი, ბ. ბერიტაშვილი) {3.4.}.

ზემოაღნიშნულ შრომებში შემუშავებული მეთოდისა და უახლეს სტატისტიკურ მასალებზე დაყრდნობით, იმერეთის რეგიონში, შევისწავლეთ ატმოსფერული ნალექების განაწილების ხასიათი მიმდინარე გლობალური დათბობის ფონზე.

განსხვავებით ჰაერის ტემპერატურისაგან, რომლის ცვლილებას გლობალური მასშტაბითაც კი რაღაც კანონზომიერება ახასიათებს, ატმოსფერული ნალექები მეტად მერყევი ელემენტია და განიცდის დიდი ცვლილებას დროსა და სივრცეში, როგორც კორიზონტალური, ასევე ვერტიკალური მიმართულებით. განსაკუთრებით ისეთი რთული ოროგრაფიის მქონე ქვეყანაში როგორც საქართველოა.

ცნობილი კლიმატოლოგები ო. დროზდოვი, მ. ბუდიკო, კ. ვინიკოვი მიუთითებენ, რომ ევრაზიის კონტინენტის უმეტეს ნაწილზე ატმოსფერული ნალექების განაწილების ციკლორობა ტემპერატურის მერიდიანული გრადიენტების ცვლილებასთან არის დაკავშირებული. მაგ. 1891-1973 წლებში გლობალურმა ათბობამ, რომელსაც ჰაერის ტემპერატურის 0,5<sup>0</sup>-ით მომატება მოჰყვა, გამოიწვია ატმოსფერული ნალექების შემცირება, ამასვე მიუთითებს ლ. კუზნეცოვა და ვ. ნეხონინოვაც (1977). თუმცა იგივე ავტორები აღნიშნავენ, რომ ტემპერატურის ზრდას ყოველთვის და ყველგან არ სდევს ნალექების მომატება (1).

ნალექების ციკლორობის არაერთგვაროვნებაზე მიუთითებენ ასევე ქართველი კლიმატოლოგები: მ. ხვიჩია (1971), კ. გოგიშვილი (1974), ლ. პაპინაშვილი (1981), დ. მუმლაძე (1975) და აღნიშნავენ, რომ დასავლეთ საქართველოში, განსაკუთრებით ჭარბად ნოტიო რაიონებში, წლიური ნალექების საუკუნებრივ მსვლელობას მატების ტენდენცია ახასიათებს. მაგრამ ასევე გამოყოფენ ისეთ ადგილებსაც, სადაც ნალექები სულ არ იცვლება ან საერთოდაც კლებულობს {1}.

როგორც ზემოთ აღნიშნეთ, დასავლეთ საქართველოში დათბობას მოზაიკური ხასიათი აქვს, ანუ გამოიყოფა ადგილები, სადაც ჰაერის ტემპერატურები არ შეცვლილა, თუმცა ასევე არის ცალკეული დათბობისა და აცივების კერებიც. იმერეთი დასავლეთ საქართველოში სწორედ ასეთი რეგიონია, სადაც დათბობის აშკარად გამოსატული ტენდენცია შეიმჩნევა, მაგრამ რაც შეეხება ატმოსფერულ ნალექებს, მისი განაწილების სურათი ამ შედარებით პატარა რეგიონშიც კი, რომლის ფართობი 6,6 ათასი კმ<sup>2</sup>-ია, მეტად რთულია და რაიმე ერთი მიმართულების ტენდენცია არ არის გამოსატული.

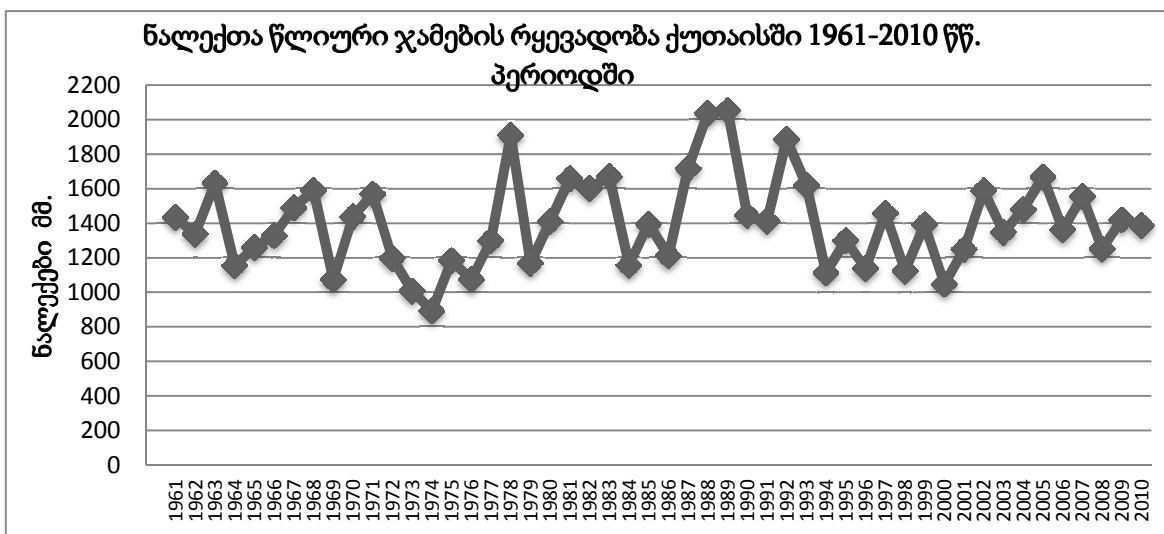
ზოგადად, დასავლეთ საქართველოში ატმოსფერული ნალექების წარმოქმნა ხშირად დაკავშირებულია იმ აქტიურ ატმოსფერულ პროცესებთან, რომლებსაც ადგილი აქვს ჰაერის მასების

ჩრდილო-დასავლეთიდან შემჭრის დროს. როგორც ნაფეტვარიძე (1948) მიუთითებს, სწორედ ოროგრაფიული პირობები ხელს უწყობს ზემოაღნიშნული პროცესის დროს ჰაერის ნაკადის კონვერგენციას და მის იძულებით აღმავლობას, რაც დასავლეთ საქართველოში განაპირობებს უხვ და აგრეთვე ხანგრძლივ ნალექებს, რომლებიც არც მაშინ წყდება, როდესაც ფრონტი უკვე გადაადგილებულია შორს აღმოსავლეთით.

განსახილველ ტერიტორიაზე (იმერეთი) ახალი მეტეოინფორმაციები ძალიან მწირედ მოგვეპოვება, ამიტომ ჩვენს მიერ, პირველ შესაფასებლად, გამოყენებულ იქნა 1990 წლამდე არსებული მეტეოროლოგიური ცნობარის მონაცემები (справочник по климату СССР вып. 14. Л. 1970) მასალათა ანალიზი გვიჩვენებს, რომ კოლხეთის დაბლობთან შედარებით, იმერეთში ზოგადად იკლებს ნალექების რაოდენობა, თუმცა ყველგან არა. მაგალითად, ყვირილას ზემო წელში ანუ ჭიათურა-საჩხერის რაიონში აღინიშნება რეგიონში მცირე -830-1000 მმ ნალექი, ძირულა-ჩხერიმელას სათავეებში -1100-1200 მმ, სამტრედია-ვანი-ბაღდათის მიმართულებით ფიქსირდება 1300 მმ, ქუთაისში დაახლოებით 1500 მმ, ხონი-წყალტუბოს რაიონში 1600 მმ, ხოლო ყველაზე მეტი ნალექი, 1800 მმ-ს ზემოთ, დაიკვირვება ტყიბულში. ე.ი. რეგიონში შესაძლებელია გამოიყოს ექვსი განსხვავებული ადგილი, სადაც ნალექების ჯამი საშუალოდ 800 მმ-დან 1800 მმ-ის ფარგლებში მერყეობს.

დღეს, როდესაც გლობალური დათბობა ასეთ აქტიურ ფაზაშია, საინტერესოა რეგიონში შეიცვალა თუ არა ნალექების ტერიტორიული განაწილების სურათი და როგორია მისი ტენდენცია. ამჯერად ცვლილებათა შესაფასებლად გამოვიყენეთ იმერეთში მოქმედი სამი მეტეოსადგურის უახლესი დაკვირვებების მასალები, კერძოდ - ქუთაისისა და მთა-საბუეთისათვის 1961-2012 წლების, ხოლო სამტრედიისათვის 1961-2005 წლების მონაცემები.

50 წლიანი დაკვირვების რიგი დაფყავით ათწლიურებად. გამოვიანგარიშეთ საშუალო მრავალწლიურები ანუ ე.წ. კლიმატური ნორმები თითოეული სადგურისათვის. მაგ. ქუთაისისათვის მრავალწლიური საშუალო მივიღეთ 1404 მმ, მთა-საბუეთისათვის - 1217 მმ, ხოლო სამტრედიისათვის 1461 მმ. 1940 -იანი წლებიდან 70-იანი წლების ჩათვლით ქუთაისში ადგილი ჰქონდა ნალექების წლიური ჯამების მატებას საშუალოდ 1330 მმ-დან 1505 მმ-მდე.



1980-იანი წლებიდან დღემდე უკვე შეიმჩნევა ნალექების წლიური ჯამების კლება 1404 მმ -მდე. სამტრედიაშიც ცვლილებათა ტენდენცია ანალოგიურია, ხოლო მთა-საბუეთში ანუ ღიხის ქედის მიდამოებში 1940-იანი წლებიდან დღემდე მხოლოდ მატებას აქვს ადგილი.

გამოვიყენეთ რა პროგნოსტიკულ მეტეოროლოგიაში დამკვიდრებული წესი, ამ 50-წლიან შუალედში ქუთაისში მხოლოდ ხუთჯერ აღინიშნა მცირე ნალექიანი და ასევე ხუთჯერ უხვ ნალექიანი წელი.

მართალია მეცნიერთა გარკვეული ჯგუფი ატმოსფერული ნალექების რყევადობასა და ტემპერატურას შორის კავშირზე მიუთითებენ, მაგრამ ხშირად ეს ურთიერთკავშირი ყველგან არ ვლინდება. ამის მაგალითად ჩვენ განვიხილეთ 2010 წელი, რომელიც გამოირჩევა იმით, რომ ქუთაისში, 122 წლიან დაკვირვების პერიოდში, ეს წელი იყო ყველაზე ცხელი. საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ 17,4<sup>0</sup>C შეადგინა. ე.ი. მრავალწლიურ ნორმაზე მთელი 2,7 <sup>0</sup>C -ით მეტი აღინიშნა. ამ წელს თორმეტი თვიდან ყველა გამოირჩეოდა დადებითი გადახრებით +0,2<sup>0</sup>C -დან 5,7<sup>0</sup>C-მდეც კი, მხოლოდ აპრილში

აღინიშნა უარყოფითი გადახრა -  $-0,2^{\circ}\text{C}$ . რაც შეეხება ატმოსფერულ ნალექებს, მათმა ჯამმა შესაბამისად მოიკლო და 1387 მმ შეადგინა ანუ მრავალწლიურ ნორმაზე (1404 მმ) ნაკლები მოვიდა 17,7 მმ-ით. ანუ შეგვიძლია ამ წელს მივუთითოთ ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების განაწილებას შორის კავშირზე. თუმცა თორმეტივე თვეში ასეთი კავშირი არ გამოვლენილა და სურათი მეტად არარეგულაროვანია.

ცხრილი 1. მცირე და უხვნალექიან წლების შემთხვევათა რიცხვი იმერეთში

| სადგურები                           | ათწლეულები | უხვნალექიანი წლების რიცხვი | მცირენალექიანი წლების რიცხვი |
|-------------------------------------|------------|----------------------------|------------------------------|
| ქუთაისი<br>სამტრედია<br>მთა-საბუეთი | 1961-1970  | -                          | 1                            |
|                                     | 1961-1970  | 1                          | -                            |
|                                     | 1961-1970  | 3                          | -                            |
| ქუთაისი<br>სამტრედია<br>მთა-საბუეთი | 1971-1980  | 1                          | 3                            |
|                                     | 1971-1980  | 1                          | 1                            |
|                                     | 1971-1980  | 2                          | 1                            |
| ქუთაისი<br>სამტრედია<br>მთა-საბუეთი | 1971-1980  | 3                          | -                            |
|                                     | 1971-1980  | 3                          | 1                            |
|                                     | 1971-1980  | 4                          | 1                            |
| ქუთაისი<br>სამტრედია<br>მთა-საბუეთი | 1991-2000  | 1                          | 1                            |
|                                     | 1991-2000  | 1                          | 3                            |
|                                     | 1991-2000  | 1                          | 3                            |
| ქუთაისი<br>სამტრედია<br>მთა-საბუეთი | 2001-2010  | -                          | -                            |
|                                     | 2001-2005  | 1                          | 1                            |
|                                     | 2001-2010  | -                          | 1                            |

ცხრილი 2. ქუთაისის 2010 წლის ტემპერატურისა და ნალექთა ჯამების და 50 წლიანი საშუალოების გადახრები

| თვეები | საშუალო მრავალწლიური T°C | 2010 წლის საშუალო T°C | გადახრა | ნალექების მრავალწლიური ჯამები მმ | 2010 წლის ნალექების ჯამები მმ | გადახრა |
|--------|--------------------------|-----------------------|---------|----------------------------------|-------------------------------|---------|
| I      | 5,5                      | 8,8                   | +3,3    | 147,1                            | 108,8                         | -38,3   |
| II     | 6,1                      | 9,3                   | +3,2    | 119,9                            | 160,4                         | +40,5   |
| III    | 9,1                      | 9,9                   | +0,8    | 118,4                            | 198,7                         | +80,3   |
| IV     | 13,8                     | 13,6                  | -0,2    | 92,1                             | 56,7                          | -35,4   |
| V      | 17,9                     | 19,0                  | +1,1    | 82,8                             | 98,4                          | +15,6   |
| VI     | 21,1                     | 24,3                  | +3,2    | 108,5                            | 101,4                         | -7,1    |
| VII    | 23,3                     | 26,1                  | +2,8    | 85,5                             | 79,7                          | -5,8    |
| VIII   | 23,6                     | 28,2                  | +4,6    | 96,7                             | 34,5                          | -62,2   |
| IX     | 20,6                     | 24,2                  | +3,6    | 110,5                            | 226,6                         | +116,1  |
| X      | 16,4                     | 16,6                  | +0,2    | 144,2                            | 284,4                         | +140,2  |
| XI     | 11,6                     | 15,0                  | +3,4    | 137,3                            | 9,0                           | -128,3  |
| XII    | 7,7                      | 13,4                  | +5,7    | 161,5                            | 28,7                          | -132,8  |
| საშ.   | 14,7                     | 17,4                  | +2,7    |                                  |                               | -17,4   |
| ჯამი   |                          |                       |         | 1404,4                           | 1387                          |         |

ამდენად შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ ნალექების ჯამების ტერიტორიული განაწილება, მათი ანომალიების ჩამოყალიბება რთული კომპლექსური მოვლენაა, რომელთა ასახსნელად უნდა გავითვალისწინოთ, როგორც რეგიონალური ასევე გლობალური ფაქტორებიც.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. კლიმატის თანამედროვე ცვლილება - თბილისი, 1991წ.
2. ე.ელიზბარაშვილი - საქართველოს კლიმატური რესურსები - თბილისი, 2007 წელი.
3. ე.ელიზბარაშვილი, მ.ტატიშვილი, მ.ელიზბარაშვილი და სხვ. - საქართველოს კლიმატის ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში - თბილისი, 2013 წელი.
4. ბ.ბერიტაშვილი - კლიმატის ცვლილება - თბილისი, 2012 წელი.
5. შ.ჯავახიშვილი - საქართველოს კლიმატოლოგია-თბილისი

უაკ 0505.01

**ატმოსფერული ნალექების რეჟიმი იმერეთში კლიმატის გლობალური დათბობის ფონზე/** მიქაუტაძე დ., კვაბზირიძე მ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.52-55-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ატმოსფერული ნალექები ჰაერის ტემპერატურასთან ერთად კლიმატის ცვლილების შესაფასებლად ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ინდიკატორს წარმოადგენს. საქართველოს რელიეფის სირთულე, სხვა ფაქტორებთან ერთად, მას კიდევ უფრო მრავალგანზომილებად ხასიათს აძლევს, უახლეს კვლევებზე დაყრდნობით [3.4.]. ნაშრომში შეფასებულია ატმოსფერული ნალექების განაწილების ხასიათი იმერეთის რეგიონში გლობალური დათბობის ფონზე.

UDC 0505.01

**ATMOSPHERIC PRECIPITATION ON THE CLIMATE OF IMERETI REGION IN THE LIGHT OF GLOBAL WARMING/** Mikautadze D. Kvabzirdze M./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.52-55 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.

Atmospheric precipitation and air temperature are one of the important indicators in assessment of climate change. The difficulty of the terrain of Georgia together with other factors gives it more multidimensional character which are based on the latest researches.[3.4.] The paper assesses the nature of the distribution of atmospheric precipitation on Imereti region amid global climate warming.

УДК 0505.01

**РЕЖИМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В ИМЕРЕТИИ НА ФОНЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА/**Микаутадзе Д.К., Квабзиртдзе М.Н./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.52-55 -Груз., Рез. Груз., Англ., Рус

Атмосферные осадки вместе с температурой воздуха являются одними из важнейших индикаторов для оценки климата. Сложный рельеф Грузии, вместе с другими факторами, придает ему более многообразный характер. На основе новейших исследований [3.4.] в работе приводятся характеристики распределения атмосферных осадков в регионе Имерети на фоне глобального потепления.

УДК 37.23.31

## ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI СТОЛЕТИЙ

Сафаров С. Г., Махмудов Р.Н.

Гидрометеорологический Научно-Исследовательский Институт при Министерстве Экологии и Природных Ресурсов Азербайджанской Республики

Известно, что изменение глобального климата представляет собой совокупность его региональных изменений различных пространственных и временных масштабов. Поэтому региональные климатические изменения, носящие очень часто экстремальный характер (холодные и теплые зимы, теплое лето, засухи, наводнения и др.), оказывали и оказывают наиболее существенное влияние на социально-экономическую жизнь общества и на окружающую среду. Естественно, наблюдаемые за последние 40-50 лет глобальные и региональные климатические изменения сказываются на различных климатических характеристиках, в том числе и на температуре воздуха.

По результатам наших ранних исследований современных тенденций изменения термического режима и режима осадков на территории Азербайджана с использованием различных методов в месячном, сезонном и годовом разрешении, можно сделать вывод о том, что как в вековом, так и в менее коротком отрезке времени эти изменения действительно происходят. Проведенные исследования выявили ряда особенностей пространственно-временного характера. Более чем вековая динамика температуры воздуха показала, что зимний сезон на территории Азербайджана стала теплее на 0.4-3.6 °С. Интенсивность этого процесса была менее выражена в прибрежной зоне. Весной похолодало в Ленкоранской зоне и на Малом Кавказе. В летнем сезоне похолодало еще и в Нахчыванской АР. На Апшероне фактически изменения не наблюдалось. Повышение осенней температуры воздуха наблюдалось в Кура-Аразской низменности, западной части республики и на Большом и Малом Кавказе [4, 7].

Особенности изменения климата Азербайджана в период второго глобального потепления в XX веке (1971-1997 гг.) также показали, что за 27-и летний период зимний сезон повсеместно стал теплее, при этом, в большинстве зон отмечено уменьшение количества осадков. Весеннее снижение температуры сопровождалось повсеместным уменьшением атмосферных осадков. Летом похолодало только на Апшероне, Малом Кавказе и в Нахчыванской АР. Осенью похолодало только на Малом Кавказе и в Нахчыванской АР.

Вышерассмотренные особенности пространственного изменения элементов климата позволяют констатировать о существенной роли локальных факторов, влияющих на тенденцию изменения климатических условий некоторых физико-географических зон Азербайджана. Оказалось, что скорость потепления в отдельных станциях за последние сто лет в зимнем и летнем сезонах, а также за год, по своей величине превосходит оценки в целом для земного шара и северного полушария. Следующей особенностью является поведение температуры воздуха в периоды крупных глобальных изменений климата в XX веке. Выявлено, что в период первого потепления в Азербайджане зимой похолодало, а летом произошло потепление, а во втором периоде глобального потепления зимой стало теплее, а летом отмечены небольшие изменения. Полученные оценки в целом соответствуют современному глобальному потеплению климата. Качественное уточнение и проверка достоверности полученных результатов показали, что в зимнем, весеннем и летнем сезонах знак тенденции изменения температуры и количества осадков в используемых разных методах исследования хорошо сходится. Эти оценки подтверждают достоверность направления изменения климата. Только осенью выявлены некоторые особенности. Наиболее существенное увеличение температуры воздуха происходило в январе, августе, сентябре и октябре месяцах, а такое же существенное похолодание в мае месяце характеризуют месячные особенности регионального изменения климата.

На этом фоне представляет определенный интерес оценка изменения максимальной температуры воздуха в конце XX – начале XXI столетий на территории Азербайджана.

Были использованы многолетние данные максимальной температуры воздуха по основным природно-климатическим зонам Азербайджана: Апшеронский полуостров (Маштага, Нефтяные Камни); Ленкоранская зона (Астара, Кялвяз, Билясувар); Кура-Аразская низменность (Джафархан, Евлах); Гянджа-Газахская зона (Гянджа, Кедабек, Акстафа); Южный склон Большого Кавказа (Алибек, Шеки); северо-восточный склон Большого Кавказа (Алтыагач, Гырыз, Губа). В связи с отсутствием данных по Нагорному Карабаху и приле-



гающих районов и по Нахчыванской АР, по этим зонам оценка тенденции изменения максимальной температуры воздуха не проводилась.

В настоящее время с целью обнаружения изменения элементов климата и исследования особенностей их пространственно-временного распределения с использованием материалов инструментальных наблюдений применяются как методы трендового и спектрального анализа, так и разностей этих элементов между двумя конкретными климатическими периодами [1, 2, 3, 5].

В наших исследованиях по оценке изменений элементов климата на территории Азербайджана [6, 7] по аналогии с подходом МГЭИК [8, 9] использован метод разности за близкие климатические периоды (1991-2005 гг. и 1961-1990 гг.). При применении метода линейного тренда использованы данные за 1991-2005 гг. Целью этого является уточнение результатов, полученных по методу разностей и определение скорости изменения максимальной температуры воздуха за 1991-2005 гг.

**Оценка изменения максимальной температуры воздуха по методу разностей.** Как видно из табл. 1, повсеместное повышение максимальной температуры воздуха наблюдалось в январе, феврале, марте, июле, августе, сентябре и октябре месяцах.

**Таблица 1. Изменение среднемесячной максимальной температуры воздуха в 1991-2005 гг. по сравнению с периодом 1961-1990 гг., °С.**

| Станция        | Месяц |     |     |      |      |      |     |     |     |     |      |      |
|----------------|-------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|
|                | 01    | 02  | 03  | 04   | 05   | 06   | 07  | 08  | 09  | 10  | 11   | 12   |
| Маштага        | 0,7   | 0,9 | 0,6 | 0,1  | -0,4 | -0,1 | 0,2 | 0,6 | 0,1 | 0,9 | -0,1 | -0,2 |
| Нефтяные Камни | 0,1   | 0,5 | 0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,0 | 0,9 | -0,2 | -0,8 |
| Астара         | 0,3   | 1,0 | 1,3 | 0,3  | -1,0 | -0,2 | 0,1 | 0,7 | 0,2 | 0,3 | -0,1 | -0,3 |
| Билясувар      | 0,8   | 1,0 | 0,6 | 0,2  | -0,4 | -0,3 | 0,2 | 0,9 | 0,2 | 1,2 | -0,3 | -0,2 |
| Джафархан      | 0,9   | 1,3 | 0,7 | -0,1 | -0,5 | 0,1  | 0,7 | 1,1 | 0,7 | 1,0 | 0,4  | 0,2  |
| Евлах          | 1,6   | 1,6 | 1,0 | 0,7  | 0,0  | 0,7  | 0,6 | 1,4 | 0,6 | 1,6 | 0,3  | 0,3  |
| Кедабек        | 1,0   | 0,5 | 1,0 | 1,0  | 0,4  | 1,4  | 1,8 | 2,8 | 1,5 | 1,8 | 0,5  | 0,0  |
| Гянджа         | 0,4   | 1,5 | 0,2 | 0,1  | -0,4 | 0,3  | 0,9 | 1,4 | 0,4 | 1,1 | -0,4 | -0,2 |
| Актафа         | 0,7   | 1,2 | 0,6 | 0,2  | -0,4 | 0,3  | 0,7 | 1,4 | 0,4 | 1,1 | -0,2 | -0,4 |
| Шеки           | 0,9   | 1,5 | 0,7 | 0,7  | 0,0  | 0,9  | 0,9 | 1,6 | 0,6 | 1,4 | -0,1 | 0,0  |
| Алибек         | 0,9   | 1,1 | 0,5 | 0,5  | -0,3 | 0,4  | 0,3 | 1,2 | 0,6 | 1,6 | -0,1 | 0,1  |
| Алтыгач        | 1,0   | 0,9 | 0,9 | 0,7  | 0,1  | 0,4  | 0,8 | 1,2 | 0,6 | 1,9 | -0,4 | 0,1  |
| Губа           | 1,0   | 1,3 | 1,2 | 0,4  | -0,2 | 0,4  | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 1,6 | -0,2 | 0,3  |
| Гырыз          | 1,1   | 0,8 | 1,4 | 1,9  | 2,2  | 3,1  | 3,5 | 4,2 | 2,7 | 3,2 | 1,1  | 1,4  |

Статистически значимое повышение максимальной температуры воздуха наблюдалось в Гянджа-Газахской зоне, на южном и северо-восточном склонах Большого Кавказа в январе и во всех рассматриваемых зонах Азербайджана в августе, сентябре и октябре месяцах. Например, в октябре месяце подобное повышение в Апшероне составило 0.9<sup>0</sup>С, в Ленкоранской зоне 0.3<sup>0</sup>С, Кура-Аразской низменности 1.0-1.6<sup>0</sup>С, Гянджа-Газахской зоне 1.1-1.8<sup>0</sup>С, на южном склоне Большого Кавказа 1.4-1.6<sup>0</sup>С и на северо-восточном склоне Большого Кавказа 1.6-3.2<sup>0</sup>С.

Необходимо отметить, что в октябре месяца повышение максимальной температуры воздуха в горных зонах было более интенсивное, чем на равнинных районах.

Наряду с вышеприведенной оценкой изменения максимальной температуры, можно отметить, что в целом в апреле, мае, ноябре и декабре месяцах в различных зонах Азербайджана наблюдались статистически незначимые снижение этого показателя.

Изменение среднесезонной и годовой максимальной температуры воздуха в 1991-2005 гг. по сравнению с периодом 1961-1990 гг. приведено в табл.2.

Как видно из табл. 2, в зимнем сезоне, за исключением Азербайджанского сектора Каспийского моря и Ленкоранской зоны, в других районах Азербайджана наблюдалось повышение зимней максимальной температуры воздуха, но статистически значимое потепление отмечено только в Евлахе и Губе. Весной повышение

максимальной температуры отмечено только в Кедабеке, летом – в Джафархане, Евлахе, Кедабеке, Акстафе и на южном и северо-восточном склонах Большого Кавказа. В осеннем сезоне и в целом за год увеличение максимальной температуры воздуха наблюдалось только в Кура-Аразской низменности, Кедабеке и Гяндже, на южном склоне Большого Кавказа, в Алтыгаче и Губе.

**Таблица 2. Изменение среднесезонной и годовой максимальной температуры воздуха в 1991-2005 гг. по сравнению с периодом 1961-1990 гг., °С.**

| Станция        | Сезон |       |      |       | Год  |
|----------------|-------|-------|------|-------|------|
|                | зима  | весна | лето | осень |      |
| Маштага        | 0,4   | 0,1   | 0,2  | 0,3   | 0,3  |
| Нефтяные Камни | -0,1  | 0,0   | 0,1  | 0,3   | 0,0  |
| Астара         | -0,3  | 1,0   | 0,2  | 0,5   | -0,2 |
| Билясувар      | 0,5   | 0,1   | 0,3  | 0,3   | 0,3  |
| Джафархан      | 0,8   | 0,1   | 0,6  | 0,7   | 0,6  |
| Евлах          | 1,1   | 0,6   | 0,9  | 0,8   | 0,8  |
| Кедабек        | 0,5   | 0,7   | 2,0  | 1,3   | 1,2  |
| Гянджа         | 0,5   | -0,1  | 0,8  | 1,1   | 0,4  |
| Акстафа        | 0,5   | 0,1   | 0,8  | 0,4   | 0,5  |
| Шеки           | 0,8   | 0,5   | 1,1  | 0,7   | 0,7  |
| Алибек         | 0,6   | 0,2   | 0,7  | 0,3   | 0,6  |
| Алтыгач        | 0,6   | 0,6   | 0,8  | 0,6   | 0,7  |
| Губа           | 0,8   | 0,4   | 0,7  | 0,7   | 0,7  |
| Гырыз          | 1,1   | 1,8   | 3,6  | 2,4   | 2,2  |

**Изменение среднемесячной максимальной температуры воздуха в 1991-2005 гг. по линейному тренду.** Как видно из табл.3, в целом по всем месяцам наблюдалось повышение максимальной температуры воздуха: Абшеронский полуостров (2.0-3.9<sup>0</sup>С), Ленкоранская зона (2.0-5.3<sup>0</sup>С), Кура-Аразская низменность (0.4-4.2<sup>0</sup>С), Гянджа-Газахская зона (0.3-5.9<sup>0</sup>С), южный склон Большого Кавказа (0.3-5.3<sup>0</sup>С), северо-восточный склон Большого Кавказа (0.4-4.6<sup>0</sup>С). Наибольшее повышение отмечено в феврале месяце.

**Таблица 3. Изменение среднемесячной максимальной температуры воздуха в 1991-2005 гг. по линейному тренду, °С.**

| Станция        | Месяц |     |     |      |      |      |     |     |     |      |      |      |
|----------------|-------|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|
|                | 01    | 02  | 03  | 04   | 05   | 06   | 07  | 08  | 09  | 10   | 11   | 12   |
| Маштага        | 2,0   | 2,7 | 2,0 | 0,9  | 1,2  | 0,3  | 1,6 | 2,5 | 2,0 | 0,0  | 2,3  | 1,3  |
| Нефтяные Камни | 3,5   | 1,2 | 1,2 | 1,3  | 1,3  | -0,4 | 1,2 | 2,6 | 1,9 | 0,4  | 2,1  | 3,9  |
| Астара         | 2,0   | 3,9 | 3,2 | 0,5  | 1,4  | 1,1  | 0,8 | 2,0 | 1,2 | 0,2  | 1,9  | 1,7  |
| Кялвяз         | 3,6   | 4,5 | 5,3 | -0,6 | 0,2  | 0,6  | 1,3 | 2,8 | 0,7 | 1,8  | 1,0  | 1,7  |
| Билясувар      | 0,8   | 1,0 | 0,6 | 0,2  | -0,4 | -0,3 | 0,2 | 0,9 | 0,2 | 1,2  | -0,5 | -0,2 |
| Джафархан      | 2,3   | 3,9 | 2,9 | -0,1 | 1,0  | 0,4  | 1,2 | 1,9 | 1,0 | -0,2 | -0,1 | 1,7  |
| Евлах          | 2,0   | 4,2 | 2,3 | -0,9 | 0,4  | 1,4  | 1,4 | 2,0 | 0,7 | -0,5 | 2,6  | 1,8  |
| Кедабек        | 3,6   | 4,7 | 3,0 | -1,2 | 0,8  | 1,4  | 4,1 | 5,9 | 3,3 | 0,8  | 1,8  | 2,2  |
| Гянджа         | 2,2   | 4,8 | 1,9 | 0,3  | 0,6  | 1,2  | 0,3 | 2,5 | 0,4 | 0,3  | 2,5  | 1,8  |
| Акстафа        | 2,6   | 4,8 | 1,9 | -0,6 | 0,7  | 0,4  | 1,7 | 1,8 | 0,0 | -0,5 | 2,3  | 1,5  |
| Шеки           | 2,1   | 5,3 | 2,0 | -1,0 | 0,8  | 1,0  | 2,0 | 2,1 | 0,3 | -0,6 | 2,6  | 1,9  |
| Алибек         | 3,5   | 1,9 | 2,3 | -0,3 | 1,4  | 0,9  | 1,6 | 2,6 | 1,2 | 0,2  | 2,4  | 2,8  |
| Алтыгач        | 1,0   | 0,9 | 0,9 | 0,7  | 0,1  | 0,4  | 0,8 | 1,2 | 0,6 | 1,9  | -0,4 | 0,1  |
| Губа           | 1,9   | 4,6 | 2,5 | 1,2  | 1,2  | 0,5  | 1,4 | 2,5 | 1,3 | -0,7 | 2,8  | 1,7  |
| Гырыз          | 3,4   | 2,0 | 2,7 | -0,4 | 0,4  | 0,7  | 1,2 | 2,1 | 0,3 | 0,0  | 3,1  | 1,8  |

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Структура и изменчивость наблюдаемого климата. Температура воздуха Северного полушария. Л. Гидрометеиздат, 1980, 72с.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Анализ глобальных данных об изменении температуры приземного воздуха за период инструментальных наблюдений. Метеорология и гидрология, 1989, №1, с.22-31.
3. Ефимова Н.А., Стронкина Л.А. Изменение аномалий приземной температуры воздуха на территории России с 1981 по 1993г. Метеорология и гидрология, 1998, №7, с.114-119.
4. Махмудов Р.Н. Гидрометеорология, климатические изменения, природные катастрофы и жизнь. – Баку, «Нурлан», 2006, 75 с.
5. Ранькова Э.Я., Груза Г.В. Индикаторы изменений климата России. Метеорология и гидрология, 1998, №1, с.5-18.
6. Сафаров С.Г. О тенденции изменения температурного режима воздуха на территории Азербайджана. Материалы VII съезда Географического общества Азербайджана, Баку, 1998, с.84-85.
7. Сафаров С.Г. Современная тенденция изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в Азербайджане. Баку, Элм, 2000, 300 с.
8. Climate Change 1995. The Science of Climate Change /J.T.Houghton et.al (Ed.). Cambridge, 1996, 572p.
9. Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Summary for Policymakers, Geneva, WMO, 1996, 56p.

UDC 37.23.31

**THE ESTIMATION OF CONTEMPORANEOUS TENDENCY OF CHANGING OF THE MAXIMAL AIR TEMPERATURE ON THE TERRITORY OF AZERBAIJAN REPUBLIC AT THE END OF XX – EARLY OF XXI CENTURY./Safarov S.Q., Mahmudov R.N./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. - V.119. -pp. 56-59 -Russ.; Summ. Eng., Russ.**

For results of our last researches on the contemporaneous tendency of the changing of the thermal regime and the precipitation regime on the territory of Azerbaijan Republic by the using different method, in month, season and annual analysis, it is possible to make a conclusion that indeed in Azerbaijan there happen climate changes in centurial and short – time length. The climate change specifications in Azerbaijan over 1971 – 1997 y.y show, that over 27 years period winter has become more warm, in this case in great part of zones there has been noted the decreasing of the number of precipitations. Spring decreasing of the temperature has been accompanied with the decreasing of atmosphere precipitation generally. In summer there became colder only in Absheron, Minor Caucasus and Nakhchivan.

There have been exposed that by the method on discrimination the general increasing of maximal air temperature has been observed in January, February, March, July, August, September and October. In October the maximal increasing of air temperature has been more intensive on mountainal zones, than on plain regions, but in April, May, November and December on different zones.

УДК 37.23.31

**ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI СТОЛЕТИЙ./Сафаров С. Г., .Махмудов Р.Н./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.56-59- Рус., Рез. Англ., Рус.**

По результатам наших ранних исследований современных тенденций изменения термического режима и режима осадков на территории Азербайджана с использованием различных методов в месячном, сезонном и годовом разрешении, можно сделать вывод о том, что как в вековом, так и в менее коротком отрезке времени действительно происходит изменение климата в Азербайджане. Особенности изменения климата Азербайджана в 1971-1997 гг. показали, что за 27-и летний период зимний сезон повсеместно стал теплее, при этом, в большинстве зон отмечено уменьшение количества осадков. Весеннее снижение температуры сопровождалось повсеместным уменьшением атмосферных осадков. Летом похолодало только на Апшероне, Малом Кавказе и в Нахчыванской АР. Осенью похолодало только на Малом Кавказе и в Нахчыванской АР.

Было выявлено, что по методу разности повсеместное повышение максимальной температуры воздуха наблюдалось в январе, феврале, марте, июле, августе, сентябре и октябре месяцах. В октябре месяце повышение максимальной температуры воздуха в горных зонах было более интенсивное, чем на равнинных районах. В апреле, мае, ноябре и декабре месяцах в различных зонах.

უაკ. 551.521;631.67;662.997

## გარე კახეთის ტერიტორიაზე მზის ჯამური რადიაციის ვერტიკალური განაწილების შეფასება

ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ.

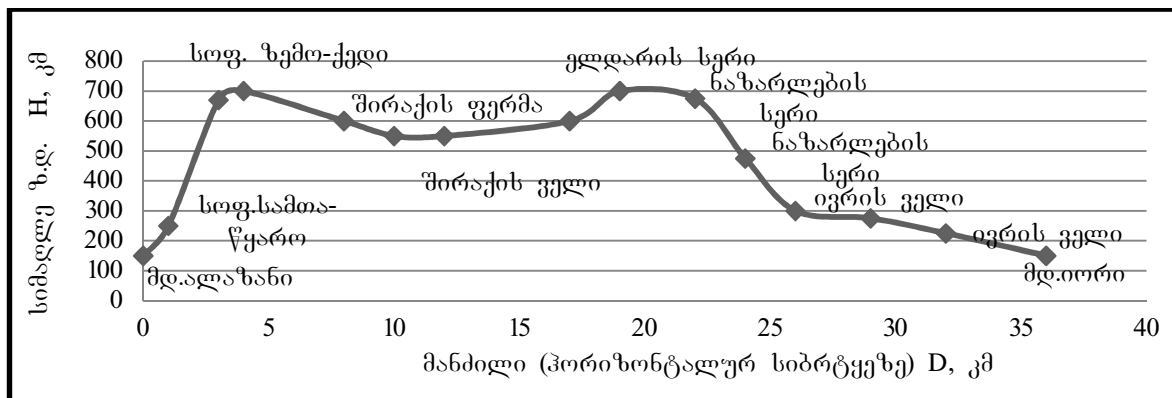
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი

გარე კახეთის ტერიტორიაზე, რომელიც ჰელიოენერგეტიკული რესურსების მაქსიმალური მნიშვნელობით (ჯამური რადიაციის წლიური მნიშვნელობები 5000-6000 მჯ/მ<sup>2</sup>) ხასიათდება [1], წყალსაქაჩი ბლოკის ელექტროენერგით უზრუნველსაყოფად, ჰელიოენერგეტიკული სადგურის განთავსების ადგილმდებარეობის შერჩევასათვის საჭირო იყო მზის ჯამური რადიაციის სიმაღლის მიხედვით ცვლილების კანონზომიერების შეფასება მეტეოროლოგიური პარამეტრების შესაბამისი ცვლილების გათვალისწინებით.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად პირველ რიგში დეტალურად იქნა განხილული რელიეფის სიმაღლეთა ცვლილება გარე კახეთის ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულებით, მდ. ალაზნის მახლობლად არსებული სოფ. სამთაწყაროდან იორის სტეპის სამხრეთით მდებარე იორის ნაპირამდე (ნახ. 1).

ნახაზიდან აშკარად ჩანს, თუ რაოდენ ციკაბოა გარე კახეთის ჩრდილო-აღმოსავლეთით მდებარე ფერდობი, რომელიც ეშვება შირაქის ველიდან მდ. ალაზნისკენ. სიმაღლეთა სხვაობა აქ 4-5 კმ ჰორიზონტალურ მანძილზე აღემატება 500 მ, რაც საკმაოდ დიდ მოთხოვნებს უყენებს აქ წყლის საქაჩი დანადგარების ტექნიკურ მახასიათებლებს და, შესაბამისად, მოითხოვს ელექტროენერგიის დიდ ხარჯს წყლის ამოსატუმბად მდ. ალაზნიდან შირაქის ველამდე.

წყალსაქაჩი ბლოკის ელექტროენერგით უზრუნველსაყოფად ჰელიოენერგეტიკული სადგურის განთავსებისთვის შესაძლებელია ორი ვარიანტის განხილვა: საქაჩ დანადგართან ახლოს ალაზნის ველზე ზღვის დონიდან 200-300 მ სიმაღლეზე და საქაჩი დანადგარიდან დაახლოებით 10-12 კმ დაშორებით შირაქის ველის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში, ზღვის დონიდან 600-700 მ. სიმაღლეზე.



ნახ. 4. დედოფლისწყაროს რაიონის რელიეფის ვერტიკალური ჭრილი სოფ. სამთაწყაროდან იორის ველის სამხრეთ საზღვრამდე

პირველი ვარიანტის დადებით მხარეს წარმოადგენს ენერგეტიკული ბლოკის სიახლოვე საქაჩ სადგურიდან, რაც განაპირობებს ელექტროენერგიის გადაცემის მინიმალურ დანაკარგებს და გადამცემა ხაზის მოწყობის მინიმალურ ხარჯებს. ხოლო მის უარყოფით მხარეს – ალაზნის ველის პირობებში ატმოსფეროს ქვედა 200-300 მ სისქის მიწისპირა ფენის დიდი ოპტიკური სიმკვრივე, გამოწვეული ამ ფენაში წყლის ორთქლის მაღალი შემცველობით. ეს ფაქტორი განაპირობებს დედამიწის ზედაპირზე მოსული მზის ენერგიის შემცირებას ორთქლის მოლეკულებზე რადიაციის არეკვლის, გაბნევისა და შთანთქმის შედეგად.

მეორე ვარიანტის დადებით მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს მზის სხივური ენერგიის მიწისპირა ფენაში შედარებით მცირე დანაკარგები, რაც უზრუნველყოფს ჰელიოენერგეტიკული ბლოკის უფრო მაღალ მქკ-ს. სამწუხაროდ, მისი უარყოფითი მხარეა ბლოკზე გამომუშავებული

ენერჯის საკმაოდ დიდ მანძილზე გადაცემის აუცილებლობა, ენერჯის შესაბამისი დანაკარგები და ხაზის გაყვანის ხარჯებით.

კახეთის რეგიონში სისტემატური დაკვირვებები მზის რადიაციაზე 1950-იანი წლებიდან მხოლოდ თელავში წარმოებდა, ამიტომ შირაქის ველსა და ალაზნის ველს შორის მზის რადიაციის ინტენსივობის შესაძლო შემცირებაზე, უშუალო გაზომვების უქონლობის გამო, შეგვიძლია ვიმსჯელოთ მხოლოდ იმ ფაქტორების გათვალისწინებით, რომლებსთვის არსებობს დაკვირვების მასალები. კერძოდ, ამ

ფაქტორებიდან, ატმოსფეროს ლოკალურ აეროზოლურ დატვირთვასთან ერთად, ძირითად ელემენტს წარმოადგენს წყლის ორთქლის შემცველობა, ანუ დრეკადობა, რომელიც იზომება პარციალური წნევის ერთეულებში (მმ). იმის გათვალისწინებით, რომ საკვლევ რაიონში და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე არ არსებობს ატმოსფეროს აეროზოლური დატვირთვების მსხვილი წყაროები (დიდი ქალაქები, ცემენტის საწარმო, მეტალურგიული ქარხანა და სხვ.), აღნიშნული ეფექტის შეფასებისას შევჩერდებით მხოლოდ მეტეოროლოგიური ელემენტების განხილვაზე (ცხრ. 1)..

ცხრილიდან ჩანს, რომ რომ ალაზნის ველის დაბლობ ზონაში მდებარე მეტეოროლოგიური სადგურების კლიმატური მონაცემებით [2,3], რომლებიც შეესაბამება გასული საუკუნის შუა პერიოდს (სადგურები წნორი და ალაზანი), წყლის ორთქლის დრეკადობის საშუალო წლიური მნიშვნელობა დაახლოებით 13.5-ით, ხოლო ივლისის თვეში 14%-ით აღემატება ორთქლის დრეკადობის შესაბამის მნიშვნელობებს რაიონის მაღალმთიან ზონაში (დანარჩენი 3 სადგური).

**ცხრილი 1. გარე კახეთსა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე არსებული მეტეოროლოგიური სადგურების კლიმატური მონაცემები**

| სადგური        | სიმაღლე<br>ზ.დ.<br>H, მ | საშ.წლ.<br>ტემპერატ.<br>T, °C | ნალექების<br>წლიური<br>ჯამი,<br>Q, მმ | წყლის ორთქლის<br>დრეკადობა, e, მმ |                 |
|----------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
|                |                         |                               |                                       | საშ.<br>წლიური                    | ივლისის<br>თვის |
| წნორი          | 294                     | 13.4                          | 568                                   | 11.8                              | 20.4            |
| ალაზანი        | 290                     | 13.3                          | 617                                   | 11.7                              | 19.2            |
| <b>საშუალო</b> | 292                     |                               |                                       | 11.8                              | 19.8            |
| დედოფლისწყარო  | 800                     | 10.1                          | 585                                   | 10.3                              | 17.2            |
| შირაქი         | 555                     | 10.3                          | 501                                   | 10.5                              | 17.8            |
| ელდარი         | 500                     | 11.6                          | 470                                   | 10.5                              | 17.1            |
| <b>საშუალო</b> | 618                     |                               |                                       | 10.4                              | 17.4            |

იმის შესაფასებლად, თუ რამდენად მოქმედებს წყლის ორთქლის შემცველობის ასეთი ზრდა მზის ჯამური რადიაციის შესუსტებაზე, მივმართეთ მონოგრაფიაში [1] მოყვანილ მონაცემებს, რომელთა თანახმად მზის ჯამური (პირდაპირი და გაბნეული) რადიაციის წლიური ჯამები საქართველოს რეგიონებს შორის იცვლება შემდეგნაირად: აჭარის სანაპირო ზონა—4400 მჯ/მ<sup>2</sup>, აღმოსავლეთ საქართველო 5050 მჯ/მ<sup>2</sup> და მაღალმთიანი ზონა 6400 მჯ/მ<sup>2</sup> (გვ.21). ცხადია, რადგან კახეთის რეგიონში მაღალმთიანი ზონა არ გვხვდება, ჩვენ უნდა განვიხილოთ კავშირი აჭარის სანაპიროსა და აღმოსავლეთ საქართველოში მზის რადიაციის წლიური ჯამების ზრდას შორის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის ტენშემცველობის შემცირებასთან.

ხსენებულ ორ რეგიონში შერჩეულ იქნა მახასიათებელი მეტეოსადგურები (ცხრ.2), რომლებსთვისაც ზღვის დონიდან გასაშუალოებული სიმაღლის 700 მ-ზე მეტი განსხვავების პირობებში წყლის ორთქლის დრეკადობის საშუალო წლიურ მნიშვნელობებს შორის სხვაობამ შეადგინა 3.8 მმ, რასაც შეესაბამება სხვაობა რადიაციის წლიურ ჯამებს შორის 650 მჯ/მ<sup>2</sup>, ანუ, სხვა სიტყვებით, ზღვის სანაპიროსა და აღმოსავლეთ საქართველოს შორის ორთქლის დრეკადობის შემცირებას 3.8 მმ-ით (28%) შეესაბამება ჯამური რადიაციის მატება 650 მჯ/მ<sup>2</sup>-ით (15 %).

**ცხრილი 2. კავშირი ატმოსფეროს ტენშემცველობასა და მზის ინტეგრალური რადიაციის წლიურ ჯამებს შორის**

| რეგიონი                    | სადგურები      | სიმაღლე<br>ზ.დ. H, მ | წელის ორთქლის დრეკადობა<br>e, მმ | რადიაციის<br>წლიური ჯამები<br>Q მჯ/მ <sup>2</sup> |
|----------------------------|----------------|----------------------|----------------------------------|---|
| აჭარის<br>სანაპირო<br>ზონა | ბათუმი         | 5                    | 13.9                             | 4400  |
|                            | ჩაქვი          | 30                   | 13.5                             |   |
|                            | ქობულეთი       | 7                    | 13.6                             |   |
|                            | <b>საშუალო</b> | <b>14</b>            | <b>13.7</b>                      |   |
| აღმოსავლეთ<br>საქართველო   | ხაშური         | 690                  | 9.9                              | 5050  |
|                            | გორი           | 588                  | 10.4                             |   |
|                            | წაღკა          | 1457                 | 8.0                              |   |
|                            | თბილისი        | 403                  | 10.5                             |   |
|                            | თელავი         | 569                  | 10.4                             |   |
|                            | დედოფლისწყარო  | 800                  | 10.3                             |   |
|                            | <b>საშუალო</b> | <b>751</b>           | <b>9.9</b>                       |   |

აქედან გამომდინარე, ალაზნის ველსა და იორის ზეგანს შორის წელის ორთქლის დრეკადობის საშუალო წლიური მნიშვნელობის შემცირებას 14 %-ით, საორიენტაციოდ, უნდა შეესაბამებოდეს მზის რადიაციის ჯამური მნიშვნელობის მომატება 7%-ით.

ალაზნის ველის უკიდურეს აღმოსავლეთ ნაწილში ჯამური რადიაციის თვიური ჯამების 6%-ით შემცირების შესაძლებლობა ივლისის თვეში აღნიშნულია აგრეთვე ნაშრომში [4], რომელშიც გათვალისწინებულია ალაზნის ველის ამ დაბლობ რაიონში ჰაერის შედარებით მაღალი ტენშემცველობა.

მიღებული შედეგი გათვალისწინებული უნდა იყოს ჰელიოენერგეტიკული ბლოკის დედოფლისწყაროს რაიონის ტერიტორიაზე განთავსებისთვის ადგილის შერჩევის დროს.

**ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА**

1. Сванидзе Г.Г., Гагуа В.П., Сухишвили Э.В. Возобновляемые энергоресурсы Грузии. Л., Гидрометеоиздат, 1987.
2. Справочник по климату СССР, вып. 14, часть 2. Температура воздуха и почвы. Л., Гидрометеоиздат, 1967.
3. Справочник по климату СССР, вып. 14, часть 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Л., Гидрометеоиздат, 1970.
4. შენგელია ი. ჯამური რადიაციის ველის მოდელი საქართველოს ტერიტორიისთვის. ჰიდრომეტ. ინსტიტუტის შრომები, 2002, ტ.105, გვ.96-107.

უაკ 551.521; 631.67; 662.997

**გარე კახეთის ტერიტორიაზე მზის ჯამური რადიაციის ვერტიკალური განაწილების შეფასება.** ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.60-63.-ქართ.; რეზ.ქართ., ინგლ., რუს.

გარე კახეთის ტერიტორიაზე წყალსაქაჩი სადგურის ელექტროენერგიით უზრუნველყოფის მიზნით ჰელიოენერგეტიკული სადგურის განთავსების ადგილმდებარეობის შესარჩევად განხილულია ორი ვარიანტი: საქაჩი სადგურიდან ახლოს ალაზნის ველზე ზღვის დონიდან 200-300 მ სიმაღლეზე და საქაჩი სადგურიდან დაახლოებით 10-12 კმ დაშორებით შირაქის ველის ჩრდილო აღმოსავლეთ ნაწილში, ზღვის დონიდან 600-700 მ სიმაღლეზე.

საქართველოს ტერიტორიაზე ადრე არსებული აქტინომეტრული სადგურების მონაცემთა გამოყენებით შეფასებულია მზის ჯამური რადიაციის სიმაღლის მიხედვით ცვლილების კანონზომიერება მეტეოროლოგიური პარამეტრების შესაბამისი ცვლილების გათვალისწინებით. მიღებულია, რომ წელის ორთქლის დრეკადობის შემცირებასთან კავშირში შირაქის ველზე მზის ჯამური რადიაციის საშუალო წლიური მნიშვნელობა, საორიენტაციოდ, 7%-ით აღემატება რადიაციის წლიურ ჯამს ალაზნის ველზე.

UDC 551.521; 631.67; 662.997

**Assessment of solar summary radiation vertical distribution at the territory of Gare Kakheti** /Beritashvili B., Kapanadze N./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University. -2013. - v.119. – pp.60-63 -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Two options are discussed for the selection of proposed solar power plant site in Gare Kakheti: near to the pump station on the R. Alazani at the elevation of 200-300 m a.s.l. and at the Shiraki Valley at 600-700 m a.s.l. in 10-12 km from the station.

Using the observation data of actinometric network formerly operated in Georgia, it is derived that due to the decrease in the water vapour pressure the annual sums of solar total radiation at the Shiraki Valley exceed by about 7 % the same value at the Alazani Valley.

УДК 551.521; 631.67; 662.997

**К оценке вертикального распределения суммарной солнечной радиации на территории Гаре Кахети.** /Бериташвили Б. Ш., Капанадзе Н. И./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. –2013. – т.119. – с. 60-63 – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

Рассмотрено 2 варианта расположения предполагаемой солнечной электростанции в Гаре Кахети: вблизи насосной станции на берегу р. Алазани, на высоте 200-300 м над ур. м. и на Ширакской равнине на высоте 600-700 м. над ур.м., на удалении 10-12 км от насосной станции.

С использованием данных актинометрических наблюдений, проведенных в Грузии в предыдущие годы, получено, что в связи с уменьшением содержания водяного пара средние годовые значения суммарной солнечной радиации на Ширакской равнине примерно на 7% превосходят аналогичные значения в Алазанской долине.

УДК 551.582

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОЖИДАЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ И САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ДО 2056 ГОДА

Амиранашвили А.Г.\* , Картвелишвили Л.Г.\*\* , Трофименко Л.Т.\*\*\* , Хуродзе Т.В.\*\*\*\*

\*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили

\*\*Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета

\*\*\*ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации—  
Мировой центр данных»

\*\*\*\*Институт прикладной математики им. Н. Мусхелишвили Грузинского технического университета

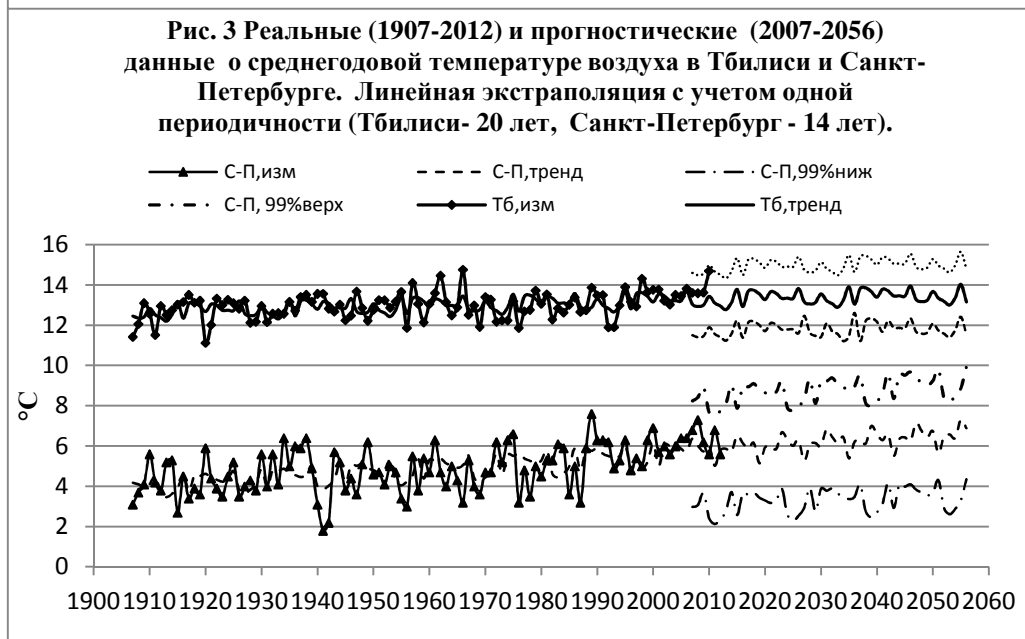
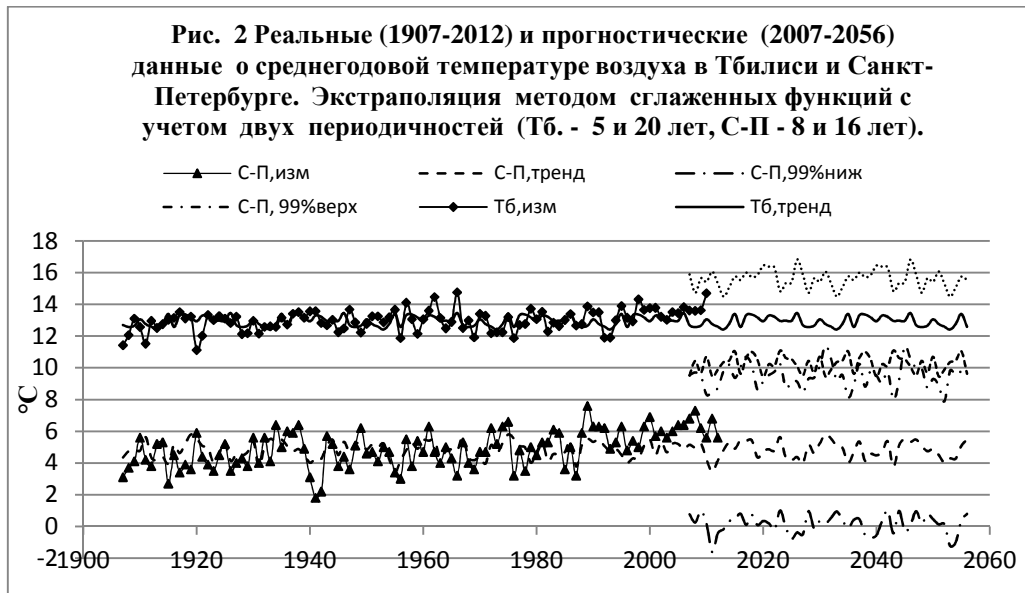
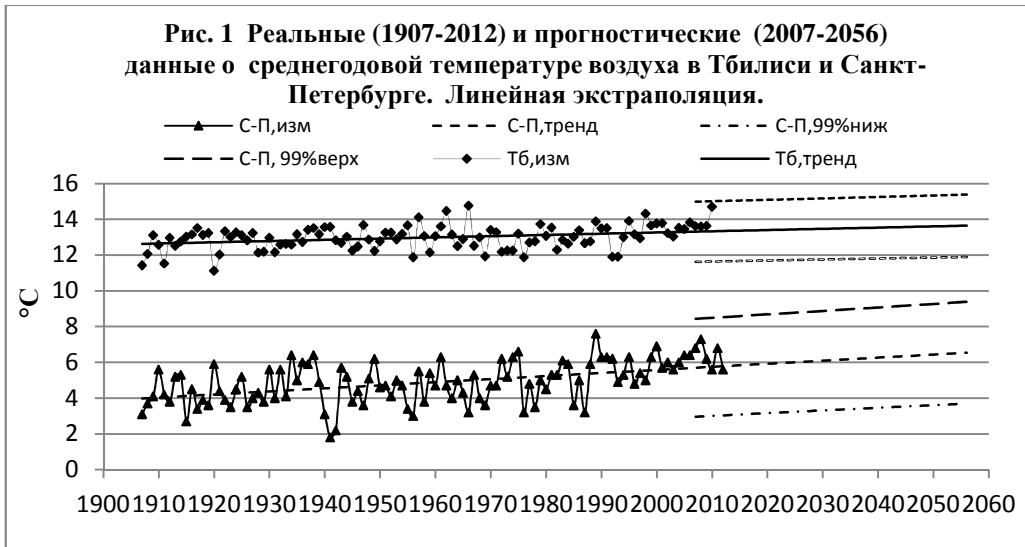
В последние годы особое внимание научного мира и общественности обращено на проблемы наблюдаемых и ожидаемых изменений климата на нашей планете. Эти проблемы весьма актуальны в том числе в Грузии, благодаря многообразию климатических зон на ее территории, и, естественно, в России, с ее обширной территорией, разнообразием природных и, соответственно, климатических условий [1-4]. При этом важно отметить, что на территории Грузии изменение температуры воздуха за последние десятилетия в различных ее частях имеет различные тенденции – потепление в Восточной части, похолодание – в Западной части [2]. Потепление климата на территории России оказалось заметно больше глобального. Размах аномалий (т. е. разность между максимумом и минимумом) среднегодовой температуры РФ достигает 3–4°C, в то время как для земного шара он лишь несколько превосходит 1°C [3].

Следует отметить, что несмотря на значительное количество исследований изменений глобального и регионального климата, все еще открытым остается вопрос о причинах этих изменений, связанных исключительно с искусственным эффектом (реакция на глобальное потепление из-за антропогенной эмиссии парниковых газов), или это результат естественной цикличности в климате Земли. В связи с указанным, наряду с использованием математических моделей ожидаемого изменения климата, основанных главным образом на эффектах парниковых газов, не лишено интереса также применение для этих целей и различных известных методов статистического прогнозирования временных рядов. Не останавливаясь на недостатках последних, отметим их преимущество – учет изменчивости параметров ряда в прошлом при их экстраполяции, позволяющий оценить границы этой изменчивости. В большинстве случаев используется линейная модель экстраполяции (зачастую без обоснования наличия линейности тренда). Наличие цикличности учитывается редко. Хотя этот учет может быть весьма важен, так как для различных регионов под влиянием местных факторов цикличность процессов может быть существенно различной (например, влияние моря и др.), и, соответственно, изменение климата иметь свою специфику. Следует обратить внимание на то, что при статистическом прогнозировании с использованием моделей, учитывающих цикличность процесса, необходимы достаточно длинные ряды наблюдений (длительность максимально выделяемого цикла обычно составляет четвертую-пятую часть ряда наблюдений). То есть, для большинства метеорологических станций подобные оценки возможны лишь с учетом максимальной периодичности не более 2-3 десятков лет.

В Грузии широкомасштабные исследования современного изменения климата были начаты 1996 году и продолжаются по настоящее время [1,2,5-9]. В ряде этих исследований с использованием различных статистических моделей были проведены оценки ожидаемых изменений температуры воздуха в некоторых районах Грузии, в том числе и городе Тбилиси [5-9]. В частности, в работе [9] было рассмотрено три метода долгосрочного прогнозирования среднегодовой температуры воздуха в Тбилиси. 1- линейное прогнозирование изменения температуры воздуха и ее доверительных интервалов [10,11]. 2 – метод прогнозирования сглаженных функций и их доверительных интервалов с учетом двух периодичностей в ряде наблюдений. 3 - метод линейного прогнозирования изменения температуры воздуха с учетом одной периодичности в ряде наблюдений [12].

В данной работе с применением методов, использованных в [9], проведен статистический анализ и экстраполяция до 2056 года ряда среднегодовой температуры воздуха в городе Санкт-Петербурге в сравнении с динамикой температуры воздуха в Тбилиси. Анализ данных проводился для столетнего температурного ряда наблюдений (1907-2006 гг.). Экстраполяция – для периода с 2007 по 2056 гг. Данные 2007-2012 гг. использовались для сравнения с их прогностическими значениями.





Как показал анализ, динамика температурных рядов в Тбилиси и Санкт-Петербурге существенно различна. Автокорреляция в рядах наблюдений Санкт-Петербурга проявляется в первых двух лагах (лаг = 1 году), а также в 14-ом лаге. В Тбилиси автокорреляция в температурном ряде практически отсутствует. Пики периодичности для Тбилиси приходятся примерно на 20 и 5 лет, тогда как для Санкт-Петербурга – 14 и 8 лет. Результаты прогностических расчетов температуры воздуха для обоих городов приведены на рис. 1-3 и табл. 1-2.

**Таблица 1. Прогностические значения среднегодовой температуры воздуха и 99% доверительные интервалы прогноза в Тбилиси и Санкт-Петербурге в 2012-2056 гг., рассчитанные тремя методами**

| Годы      | Метод 1         |       |      | Метод 2 |       |      | Метод 3 |       |      |
|-----------|-----------------|-------|------|---------|-------|------|---------|-------|------|
|           | Тбилиси         |       |      |         |       |      |         |       |      |
| Парам.    | Ниж             | Прогн | Верх | Ниж     | Прогн | Верх | Ниж     | Прогн | Верх |
| 2012-2016 | 11.7            | 13.4  | 15.0 | 10.3    | 12.8  | 15.2 | 11.6    | 13.1  | 14.7 |
| 2022-2026 | 11.7            | 13.4  | 15.1 | 10.5    | 13.1  | 15.7 | 11.8    | 13.5  | 15.0 |
| 2032-2036 | 11.8            | 13.5  | 15.2 | 10.3    | 12.8  | 15.2 | 11.7    | 13.2  | 14.8 |
| 2042-2046 | 11.8            | 13.6  | 15.3 | 10.5    | 13.1  | 15.7 | 12.0    | 13.6  | 15.2 |
| 2052-2056 | 11.9            | 13.6  | 15.4 | 10.3    | 12.8  | 15.2 | 11.7    | 13.3  | 15.0 |
| Мин       | 11.7            | 13.3  | 15.0 | 9.4     | 12.4  | 14.5 | 11.2    | 12.8  | 14.3 |
| Макс      | 11.9            | 13.6  | 15.4 | 11.1    | 13.5  | 16.8 | 12.6    | 14.0  | 15.7 |
|           | Санкт-Петербург |       |      |         |       |      |         |       |      |
| 2012-2016 | 3.1             | 5.8   | 8.6  | 0.2     | 4.9   | 9.6  | 3.0     | 6.0   | 8.3  |
| 2022-2026 | 3.2             | 6.0   | 8.8  | -0.1    | 4.7   | 9.4  | 2.9     | 6.2   | 8.3  |
| 2032-2036 | 3.4             | 6.2   | 9.0  | 0.4     | 4.9   | 9.3  | 3.6     | 6.1   | 9.0  |
| 2042-2046 | 3.5             | 6.3   | 9.2  | 0.3     | 5.0   | 9.8  | 3.8     | 6.2   | 9.3  |
| 2052-2056 | 3.7             | 6.5   | 9.4  | -0.2    | 4.6   | 9.4  | 3.2     | 6.7   | 8.8  |
| Мин       | 3.0             | 5.8   | 8.5  | -1.2    | 3.8   | 7.9  | 2.3     | 5.1   | 7.7  |
| Макс      | 3.7             | 6.5   | 9.4  | 1.0     | 5.8   | 11.4 | 4.4     | 7.3   | 9.9  |

**Таблица 2. Ожидаемые изменения среднегодовой температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге в 2012-2056 гг. по отношению к 1951-1980 гг.**

| Годы      | Тбилиси |         |         | Санкт-Петербург |         |         |
|-----------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|
|           | Метод 1 | Метод 2 | Метод 3 | Метод 1         | Метод 2 | Метод 3 |
| 2012-2016 | 0.4     | -0.2    | 0.1     | 1.2             | 0.3     | 1.4     |
| 2022-2026 | 0.4     | 0.1     | 0.5     | 1.3             | 0.0     | 1.6     |
| 2032-2036 | 0.5     | -0.2    | 0.2     | 1.5             | 0.2     | 1.5     |
| 2042-2046 | 0.6     | 0.1     | 0.6     | 1.7             | 0.4     | 1.6     |
| 2052-2056 | 0.6     | -0.2    | 0.3     | 1.9             | 0.0     | 2.1     |

Как следует из рис. 1-3 и табл. 1 реальные значения температуры воздуха в обоих городах в 2007-2012 гг. попадают в доверительных интервал прогностических значений температуры для указанных трех методов. Диапазоны доверительного интервала прогноза с 2012 по 2056 гг. имеют следующие значения. Тбилиси, первый метод: от 11.7 °C до 15.4 °C (разность - 3.7 °C), второй метод: от 9.4 °C до 16.8 °C (разность -7.4 °C), третий метод: от 11.2 °C до 15.7 °C (разность - 4.5 °C). Санкт-Петербург, первый метод: от 3.0 °C –до 9.4 °C (разность - 6.4 °C), второй метод: от -1.2 °C до 11.4 °C (разность - 12.6 °C), третий метод: от 2.3 °C до 9.9 °C (разность - 7.6 °C). Таким образом, учет периодичности при экстраполяции рядов температуры воздуха, значительно расширяет диапазон изменчивости ее прогностических значений. Иными словами в будущем не исключено изменение направления тренда с положительного на нейтральный, или отрицательный. Кроме этого в отдельные годы возможны аномальные скачки температуры воздуха в диапазоне доверительного интервала от 9.4 °C до 16.8 °C в Тбилиси и от -1.2°C до 11.4 °C в Санкт-Петербурге.

В табл. 1 также приведены данные о средних за пятилетку прогностических значениях температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге с пятилетним интервалом времени. Как следует из этой таблицы, в отли-

ჩიე от линейной экстраполяции, прогностические значения температуры воздуха с учетом цикличности в рядах наблюдений в различные периоды времени подвержены колебаниям.

В целом, процесс потепления в Санкт-Петербурге более интенсивный, чем в Тбилиси. Это наглядно демонстрируется в табл. 2. Так, например, в 2012-2056 гг. диапазон изменчивости средней за пятилетку температуры воздуха по сравнению со средними ее значениями в 1951-1980 гг. ожидается: в соответствии с линейной экстраполяцией - в Тбилиси от 0.4 до 0.6 °C, в Санкт-Петербурге – от 1.2 °C до 1.9 °C; в соответствии с расчетами по методу 2 - в Тбилиси от -0.2 °C до 0.1 °C, в Санкт-Петербурге – от 0 °C до 0.4 °C; в соответствии с расчетами по методу 3 - в Тбилиси от 0.1 °C до 0.6 °C, в Санкт-Петербурге – от 1.4 °C до 2.1 °C. В 2052-2056 гг. рост температуры воздуха по сравнению со средними ее значениями в 1951-1980 гг. ожидается: в соответствии с линейной экстраполяцией - в Тбилиси на 0.6 °C, в Санкт-Петербурге – на 1.9 °C; в соответствии с расчетами по методу 2 - в Тбилиси на -0.2 °C (похолодание), в Санкт-Петербурге – на 0 °C (неизменность); в соответствии с расчетами по методу 3 - в Тбилиси на 0.3 °C, в Санкт-Петербурге – на 2.1 °C. В дальнейшем предусмотрено продолжение вышеуказанных исследований с использованием более длинных рядов наблюдений.

### ლიტერატურა-REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. - Contemporary climate change in Georgia. Regime of some climate parameters and their variability. Monograph, ISBN 99928-885-4-7, Tbilisi, 2006, 177 p. (in Georgian).
2. Amiranashvili A., Matcharashvili T., Chelidze T. - Climate change in Georgia: Statistical and nonlinear dynamics predictions. Journal of Georgian Geophysical Society, Issue (A), Physics of Solid Earth, vol.15a, 2011-2012, pp.67-87.
3. Груза Г. В., Мещерская А. В. (ведущие авторы) – Изменения климата России за период инструментальных наблюдений. <http://climate2008.igce.ru/v2008/v1/vI-3.pdf>.
4. Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Кузнецова В.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т. - Анализ изменчивости климата на территории России в последние десятилетия. Труды ВНИИГМИ -МЦД, вып.167, 2000, с. 3-15.
5. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Gzirishvili T., Kharchilava J., Tavartkiladze K. - Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures. Transactions of M.Nodia Institute of Geophysics of Georgian Academy of Sciences, Monograph, ISSN 1512-1135, vol. LIX, Tbilisi, 2005, 128 p .
6. Tavartkiladze K., Amiranashvili A. - Expected changes of air temperature in Tbilisi city, Papers of the Int. Conference International Year of the Planet Earth “Climate. Natural Resources. Disasters in the South Caucasus”, Trans. of the Institute of Hydrometeorology, vol. No 115, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 18 – 19 November, 2008, pp. 57 – 65 (in Russian).
7. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L. - Expected Change of Average Semi-Annual and Annual Values of Air Temperature and Precipitation in Tbilisi. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue (B), Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 50 – 54.
8. Amiranashvili A., Matcharashvili T., Melikadze G., Chelidze T. - On the Climate Change in Georgia in the Past, at Present and in the Future: What Should be Done for Filling the Gaps. Abstract of 7<sup>th</sup> Ann. Int. Conf. of REC Caucasus “Climate Change Adaptation – Challenge and Opportunity for Caucasus”, November 10-11, Tbilisi, 2011, pp. 29-30.
9. Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Khurodze T. – Application of Some Statistic Methods for the Prognostication of Long-Term Air Temperature Changes (Tbilisi Case). Transactions of the International Scientific Conference Dedicated to the 90<sup>th</sup> Anniversary of Georgian Technical University “Basic Paradigms in Science and Technology Development for the 21st Century”, Tbilisi, Georgia, September 19-21, 2012, Part 2, ISBN 978-9941-20-098-4, Publishing House “Technical University”, Tbilisi, 2012, pp. 331-338, (in Russian).
10. Ферстер Э., Ренц Б. - Методы корреляционного и регрессионного анализа. Москва, Финансы и статистика, 1983, 303 с.
11. Дуброва Т.А. Статистические методы прогнозирования в экономике – Москва, Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права, 2003, 50 с.
12. Мхитарян В.С., Бамбаева Н.Я., Балинтова Д. - Компьютерные исследования временных рядов и взаимосвязи показателей с использованием пакета Mesosaur. Москва, МЭСИ, 1996, 80 с.

უკ 551.582

**ჰაერის ტემპერატურის მოსალოდნელი ცვლილების სტატისტიკური შეფასება თბილისში და სანკტ-პეტერბურგში 2056 წლამდე** / ამირანაშვილი ა., ქართველიშვილი ლ., ტროფიმენკო ლ., ხუროძე თ./ სა-ქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. -ტ. 119. - გვ.64-68- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

გამოკვლეულია ჰაერის ტემპერატურის საშუალო წლიური მნიშვნელობების სტატისტიკური სტრუქტურა თბილისში და სანკტ-პეტერბურგში 1907-2006 წწ. კერძოდ მიღებულია, რომ ავტოკორელაცია დაკვირვებათა რიგებში სანკტ-პეტერბურგისათვის უფრო მაღალია, ვიდრე თბილისისათვის. პერიოდულობის პიკები თბილისისათვის ყოველ მე-20 და მე-5 წელზე მოდის, სანკტ-პეტერბურგისათვის – მე-14 და მე-8 წელზე. დათბობის პროცესი სანკტ-პეტერბურგში უფრო ინტენსიურია, ვიდრე თბილისში. ჩატარებულია ჰაერის ტემპერატურის მოსალოდნელი ცვლილებების სტატისტიკური პროგნოზირება ამავე ქალაქებისათვის 2056 წლამდე სამი მეთოდის გამოყენებით (წრფივი პროგნოზირება, პროგნოზირება გლუვი ფუნქციებით დაკვირვებათა რიგში ორი პერიოდულობის გათვალისწინებით, წრფივი პროგნოზირება ერთი პერიოდულობის გათვალისწინებით).

UDC 551.582

**THE STATISTICAL EVALUATION OF THE EXPECTED CHANGES OF AIR TEMPERATURE IN TBILISI AND ST.-PETERSBURG UP TO 2056 YEARS** / Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Trofimenko L., Khurodze T./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. - т.119. – pp. 64-68 - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ. The statistical structure of time series of the mean annual values of the temperature of air in Tbilisi and St.-Petersburg in 1907-2006 is investigated. It is in particular obtained that the autocorrelation in the time series of observations of St.-Petersburg is higher than in Tbilisi. The peaks of periodicity for Tbilisi feel approximately to 20 and 5 years, whereas for St.-Petersburg - 14 and 8 years. The process of warming-up in St.-Petersburg is more intensive than in Tbilisi. The statistical prognostication of the expected changes of the temperature of air in these cities up to 2056 years with the use of three methods is carried out (linear prognostication, the prognostication of the smoothed functions taking into account two periodicities in the series of observations, linear prognostication taking into account one periodicity in the series of observations).

УДК 551.582

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОЖИДАЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ И САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ДО 2056 ГОДА** / Амиранашвили А.Г., Картвелишвили Л.Г., Трофименко Л.Т., Хуродзе Т.В./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119. – с. 64-68 – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Исследована статистическая структура временных рядов среднегодовых значений температуры воздуха в Тбилиси и Санкт-Петербурге в 1907-2006 гг. В частности получено, что автокорреляция в рядах наблюдений Санкт-Петербурга выше, чем в Тбилиси. Пики периодичности для Тбилиси приходятся примерно на 20 и 5 лет, тогда как для Санкт-Петербурга – 14 и 8 лет. Процесс потепления в Санкт-Петербурге более интенсивный, чем в Тбилиси. Проведено статистическое прогнозирование ожидаемых изменений температуры воздуха в этих городах до 2056 года с использованием трех методов (линейное прогнозирование, прогнозирование сглаженных функций с учетом двух периодичностей в ряде наблюдений, линейное прогнозирование с учетом одной периодичности в ряде наблюдений).

УДК 55.1

## ИЗМЕНЕНИЕ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО И МАЛОГО КАВКАЗА В КОНЦЕ XX ВЕКА (В ПРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

Махмудов Р.Н., Сафаров С.Г., Сулейманов М.Ф.,  
Сафаров А.С., Гусейнов Г.М.

Гидрометеорологический Научно-Исследовательский Институт при  
Министерстве Экологии и Природных Ресурсов Азербайджанской Республики

Ветровой режим является одной из важных характеристик климатической системы любой территории и в значительной степени влияет на условия жизни людей и на различные отрасли экономики.

В данной статье рассматриваются некоторые вопросы тенденции изменения статистических характеристик ветра на Большом и Малом Кавказе (в пределах Азербайджанской Республики) в связи климатическими изменениями в последние десятилетия XX века и первого десятилетия XXI века и вопрос вычисления новых климатических направления и средней скорости ветра. Это связано с тем, что в настоящее время в соответствии с рекомендациями Всемирной Метеорологической Организации период 1961-1990 гг. осреднения климатических данных рассматривается как стандартный «климатический период», отражающий современные климатические условия. До настоящего времени основным документом, регламентирующим характеристики параметров ветра на территории АР является Выпуск 15 Справочника по Климату СССР, в части III [12], где были приведены нормативные характеристики ветра по отдельным гидрометеорологическим станциям (ГМС) по состоянию на 1960 г.

Анализ ветрового режима на территории Большого и Малого Кавказа и его изменений во второй половине XX века выполнен с использованием данных наблюдений 7 ГМС на Большом Кавказе (Алибек (1745 м), Шеки (639 м), Габала (781 м), Шамахи (750 м), Мараза (776 м), Гырыз (2071 м), Губа (550 м)); 5 ГМС на северо-восточном склоне Малого Кавказа (Актафа (331 м), Кедабек (1480 м), Дашкесан (1655 м), Гейгель (1612 м), Истису (2294 м)); 4 ГМС в Нагорном Карабахе и окружающий его районах (Лачын (1152 м), Ханкенди (827 м), Шуша (1358 м), Физули (439 м)); и 4 ГМС в Нахчыванской АР (Ордубад (928 м), Джульфа (710 м), Нахчыван (875 м), Шахбуз (1199 м)) за период 1966-1990 гг. и справочника, приведенный в [12]. Для исследования пространственно-временной изменчивости направления ветра были рассчитаны повторяемость конкретного направления и штилей за многолетний период.

**Скорость ветра** зависит от величины барического градиента, который в свою очередь определяется господствующими атмосферными процессами над рассматриваемой территорией. Существенную роль также играет местоположение станции, как в макроклиматическом, так и в микроклиматическом плане.

Годовой ход и распределение средней скорости ветра на рассматриваемой территории также находится в значительной зависимости от физико-географических условий, и поэтому на различных зонах они различны. Среднемесячная и годовая скорость ветра приведены в табл.1.

Как видно из табл. 1, пространственно-временное распределение средней скорости ветра в разных районах Большого и Малого Кавказа носит сложный характер. На Большом Кавказе, за исключением ГМС Мараза, средняя скорость ветра в течение года составляет 0,9-2,6 м/с, с годовым значением 1,0-2,1 м/с. В Маразе скорость ветра менялась в пределах 2,4-3,8 м/с, с наибольшими значениями в холодный период года (3.0 ... 3.8 м/с). Из этой таблицы также видно, что в холодном полугодии скорость ветра в Алибеке и Маразе больше, чем в теплое полугодии, а в Габале и Губе – наоборот.

На северо-восточном склоне Малого Кавказа в течение года скорость ветра меняется в пределах 1.3 ... 4.2 м/с, с наибольшими значениями в Дашкесане. В Актафе наибольшие значения скорости ветра наблюдается в теплое время года. В Нагорном Карабахе и прилегающих районах скорость ветра в течение года варьировала в пределах 1.6 ... 2.4 м/с. В Нахчыванской АР скорость ветра составила 0.9 ... 6.6 м/с. Здесь наибольшие средние скорости ветра наблюдается в летнее время.

Данные повторяемости направления ветра и штилей за январь месяц, осредненные за период 1966-1990 гг., приведены в табл.2. Анализ данных показывает, что на южном склоне Большого Кавказа преобладающим является ветры северного (СВ+С+СЗ) направления (47-57%), далее наблюдаются ветры южного (ЮВ+Ю+ЮЗ) направления (32-40%). Здесь безветренная погода наблюдается в 31-43% случаях. В Шемаха-Маразинской зоне преобладающим является ветры западного (ЮЗ+З+СЗ) направления и их повторяемость составляет 69-70%. Если в Шемахе повторяемость штиля 58%, то в Маразе почти в 3 раза меньше.

**Таблица 1. Среднемесячные и годовые величины скорости ветра (м/с), осредненные за период 1966-1990гг.**

| Станция                | Месяцы |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Год |
|------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                        | 01     | 02  | 03  | 04  | 05  | 06  | 07  | 08  | 09  | 10  | 11  | 12  |     |
| <b>Большой Кавказ</b>  |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Алибек                 | 2,0    | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 1,7 |
| Шеки                   | 1,4    | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,2 |
| Габала                 | 1,0    | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1,0 |
| Шамахи                 | 1,2    | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 |
| Мараза                 | 3,8    | 3,6 | 3,6 | 3,0 | 2,6 | 2,4 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 3,5 | 3,1 |
| Гырыз                  | 1,2    | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 |
| Губа                   | 1,9    | 1,8 | 2,0 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,5 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,8 | 2,1 |
| <b>Малый Кавказ</b>    |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Актафа                 | 2,2    | 2,4 | 3,1 | 3,2 | 2,7 | 2,9 | 3,1 | 3,0 | 2,7 | 2,4 | 2,1 | 2,1 | 2,6 |
| Кедабек                | 2,2    | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 1,5 | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 1,6 |
| Дашкесан               | 4,2    | 4,0 | 3,9 | 4,1 | 3,9 | 4,0 | 3,8 | 3,7 | 3,8 | 3,8 | 4,1 | 4,3 | 4,0 |
| Гейгель                | 2,0    | 2,1 | 2,1 | 2,3 | 2,1 | 2,0 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,0 |
| Истису                 | 3,8    | 3,5 | 3,3 | 3,3 | 2,6 | 2,2 | 1,9 | 1,9 | 2,2 | 2,7 | 3,5 | 3,8 | 2,9 |
| Лачын                  | 1,9    | 1,9 | 2,0 | 2,4 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,9 |
| Шуша                   | 1,9    | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |
| Ханкенди               | 1,5    | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,9 | 2,0 | 2,2 | 2,1 | 1,8 | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,7 |
| Физули                 | 1,3    | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,4 |
| <b>Нахчыванская АР</b> |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Ордубад                | 1,3    | 1,6 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 3,2 | 4,5 | 4,3 | 2,8 | 1,7 | 1,2 | 1,2 | 2,4 |
| Джультфа               | 1,8    | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,4 | 4,1 | 6,6 | 6,5 | 3,5 | 1,8 | 1,1 | 1,4 | 2,9 |
| Нахчыван               | 0,9    | 1,1 | 1,8 | 2,0 | 2,0 | 2,2 | 2,8 | 3,1 | 2,3 | 1,7 | 1,5 | 1,0 | 1,9 |
| Шахбуз                 | 1,7    | 1,8 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,8 | 4,0 | 3,9 | 2,5 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 2,4 |

**Таблица 2. Повторяемость направления ветра и штилей (%) за январь месяц, осредненные за период 1966-1990гг.**

| Станция               | Направление ветра в румбах |     |    |     |    |     |    |     | Штиль |
|-----------------------|----------------------------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-------|
|                       | С                          | С-В | В  | Ю-В | Ю  | Ю-З | З  | С-З |       |
| <b>Большой Кавказ</b> |                            |     |    |     |    |     |    |     |       |
| Алибек                | 37                         | 4   | 6  | 10  | 22 | 2   | 3  | 16  | 31    |
| Шеки                  | 34                         | 4   | 10 | 8   | 12 | 10  | 16 | 5   | 43    |
| Габала                | 34                         | 10  | 14 | 4   | 18 | 10  | 7  | 3   | 39    |
| Мараза                | 6                          | 7   | 11 | 2   | 4  | 15  | 50 | 4   | 21    |
| Шамахи                | 11                         | 3   | 6  | 4   | 6  | 15  | 44 | 11  | 58    |
| Гырыз                 | 30                         | 6   | 3  | 4   | 14 | 9   | 16 | 18  | 28    |
| Губа                  | 13                         | 8   | 14 | 4   | 4  | 21  | 28 | 7   | 19    |
| <b>Малый Кавказ</b>   |                            |     |    |     |    |     |    |     |       |
| Актафа                | 5                          | 1   | 12 | 5   | 4  | 18  | 39 | 16  | 26    |
| Кедабек               | 10                         | 4   | 4  | 3   | 16 | 36  | 24 | 4   | 42    |
| Дашкесан              | 18                         | 6   | 16 | 6   | 18 | 10  | 20 | 6   | 9     |
| Гейгель               | 14                         | 7   | 2  | 12  | 24 | 14  | 11 | 17  | 16    |
| Истису                | 2                          | 3   | 3  | 14  | 54 | 15  | 4  | 4   | 23    |
| Лачын                 | 13                         | 3   | 5  | 14  | 30 | 2   | 10 | 22  | 50    |
| Ханкенди              | 27                         | 7   | 3  | 6   | 18 | 25  | 5  | 9   | 29    |
| Шуша                  | 9                          | 8   | 20 | 14  | 22 | 15  | 10 | 3   | 22    |
| Физули                | 19                         | 11  | 13 | 5   | 5  | 2   | 8  | 39  | 28    |

Таблица 2 (продолжение)

| Нахчыванская АР |    |    |    |   |   |    |    |    |    |
|-----------------|----|----|----|---|---|----|----|----|----|
| Ордубад         | 10 | 6  | 15 | 6 | 4 | 10 | 41 | 10 | 50 |
| Джुльфа         | 21 | 2  | 10 | 0 | 2 | 2  | 4  | 59 | 60 |
| Нахчыван        | 23 | 17 | 16 | 6 | 7 | 6  | 19 | 4  | 56 |
| Шахбуз          | 12 | 26 | 16 | 2 | 9 | 23 | 9  | 2  | 14 |

На северо-восточном склоне Большого Кавказа преобладают северные и западные ветры. В районе Акстафа-Кедабек ветры западного направления (ЮЗ+З+СЗ) наблюдаются в 73-74% случаях, а в районе Дашкесан-Гейгель преобладают ветры других направлений. В Истису доминируют ветры южного (ЮВ+Ю+ЮЗ) направления (83%). В Нагорном Карабахе наблюдались ветры различного направления, только в Лачыне безветренная погода наблюдалась в 50% случаях. В Шуше, Ханкенди и Физули этот показатель менялся в пределах 22-29%. В зоне Ордубад-Джюльфа доминировали ветры западного (ЮЗ+З+СЗ) (61-65%), а в районе Нахчыван-Шахбуз -северного (СВ+С+СЗ) (54-56%) направления. В целом по этой Республике (за исключением Шахбуз) повторяемость штиля варьировала в пределах 50-60%.

Данные повторяемости направления ветра и штилей за июль месяц приведены в табл. 3.

Таблица 3.Повторяемость направления ветра и штилей (%) за июль месяц, осредненные за период 1966-1990гг.

| Станция                | Направление ветра в румбах |     |    |     |    |     |    |     | Штиль |
|------------------------|----------------------------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-------|
|                        | С                          | С-В | В  | Ю-В | Ю  | Ю-З | З  | С-З |       |
| <b>Большой Кавказ</b>  |                            |     |    |     |    |     |    |     |       |
| Алибек                 | 24                         | 4   | 5  | 12  | 41 | 3   | 2  | 7   | 36    |
| Шеки                   | 25                         | 5   | 4  | 8   | 26 | 14  | 12 | 7   | 25    |
| Габала                 | 36                         | 7   | 10 | 5   | 22 | 10  | 7  | 2   | 34    |
| Шамахи                 | 14                         | 4   | 8  | 7   | 11 | 17  | 33 | 6   | 55    |
| Мараза                 | 20                         | 12  | 20 | 7   | 13 | 9   | 14 | 4   | 26    |
| Гырыз                  | 9                          | 13  | 41 | 6   | 8  | 5   | 15 | 3   | 40    |
| Губа                   | 14                         | 12  | 18 | 2   | 1  | 22  | 28 | 4   | 6     |
| <b>Малый Кавказ</b>    |                            |     |    |     |    |     |    |     |       |
| Акстафа                | 6                          | 2   | 14 | 14  | 6  | 10  | 24 | 24  | 15    |
| Кедабек                | 21                         | 17  | 10 | 4   | 12 | 23  | 6  | 6   | 40    |
| Дашкесан               | 21                         | 6   | 16 | 6   | 18 | 8   | 19 | 6   | 10    |
| Гейгель                | 19                         | 9   | 2  | 8   | 20 | 10  | 12 | 21  | 19    |
| Истису                 | 23                         | 4   | 0  | 4   | 17 | 6   | 6  | 39  | 46    |
| Лачын                  | 12                         | 6   | 3  | 10  | 49 | 3   | 5  | 12  | 44    |
| Шуша                   | 12                         | 10  | 27 | 18  | 18 | 7   | 6  | 3   | 18    |
| Ханкенди               | 16                         | 8   | 8  | 15  | 21 | 23  | 4  | 7   | 17    |
| Физули                 | 16                         | 16  | 26 | 5   | 2  | 1   | 5  | 29  | 23    |
| <b>Нахчыванская АР</b> |                            |     |    |     |    |     |    |     |       |
| Ордубад                | 3                          | 5   | 59 | 28  | 2  | 0   | 1  | 1   | 9     |
| Джюльфа                | 2                          | 9   | 84 | 2   | 1  | 0   | 0  | 2   | 13    |
| Нахчыван               | 3                          | 7   | 39 | 26  | 12 | 4   | 6  | 2   | 27    |
| Шахбуз                 | 13                         | 43  | 15 | 1   | 5  | 14  | 7  | 1   | 10    |

Как видно из этой таблицы, в различных точках Большого Кавказа наиболее преобладающие ветры наблюдались в Алибеке (южный -41%), в Габале (северный -36%), Шемахе (западный-33%), Гырызе (восточный-41%) и Губе (западный-28%). Повторяемость штиля (за исключением Губа) варьировала в пределах 25-55%. На Малом Кавказе наиболее преобладающий ветер наблюдается в Истису (северо-западный-39%) и Лачын (южный-49%), а безветренная погода в Истису (46%) и Лачын (44%). В Нахчыванской АР преобладаю-

შიმ ვეტომ იარება სევერო-ვოსტოჩნო (43%), ა ნა ოსალწი ტერიტორიი – ვოსტოჩნე ვეტრე (39-84%). В июле месяце повторяемость штиля составила 9-27%.

ნამი თაკე იზუჩენი ვოსმჟიბნი იზმენენი სრედნი სკოროსი ი ნარავლენი ვეტრა ვ რასმარირვამომ რაიონე. ჴედე ისპოლზოვანი მეთოდი რაზნოსი დუხ კონკრეტნი კლიმატიკესკი პერიოდო (1966-1990 გ. ი პერიოდო დო 1960 გოდა). რეზულტატი რასკეტო პო იზმენივოსი ვეტრა პრირვენი ვ თაბლ. 4, ა პო იზმენივოსი ნარავლენი ვეტრა ჴა იანვარი -ვ თაბლ. 5, ჴა იული – ვ თაბლ. 6.

**Таблица 4. Изменение средней скорости ветра в 1966-1990 гг. по отношению к периоду до 1960 г., м/сек.**

| Станции                | Месяцы |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Год  |
|------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                        | 01     | 02   | 03   | 04   | 05   | 06   | 07   | 08   | 09   | 10   | 11   | 12   |      |
| <b>Большой Кавказ</b>  |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Алибек                 | -0,2   | -0,6 | -0,3 | -0,3 | -0,3 | -0,4 | -0,4 | -0,3 | -0,5 | -0,5 | -0,4 | -0,2 | -0,4 |
| Шеки                   | -1,3   | -1,5 | -1,6 | -1,3 | -1,1 | -0,9 | -0,6 | -0,7 | -0,9 | -1,1 | -1,0 | -1,2 | -1,1 |
| Габала                 | 0,4    | 0,4  | 0,5  | 0,4  | 0,2  | 0,0  | 0,1  | 0,1  | 0,3  | 0,2  | 0,6  | 0,4  | 0,2  |
| Шамахи                 | -1,5   | -1,6 | -1,9 | -1,5 | -1,4 | -1,5 | -1,5 | -1,2 | -1,1 | -1,3 | -1,3 | -1,3 | -1,5 |
| Мараза                 | -0,1   | -0,4 | -0,1 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,2 | -0,2 | -0,1 | -0,1 | -0,2 | 0,1  | -0,1 |
| Гырыз                  | -0,8   | -1,0 | -1,0 | -0,9 | -0,7 | -0,7 | -0,5 | -0,6 | -0,5 | -0,7 | -0,7 | -0,6 | -0,7 |
| Губа                   | 0,2    | 0,1  | 0,2  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,5  | 0,4  | 0,2  | 0,1  | 0,0  | 0,1  | 0,2  |
| <b>Малый Кавказ</b>    |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Актафа                 | 0,0    | -0,1 | 0,3  | 0,3  | 0,1  | 0,2  | 0,2  | 0,4  | 0,2  | 0,1  | 0,3  | 0,5  | 0,2  |
| Кедабек                | -0,8   | -1,4 | -1,1 | -0,8 | -0,7 | -0,4 | -0,6 | -0,8 | -0,7 | -0,8 | -0,5 | -0,7 | -0,8 |
| Дашкесан               | 1,9    | 1,6  | 1,5  | 1,5  | 1,6  | 2,0  | 1,7  | 1,5  | 1,6  | 1,5  | 2,1  | 2,3  | 1,8  |
| Гейгель                | -0,2   | 0,0  | 0,2  | 0,5  | 0,3  | 0,3  | 0,1  | 0,0  | 0,1  | -0,2 | 0,1  | -0,1 | 0,1  |
| Истису                 | -0,3   | -0,3 | 0,1  | 0,9  | 0,7  | 0,8  | 0,7  | 0,5  | 0,4  | 0,0  | 0,3  | 0,1  | 0,3  |
| Лачын                  | -0,5   | -0,8 | -0,7 | -0,4 | -0,6 | -0,7 | -0,8 | -1,0 | -0,9 | -1,0 | -0,8 | -0,8 | -0,8 |
| Шуша                   | 0,4    | 0,2  | 0,2  | 0,3  | 0,3  | 0,4  | 0,4  | 0,5  | 0,4  | 0,3  | 0,4  | 0,3  | 0,3  |
| Ханкенди               | 0,0    | -0,2 | -0,3 | -0,1 | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,2  | 0,0  | -0,1 | -0,1 | 0,0  | 0,0  |
| Физули                 | -0,6   | -0,7 | -0,4 | -0,5 | -0,4 | -0,5 | -0,4 | -0,5 | -0,5 | -0,6 | -0,5 | -0,6 | -0,5 |
| <b>Нахчыванская АР</b> |        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Ордубад                | -0,2   | -0,2 | 0,2  | 0,3  | 0,5  | 1,1  | 2,3  | 1,8  | 0,9  | 0,0  | -0,3 | -0,1 | 0,5  |
| Джультфа               | 0,4    | 0,3  | 0,0  | -0,1 | 0,4  | 0,4  | 1,1  | 1,7  | 0,0  | 0,3  | 0,1  | 0,2  | 0,4  |
| Нахчыван               | -0,4   | -0,7 | -0,8 | -0,9 | -0,7 | -0,8 | -1,0 | -0,8 | -1,1 | -0,9 | -0,5 | -0,2 | -0,7 |
| Шахбуз                 | 0,1    | 0,0  | 0,1  | -0,3 | -0,2 | -0,6 | -0,5 | -0,6 | -1,0 | -0,2 | -0,3 | 0,0  | -0,3 |

კაკ ვიძნი ივ თაბლ. 4, ჴა ისკლუჩენი გაბალა ი გუბა, ნა ბოლწომ კავკაზე პო ვსემ მესიაკმ ი ვ ცელო ჴა გოდი სრედნემესიაკნი სკოროსი უმენწილას ი სთავილა: ვ ალიბეკე -0.2 ... -0.6 მ/ს, ვ შეკე -0.6 ... -1.6 მ/ს, ვ შემახე -1.1 ... -1.9 მ/ს, ვ მარაზე -0.1 ... -0.4 მ/ს, ვ გირიზე -0.5 ... -1.0 მ/ს.

პროსტრანსვენო-ვრემენო რასპრედელენი იზმენივოსი სრედნი სკოროსი ვეტრა ნა სევერო-ვოსტოჩნომ სკლონე მალო კავკაზე ოჩენი სლოჟნი. ესეი ვ აკტაფე, დაშკესანე, გეიგელე ი ისტისუ პროიზოღო უვლიწენი სკოროსი ვეტრა, თო თოლკო ვ კედაბეკე ვ ტეჩენი გოდი პროიხოდო სწიჟენი სკოროსი ვ რედელაჴ 0,4-1,4 მ/ს. ვ ნაგორნომ კარაბახე ი პრირლეაოჴი რაიონაჴ უსთოიწვიო სწიჟენი სკოროსი ვეტრა ოტმენო ვ ლაჩინე (-0.4 ... -1.0 მ/ს) ი ფიზული (-0.4 ... -0.7 მ/ს), ა უსთოიწვიო უვლიწენი – ვ შუშე (0.3 ... 0.5 მ/ს). თაკე უსთოიწვიო უვლიწენი სკოროსი ვეტრა პროიზოღო ვ დჟულფე (0.1 ... 1.7 მ/ს), ა უსთოიწვიო უმენწილენი – ვ ნაჩყვანე (-0.2 ... -1.1 მ/ს), ვ ორდუბადე უვლიწენი სრედნემესიაკნი სკოროსი პროიზოღო ვ თეპლწი პერიოდო გოდა, ა ვ შახბუზე – ვ ხოლოდნო პოლუგოდიე.



UDC 55.1

**WIND REGIME CHANGE ON THE TERRITORY OF MAJOR AND MINOR CAUCASUS AT THE END OF XX CENTURY (IN LIMITS OF AZERBAIJAN REPUBLIC)/** Mahmudov R.N., Safarov S.Q., Suleymanov M.F., Safarov A.S., Huseynov H.M./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.69-73 -Russ.; Summ. Georg., Eng., Russ.

The estimation of the spatial variability of the new climate norms average wind speed and direction, as well as changes in these parameters of the wind in the late XX century (1966-1990 years). Compared to the previous period (until 1960) in the Great and Little Caucasus (within Azerbaijan Republic). Used as reference data for seven HMS on the Great Caucasus, 5 HMS in the north-eastern slopes of the Little Caucasus, 4 HMS in Nagorno-Karabakh and the surrounding areas and 4 HMS in Nakhchivan.

УДК 55.1

**ИЗМЕНЕНИЕ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО И МАЛОГО КАВКАЗА В КОНЦЕ XX ВЕКА (В ПРЕДЕЛАХ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)/** Махмудов Р.Н. д.г.н., Сафаров С.Г. д.г.н., Сулейманов М.Ф., Сафаров А.С., Гусейнов Г.М./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с. 69-73-Рус., Рез. Груз., Англ., Рус.

Выполнена оценка пространственной изменчивости новых климатических норм среднемесячной скорости и направления ветра, а также изменения этих параметров ветра в конце XX века (1966-1990 гг.) по сравнению с предыдущим периодом (до 1960 г.) на территории Большого и Малого Кавказа (в пределах Азербайджанской Республики). В качестве опорных использованы данные по 7 ГМС на Большом Кавказе; 5 ГМС на северо-восточном склоне Малого Кавказа, 4 ГМС в Нагорном Карабахе и окружающий его районах и 4 ГМС в Нахчыванской АР.

უაკ: 551.58

## ტემპერატურული რეჟიმის სეზონური წანაცვლება

კ.თავართქილაძე, დ.მუმლაძე, ნ.ლომიძე  
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი

როგორც გლობალურს, ასევე რეგიონალურ ტემპერატურულ რეჟიმს და მის განმეორადობას, მზის გარშემო დედამიწის შემოვლის პერიოდულობა განსაზღვრავს. დედამიწის შემოვლის ფაქტიურ პერიოდულობასა და ამ პერიოდულობის კალენდარულ აღრიცხვიანობას შორის განსხვავებაა. ეს განსხვავება, კალენდარული წლის აღრიცხვიანობის მიხედვით, დაახლოებით ექვს საათს შეადგენს და მისი გათვალისწინება ყოველ კალენდარულ ოთხწლიან პერიოდში ერთი დღის დამატებით ხდება. მაგრამ, რადგან ერთი დღე აღნიშნულ განსხვავებას სრულად ვერ ასახავს, დროთა განმავლობაში ფაქტიური ტემპერატურული რეჟიმის სეზონური წანაცვლება უნდა მოხდეს კალენდარულ სეზონთან შედარებით. სწორედ ეს იყო მიზეზი, რომ ჩვენი წელთაღრიცხვით 46 წელს შემოდებულმა კალენდარულმა აღრიცხვიანობამ 1582 წელს 11 დღით წინ გადაინაცვლა, ხოლო შემდგომში ეს შესწორება დაზუსტდა და მას კიდევ 3 დღე დაემატა.

პრაქტიკულად აღნიშნული წანაცვლების გავლენა ჰავის განმსაზღვრელი პარამეტრების რეჟიმული სტრუქტურის მოსალოდნელ ცვლილებაზე უადრესად რთული პროცესია. საქმე იმაშია, რომ ატმოსფერული მოვლენების ფორმირების პროცესზე მრავალრიცხოვანი ფაქტორი ახდენს გავლენას, რაც იწვევს ჰავის განმსაზღვრელი პარამეტრების დიდ დიაპაზონში რყევადობას. ეს რყევადობა რამდენჯერმე გადაფარავს ზემოთ აღნიშნული შეუსაბამობით გამოწვეულ წანაცვლებას და მისი გავლენით გამოწვეული ჰავის განმსაზღვრელი ატმოსფერული პარამეტრების სეზონური ცვლილების დადგენა ალბათ ძალიან დიდი პერიოდის განხილვის შედეგად თუ იქნება შესაძლებელი.

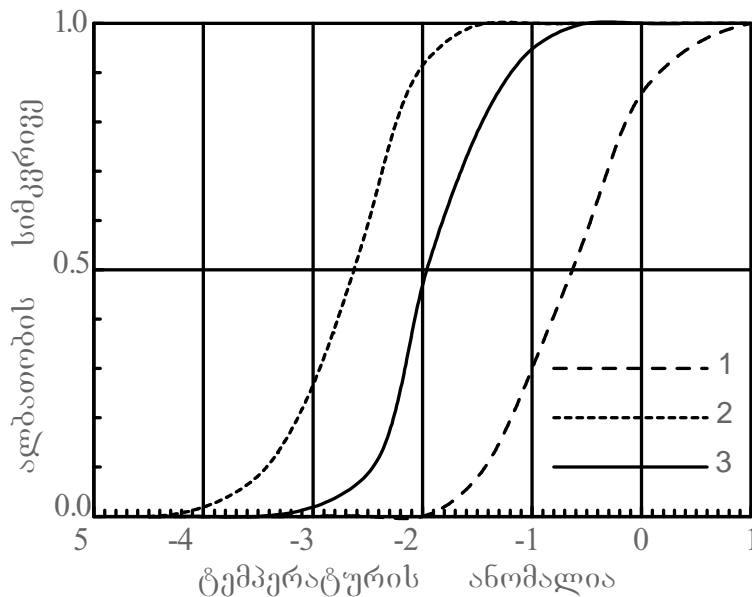
ამ ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს, საქართველოში ჰაერის მიწისპირა ტემპერატურის არსებულ ფაქტიურ მონაცემებზე დაყრდნობით და იმ თანამედროვე მეთოდოლოგიური შესაძლებლობების გამოყენებით, რომლებიც ჩვენთვის ხელმისაწვდომია, განვსაზღვროთ რამდენადაა შესაძლებელი ტემპერატურული რეჟიმის სეზონური წანაცვლების დადგენა და ამ წანაცვლების მიხედვითი სიდიდის პოვნა.

დასმული ამოცანის გადასატრედად შესაძლებლობა გვქონდა გამოგვეყენებინა ტემპერატურის საშუალო თვიური სინქრონული მონაცემები საქართველოს დაკვირვების 89 პუნქტისთვის 1906-1995 წლებში, ხოლო დაკვირვების ერთი პუნქტისთვის (თბილისი) საშუალო დღიური მნიშვნელობები 1881-2006 წლებში. რადგან აღნიშნულ მონაცემთა გაერთიანება შეუძლებელია, დასმული ამოცანა გავყავით ორ ნაწილად, სეზონური წანაცვლების შესწავლა - საქართველოს ტერიტორიისთვის 1906-1995 წლებში და თბილისისთვის 1881-2006 წლებში. წინასწარ შეიძლება აღინიშნოს, რომ მეორე ამოცანის ამოხსნით მიღებული შედეგები გაცილებით ზუსტი უნდა იყოს პირველი ამოცანით მიღებულ შედეგებთან შედარებით.

როგორც ცნობილია ჩატარებული კვლევის (ასევე მსგავსი კვლევების) შედეგებზე გადამწვევტი მნიშვნელობა აქვს იმ მონაცემთა სიზუსტეს, რომელებიც კვლევის პროცესში გამოიყენება. ამ მხრივ საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიულ ფონდში დაცული ფაქტიური დაკვირვების მონაცემები, მიუხედავად იმისა რომ მათზე კონტროლი ხორციელდებოდა, მკაცრ ობიექტურ ანალიზს მოითხოვს. ასეთი ანალიზი, ეყრდნობოდა რა [1,2] ნაშრომებში დამუშავებულ მეთოდებს, გამოყენებული იყო [3]-ში. რადგან პირველ ამოცანაში [3]-ში გამოყენებული მონაცემები უცვლელადაა გადმოტანილი, მონაცემთა ობიექტური ანალიზი და მისი შედეგები ამ ნაშრომში არ განიხილება. იგი დეტალურადაა აღწერილი [3]-ში. რაც შეეხება მეორე ამოცანის მონაცემთა ბაზას, სადაც მხოლოდ თბილისის საშუალო დღიური მონაცემებია გამოყენებული, იგი ძირითადად აკმაყოფილებდა სიზუსტის მოთხოვნებს და აუცილებლობის შემთხვევაში ვიყენებდით იგივე, პირველ ამოცანაში მითითებულ მეთოდებს.

როგორც პირველი ასევე მეორე ამოცანის ამოხსნის არსს იმ უაღბათესი თარიღის განსაზღვრა შეადგენს, რომელსაც წლის განმავლობაში (უფრო სწორად ზამთრის სეზონში) მინიმალური ტემპერატურა შეესაბამება. თუ ასეთი თარიღის პოვნა შეიძლება, მაშინ მისი ცვლილება წლების განმავლობაში მოგვცემს სეზონის წანაცვლების სიდიდეს. როგორც ზემოთ

იყო აღნიშნული ტემპერატურულ რეჟიმს მზის გარშემო დედამიწის ბრუნვის ტრაექტორია განსაზღვრავს. უფრო სწორად ქვეყნილი ზედაპირის დახრილობა მზის სხივის მიმართულებისადმი, რომელიც ტრაექტორიის მოცემულ უბანზე მას გააჩნია. დედამიწის ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს იმ განედურ შუალედში, რომელშიაც საქართველო მდებარეობს, მინიმალური დახრილობა 21 დეკემბერს დაახლოებით 23 გრადუსს შეადგენს. ამ დროს ქვეყნილი ზედაპირი მზისგან მინიმალურ ენერგიას დებულობს. მაგრამ, მრავალრიცხოვანი ფაქტორების გავლენის გამო მიწისპირული ტემპერატურის მინიმუმი გაცილებით გვიან დგება. თუ შესაძლებელი იქნება ატმოსფერული თუ ქვეყნილი ზედაპირის გავლენით გამოწვეული, შემთხვევითი რყევები გამოვრიცხოთ, მაშინ მარტივად შეიძლება დროის იმ პერიოდის განსაზღვრა, რომელიც მზის მინიმალურ სიმაღლესა და ჰაერის მიწისპირა ტემპერატურის მინიმალურ მნიშვნელობებს შორისაა. ეს კი პირდაპირ განსაზღვრავს მინიმალური ტემპერატურის უაღბათეს თარიღს.



**ნახ.1. საქართველოს 89 დაკვირვების პუნქტის 1906-1995 წლების მონაცემთა მიხედვით განსაზღვრული მიწისპირული ტემპერატურის ანომალიათა ალბათობის სიმკვრივეები დეკემბრის (1), იანვრის (2) და თებერვლისთვის (3)**

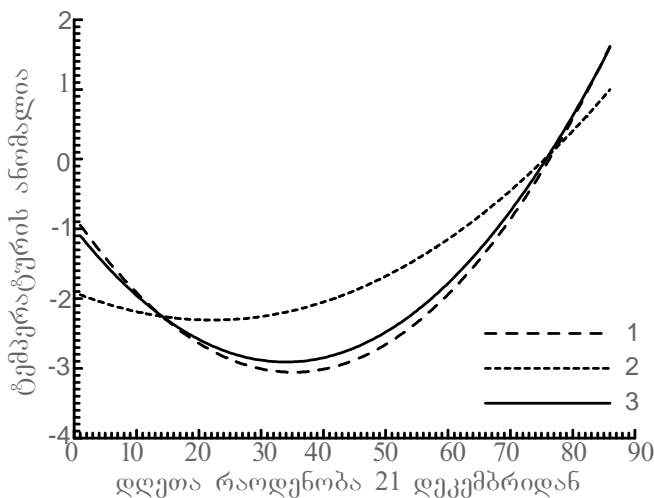
რადგან წლის მინიმალური ტემპერატურა მხოლოდ ზამთარშია მოსალოდნელი, საქართველოს დაკვირვების 89 პუნქტის 1906-1995 წლების საშუალო თვიური ტემპერატურებიდან ავიღეთ მხოლოდ 5 თვის (ნოემბერი, დეკემბერი, იანვარი, თებერვალი, მარტი) მონაცემები. მონაცემთა საერთო რაოდენობამ შეადგინა 40050.

მთელი ტერიტორიის ტემპერატურული რეჟიმის სრულყოფილად დახასიათების მიზნით განვსაზღვრეთ მიწისპირული ტემპერატურის ანომალიათა განაწილების ალბათობების სიმკვრივეები და ზამთრის სამი ძირითადი თვეებისთვის იგი წარმოდგენილია ნახ.1-ზე.

საქართველოს მთაგორიან ტერიტორიაზე განთავსებული დაკვირვების პუნქტების ტემპერატურული რეჟიმი მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან და მათი უშუალოდ გაერთიანება შეუძლებელია. ამიტომ ტემპერატურის ფაქტიური მნიშვნელობების ნაცვლად ავიღეთ ტემპერატურული ანომალიები (რაიმე სტატისტიკური პროცესის საშუალო არითმეტიკულიდან გადახრის მნიშვნელობა), რომლებიც ტემპერატურული ველის თავისებურებებს სრულად ასახავს, ხოლო მნიშვნელობებით ერთმანეთს შეესაბამება. კერძოდ, ჩვენს შემთხვევაში, ნახაზის აბცისთა ღერძზე დატანილი ტემპერატურის ანომალია წარმოადგენს დაკვირვების ყველა პუნქტისთვის დამახასიათებელ ხუთი თვის (ნოემბერი-მარტი) საშუალო არითმეტიკულიდან გადახრის უაღბათეს მნიშვნელობას, გამოსახულს ცელსიუსის შკალით გრადუსებში. მაგალითად, როგორც ნახაზიდან ჩანს, საქართველოს ტერიტორიისთვის დამახასიათებელია აღნიშნული ხუთი თვის საშუალო არითმეტიკულიდან უაღბათესი გადახრა დეკემბრის შუა რიცხვებში, რომელიც შეადგენს  $-0.4^{\circ}\text{C}$  (იგი შეესაბამება ალბათობის სიმკვრივეს მნიშვნელობით 0.5), იანვარში  $-2.6^{\circ}\text{C}$ , ხოლო თებერვალში  $-2.0^{\circ}\text{C}$  ს. ე.ი. საქართველოს მთელი ტერიტორიისთვის იანვარი ყველაზე ცივი თვეა, ასევე საკმაოდ ცივია თებერვალიც, ხოლო დეკემბერი მათთან შედარებით მნიშვნელოვნად თბილია.

ნახაზი გვიჩვენებს, რომ რეჟიმული სტრუქტურა განხილულ პერიოდში ისეთ მნიშვნელოვან ცვლილებას არ განიცდის, რომელიც დასმული ამოცანის ამოსწისას სპეციალურ კვლევას მოითხოვდეს. აქ მხოლოდ შემთხვევით რყევებთან გვაქვს საქმე, რომელიც მთელი ტერიტორიისთვის თითქმის ერთნაირია.

ტემპერატურული ანომალიების საშუალო თვიური მნიშვნელობები დაგაჯგუფედ სამ ოცდაათწლიან პერიოდად (1905-1935, 1936-1965 და 1966-1995 წლები). უმცირეს კვადრატთა მეთოდითა [4] და ყოველ პერიოდში შემავალი დაკვირვების 89 პუნქტის ხუთი თვის მონაცემებით დავადგინეთ ტემპერატურული ანომალიების დროში ცვლილების უაღბათესი სურათი. მაღალი სიზუსტით აპროქსიმაციისათვის საკმარისი აღმოჩნდა მეორე რიგის პოლინომის გამოყენება. რა თქმა უნდა შემთხვევითი რყევები გამოირიცხა იმ სიზუსტით, რა სიზუსტითაც გამოყენებული მონაცემები ასახავენ ბუნებრივ ტემპერატურულ რეჟიმს. მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით ნახ.2-ზე წარმოდგენილია სამი პერიოდის ტემპერატურულ ანომალიათა ყოველდღიური ცვლილება, დაწყებული 21 დეკემბრიდან (თვალსაჩინოებისათვის ნახაზზე დატანილია პერიოდი 21 დეკემბრიდან, გამოთვლები კი წარმოებდა სრული განხილული პერიოდის მიხედვით, ე.ი. 1 ნოემბრიდან)



ნახ.2. საქართველოს ტერიტორიაზე დღის საშუალო ტემპერატურული ანომალიის უაღბათეს მნიშვნელობათა ცვლილება დაწყებული 21 დეკემბრიდან სამი პერიოდის მიხედვით: 1 - 1906-1935 წლებში; 2 - 1936-1965 წლებში; 3 - 1966-1995 წლებში.

იმისათვის რომ განვსაზღვროთ ყოველი მრუდის მინიმალური მნიშვნელობის დაშორება (დღეთა რაოდენობა) 21 დეკემბრიდან, საჭიროა მრუდების ანალიზური გამოსახულებების პირველი წარმოებული გაუტოლოთ ნულს და მიღებული გამოსახულებიდან განვსაზღვროთ მინიმუმის შესაბამისი დღეთა რაოდენობა ე.ი. გამოსახულებიდან:

$$\delta Ta / \delta n = 0 \tag{1}$$

განვსაზღვროთ დღეთა რაოდენობა  $n$ , სადაც  $Ta$  ტემპერატურის ანომალიაა. თუ გავითვალისწინებთ, რომ:

$$Ta = A + Bn + Cn^2, \tag{2}$$

მაშინ ადვილი მისახვედრია რომ

$$n = B/2C \tag{3}$$

(ემპირიული  $A$ ,  $B$  და  $C$  განსაზღვრისას  $n$ -ის საწყის მნიშვნელობას შეესაბამება 1 ნოემბერი).

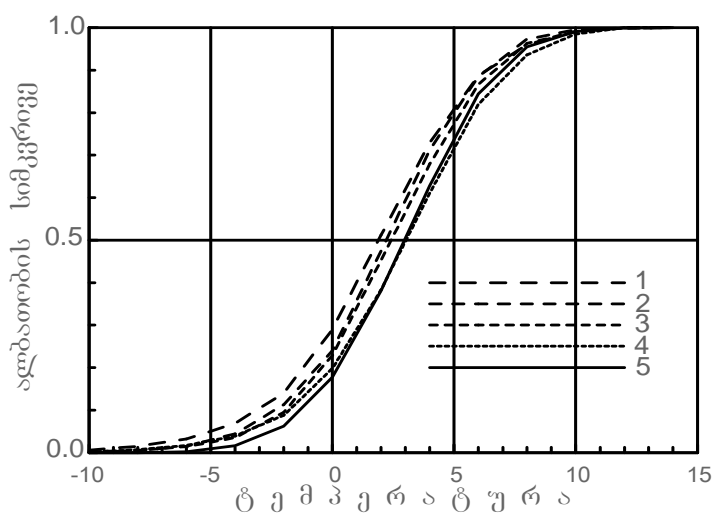
ემპირიული კოეფიციენტების და გამოთვლების შედეგად მიღებული მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1.  $B$ ,  $C$  და  $n$ -ის მნიშვნელობები

| პერიოდი      | B      | C       | n    | თარიღი |
|--------------|--------|---------|------|--------|
| 1906-1935 წწ | -0.258 | 0.00159 | 81.1 | 20/I   |
| 1936-1965 წწ | -0.216 | 0.00128 | 84.4 | 23/I   |
| 1966-1995 წწ | -0.243 | 0.00150 | 84.0 | 20/I   |

როგორც ცხრილი გვიჩვენებს პირველ და მეორე პერიოდებს შორის, სეზონური წანაცვლება მოხდა სამი დღით წინ გადაწვლევით. ხოლო მომდევნო პერიოდში წანაცვლება მოხდა იგივე სამი დღით, მხოლოდ უკან დახევით. ამჟამად ძნელია იმის დადგენა მეორედან მესამე პერიოდში გადასვლისას რამ გამოიწვია მოსალოდნელის საპირისპირო გადაწვლევება. რამდენად სტაბილურია ეს პროცესი ამას მეორე ამოცანის ამოხსნა გვიჩვენებს, სადაც უფრო გრძელი პერიოდი და ყოველდღიური მონაცემებია გამოყენებული.

იგივე ამოცანის ამოსახსნელად ვიხელმძღვანელებთ მხოლოდ თბილისის დღის საშუალო ტემპერატურის მხოლოდ სამი თვის (დეკემბერი, იანვარი, თებერვალი) მონაცემებით 1881-2006 წლებში. შემთხვევათა საერთო რაოდენობამ მილიონს გადააჭარბა. აქ უკვე საჭირო აღარ იყო ფაქტიური მონაცემების ტემპერატურის ანომალიებში გადაყვანა. არა ცალკეული თვეების, არამედ ხუთი ოცდახუთწლიანი პერიოდის მიხედვით განისაზღვრა ტემპერატურის განაწილების ალბათობების სიმკვრივეები და ის წარმოდგენილია ნახ.3-ზე.

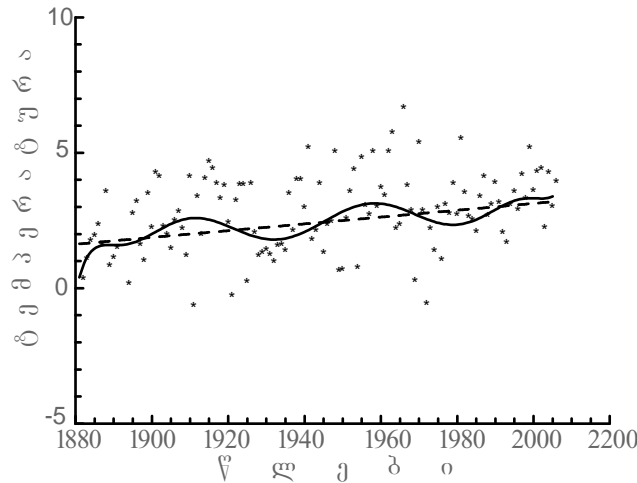


**ნახ.3. თბილისის ზამთრის (დეკემბერი, იანვარი, თებერვალი) დღის საშუალო ტემპერატურის განაწილების ალბათობათა სიმკვრივეები 25-წლიანი პერიოდებისთვის: 1 – 1881-1906 წწ; 2 – 1907-1931 წწ; 3 – 1932-1956 წწ; 4 – 1957-1981 წწ; 5 – 1982-2006 წწ.**

როგორც ნახაზიდან ჩანს შემთხვევითი ვარიაციები მთელი პერიოდის განმავლობაში სრულიად ერთგვაროვანია, გამოკვეთილია მხოლოდ თანდათანობითი დათბობის პროცესი დაახლოებით ერთი გრადუსის ფარგლებში.

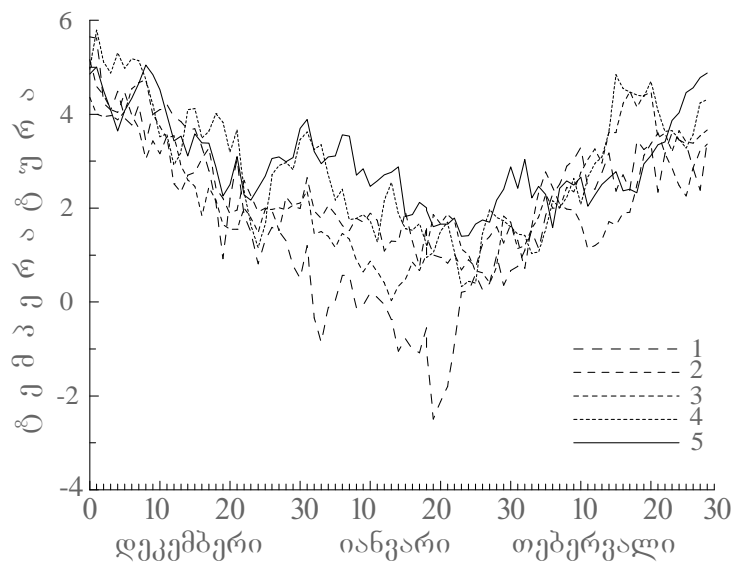
ზამთრის თვეებში თბილისში ტემპერატურული ველის ცვლილების უფრო ნათლად წარმოსაჩენად სურ.4-ზე მოცემულია ტემპერატურის ცვლილება წლების მიხედვით და ამ ცვლილების წრფივი და არაწრფივი აპროქსიმაცია.

როგორც ცნობილია [5] წრფივი აპროქსიმაციით მიღებული დინამიური ნორმა, ცალსახად განსაზღვრავს ტემპერატურული ველის ცვლილების მიმართულებასა და სიდიდეს, ხოლო არაწრფივი აპროქსიმაციით გამოიყოფა უაღბათესი გადახრები. აპროქსიმაციის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ თბილისში, ზამთრის სეზონის მიხედვით ადგილი აქვს დათბობას და განხილული 125 წლის მანძილზე მიწისპირული ტემპერატურა გაიზარდა 1.25°C-ით. ხოლო გადახრები ძირითადად მიუთითებენ ციკლური პროცესის არსებობაზე.



ნახ.4. თბილისის ზამთრის სეზონის (დეკემბერი, იანვარი, თებერვალი) ტემპერატურის განაწილება 1881-2006 წლებში, აღნიშნული პერიოდის დინამიური ნორმა (წყვეტილი ხაზი) და მნიშვნელობათა აპროქსიმაცია მეშვიდე რიგის პოლინომით (მრუდი).

აღნიშნული ხუთი პერიოდის მიხედვით განსაზღვრული ტემპერატურის ცვლილება ზამთრის სეზონზე მოცემულია ნახ.5-ზე.

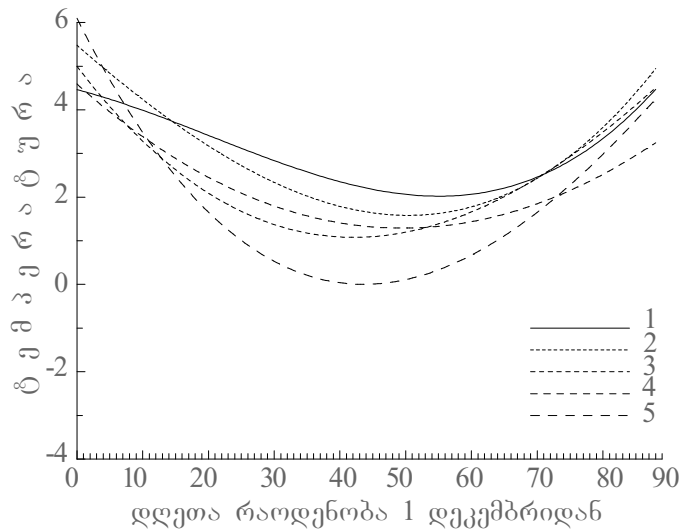


ნახ.5. 25-წლიანი პერიოდების მიხედვით გასაშუალებული ტემპერატურათა ფაქტიური ცვლილებები 1881-2006 წლების ზამთრის სეზონში (მრუდი 1 - 1981-82 ზამთრის სეზონიდან 2005-06 წლის ზამთრის სეზონამდე; 2 - 1955-56-დან 1980-81-მდე; 3 - 1930-31-დან 1954-55-მდე; 4 1905-06-დან 1955-56-მდე; 5 - 1881-82-დან 1904-05-მდე)

ნახაზზე წარმოდგენილი მრუდების მაღალი რიგით აპროქსიმირებისათვის საჭირო გახდა მათი მესამე რიგის პოლინომით წარმოდგენა, ე.ი.

$$T = A + Bn + Cn^2 + Dn^3, \quad (4)$$

რომლის მიხედვით აგებულმა მრუდებმა (ემპირიული კოეფიციენტების განსაზღვრის შემდეგ) ნახ.6-ზე წარმოდგენილი სახე მიიღო.



**ნახ.6. ტემპერატურის უაღბათესი ცვლილება ზამთრის სეზონზე 25-წლიანი პერიოდების მიხედვით 1881-დან 2006 წლამდე (განმარტება იხ. ნახ.5-ზე)**

პირველი რიგის წარმოებულის ნულთან გატოლების შემდეგ n-თვის მივიღეთ კვადრატულ განტოლებას, რომლის ემპირიული კოეფიციენტების მნიშვნელობები და ამოსხნა მოცემულია ცხრილში 2.

**ცხრილი 2. B, C, D და n-ის მნიშვნელობები**

| პერიოდი      | B      | C                    | D                     | n    | თარიღი |
|--------------|--------|----------------------|-----------------------|------|--------|
| 1881-1906 წწ | -0.308 | $4.20 \cdot 10^{-3}$ | $-1.16 \cdot 10^{-5}$ | 45.1 | 14/I   |
| 1907-1931 წწ | -0.136 | $1.35 \cdot 10^{-3}$ | $-3.18 \cdot 10^{-7}$ | 51.0 | 20/I   |
| 1932-1956 წწ | -0.202 | $2.74 \cdot 10^{-3}$ | $-6.50 \cdot 10^{-6}$ | 43.5 | 13/I   |
| 1957-1981 წწ | -0.130 | $0.52 \cdot 10^{-3}$ | $9.38 \cdot 10^{-6}$  | 52.0 | 21/I   |
| 1982-2006 წწ | -0.037 | $1.03 \cdot 10^{-3}$ | $1.59 \cdot 10^{-5}$  | 56.7 | 26/I   |

როგორც

ცხრილიდან ჩანს უკან დახევის პროცესი აქაც დაფიქსირდა, მხოლოდ განსხვავებულ პერიოდში. როგორც ჩანს სეზონური წანაცვლების პროცესი ტენდენციურია, რომელიც არ გამოირიცხავს მოკლეპერიოდთან შემთხვევით უკან დახევისა. ამრიგად, გამოყოფილი ხუთი პერიოდიდან, რომელიც აღნიშნავს ზამთრის სეზონის 12 დღით წინ წანაცვლებას, მხოლოდ ერთ პერიოდში ფიქსირდება 7 დღიანი უკან დახევა.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Багров Н.А. Аналитическое представление последовательности метеорологических полей посредством естественных ортогональных составляющих. Труды ЦИП, вып.74, 1959, ст. 3-24.
2. Обухов А.М. О статистических ортогональных разложениях эмпирических функций. Изв. АН СССР, сер. геофиз., 3, 1960, ст.432-439.
3. თავართქილაძე კ., ელიზბარაშვილი ე., მუმლაძე დ., ვაჩნაძე ჯ. საქართველოს მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების ემპირიული მოდელი. მეცნიერება, თბილისი, 1999, 128 ბმ.
4. Мазмишвили А.И. Спосов наименьших лвадратов. Недра, Москва, 1968, 436 ст.
5. თავართქილაძე კ., ქიქავა ა, სოლომონიძე რ. მიწისპირა ტემპერატურული ველის პროგნოზი
6. აჭარის ტერიტორიაზე 2030 წლამდე. ხანძთა-პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი, №4(9), 2011, გვ. 67-78.

უაკ: 551.58

**ტემპერატურული რეჟიმის სეზონური წანაცვლება/კ.თავართკილაძე, დ.მუმლაძე, ნ.ლომიძე/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.74-80-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

ტემპერატურული რეჟიმის დროში წანაცვლება როგორც მეტეოროლოგიურმა, ასევე ასტრონომიულმა ფაქტორებმა შეიძლება გამოიწვიოს. მეტეოროლოგიურ ფაქტორში ძირითადად იგულისხმება ჰავის გლობალური, ხანგრძლივი ცვლილება. რაც შეეხება ასტრონომიულ ფაქტორს, იგი ცალსახად გამოდინარეობს იმ ფაქტიდან, რომ დღეღამის ხანგრძლიობა 24 საათიდან განსხვავებულია. ამ განსხვავებამ გამოიწვია, ის რომ ჩვენი წელთაღრიცხვით 46 წელს შემოდებული კალენდრის აღრიცხვიანობამ 1582 წელს 11 დღით წინ გადმოინაცვლა, ხოლო შემდგომში შესწორება დაზუსტდა და მას კიდევ 3 დღე დაემატა.

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევის მიზანს წარმოადგენს ტემპერატურული ველის სეზონურობის დროში წანაცვლების განსაზღვრის შესაძლებლობა საქართველოს ტემპერატურულ ველზე 100 წლიანი დაკვირვების მასალით.

თანამედროვე მეთოდებით შესრულებულმა კვლევამ აჩვენა, რომ ტემპერატურული რეჟიმის სეზონურმა წანაცვლებამ შეადგინა დაახლოებით 8-10 დღე.

UDC 551.58

**SEASONAL SHEARING OF TEMPERATURE REGIME./K.Tavartkiladze, D.Mumladze, N.Lomidze /Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.74-80 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.**

Temperature regime shearing in time can be evolved as by meteorological as well as astronomical factors. In meteorological factor is mainly mentioned global, prolonged change of climate, while astronomic factor follows from the fact that diurnal duration is different from 24 hours. This difference had caused changes in calendar, created AD 46, particularly calendar dating was sheared ahead by 11 days in 1582, further this correction was confirmed and more 3 days was added.

The aim of our research is possibility of determination of seasonal temperature field shearing in time according to approximately 100 years surface temperature field material of Georgia. According to modern methods of research, the shearing of temperature regime is approximately 8-10 days.

УДК 551.58

**СЕЗОННЫЙ СДВИГ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА./К. Таварткиладзе, Д. Мумладзе, Н.Ломидзе/Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.74-80 -Груз., Рез. Груз., Анг., Рус**

сдвиг температурного режима во времени обусловлен как метеорологическими, так и астрономическими факторами. Под метеорологическим фактором в основном подразумевается глобальное, продолжительное изменение климата. Что касается астрономического фактора, то он однозначно следует из того факта, что продолжительность сутки отличаются от 24 часов. Это отличие вызвало то, что введенное в 46 году н.э. календарное исчисление в 1582 году, было на 11 дней вперед, а затем в последующем исправление было уточнено и к нему было прибавлено еще 3 дня.

Цель проведенного нами исследования состояла в проверке того, насколько возможно исходя из материалов приблизительно столетних наблюдений определение астрономического фактора, т.е определение сдвига времени сезонности температурного поля.

Для этого были использованы существующие материалы наблюдений над температурой воздуха на территории Грузии и современные методы соответствующего анализа. Как показали результаты этих исследований, сезонный сдвиг температурного режима составил приблизительно 8-10 дней.



შაკ 551. 521

## იიიართის რეიონის კელიონერგეტიკული რესურსები

რ.სამუკაშვილი, ც.დიასამიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

საქართველოს ტერიტორიაზე კელიონერგეტიკული რესურსების განაწილების რუკები პირველად შედგენილი იქნა 1959 წელს გ. მელიას [1] და 1963-1971 წლებში ი. ცუცქერიძის [2,3] მიერ, რის შედეგად დადგინდა, რომ საქართველოს გააჩნია მნიშვნელოვანი კელიონერგეტიკული პოტენციალი, რომელიც შეიძლება წარმატებით იქნას გამოყენებული სხვადასხვა სისტემის და სიმძლავრის ჰელიოდანადგარების გამოყენების პირობებში.

მომდევნო პერიოდში (1987) საქართველოს ტერიტორიის კელიონერგეტიკული პოტენციალის კომპლექსური შეფასების, მისი დარაიონების მეთოდური საფუძვლები და კელიონერგეტიკული განაწილების მსხვილმასშტაბიანი სქემატური რუკები დამუშავებული იქნა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში [4]. ამ ნაშრომში წინა პერიოდის შრომებისგან განსხვავებით კელიონერგეტიკული პოტენციალის ტერიტორიული განაწილების დადგენის მიზნით გამოყენებულია მზის პირდაპირ და ჯამურ რადიაციებზე, მზის ნათების ხანგრძლივობაზე, ღრუბლიანობაზე, ჰაერის ტემპერატურაზე და ქარის სიჩქარეზე მნიშვნელოვნად გაზრდილი ხანგრძლივობის დაკვირვების რიგები.

დაკვირვებების მასალა დამუშავდა წინა შრომებისგან განსხვავებით სტატისტიკური და ალბათური ანალიზის მეთოდების გამოყენებით, რის შედეგადაც მნიშვნელოვნად გაიზარდა მზის რადიაციის მახასიათებლების, მზის ნათების ხანგრძლივობის და სხვა აუცილებელი მეტეოროლოგიული ელემენტების სივცულ-დროითი განაწილების თავისებურებების და კადასტრული შეფასებების სიზუსტე. [4]-ში მოცემული კელიონერგეტიკული რესურსების ტერიტორიული განაწილების რუკა არ ითვალისწინებს საქართველოს მთიანი რელიეფის მიკროკლიმატურ, ლანდშაფტურ და ოროგრაფიულ თავისებურებებს, მაგრამ მისი შედგენისას მაქსიმალური ასახვა კპოვა საკვლევი ტერიტორიის ზოგადმა ფიზიკურ-გეოგრაფიულმა ხასიათმა და მისმა გავლენამ მზის კადასტრის მახასიათებლებზე. საქართველოს და კერძოდ იმერეთის რეგიონის ძლიერ დანაწევრებული რელიეფის ისეთი ელემენტებისათვის, როგორცაა სხვადასხვა ექსპოზიციის და დახრილობის ფერდობები, რადიაციული მახასიათებლების (მზის პირდაპირი და ჯამური რადიაცია) განსაზღვრის მიზნით შეიძლება გამოყენებული იქნეს [5,6,7]-ში ცენტრალური კავკასიონის ჩრდილოეთ ფერდობზე (0,4-3,8კმ დიაპაზონში) რვა ორიენტაციის და 0-15-30-45-60-75-90<sup>0</sup> დახრილობის ფერდობებზე მრავალწლიური დაკვირვებების მასალების ანალიზის შედეგად მიღებული გადამთვლელი კოეფიციენტების სიდიდეები.

[4]-ში საქართველოს და კერძოდ იმერეთის ტერიტორიის კელიონერგეტიკული რესურსების დონით კომპლექსურ დარაიონებას საფუძვლად დაედო ისეთი რეპტეზენტატიული მახასიათებლები, როგორცაა პორიზონტალურ ზედაპირზე მზის პირდაპირი რადიაციის დღელამური (I,VII), თვიური (I,VII), სეზონური (V,IX), წლიური ჯამები. ჯამური რადიაციის დღელამური (I,VII), თვიური (I,VII), წლიური ჯამები (მჯ/მ<sup>2</sup>). მზის ნათების ხანგრძლივობის დღელამური (I,VII), თვიური (I,VII), სეზონური (V,IX) და წლიური ჯამები (სთ), საერთო ღრუბლიანობის რაოდენობა, (I,VII) (ბალებში), საერთო ღრუბლიანობით მოწმენდილ დღეთა რიცხვი წელიწადში, ჰაერის საშუალო თვიური ტემპერატურა (<sup>0</sup>C) იანვარში და ივლისში. იმ ხუთი კელიონერგეტიკული ზონიდან, რომლებიც გამოყოფილია კელიონერგეტიკული რესურსების ტერიტორიული განაწილების სქემატურ რუკაზე [4] იმერეთის ტერიტორია ძირითადად აღმოჩნდა მეოთხე და ნაწილობრივ მესამე ზონაში.

მეოთხე ზონა მოიცავს ძირითადად კოლხეთის დაბლობის აღმოსავლეთ ნაწილს. აქ მზის პირდაპირი რადიაციის ჯამები პორიზონტალურ ზედაპირზე მერყეობენ იანვარში: დღელამეში 2-4, თვეში 80-100, სეზონში 1600-1700, წელიწადში 2600-2700მჯ/მ<sup>2</sup>-ის ფარგლებში. ივლისში ამ მახასიათებლის სიდიდე მერყეობს 9-11 (დღელამე) და 300-350 (თვე) მჯ/მ<sup>2</sup>-ის საზღვრებში.

ჯამური რადიაციის ჯამები იცვლებიან იანვარში 5-6 (დღელამე), 160-170 (თვე) 4500-4800 (წელიწადი) მჯ/მ<sup>2</sup>-ის საზღვრებში, ივლისში კი შესაბამისად-18-20 (დღელამე) და 550-600 (თვე) მჯ/მ<sup>2</sup>-ის საზღვრებში. მზის ნათების ხანგრძლივობა მერყეობს იანვარში 3-4 (დღელამე), 90-100 (თვე), 1050-1100 (V-IX) და 1900-2100 (წელიწადი) საათის ფარგლებში. ივლისში ამ მახასიათებლის სიდიდე შესაბამისად მერყეობს 6-7 (დღელამე) და 200-250 (თვე) საათის ფარგლებში. საერთო ღრუბლიანობის რაოდენობა მერყეობს იანვარში 7.0-7.5, ივლისში 6.0-6.5 ბალის საზღვრებში.

წელიწადის განმავლობაში საერთო ღრუბლიანობით მოწმენდილ დღეთა რიცხვი მერყეობს 40-50-ის საზღვრებში. ჰაერის ტემპერატურა მერყეობს იანვარში 5.0-6.0, ივლისში 22-24<sup>0</sup>-ის საზღვრებში. აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ მზის რადიაციის კადასტრის ისეთი მნიშვნელოვანი კომპონენტის, როგორცაა ჯამური რადიაციის წლიური ჯამები, ჩვენს მიერ კოლხეთის დაბლობის აღმოსავლეთ ნაწილში და წინამთაში განლაგებული რიგი პუნქტებისათვის (სამტრედია, ვანი წყალტუბო, ქუთაისი, ხარაგაული, საჩხერე, ტყიბული, წიფა) გამოთვლილი წლიური ჯამების  $\Sigma Q_{\text{ღ}}$  სიდიდეები (მერყეობენ 4400-4800მჯ/მ<sup>2</sup> საზღვრებში) იმყოფებიან ამ მახასიათებლისათვის [4]-ში დადგენილი ცვლილებების დიაპაზონში. წინამთაში განლაგებული ზოგიერთი პუნქტისათვის კი (სადგური წიფა) ჩვენს მიერ გამოთვლილი  $\Sigma Q_{\text{ღ}}$ -ს სიდიდე აღემატება 5200მჯ/მ<sup>2</sup>-ს, რის გამოც ეს სადგური განეკუთვნება [4]-ში მოყვანილი ჰელიოენერგეტიკული დარაიონების მესამე ზონას, სადაც  $\Sigma Q_{\text{ღ}}$ -ს სიდიდეები მერყეობენ 5000-5200მჯ/მ<sup>2</sup>-ის საზღვრებში.

მეოთხე ზონაში ჰელიოდანადგარების მუშაობის ხანგრძლივობა მერყეობს წელიწადში 1700-1800, ზაფხულის პერიოდში (VI-VIII) 550-650 საათის საზღვრებში, მოცდენების ხანგრძლივობა კი შესაბამისად 6900-7000 (წელიწადი) და 1600-1650 (VI-VIII) საათის საზღვრებში. ამ ზონისათვის არსებული კადასტრის მაჩვენებლები უზრუნველყოფენ ჰელიოდანადგარების ცალკეული სახეობების გამოყენებას.

მესამე ზონა მოიცავს კოლხეთის დაბლობის წინამთას, რომელიც შემოფარგლულია რაჭის, მესხეთის და ლიხის ქედებით. ამ ზონაში ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მზის პირდაპირი რადიაციის თვიური (I,VII) ჯამები  $\Sigma S'_{\text{ღ}}$  იცვლებიან შესაბამისად 100-დან 120მჯ/მ<sup>2</sup>-მდე (I) და 350-დან 400მჯ/მ<sup>2</sup>-მდე (VII), სეზონური ჯამები (V-IX)–1700-დან 1800მჯ/მ<sup>2</sup>-მდე, წლიური ჯამები–2700-დან 2800მჯ/მ<sup>2</sup>-მდე. ამავე ზონაში ჯამური რადიაციის თვიური ჯამები  $\Sigma Q_{\text{ღ}}$  (I) და  $\Sigma Q_{\text{ღ}}$  (VII) იცვლებიან 220-დან 230მჯ/მ<sup>2</sup>-მდე (I) და 600-დან 650მჯ/მ<sup>2</sup>-მდე (VII), წლიური ჯამები  $\Sigma Q_{\text{ღ}}$  კი 5000-დან 5200მჯ/მ<sup>2</sup>-მდე. მზის ნათების ხანგრძლივობა მერყეობს: თვეში 120-130 (I) და 250-270 (VI), სეზონში 1100-1200 (V-IX), წელიწადში 2000-2200 საათის ფარგლებში. საერთო ღრუბლიანობის რაოდენობა იცვლება იანვარში 6.0-6.5 ბალამდე, ივლისში კი 5.0-5.5 ბალამდე. საერთო ღრუბლიანობით მოწმენდილ დღეთა რაოდენობა წელიწადში მერყეობს 50-60-ის ფარგლებში. ამ ზონაში არსებული კადასტრის მახასიათებლები უზრუნველყოფენ მცირე და საშუალო ზომის ჰელიოდანადგარების რაციონალურ გამოყენებას.

შპს 551. 521

**იმერეთის ტერიტორიის ჰელიოენერგეტიკული რესურსები.** /რ.დ სამუკაშვილი, ც.ო. დიასამიძე /საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013-ტ.119-გვ.81-82; ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.  
განალიზებულია ჰიდრომეტეოროლოგიური რესურსების განაწილების კანონზომიერებები.

UDC 551.5521.

**HELIOENERGETICAL RESOURCE OF TERRITOTY OF INTERNAL KHARTLY.** /R. Samukashvili, Ts. Diasamidze./ Transaction of the institute of Hydrometeorologe of technical university of Georgia 2013, v.-119 , p.81-82. Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Regularity of territorial distribution of Helioenergetical resurce of Internal Khartli is analyzed.

УДК 551.5521.

**ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ТЕРРИТОРИИ ИМЕРЕТИ.** /Самукашвили Р.Д., Диасамидзе Ц.О. /Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119., – с.81-82, – Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Проанализированы закономерности территориальных распределения гелиоэнергетических ресурсов.

УДК 551.59

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ГРУЗИИ ПО ДАННЫМ СЕТОЧНЫХ МАССИВОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ЗА ПЕРИОД 1936-2008 ГОДЫ

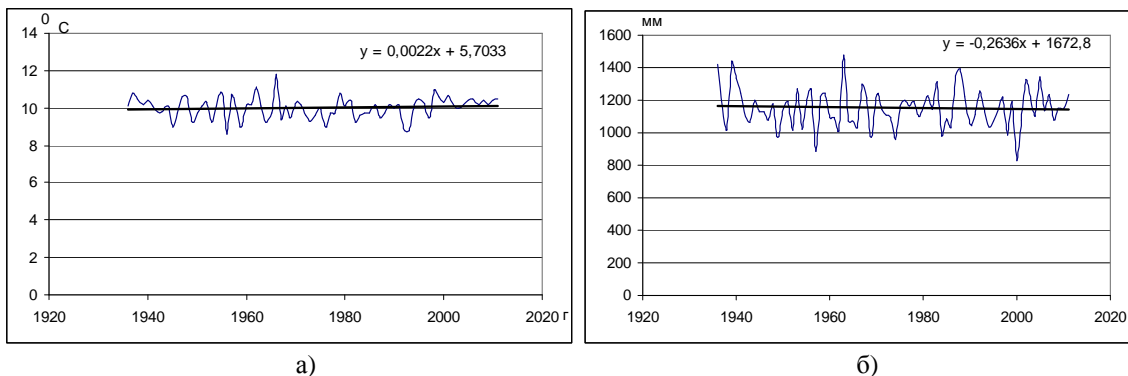
Э.Ш.Элизбарашвили\*, М.Р.Татишвили\*, М.Э.Элизбарашвили\*\*,  
Ш. Э. Элизбарашвили\*, Р.Ш.Месхия\*, Л.У.Шавлиашвили\*  
\*Институт Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета,  
\*\* Тбилисский Государственного университета им.И.Джавахишвили

В последние годы в различных странах Мира, в том числе во Франции, Англии, Швейцарии, а также Японии и т.д., с целью оценки региональных и локальных климатических изменений в условиях интенсивного глобального потепления были созданы сеточные массивы данных различного разрешения [5-9 и др].

В настоящее время на территории Грузии, на площади около 70 тыс.кв.км, функционируют всего 13 метеорологических станций. Ясно, что такая густота сети не удовлетворяет современным требованиям оценки климатических ресурсов, а также региональных и локальных климатических изменений. Поэтому в рамках проекта научного фонда Руставели нами для территории Грузии также были созданы сеточные массивы климатических данных разрешением 25 км за период 1936-2008 годы[4].

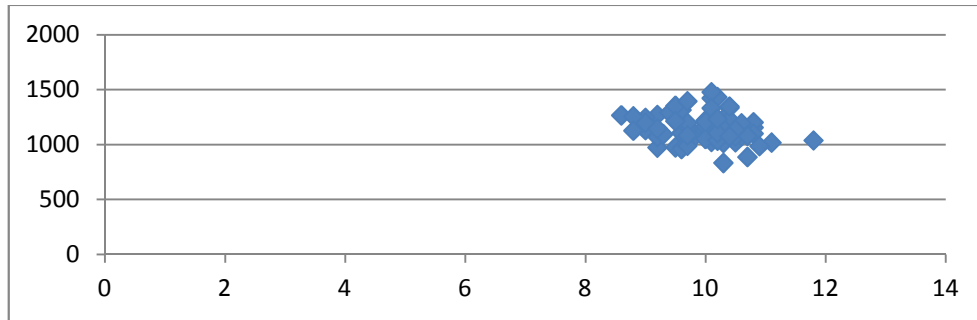
Полученные сеточные массивы данных имеют существенное преимущество перед данными отдельных метеорологических станций, неравномерно расположенных на территории Грузии. На основании сеточных данных можно судить о климатических изменениях в целом на территории или в регионе, а также в локальном масштабе. Они позволяют решать многие практические задачи, связанные с осреднением и объективным анализом климатических полей, интерпретацией спутниковых данных, оценкой энергетического и водного балансов территории и т.д.

На рис.1 представлен многолетний ход осредненной для территории Грузии средней годовой температуры воздуха (а) и годовых сумм атмосферных осадков (б), и соответствующие уравнения регрессии. Осредненная за весь период для территории Грузии температура воздуха составляет  $10^{\circ}$ , а осредненная сумма атмосферных осадков составляет 1150 мм.



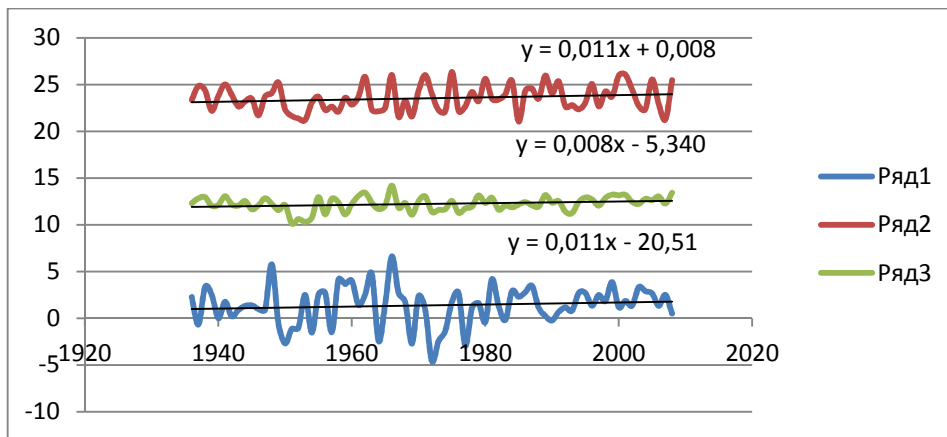
**Рис.1. Многолетний ход осредненной для территории Грузии средней годовой температуры воздуха (а) и годовых сумм атмосферных осадков (б), и соответствующие уравнения регрессии**

Рис.1 показывает многолетнее изменение климата Грузии в целом и отражает реакцию климатической системы на глобальное потепление. Осредненная по территории Грузии средняя годовая температура воздуха возростала лишь со скоростью  $0.02^{\circ}$  за 10 лет. Подобно температуре воздуха, существенных изменений не отмечается и в многолетнем ходе годовых сумм атмосферных осадков( рис. 1 б). Осредненные по территории годовые суммы осадков уменьшались не существенно, со скоростью около 3 мм за 10 лет. Следует отметить, что какой либо корреляционной зависимости между осредненной по территории температурой и годовым количеством осадков не обнаружено (рис.2).

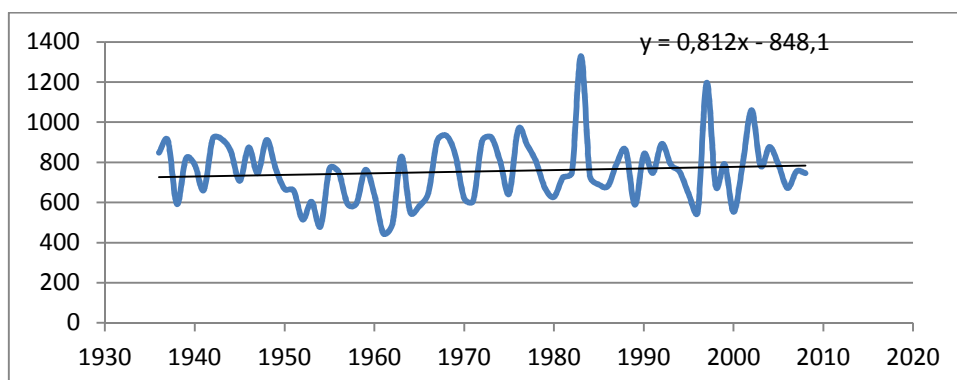


**Рис.2. Зависимость между осредненной по территории температурой и годовым количеством осадков**

Несмотря на относительную устойчивость климатической системы Грузии в целом, в отдельных районах Грузии локальные климатические изменения имеют различный характер. Например, на Алазанской долине, в нескольких километрах от Цнори, в районе засоленных почв, где в настоящее время нами в рамках Проекта Национального научного фонда Руставели ведутся исследования климатических ресурсов почв, отмечается значительное увеличение температуры, а также сумм осадков, при этом скорость локального потепления превышает скорость глобального потепления (рис. 3 и 4).



**Рис.3. Многолетний ход температуры воздуха в районе засоленных почв Алазанской долины (точка №93, координаты в системе UTM, WGS-84, Zone-38N: долгота-586500, широта-4614500, высота-220) : 1-январь; 2-июль; 3-год.**



**Рис.4. Многолетний ход годовых сумм атмосферных осадков в районе засоленных почв Алазанской долины (точка №93, координаты в системе UTM, WGS-84, Zone-38N: долгота-586500, широта-4614500, высота-220).**

Сведения о некоторых локальных климатических изменениях дает таблица1, где представлены скорости изменения годовой и июльской температур, а также годовых сумм осадков в различных районах страны.

**Таблица 1. Скорость изменения осредненной по территории температуры воздуха (<sup>0</sup>С) и атмосферных осадков(мм) за 10 лет**

| Район                      | Температура (год) | Температура (июль) | Осадки (год) | Число точек |
|----------------------------|-------------------|--------------------|--------------|-------------|
| Высокогорная зона Кавказа: | 0.01              | 0.04               | -9           | 29          |
| а) Западная часть          | -0.02             | 0                  | 1            | 14          |
| ბ) Центральная часть       | 0.08              | 0.10               | -7           | 7           |
| ვ) Восточная часть         | 0.02              | 0.05               | -25          | 8           |
| Побережье Черного моря:    | -0.05             | -0.03              | 5            | 9           |
| а) Абхазия                 | -0.05             | -0.04              | -1           | 4           |
| ბ) Колхида                 | -0.02             | -0.03              | 15           | 3           |
| ვ) Аджария                 | -0.07             | -0.05              | 1            | 2           |
| Джавахетское плато         | 0.14              | 0.15               | -20          | 10          |

Из представленной таблицы следует, что осредненная в целом для высокогорной зоны Кавказа температура воздуха за период глобального потепления возрастает, в особенности в летний период, а осадки уменьшаются. Наиболее заметное увеличение температуры отмечается в ее центральной и восточной частях. В западной же части изменение температуры незначительно. Поэтому, главными причинами уменьшения обледенения в этом районе, по всей вероятности, являются выявленное нами ранее увеличение повторяемости теплых месяцев (экстремальных температур) [2,3], а также рост концентрации загрязнения (запыленности) атмосферы, на что указывал еще Ф.Ф.Давитая[1].

Из таблицы 1 следует также, что на Черноморском побережье Грузии за период глобального потепления отмечается похолодание и в отличие от Кавказа- рост осадков. Значительное потепление и уменьшение осадков зафиксировано на Джавахетском плато.

В заключении отметим, что работа выполнена при финансовой поддержке Национального научного фонда Руставели (гранты №1-5/67, 2010-2012гг и AR/136/9-110/11, 2012-13гг).

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Давитая Ф.Ф. О возможности влияния запыленности атмосферы на уменьшение ледников и потепление климата. Известия АН СССР, серия географическая, №2, 1965.
2. Элизбарашвили Э.Ш., Р.Ш.Месхия, М.Э.Элизбарашвили, Изменения климата Западного Закавказья. Известия РАН, серия географическая, Известия РАН, серия географическая, №4, 2005, с. Известия АН СССР, серия географическая, №2, 1965
3. Элизбарашвили Э.Ш., Р.Ш.Месхия, М.Э.Элизбарашвили, Л.С.Мегрелидзе. Динамика климата ледников Большого Кавказа за XX столетие. Метеорология и гидрология, № 12 , 2009, с. 90-95.
4. Элизбарашвили Э.Ш., Татишвили М.Р., Элизбарашвили М.Э., Месхия Р.Ш.,Элизбарашвили Ш.Э. Изменение климата Грузии в условиях глобального потепления. Тбилиси, 2013, 128с.( на груз. яз.).
5. Gyalistras D. Development and validation of a high-resolution monthly gridded temperature and precipitation data set for Switzerland (1951-2000).- Climate Research. Vol. 25, 2003, p.181-204.
6. Haylock M.R., Hofstra N.A., Klein Tank M.G., Klok E.J., Jones P.D., New M.. A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. Journal of Geophysical Research. Vol. 113, 2008, p. 221-240.
7. Hofstra N., Haylock M., Jones P., New M. ENSEMBLE-based Predictions of Climate Changes and their Impacts. Project n. GOCE-CT-2003-505539, 2005.
8. New M., Lister D., Hulme M., Makin I. A high-resolution data set of surface climate over global land areas.- Climate Research. Vo. 21, 2002, p.122-145.
9. Nikolova N., Vassiliev S.. Mapping precipitation variability using different interpolation methods.- University of Sofia, Bulgaria, 2008, 155.

უაკ: 551.59

**საქართველოს რეგიონალური და ლოკალური კლიმატური ცვლილებების გამოკვლევა მაღალი რეზოლუციის ბაზური მონაცემების მიხედვით.** /ე.ელიზბარაშვილი, მ.ტატიშვილი, მ.ელიზბარაშვილი, შ.ელიზბარაშვილი, რ.მესხია, ლ.შავლიაშვილი/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.83-86-რუს., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს. ტექპერატურის და ატმოსფერული ნალექების 25 კმ გარჩევადობის ბაზური მონაცემთა მასივების საფუძველზე 1936-2011 წლების პერიოდისათვის გამოკვლეულია საქართველოს რეგიონალური და ლოკალური კლიმატური ცვლილებები.

UDC 551.59

**INVESTIGATION OF REGIONAL AND LOCAL CLIMATE CHANGES IN GEORGIA BASED ON THE HIGH RESOLUTION GRIDDED DATA SET.** /E.Sh.Elizbarashvili, M.R.Tatishvili, M.E.Elizbarashvili, R.Sh.Meskhia, Sh.E.Elizbarashvili, L.Shavliashvili/Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. - V.119. -pp.83-86 - Russ.; Summ. Georg., Eng., Russ.

Based on the temperature and precipitation 25km resolution gridded data set or 1936-2011 year period regional and local climate changes in Georgia have been investigated

УДК 551.59 УДК

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ГРУЗИИ ПО ДАННЫМ СЕТОЧНЫХ МАССИВОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ЗА ПЕРИОД 1936-2008 ГОДЫ.** /Э.Ш.Элизбарашвили, М.Р.Татишвили, М.Э.Элизбарашвили. Ш. Э. Элизбарашвили, Р.Ш.Месхия, Л.У.Шавлиашвили/Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.- с.83-86 -Рус., Рез. Груз., Англ., Рус.

Исследование региональных и локальных климатических изменений Грузии по данным сеточных массивов высокой резолюции. На основе сеточных массивов данных температур и сумм атмосферных осадков с разреженностью 25 км за период 1936-2011 годы исследованы региональные и локальные климатические изменения Грузии

UDC: 551.502.4

**ESTIMATION OF AGROCLIMATIC POTENTIAL OF MTSHETA-MTIANETI REGION**

Meladze M.G., Meladze G.G.  
 Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University

Aiming at further developing of the agrarian sector in Mtskheta-Mtianeti region, the agro-climatic resources on the given location must be used efficiently. This will further increase the production volume of cereal crops, vine, fruit trees, vegetables and cucurbitaceous possible to reach only by using the scientifically proved agro-climatic resources efficiently.

Based on the data of many-year meteorological observations of the vegetation period on the territory of Mtskheta-Mtianeti region [1, 2] the agro-climatic indexes in the given region were calculated (Table 1).

**Table 1. Agro-climatic Indexes in the Warm Period (IV-X)**

| Meteo-station (district) | Active temperature sums, (°C) | Atmospheric precipitation sums, (mm) | Relative air humidity, (%) | Deficiency of air humidity, (mb) | Period of without frost days | Hydrothermal coefficient |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Gudauri                  | 1140                          | 970                                  | 75                         | 8.2                              | 118                          | 8.5                      |
| Dusheti                  | 3050                          | 500                                  | 70                         | 12.4                             | 203                          | 1.6                      |
| Tianeti                  | 2560                          | 580                                  | 76                         | 12.0                             | 179                          | 2.2                      |
| Kobi                     | 1370                          | 760                                  | 72                         | 8.4                              | 124                          | 5.5                      |
| Mukhrani (Mtskheta)      | 3470                          | 390                                  | 69                         | 13.4                             | 194                          | 1.1                      |
| Sioni                    | 2490                          | 520                                  | 77                         | 12.2                             | 178                          | 2.1                      |
| Kazbegi                  | 1520                          | 570                                  | 71                         | 8.9                              | 154                          | 3.7                      |
| Qvesheti                 | 2280                          | 800                                  | 73                         | 10.9                             | 170                          | 3.5                      |
| Tsinkhadu                | 1570                          | 800                                  | -                          | -                                | 146                          | 5.0                      |
| Pasanauri                | 2570                          | 670                                  | 73                         | 10.3                             | 159                          | 2.6                      |

The indicators given in the table are typical for the moderate climate at 1000-1400 m altitude above sea level, where cucurbitaceous or vine (late) up to 1000 m altitude, grain corn up to 1200 m altitude, early vine up to 1300 m altitude, winter cereal crops, vegetables and fruit trees up to 1500 m altitude can be grown. Less warm-requiring crops, mostly vegetables, berries, juicy forage root crops for cattle can be grown at 2000 m or at higher altitudes, where the areas can also be used as hay-fields or pastures. Up to 1000 m altitude above sea level, in the vegetation period, the water balance does not exceed 1.6. Therefore, the soil humidity must be increased to ensure normal development and productivity of different crops (in particular, 2- or 3-time irrigation in Mtskheta district is required and irrigation in Dusheti district once or twice is needed).

Below we give the indicators of supply of active temperatures sums to estimate the heating regime (Table 2).

**Table 2. Provision by Active Temperature Sums, (≥10°C)**

| Meteo-station (district) | Provision, (%) |      |      |      |      |      |
|--------------------------|----------------|------|------|------|------|------|
|                          | 10             | 30   | 50   | 70   | 90   | 95   |
| Gudauri                  | 1440           | 1270 | 1140 | 1010 | 810  | 750  |
| Dusheti                  | 3400           | 3170 | 3050 | 2910 | 2720 | 2660 |
| Tianeti                  | 2860           | 2670 | 2560 | 2420 | 2250 | 2140 |
| Kobi                     | 1670           | 1480 | 1370 | 1240 | 1050 | 970  |
| Mukhrani (Mtskheta)      | 3780           | 3570 | 3470 | 3340 | 3180 | 3060 |
| Sioni                    | 2790           | 2620 | 2490 | 2360 | 2170 | 2050 |
| Pasanauri                | 2860           | 2720 | 2570 | 2430 | 2250 | 2140 |
| Khazbegi                 | 1820           | 1640 | 1520 | 1440 | 1190 | 1110 |
| Qvesheti                 | 2600           | 2410 | 2280 | 2140 | 1960 | 1850 |
| Tsinkhadu                | 1870           | 1680 | 1570 | 1430 | 1250 | 1140 |

In terms of the said temperatures sum, vegetables and cucurbitaceous, vine, fruit trees and other crops will be quite well supplied up to 500-800 m altitude above sea level. Up to 1500-1700 m altitude above sea level, it is possible to grow cereals, vegetables, vine (early, at 1300 m asl) and fruit trees. At higher altitudes, up to 2200-2300 m above sea level, winter wheat (up to 2000 m asl) as well as winter and spring barley, oats, vegetables and berries can be produced. Different crops have different demands for the temperatures sum what must be considered when expanding the industrial areas of crops distribution.

The forecast regression equations to calculate the provision of the sum of temperatures needed for the vegetation crops in the vegetation period are drafted [3]:

$$\sum T = -11.9n + 3692 \quad \text{for Dusheti} \quad (1),$$

$$\sum T = -14.8n + 2942 \quad \text{for Tianeti} \quad (2),$$

$$\sum T = -15.9n + 4232 \quad \text{for Mtskheta} \quad (3),$$

$$\sum T = -12.6n + 2110 \quad \text{for Kazbegi} \quad (4).$$

In the equations, T - is the active temperature sum above 10°C, n - is the number to of days from march 1 for Dusheti, Tianeti, Mtskheta districts, and may 1 for Kazbegi district to the date when the temperature rises over 10°C.

The sum of temperatures calculated with the equations allows estimating the degree of supply of the area in the region with the temperatures sum in the current year. Provided the forecast sum of temperatures exceeds the average temperatures sum of the given district by 200°C or more (alongside with due soil humidity), the development of the agricultural crops will be more guaranteed in the vegetation period.

Atmospheric precipitations play an important role in boosting the production and productivity of agricultural crops at the farms of the region. In spring (IV-V), the amount of atmospheric precipitations is sufficient for crops growing up to 2000 m altitude above sea level (70-160 mm), and it is even more above that altitude (140-190 mm); however, the amount of atmospheric precipitations is less at lower altitudes and amounts to 50-100 mm below 1000 m altitude above sea level. In the active vegetation period, up to 1000 m altitude, due to little precipitations, normal development of agricultural crops needs 2- or 3-time irrigation, or soil cultivation and loosening to ensure the needed amount of humidity for the agricultural crops (particularly, annual crops). Above 1000 m altitude above sea level, the same measures may be needed in some years only.

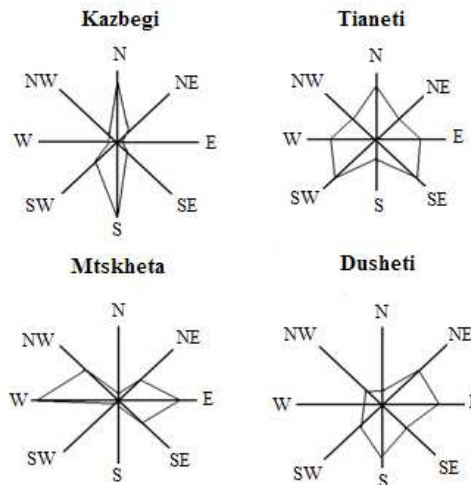
The height of the snow cover above 500-700 m altitude above sea level in the region allows the wintering of the winter crops (in terms of -24°C, -26°C). Below this altitude, with a thinner snow cover (1-3 cm) and lower temperature (-18°C, -20°C) (in Mtskheta for instance), the conditions hardly allow wintering of winter crops.

As for dangerous meteorological phenomena, the territory of the region is not secured against droughts of different intensities. For example, the probability of droughts of little intensity occurring every year is 100%, while it is 50-60% for the droughts of average intensity in Tianeti district, 100% in Mtskheta district and 80% in Dusheti district. Intense drought (lasting for 4 or 5 days) in the vegetation period may be the case in Mtskheta district and intense droughts lasting for 1 or 2 days are possible in Dusheti district. Intense droughts are mostly the case in the vegetation period (VI-VIII) below 1000 m altitude. Therefore, the agricultural crops and particularly, cereal crops, vegetables and cucurbitaceous, etc. need improved soil humidity (by means of 2- or 3-time irrigation, soil cultivation and loosening), while perennial plants need soil irrigation once or twice to rescue the harvest.

The days with strong winds ( $\geq 15$  m/sec) up to 1000 m altitude above sea level are not a rarity and are most common in Mtskheta and Dusheti districts. Wind has a negative impact on the agricultural crops and reduces the harvest by 30-40% or more. The analysis of the observations over the winds shows that the greatest number of the days with strong winds in the warm period (IV-X), in spring, is fixed in Mtskheta district, which is followed by Tianeti and Dusheti districts. Therefore, up to 1000 m altitude, in the summer vegetation period, annual and perennial crops need irrigation once or twice or even more often. Up to 2000 m altitude above sea level and higher, the same measures are needed in some years only in terms of little atmospheric precipitations.

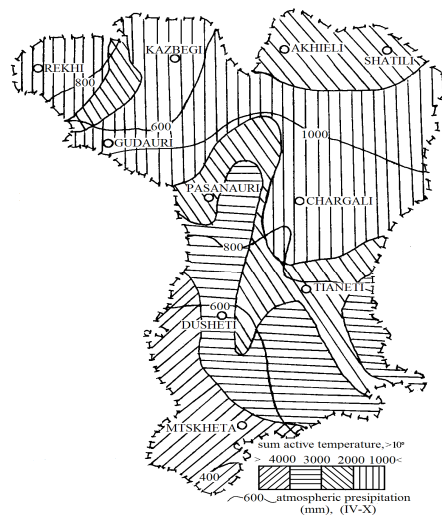
Strong winds can be alleviated by means of wind break belts giving favorable microclimatic conditions for the agricultural crops to develop. Below we give the diagram of dominating wind directions (Fig. 1).





**Fig. 1. Wind Directions in the Warm Period (IV-X)**

An agro-climatic map based on the daily average air temperature of over 10°C and sum atmospheric precipitations (in warm periods) in Mtskheta-Mtianeti region is drafted (Fig. 2). There are four zones identified in the map.



**Fig. 2. Agro-climatic Zones of Mtskheta-Mtianeti Region**

In the I zone, the sum of active temperatures is 4000°C to 3000°C. The given zone is located at 500 m to 1000 m altitude above sea level. The sum of atmospheric precipitations in the warm period is 390-500 mm. The last frosts are observed from 13.IV to 23.IV on average, at 500 m and 1000 m above sea level, respectively. The first frosts at the same altitudes are observed from 27.X to 3.XI, respectively. Cereals, vegetables, cucurbitaceous, vine (early, of average ripeness and late), fruit trees and other cultures can be successfully produced here.

In the vegetation period (IV-X), the given zone is not sufficiently supplied with atmospheric precipitations. Therefore, rich and guaranteed harvest is possible to gain (particularly, in the active vegetation period (VI-VIII) by means of 2- or 3-time irrigations of annual crops mostly and soil loosening.

The II zone spreads at 550 m to 1200 m altitude above sea level. The sum of active temperatures is 3000°C to 2000°C and sometimes more. The sum of atmospheric precipitations in the warm period is 400-700 mm. The last frosts are observed from 13.IV to 23.IV on average, at 550 m and 1200 m above sea level, respectively. The first frosts at the same altitudes are observed from 22.X to 3.XI, respectively.

Cereals, vine (early and of average ripeness) and vegetables can be grown in the given zone. Soil irrigation (once or twice) or soil loosening in some years, particularly in the VI-VIII months is desirable in the given zone.

The III zone is located at 1000 m to 1800 m altitude above sea level. The sum of active temperatures above 10°C is 2000°C to 1000°C. The sum of atmospheric precipitations in the warm period is 600-800 mm. The last frosts are observed from 28.IV to 12.V on average, as the altitude above sea level increases. The first frosts are observed from 15.X to 3.XI, respectively, with the increased altitude above sea level. Growing capacity of continental fruit trees is limited to a certain extent in the given region. However, early crops can be grown favorably. Barley, rye, oats, vege-

tables, potato, spicery and aromatic crops can be grown here successfully. Besides, the given zone offers favorable conditions to grow root crops needed in cattle-breeding or use the area as hey-fields and pastures.

The IV zone is located 1200m to 2000 m altitude above sea level and a bit higher. The sum of active temperatures above 10°C is less than 1000°C. The sum of atmospheric precipitations in the warm period is 800-1000 mm. The frosts end from 28.IV to 9.VI on average. The first frosts are observed from 3.X to 21.X. Potato, vegetables, cauliflower and early cabbage can be grown in the given zone. It is also possible to grow berries and root crops needed in cattle-breeding or use the area as hey-fields and pastures.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. The Scientific-Applied Climatic Reference Book of Georgia. The Separate Climatic Indexes. Part I, Editors: Elizbarashvili E., Papinashvili L., Qartvelishvili L. Tbilisi, 2004, p.128
2. The Reference Book on a Climate of the USSR. Air and soil temperature. Vol. 14, Gidrometeoizdat, L., 1967, p.373
3. Meladze G.G., Meladze M., G. Agro-climatic Resources of Western Regions of Georgia. Publ. „Universal”, Tbilisi, 2010, p.293

უაგ: 551.502.4

**მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის აგროკლიმატური პოტენციალის შეფასება** /მელაძე მ.გ., მელაძე გ.გ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.-87-90 ინგლ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

შეფასებულია აგროკლიმატური რესურსები და მათი ეფექტურად გამოყენება აგროკულტურების მაღალი პროდუქტიულობისათვის. მრავალწლიური მეტეოროლოგიური დაკვირვებების მანქანებლების მიხედვით, სავეგეტაციო პერიოდისათვის (IV-X) გამოთვლილია აგრომეტეოროლოგიური მახასიათებლები (აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი >10°, ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ), ჰაერის შეფარდებითი ტენიანობა (%), ჰაერის ტენიანობის დეფიციტი (მბ), უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა, ჰიდროთერმული კოეფიციენტი). შედგენილია ჰაერის აქტიურ ტემპერატურათა ჯამებით უზრუნველყოფის ცხრილი. განხილულია აგროკულტურებისათვის არახელსაყრელი მეტეოროლოგიური მოვლენები. დადგენილია გაბატონებული ქარების მიმართულებები, ქარსაფარი ზოლების გაშენების მიზნით. გამოყოფილია აგროკლიმატური ზონები შესაბამისი აგროკულტურების გავრცელებისათვის.

UDC: 551.502.4

**ESTIMATION OF AGRO-CLIMATIC POTENTIAL OF MTSHETA-MTIANETI REGION** /Meladze M.G., Meladze G.G./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -vol.119. -pp.87-90- Eng., Summ. Georg., Eng., Russ.

The agro-climatic resources and their efficiency use for the crops productivity have been evaluated.

According to materials of the long-term meteorological observations are calculated corresponding of agrometeorological indices (sum of air temperatures >10°, sum of atmospheric precipitations (mm), relative air humidity (%), deficiency of air humidity (mb), number days of without frost period, hydrothermal coefficient) for the vegetation period (IV-X) are presented. Table representing provision by sum of active temperatures are given. The estimation of dangerous meteorological phenomena for agricultural crops is considered. Directions of prevailing winds are established in order to plant shelter wind belts. Agro-climatic zones for propagation of corresponding crops are selected.

УДК: 551.502.4

**ОЦЕНКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА МЦХЕТА-МТИАНЕТИ.** /Меладзе М.Г., Меладзе Г.Г. /Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. -2013.-т.119.-с.87-90 - Англ., Рез. Груз., Англ., Рус.

Оценены агроклиматические ресурсы и их эффективное использование для высокой продуктивности сельскохозяйственных культур. Представлены рассчитанные по материалам многолетних метеорологических наблюдений, соответствующие агрометеорологические показатели (сумма температур воздуха >10°, сумма атмосферных осадков (мм), относительная влажность воздуха (%), дефицит влажности воздуха (мб), число дней безморозного периода, гидротермический коэффициент) для вегетационного периода (IV-X). Составлено таблица обеспечения сумм активных температур воздуха. Дана оценка опасных метеорологических явлений для сельскохозяйственных культур. Установлены направления господствующих ветров с целью создания ветрозащитных полос. Выделены агроклиматические зоны для распространения соответствующих сельскохозяйственных культур.

UDC 551.501.8

## CONSTRUCTION ZONING OF GEORGIA IN VIEW OF COMPLEX CLIMATIC CHARACTERISTICS

L. Kartvelishvili\*, I. Mkurnalidze\*\*, L. Megrelidze\*, N. Shavishvili\*\*

\*National Environmental Agency, Georgia

\*\* Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, Tbilisi

Research method is based on the results of modern scientific researches in building climatology, consequently it may be deduced that research method wholly comply with Project goals and objectives.

To achieve Project objectives modern methods of applied climatology would be used, by using these methods distribution peculiarities of building-climatic parameters in space-time will be identified. The representation of temporal oscillations of climatic parameters through linear approximation (trends) will be realized, also analysis of revealed regularities by different periodical meaning.

For the calculation of building-climatic norms the use of daily climatic long-term continuous data of separate regions of Georgia is recommended, including last decade. It is preconditioned by that the increasing of frequency and intensity repeatability of anomalies of climatic parameters became more urgent due to the revealing of variations of global climate in last years. While calculating of building-climatic norms each station from climatic monitoring net would be checked on homogeneity, to reveal all those artificial shifts (or breaks) in data set, that is caused by the changing of coordinates of observation station, also measurement equipment or method. It has to be realized because often changes caused by the mentioned effects are comparable by their lines with required changes of climate and disfigure significances of long-term trends and dynamical characters.

In building climatology that is one of the branches of applied climatology, the great significance has the identification of special climatic parameters that are directly used while projecting some objects. Hence the science based identification method of one and multidimensional climatic complexes and its further development are essential.

The increasing rate of civil constructions building using new building materials caused the specification of climatic parameters considered by building guidelines requirements and the necessity to process corresponding special materials that determines the rapid development of building climatology.

To study climate impact on some object the negative as well as positive climatic factors have to be identified. In last years the experimental and theoretical investigations have been widely used to identify corresponding climatic factors. It has to be mentioned that the characters of many climatic factors used in building are identified according values determined from general climatic investigations. Particularly it mainly are the mean and extreme values of some climatic elements.

Using of existed climatic characters simplifies and accelerates their implementation in practice, but the consideration of climate by mean values of separate climatic parameters can't be taken reliable, because means are observed seldom and the provision of significance more than mean value is 50%. The use of extreme data isn't robust while solving practical issues./1/.

### **For the identification of special climatic parameters it is necessary to ascertain:**

- Peculiarities of climatic observations;
- Assessment of current meteorological and general climatic information from application point of view;
- Data processing methods;
- Relation between climatic elements.

The identification of those factors is necessary, to account atmospheric processes for given concrete issues.

The special climatic parameters will be determined in the presented project, that will be entered in building norms and rules.

### **Among them:**

1. Solar radiation quantity on surfaces of different orientation and sloping including data of last ten year period.
2. To realize thermal-technique report it is necessary to determine so called calculated temperature (internal air temperature for the most cold period of year). While determined this factor the following situation is important – rather than the wall is less massive, the short period averaging is needed to identify calculated temperature value. It is preconditioned by the fact that less massive wall rapidly reacts on the change of internal air temperature and became cold in short period. According calculated temperature value identified by location climatic parameter it is possible to determine required thermal resistivity and its thickness.

3. While studying thermal regime of building it is necessary to determine – is there any need in artificial regulation of microclimate inside the building. Thermal effect of internal air negative temperature in building is originated mainly from thermal-technical features and equipments (heating, ventilation) of supporting construction.
4. With the aim of regulation of building heating system it is necessary to calculate degree-day number and their distribution by months. Table data represent comfort (basic) temperature, that would be maintained between building and internal air temperature. This character is especially important while heating period.

For degree-days calculation the following equation is applied

$$\bar{Q} = (T_i - \bar{T})n.$$

where

$\bar{Q}$  -is mean degree-days number of heating period

$T_i$ - air temperature in building is equal 18<sup>0</sup>C;

$\bar{T}$  - monthly mean multiyear temperature

n-number of days per year

5. Wind influence on buildings is revealed as the loading and presents the main source of building vibration. Excluding wind influence while constructing causes destruction of bridges, high buildings, breaking of wires. Main reason of accidents is incorrect assessment of wind loading, its character an distribution, neglecting of aerodynamical characters, construction vibration. While projecting high building the most important is the including of wind loading. For determination of building durability and dimensional instability it is desirable to obtain detailed information on wind in guidelines.

For the assessment of wind influence on buildings its calculating velocity and strength, profile by height, wind probability of different velocities and direction are determined.

In surface air layers wind direction and velocity is sharply changed due to different factors. It can act during relatively short time as shocks and also change directions. Air flows experience pulsation due to shocks and it is known as wind strength. It is explained using disorder motion or turbulence. In the case of small velocities may happen homogeneity or laminar flows.

On the base of observations in different climatic regions is determined the irregular character of wind strength, that excludes building possible resonance.

Wind loading on buildings is determined by the following equation:

$$Q = n \sum C_x \beta q,$$

where

n- is overloading factor which is obtained according building height

q-wind velocity loading

$\beta$ - dynamical factor that includes building reaction against wind strength

While determine of wind loading great significance has the specification of wind velocity, because it is in second degree and thus the deviation may be too big.

Wind of high speed is rare event, but they produce too great wind loadings, the consideration of those ones is required.

Wind velocity load is determined by equation

$$q = \frac{v^2}{16} \text{ kg/m}^2$$

6. It has to be emphasizing the great significance of practical use of two and multidimensional climate complex. The matching is important of such elements as are the following:

- Temperature – water vapor partial pressure
- Temperature- relative humidity
- Temperature-cloudiness
- Temperature-wind velocity
- Wind-rain (especially indirect rain)

Wind and air temperature are important determent factors of building thermal regime. The whole thermo transfer will be greatest when low temperature contemporizes with very strong winds, thus to determine wind velocity and temperature (effective temperature) complex is required.

The effective temperature is the temperature when building thermal passing will be same as in case of internal temperature (T) and wind velocity (V).

The equation for calculating effective temperature has the following expression:

$$T_{ef} = T - CV^2(T_{in} - T)$$

where

$T_{in}$  – internal temperature (while ordinary calculations it is equal to 18 °C)

C- factor characterizing infiltration characters of support constructions (ordinarily  $C=0.005$ )

T –external air temperature

V-wind velocity m/sec.

7. The coincidence of greatest values of air temperature and humidity, sharp changes of temperature, heavy showers and influence of strong winds damages constructing. High humidity reduces service ability of constructions; negatively influences into the internal microclimate and may caused its destruction. To create normal humidity level all sources of moisturize have to be considered. Exploring humidity regime is impossible except study of thermal regime. Air temperature and humidity are main factors characterizing climate and influence on the humidity regime of supporting construction. To investigate temperature-humidity complex as ranged as well as hour observations will be used. The selection of temperature initial data is conducted after each 5 degree, and of relative humidity after every 5%.

To choose humidity zones, humidity complex parameter k is presented by project implementers

$$K = \frac{H\varphi}{Q_s \sqrt{A_t}}$$

where

H- is precipitation amount in warm period on vertical surface, mm;

$\varphi$  -relative humidity of he most warm month at 13h,%;

$Q_s$  - yearly mean radiation on horizontal surface, kj/m;

$A_i$ -annual amplitude of air mean temperature (January and July). %.

8. The identification of precipitation amount on the surfaces of different orientation and slopes is the important research issue of project. In observation net, precipitation measuring methods are equally distributed, as in plain also in mountain places. At plains precipitation measure shows real amount of precipitations, in mountain regions it is mentioned the inconsistency between slope moisturize and measured precipitations.

Precipitation amount on surface of different orientation and slope is mainly depended on wind velocity and direction. To determine precipitation amount for surface of any orientation and sloping the following equation is used:

$$H_{Hn} = \frac{H_g \cos\alpha \sin\beta(\theta - \theta_0)}{\cos\alpha}$$

where:

$H_{Hn}$  – rain amount on ramp mm;

$H_g$  -rain amount on horizontal surface, mm;

$\alpha$ - rain incident ;

$\beta$ - surface incident;

$\theta$ -rain orientation (is obtained according wind orientation);

$\theta_0$ - ramp orientation

Precipitation amount on vertical surface is determined by the equation:

$$H_{\Delta} = H_j K \frac{V_w}{V_0} \cos(\theta - \theta_0)$$

where:

$H_{\Delta}$  -is the precipitation amount on vertical surface (mm);

$H_j$  -precipitation amount on horizontal surface (mm);

K-factor, considers distance from Earth

$V_0=4.5.I^{0.107}$  -rain drop velocity, with depending on intensity.

The characters of precipitations on the vertical surface will be the basis for elaboration of building protection measures against atmosphere impact, to protect building from moisturizing

9. On the service level of buildings the influence of precipitation mineralization is too great. The important role in atmosphere washing out from aerosol admixtures has precipitations. The assessment of amount of mineral matters washing down has significant interest, for this matter the realization of special researches has been determined considering peculiarities of different climatic conditions.

**Expected results of the project are:**

1. Identification of distribution peculiarities in space-time of special parameters:
  - calculating temperature;
  - degree days;
  - wind strength;
  - wind velocity loading
2. Mathematical modeling of radiation on surface of any orientation and slope;
3. Investigations of distribution peculiarities of two and multidimensional complex climatic-building parameters (temperature-wind, temperature-humidity, indirect rain);
4. Investigation of chemical composition of precipitations on vertical surfaces – to determine building corrosion;
5. New building-climatic zoning and elaboration of relevant recommendations for the building protection from climate negative impact based on the revealed regularities of complex climate parameters;
6. Elaboration of safety recommendations of urbanization conditions, building infrastructure development strategy and investment medium for separate regions of Georgia.

**Scientific and commercial significances are:**

From scientific and commercial point of view the project is most important because the identification of perfect climatic building norms may be estimated as important scientific, social-economical and financial project, that will be revealed in strengthening of scientific potential Georgian urban developing, particularly – the possibility to use specified building-climatic norms at any step of projecting. It is most important that this specification will be realized considering modern climate change tendencies. For Georgia as for independent state it will be firstly constructed science based building-climatic guidelines considering climate change.

**The project significance is determined by the following:**

- Specified building-climatic norms based on climatic monitoring observation data over Georgian territory;
- Based on the specified building-climatic norms perfection of building-climatic zoning and elaboration of relevant recommendations;
- Elaboration of building mitigation and protecting recommendations against precipitation influence;
- Expected commercial effect for whole country considering Georgian sustainable development, is annually defined within 100 thousand US dollars limits.

Georgia is one of the thunderstorm dangerous regions of the Northern Hemisphere /2/ soat constructing of building sand structures, Both in cities and in rural areas the need to provide them with lightning protection means exists.

In the absence of instrumental measurements, thunderstorm activity is estimated via climatic parameters such as the number of days with thunderstorms, duration of thunderstorms and more generic parameter - the number of lightning strokes per unit area of land. In the specific geographic region between these parameters can be traced correlation connection[3-5].This connection allows calculating the value of the number of lightning strikes to the ground “ $N_g$ ”.

$$N_g = 0,04T^{-1.25} \quad (1)$$

Where “T” is the number of thunderstorm days per year in the study area.

These values are used to determine the specific lightning influence on the structures of various configurations, particular, closely spaced building swithchimneys, antennas, towers, etc. The expected number of lightning strikes is calculated by the formula:

$$P = 9\pi H^2 N_g * 10^{-6} \quad (2)$$

For rectangular buildings-

$$P = (W + 6H)*(L + 6H)N_g * 10^{-6} \quad (3)$$

Where W - width, L - length, H - height of the building.  $N_g$  - the number of lightning strokes per 1 km<sup>2</sup>.

It should be noticed that when determining of lightning protection means, more important is the maximum value of days with lightning then average. The following table shows the average and maximum values of “ $N_g$ ” for some cities and resorts of Georgia. In the calculation we used data from meteorological stations in nearly 70-year period.

**Table 1. Average ( $\bar{T}$ ,  $\bar{N}_g$ ) and maximum ( $T_{max}$ ,  $N_{g\ max}$ ) annual value of the number of days with thunderstorms and number of lightning strikes per 1 km<sup>2</sup> in selected cities and resorts in Georgia.**

|                 | №   | Station Title | $\bar{T}$ | $T_{max}$ | $\bar{N}_g$ | $N_{g\ max}$ |
|-----------------|-----|---------------|-----------|-----------|-------------|--------------|
| West Georgia    | 1.  | Batumi        | 41        | 69        | 4           | 8            |
|                 | 2.  | Chakvi        | 51        | 80        | 6           | 10           |
|                 | 3.  | Kutaisi       | 37        | 69        | 4           | 8            |
|                 | 4.  | Zugdidi       | 41        | 60        | 4           | 7            |
|                 | 5.  | Jvari         | 32        | 65        | 3           | 8            |
|                 | 6.  | Bakhmaro      | 28        | 50        | 3           | 5            |
|                 | 7.  | Tsageri       | 39        | 82        | 4           | 10           |
|                 | 8.  | Sairme        | 25        | 46        | 2           | 5            |
|                 | 9.  | Ambrolauri    | 41        | 93        | 4           | 12           |
| Eastern Georgia | 10. | Tbilisi       | 36        | 58        | 4           | 6            |
|                 | 11. | Gudauri       | 49        | 73        | 5           | 9            |
|                 | 12. | Bolnisi       | 49        | 69        | 5           | 8            |
|                 | 13. | Gori          | 35        | 53        | 3           | 6            |
|                 | 14. | Dusheti       | 44        | 77        | 5           | 9            |
|                 | 15. | Telavi        | 48        | 70        | 5           | 8            |
|                 | 16. | Borjomi       | 35        | 61        | 3           | 7            |
|                 | 17. | Manglisi      | 56        | 76        | 6           | 9            |
|                 | 18. | Abastumani    | 51        | 76        | 6           | 9            |
|                 | 19. | Akhalkalaki   | 54        | 86        | 6           | 11           |
|                 | 20. | Akhaltsikhe   | 55        | 81        | 6           | 10           |
|                 | 21. | Faravani      | 55        | 84        | 6           | 10           |

As it can be seen from the table in western Georgia the affection varies from 4 to 8 lightning strikes on 1 km<sup>2</sup> and in areas of eastern Georgia - from 5 to 9 lightning strikes. These data point to a rather large lightning affection of study area.

It should be noticed that in order to improve the quality of calculations of lightning protection necessary to have a more differentiated assessment of lightning parameters, taking into account regional, climatic and physical characteristics. To solve these tasks it is necessary also instrumental data.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

- ლიანა ქართველიშვილი. კომპლექსური კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება სამშენებლო პრაქტიკაში. თბილისი, 2006, 190გვ.
- Амиранашвили А.Г., Варазанаშвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Мкурналидзе И.П. Характеристики грозовой активности в Грузии. Международный год планеты земля «Климат, природные ресурсы, стихийные катастрофы на южном Кавказе». Материалы международной конференции, Тбилиси, 2008, с.284
- Колоколов В.П., Павлова Г.П. Соотношения между некоторыми грозowymi параметрами. Труды ГГО, вып. 277, Ленинград, 1972, с.38
- Аджиев А.Х., Куповых Г.В. Атмосферно-электрические явления на северном Кавказе. Мин. образования и науки РФ. Таганрогский радиотехнический университет, 2004, 122с.
- Верёвкин В.Н., Смелков Г.И., Черкасов В.Н. Электрическая искробезопасность и молниезащита. Москва, МИЭЭ, 2006, 170с.

უაკ: 551.501.8

**საქართველოს სამშენებლო დარაიონება კომპლექსური კლიმატური მახასიათებლების მიხედვით/ლ.**

ქართველიშვილი, ი. მკურნალიძე, ლ. მეგრელიძე, ნ. შავიშვილი/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.91-96-ინგლ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე აუცილებელი გახდა ახალი სამშენებლო კლიმატური ნორმების გაანგარიშება. ახალი ნორმების დადგენა აუცილებელია იმიტომ, რომ ყოველ 10 წელიწადში ერთხელ მიმდინარეობს საერთაშორისო სტანდარტული კლიმატური ნორმების განახლება. ამასთან დაკავშირებით მშო-ს კლიმატის XII კონფერენციაზე მიღებულ იქნა გადაწყვეტილება იმის შესახებ, რომ სამშენებლო კლიმატური ნორმები უნდა განისაზღვროს ცალკეული რეგიონების მიხედვით. გარდა ამისა აუცილებელია განისაზღვროს სპეციალიზირებული კლიმატური მახასიათებლები, რომლებიც უნდა გათვალისწინებული იქნეს შენობების თბოტექნიკური მახასიათებლების განსაზღვრისას.

ნაშრომში დადგენილია კლიმატის სხვადასხვა კომპლექსური (ტემპერატურა - სინოტივე, ტემპერატურა - ქარი, ქარი - წვიმა) მახასიათებლების განაწილების თავისებურებანი საქართველოს ტერიტორიაზე. გარდა ამისა ნაშრომში გაანგარიშებულია ელვის მოხვედრის ალბათობა შენობებში, რომლებსაც არ გააჩნია მეხდამცავი მოწყობილობები. კვლევის შედეგები წარმოდგენილია შესაბამის ცხრილებში.

UDC 551.501.8

**CONSTRUCTION ZONING OF GEORGIA IN VIEW OF COMPLEX CLIMATIC CHARACTERISTICS./L. Kartvelishvili, I. Mkurnalidze, L. Megrelidze, N. Shavishvili/Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.91-96- Eng.; Summ. Georg., Eng., Russ.**

Due to the global climate change there was necessary an establishment of new construction norms. It became necessary because each 10 years there is an updating of the international standard climatic norms. In this regard, the resolution was submitted for the 12<sup>th</sup> VMO conference that construction climatic norms have to be defined for certain regions. Besides definition of specialized climatic characteristics to consider them is necessary at establishment of thermo-technical characteristics of structures.

In an article for Georgia established features of the distribution of some complex (temperature-humidity, temperature-wind, wind-rain) climatic characteristics. In addition, for some regions of Georgia probabilities of hit of a lightning to the buildings deprived of lightning protection are calculated. The received results are presented in the corresponding tables.

УДК 551.501.8

**СТРОИТЕЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ С УЧЁТОМ КОМПЛЕКСНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК./Л. Картвелишвили, И. Мкурналидзе, Л. Мегрелидзе, Н. Шавишвили/Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.91-96. - Англ., Рез. Груз., Англ., Рус.**

В связи с глобальным изменением климата стало необходимым установление новых строительных норм. Это стало обязательным потому, что каждые 10 лет происходит обновление международных стандартных климатических норм. В связи с этим на XII конференции ВМО было вынесено постановление о том, что строительные климатические нормы должны быть определены для отдельных регионов. Кроме этого необходимо определение специализированных климатических характеристик для того, чтобы учитывать их при установлении теплотехнических характеристик строений.

В статье для территории Грузии установлены особенности распределения некоторых комплексных (температура-влажность, температура-ветер, ветер-дождь) климатических характеристик. Помимо этого, для некоторых районов Грузии рассчитаны вероятности попадания молнии в здания, лишённые молниезащиты. Полученные результаты представлены в соответствующих таблицах.



UDC: 551.583

## DISTRIBUTION OF WINTER WHEAT WITH ACCOUNT OF GLOBAL WARMING

Meladze G.G., Meladze M.G.

Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, Tbilisi

The global climate change has become a very urgent problem in many countries of the world as a result of anthropogenic impact. Therefore, today, the relevant organizations realize the measures to limit the reasons causing the climate change, and unless they are accomplished, an essential change of the strategy of industrial and agricultural branches is not excluded. This is evidenced by frequent hydrometeorological natural disasters in the past decade causing significant economic losses.

The global climate change has affected the territory of Georgia, too. The studies prove [1, 2] that the air temperature in Georgia increased by 0.2-0.5°C on average. According to the most recent data [3], the air temperature in Western and Eastern Georgia has increased by 0.2°C and 0.4°C, respectively. As a result of such a trend, the temperature increase may reach 1-2°C or even more by 2040-2050. Therefore, depending on the mentioned air temperatures, it is necessary to consider the change of the agro-climatic zone of distribution of winter wheat and sums of active temperatures (above 10°C) being the major factor for the plant growth and development.

Following the above-mentioned trend of the temperature increase, we take 1°C increase for Western Georgia with less temperature increase compared with Eastern Georgia, and we take 2°C temperature increase for Eastern Georgia by considering the designed scenario. Therefore, we used the equations to calculate [4] the distribution of winter wheat and sums of active temperatures in Eastern and Western Georgia (Table 1).

**Table 1. Regression Equations to Calculate the Dates of the Air Temperature Exceeding by 10°C and Sum of Active Temperatures**

| Calculation                     | Scenario, at 1°C temperature increase.<br>Western Georgia | Scenario, at 2°C temperature increase.<br>Eastern Georgia |
|---------------------------------|---|---|
| Dates of temperature above 10°C | $n=0.027h+51$   | $n=0.036h+38$   |
| Sum of active temperatures      | $T=-16.711n-1.127h+5496$                                  | $T=-44.254n-0.150h+6742$                                  |

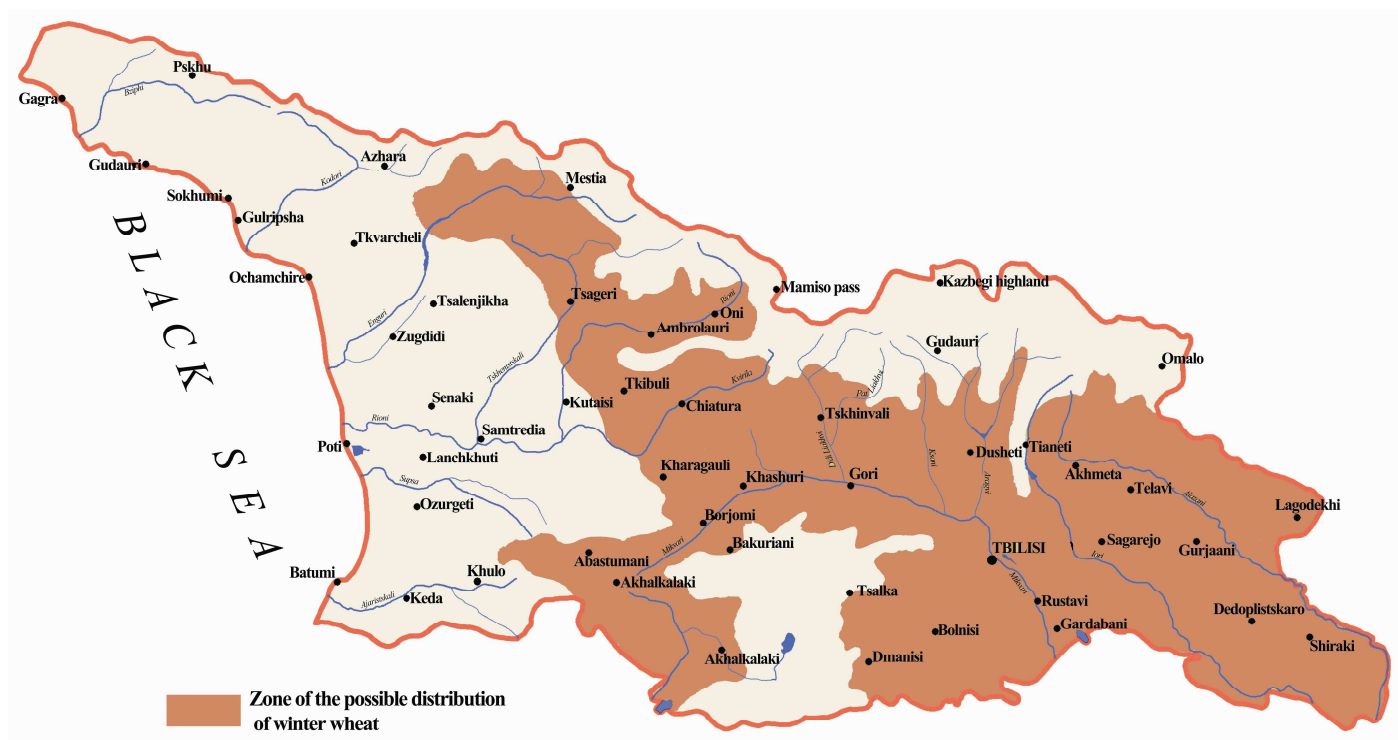
In the equations, T - is the active temperature sum above 10°C, n - is the dates of the air temperature exceeding by 10°C from February 1 (the number to of days from February 1 to the date when the temperature rises over 10°C), h - is altitude above sea level (in m).

Our aim is to distribute the winter wheat over the territory of Georgia by considering the global climate warming so that the temperature increase should not influence the plant growth or its productivity. Otherwise, the temperature increase may have a negative impact on the plant growth and its harvest.

In accordance with the above-mentioned scenarios, the sum of active temperatures (above 10°C) was calculated. For the regions with the potential to grow the given crops successfully, it turned out that in case of 1°C increase in air temperature according to the scenario, the sum of active temperatures will increase by 220-250°C on average, and it will increase by 440-480°C in case of a 2°C temperature increase. The work shows almost the same values [5].

An agro-climatic map of the possible areas of distribution of winter wheat by considering the gained temperatures sums is drafted (Fig. 1).

The demand for the sum of temperatures needed for the full ripeness of the given crop grains was considered in drafting the map. The demand is 2000-2200°C. Therefore, the upper limit of distribution of the winter wheat is marked by considering the said sums of temperatures. According to the said temperatures, the area of distribution of winter wheat in Western Georgia reaches up to 1450-1650 m altitude above sea level. The temperature of the lower limit of the area of distribution of winter wheat is 4000°C or more, with the area of distribution in Eastern Georgia reaching 1750-1800 m altitude above sea level or a little more.



**Fig. 1. Agro-climatic Map of the Possible Distribution of Winter Wheat**

The map analysis evidences that the area of distribution of winter wheat has much expanded mostly at the expense of vertical zoning. The area of distribution of winter wheat in Western Georgia as compared to the basic (existing) area of distribution has risen by 170-200 m on average, and by 350-400 m in Eastern Georgia. It should be noted that the global warming, under the developed scenario, will not have any negative impact on winter wheat crops if the relevant agrarian techniques are used and will not hamper gaining the guaranteed harvest.

In connection to the global climate change, a regional model ECHAM4 and A2 future scenario is used to forecast the local climate change [3] by calculating the anticipated data of meteorological observations of the climatic parameters of the future (2020-2049). The average temperatures of the months of each year were used to calculate the sums of temperatures for four months after the dates the temperature is above 10°C. Close correlation was fixed between with above-mentioned the sum of temperatures and date of temperature above 10°C ( $r=0.90$ ). Such a stable correlation was used to draft a forecast regression equation of the future (2020-2049):

$$T=12.12n+1611,$$

In the equations, T - is the active temperature sum above 10°C, n - is the dates of the air temperature exceeding by 10°C in spring (the number to of days from February 1 to the date when the temperature rises over 10°C). Deviation from the mean value is within the limits of admissible error  $Su \pm 75$ .

The gained equation can be used to calculate the sum of anticipated temperatures of the future of any year, i.e. one can know to what extent the winter wheat crop is going to be supplied with the temperatures sum for four months (in the vegetation period) after the date the temperature exceeds 10°C in spring.

Following the global climate warming, we give increases and decreases (%) of the sums of atmospheric precipitations expected in the warm season over the areas of distribution of winter wheat [6]. For instance, a 5-10%-increase of the atmospheric precipitations is expected in Dedoplistskaro district in Eastern Georgia. Southern of this area and on the territories of Mtskheta, Tskhinvali, Khashuri, Gori and Borjomi up to 5% increase is expected. On the territory of Tkibuli in Western Georgia, a 5-10%-increase of the atmospheric precipitations is expected. A 5%-increase of the atmospheric precipitations is expected in Mestia and Kharagauli districts, and a 5%-decrease of the atmospheric precipitations is expected in other areas of winter wheat distribution (Oni, Tsageri, Tkvarcheli districts).

Reduced atmospheric precipitations should be considered by agricultural workers and farmers, as the areas with anticipated reduction in the atmospheric precipitations will need additional irrigation (watering) at least once to grow winter wheat desirable in the earing phase.

Winter wheat is an important food product, and demand for it in our country can be met at 80% and more. Winter wheat is not much demanding to soil or climatic conditions. This allows expanding the area of its distribution and gain a harvest of 2.5-3.0 t/ha on average; however, in individual areas, particularly in Kakheti (on Alazani valley) or Dedoplistskaro district a harvest of 3.5-4.0 t/ha or even more is also a reality if high-quality agrarian techniques are used.

The mentioned crop is sown on the plain, mountainous or high-mountainous zones in autumn. After successful wintering, it vegetates in spring. Development of the phenological phases of the plant (earring, ripening, etc.) coincides with the period of frequent atmospheric precipitations in spring in Eastern Georgia. In spring, unlike winter, from March through May, the atmospheric precipitations increase by 120-140% creating favorable conditions for winter wheat to develop and be highly productive. In this period, the atmospheric precipitations on Kolkheti Lowland in Western Georgia decrease by 30-40% limiting the area of distribution of the given crops.

For 1°C increase under the scenario, increase of the mean daily air temperature above 10°C starts 7 days earlier on average as compared with its basic (existing) value, and 10 days earlier in case of a 2°C increase. The duration of the mentioned days allows applying organic and mineral fertilizers (in relevant doses) to the soil 7 to 10 days earlier in spring (for wintered winter wheat grain field, if necessary).

We should note that in case of 1°C to 2°C increase in temperature over the area of distribution of the winter wheat under the scenario, the global climate change (before 2040-2050) will not affect the growth or vegetation of the given crop (winter wheat), unless the temperature increase exceeds the temperatures values fixed by the said scenario.

### ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Tavartkiladze K., Elizbarashvili E., Mumladze D., Vachnadze J. The Empirical Model of Surface Temperature Field Change in Georgia. Tbilisi, 1999, p.106
2. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Tsintsadze T., Kikava A. Influence of Global Warming on the Near-Surface Air Temperature Field in Georgia. Bulletin of The Georgian National Academy of Sciences, vol.6, № 3, 2012, pp.55-60
3. Georgia's Second National Communication to the UNFCCC. Ministry of Environmental Protection and Natural Researches - UNPP, Tbilisi, 2009, p.237
4. Meladze G., Tutarashvili M., Meladze M. Influence of Global Warming on Changes of Agroclimatic Zones. Transactions of the Institute of the Hydrometeorology, vol. 115, Tbilisi 2008, pp.97-104
5. Meladze G., Meladze M. Perspective Vine Propagation Zones in Georgia Considering Expected Global Climate Change. Bulletin of The Georgian Academy of Sciences, 172, № 2, 2005, pp.304-305
6. Elizbarashvili E., Papinashvili L., Kheladze T. National Informational Bulletin in Climate Change, №5, Tbilisi, 1997, p.14

უაკ: 551.583

**გლობალური დათბობის ბათივალისწინებით საშემოღობო ხორბლის კულტურის ბაზრცელება.** /მელაძე გ.გ., მელაძე მ.გ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.97-100-ინგლ., რუს. ქართ., ინგლ., რუს.

განხილულია კლიმატის გლობალური ცვლილების ასპექტები. შემუშავებულია სცენარები ჰაერის ტემპერატურის 1 და 2°-ის მატებით (დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოსათვის, შესაბამისად). მოცემულია საშემოდგომო ხორბლის ტემპერატურათა ჯამით (>10°) უზრუნველყოფის მომავლის (2020-2049წწ) საპროგნოზო რეგრესიის განტოლება.

აქტიურ ტემპერატურათა (>10°) ჯამების განსაზღვრისათვის სცენარით, ტემპერატურის 1 და 2°-ის მატებით შედგენილია რეგრესიის განტოლებები, რომელთა მიხედვით გამოყოფილია (რუკაზე) საშემოდგომო ხორბლის გავრცელების ზონა.

არსებული (ფაქტიური) ტემპერატურების 1 და 2°-ის მატებით აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები საშუალოდ იზრდება 220-250° და 440-480°-ით შესაბამისად. დასავლეთ საქართველოში საშემოდგომო ხორბალი ტემპერატურის 1°-ით მატებისას ვრცელდება 1450-1650 მ სიმაღლეზე ზღვის დონიდან, აღმოსავლეთ საქართველოში 2°-ით მატებისას 1750-1800 მ სიმაღლემდე.

UDC 551.583

**DISTRIBUTION OF WINTER WHEAT WITH ACCOUNT OF GLOBAL WARMING** /Meladze G.G., Meladze M.G./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -vol.119. -pp.97-100- Eng., Summ. Georg., Eng., Russ.

Aspects of global climate change are considered. According to the scenarios air temperature increase by 1 and 2° are developed (for Western and East Georgia, respectively). For definition of temperatures sums ( $>10^{\circ}$ ) under the scenarios increase by 1 and 2° the equation of regress is compiled. By the equation is defined and allocated zone of distribution of winter wheat.

At increase of existing temperatures by 1 and 2° the active temperature sums is raises on average by 220-250° and 440-480° (respectively).

In Western Georgia, upon the temperature increase by 1° winter wheat might spread up to 1450-1650 m above sea level, in Eastern Georgia up to 1750-1800 m.

УДК: 551.583

**РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С УЧЁТОМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ** /Меладзе Г.Г., Меладзе М.Г./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. -2013.-т.119.-с.97-100 - Англ., Рез. Груз., Англ., Рус.

Даются аспекты глобального изменения климата. Разработаны сценарии с учётом повышения температуры воздуха на 1 и 2° (для Западной и Восточной Грузии, соответственно). Для определения сумм температур ( $>10^{\circ}$ ) по сценарию повышения на 1 и 2° составлено уравнение регрессии. Уравнением определена и выделена зона распространения озимой пшеницы. При повышении существующих температур на 1 и 2° суммы активных температур повышаются в среднем на 220-250° и 440-480° (соответственно).

В Западной Грузии озимая пшеница при увеличении температуры на 1° распространяется на высоте 1450-1650 м над уровнем моря, в Восточной Грузии до 1750-1800 м.

УДК 551.510.42

## СУБМИКРОННЫЕ АЭРОЗОЛИ В АТМОСФЕРЕ ТБИЛИСИ

Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никифоров Г.В., Чанкветадзе А.Ш.

Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили

### Введение.

Исследование атмосферных аэрозолей имеет как важное научное, так и практическое значение. Атмосферные аэрозоли влияют на климат (режим солнечной радиации, облачности, осадков и др.), экологическую ситуацию окружающей среды и т.д. Учитывая важность указанных выше проблем исследованиям атмосферного аэрозоля в Грузии, как и в других странах, уделялось и уделяется особое внимание. Целый ряд организаций в течение нескольких десятилетий занимались и занимаются теоретическими и экспериментальными исследованиями физических, химических, оптических, медико-биологических и других свойств атмосферного аэрозоля начиная с приземного слоя и кончая стратосферой и средней атмосферой (Институт геофизики им. М. Нодиа, Институт гидрометеорологии, Тбилисский государственный университет, Гидрометеорологический департамент Грузии, Институт географии им. Вахушти Багратиони, Абастуманская астрофизическая обсерватория, Институт гигиены и санитарии и др.).

В частности, в Институте геофизики им. М.Нодиа имеются давние традиции изучения атмосферного аэрозоля. В институте проводились наземные и самолетные (свободная атмосфера и облака) исследования весовой и счетной концентрации аэрозолей, лабораторные эксперименты по вымыванию аэрозолей искусственным дождем [1-4]. Ряд работ был проведен совместно с Институтами гидрометеорологии и географии им. Вахушти Багратиони: оценка загрязнения приземного слоя воздуха в Тбилиси в различные годы [5,6], выявление влияния загрязнения атмосферы на режим осадков в Алазанской долине [7], климатические эффекты аэрозольного загрязнения атмосферы в Грузии [8,9] и др.

В последние годы в Институте геофизики особое внимание стало уделяться вопросам формирования и трансформации фотохимического смога в Тбилиси, одной из важнейших составляющих которого является субмикронный аэрозоль, получаемый из газов путем фотохимических реакций (так называемый «вторичный аэрозоль») [10-13]. Данная работа является продолжением указанных исследований.

### Методика.

Содержание общего количества субмикронных аэрозолей диаметром  $\geq 0.1$  мкм измерялось с использованием прибора ФАН, работающего в счетном режиме, 4 раза в день, в 9, 12, 15 и 18 час (в зимнее время – в 17 час). Время измерения составляло 1 мин. Указанные измерения проводились на высоте 3 этажа термобарокамеры (8 метров над уровнем почвы,  $41.754^\circ$  с.ш.,  $44.927^\circ$  в.д, высота 450 м над ур. моря). В работе представлены данные исследований 2010-2011 гг.

### Результаты.

Результаты исследований представлены в табл. 1 и рис. 1-3.

В таблице представлены статистические характеристики концентрации субмикронных аэрозолей  $N$  в приземном слое воздуха в Тбилиси в 2010-2011 гг.

Годовые данные. Средняя концентрация субмикронных аэрозолей  $N$  менялась от  $2519 \text{ см}^{-3}$  в 15 час, до  $2872 \text{ см}^{-3}$  в 9 час, при среднем дневном значении  $2702 \text{ см}^{-3}$ ; минимальное значение  $N$  составляло  $110 \text{ см}^{-3}$ , максимальное  $48070 \text{ см}^{-3}$ ; вариационный размах менялся от  $47960 \text{ см}^{-3}$  в 9 час до  $23578 \text{ см}^{-3}$  в 15 час при средненежном значении  $28286 \text{ см}^{-3}$ ; медианное значение менялось от  $1877 \text{ см}^{-3}$  в 15 час до  $2034 \text{ см}^{-3}$  в 9 час при средненежном значении  $2114 \text{ см}^{-3}$ ; стандартное отклонение – от  $2386 \text{ см}^{-3}$  в 15 час до  $3440 \text{ см}^{-3}$  в 9 час при средненежном значении  $2321 \text{ см}^{-3}$ ; коэффициент вариации – от 93 % в 17-18 час до 120 % в 9 час при средненежном значении 86 %. Максимум  $N$  наблюдался в 9 часов.

Значения коэффициентов асимметрии и эксцесса указывают на то, что функции распределения концентрации аэрозолей не являются нормальными и симметричными. Линейная корреляция между часовыми и средненежными концентрациями аэрозолей высокая (не менее 0.82). Все это касается также данных за теплое и холодное полугодия.

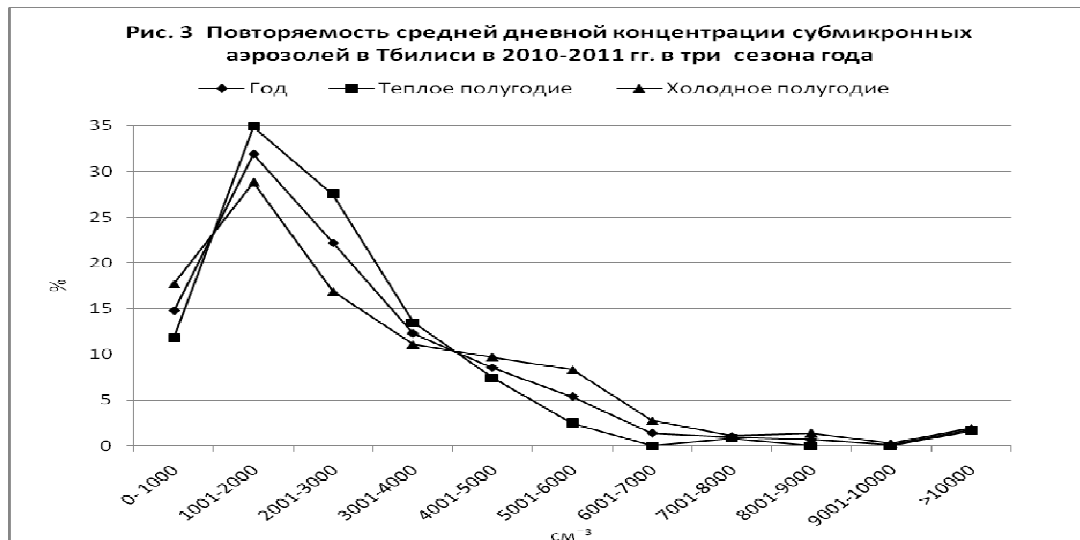
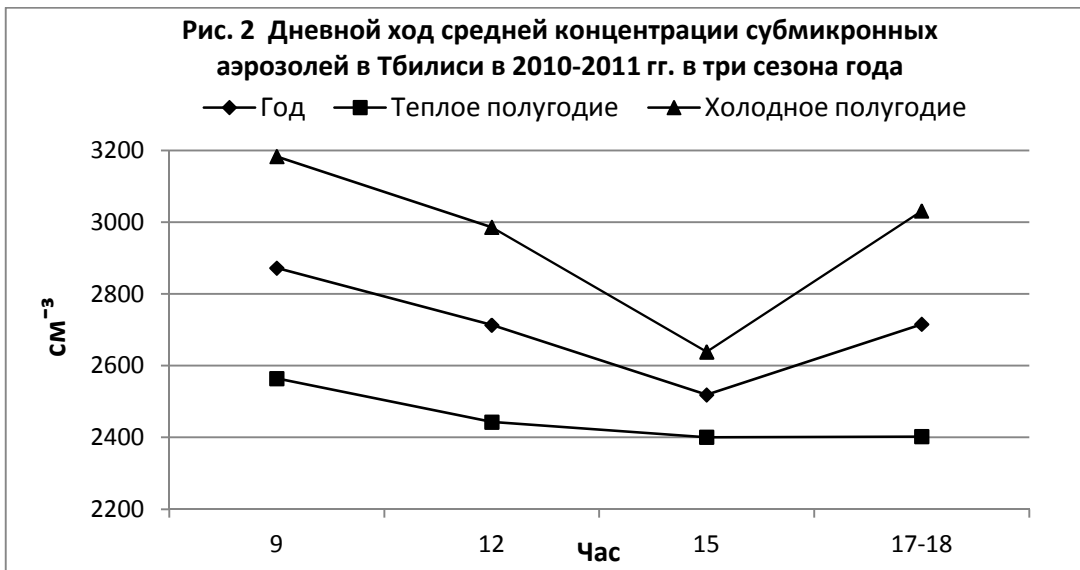
Теплый период. Средняя концентрация субмикронных аэрозолей менялась от  $2401 \text{ см}^{-3}$  в 15 час, до  $2564 \text{ см}^{-3}$  в 9 час, при среднем дневном значении  $2456 \text{ см}^{-3}$ ; минимальное значение  $N$  составляло  $110 \text{ см}^{-3}$ , максимальное –  $44528 \text{ см}^{-3}$ ; вариационный размах менялся от  $13733 \text{ см}^{-3}$  в 17-18 час до  $44418 \text{ см}^{-3}$  в 9 час при средненежном значении  $15316 \text{ см}^{-3}$ ; медианное значение менялось от  $1918 \text{ см}^{-3}$  в 12 и 15 час до 2011

см<sup>-3</sup> в 17-18 час при средненежном значении 2057 см<sup>-3</sup>; стандартное отклонение – от 1791 см<sup>-3</sup> в 17-18 час до 2904 см<sup>-3</sup> в 9 час при средненежном значении 1808 см<sup>-3</sup>; коэффициент вариации – от 75 % в 17-18 час до 113 % в 9 час при средненежном значении 74%. Максимум N наблюдался в 9 часов.

**Таблица. Статистические характеристики концентрации субмикронных аэрозолей в приземном слое воздуха в Тбилиси в 2010-2011 гг.**

| Время, час.              | 9                                   | 12    | 15    | 17-18 | 9 - 18 |
|--------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| Сезон                    | Год                                 |       |       |       |        |
| Среднее                  | 2872                                | 2713  | 2519  | 2716  | 2702   |
| Минимум                  | 110                                 | 209   | 138   | 184   | 316    |
| Максимум                 | 48070                               | 33178 | 23716 | 27263 | 28602  |
| Вар. размах              | 47960                               | 32969 | 23578 | 27079 | 28286  |
| Медиана                  | 2034                                | 1983  | 1877  | 1923  | 2114   |
| Мода                     | 1928                                | 1369  | 690   | 1714  | 2011   |
| Станд. откл.             | 3440                                | 2585  | 2386  | 2525  | 2321   |
| Станд. ошибка            | 128                                 | 96    | 89    | 94    | 86     |
| Кoeff. вар., %           | 120                                 | 95    | 95    | 93    | 86     |
| 95% (+/-)                | 251                                 | 189   | 174   | 184   | 169    |
| Кoeff. ассим.            | 7                                   | 4     | 3     | 3     | 4      |
| Кoeff. эксцесса          | 74                                  | 34    | 17    | 16    | 30     |
| Вар. размах /средн., %   | 1670                                | 1215  | 936   | 997   | 1047   |
| Корреляция с (9-18) час. | 0.82                                | 0.91  | 0.84  | 0.83  | 1      |
| Сезон                    | Теплое полугодие, апрель - сентябрь |       |       |       |        |
| Среднее                  | 2564                                | 2443  | 2401  | 2402  | 2456   |
| Минимум                  | 110                                 | 271   | 271   | 184   | 413    |
| Максимум                 | 44528                               | 20739 | 14088 | 13917 | 15729  |
| Вар. размах              | 44418                               | 20468 | 13816 | 13733 | 15316  |
| Медиана                  | 1928                                | 1918  | 1918  | 2011  | 2057   |
| Мода                     | 1928                                | 1557  | 1200  | 1386  | 2011   |
| Станд. откл.             | 2904                                | 2030  | 1896  | 1791  | 1808   |
| Станд. ошибка            | 153                                 | 107   | 100   | 94    | 95     |
| Кoeff. вар., %           | 113                                 | 83    | 79    | 75    | 74     |
| 95% (+/-)                | 300                                 | 210   | 195   | 185   | 186    |
| Кoeff. ассим.            | 9                                   | 4     | 3     | 2     | 3      |
| Кoeff. эксцесса          | 124                                 | 26    | 10    | 8     | 17     |
| Вар. размах /средн., %   | 1732                                | 838   | 576   | 572   | 624    |
| Корреляция с (9-18) час. | 0.77                                | 0.87  | 0.86  | 0.85  | 1      |
| Сезон                    | Холодное полугодие, октябрь - март  |       |       |       |        |
| Среднее                  | 3183                                | 2986  | 2639  | 3031  | 2949   |
| Минимум                  | 156                                 | 209   | 138   | 283   | 316    |
| Максимум                 | 48070                               | 33178 | 23716 | 27263 | 28602  |
| Вар. размах              | 47914                               | 32969 | 23578 | 26980 | 28286  |
| Медиана                  | 2217                                | 2167  | 1752  | 1875  | 2180   |
| Мода                     | 2139                                | 1369  | 796   | 1714  | 2100   |
| Станд. откл.             | 3887                                | 3022  | 2793  | 3063  | 2723   |
| Станд. ошибка            | 205                                 | 160   | 148   | 162   | 144    |
| Кoeff. вар., %           | 122                                 | 101   | 106   | 101   | 92     |
| 95% (+/-)                | 403                                 | 314   | 290   | 317   | 281    |
| Кoeff. ассим.            | 6                                   | 4     | 3     | 3     | 4      |
| Кoeff. эксцесса          | 53                                  | 30    | 15    | 13    | 27     |
| Вар. размах /средн., %   | 1505                                | 1104  | 894   | 890   | 959    |
| Корреляция с (9-18) час. | 0.85                                | 0.92  | 0.83  | 0.82  | 1      |

Холодный период. Средняя концентрация субмикронных аэрозолей менялась от  $2639 \text{ см}^{-3}$  в 15 час, до  $3183 \text{ см}^{-3}$  в 9 час, при среднем значении  $2949 \text{ см}^{-3}$ ; минимальное значение  $N$  составляло  $156 \text{ см}^{-3}$ , максимальное -  $48070 \text{ см}^{-3}$ ; вариационный размах менялся от  $23578 \text{ см}^{-3}$  в 15 час до  $47914 \text{ см}^{-3}$  в 9 час при среднеспособном значении  $28286 \text{ см}^{-3}$ ; медианное значение менялось от  $1752 \text{ см}^{-3}$  в 15 час до  $2167 \text{ см}^{-3}$  в 12 час при среднеспособном значении  $2180 \text{ см}^{-3}$ ; стандартное отклонение – от  $2793 \text{ см}^{-3}$  в 15 час до  $3887 \text{ см}^{-3}$  в 9 час при среднеспособном значении  $2723 \text{ см}^{-3}$ ; коэффициент вариации – от 101 % в 12 и 17-18 час до 122 % в 9 час при среднеспособном значении 92 %. Максимум  $N$  наблюдался в 9 часов.



На рис. 1 представлен временной ход среднемесячных концентраций субмикронных аэрозолей в Тбилиси в исследуемый период времени. Как следует из этого рисунка высокие концентрации аэрозолей (более  $4000 \text{ см}^{-3}$ ) наблюдались в июле и декабре 2010 г. ( $4842 \text{ см}^{-3}$  и  $4368 \text{ см}^{-3}$  соответственно), а также октябре-декабре 2011 г. ( $4258 \text{ см}^{-3}$ ,  $5658 \text{ см}^{-3}$  и  $4049 \text{ см}^{-3}$  соответственно). Самая низкая концентрация аэрозолей была в апреле 2010 г. ( $1150 \text{ см}^{-3}$ ).

На рис. 2 для наглядности представлены данные о дневном ходе средней концентрации субмикронных аэрозолей в три периода года. Как видно из этого рисунка, для всех указанных периодов года в дневном ходе концентрации аэрозолей минимум наблюдается в 15 час., а максимум – в 9 час.

На рис. 3 представлена эмпирическая функция распределения средней дневной концентрации аэрозолей в три периода года. Как видно из этого рисунка, максимум распределения для всех сезонов приходится на диапазон концентраций аэрозолей от  $1001$  до  $2000 \text{ см}^{-3}$  ( $31.9\%$  - по годовым данным,  $34.9\%$  – теплое полугодие,  $28.8\%$  - холодное полугодие).

В работе [13] было отмечено, что при концентрациях субмикронных аэрозолей более  $1000 \text{ см}^{-3}$  в условиях г. Тбилиси происходит негативное воздействие загрязненного воздуха на здоровье людей (рост числа вызовов скорой медицинской помощи). Как следует из рис. 3, количество таких дней составляет около  $85\%$  случаев в год.

Работа выполнена с использованием данных, полученных при реализации гранта GNSF/ST08/5-437.

#### ლიტერატურა-REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. Балабуев А.Г., Ломая О.В., Цинцадзе Д.Г. – О зависимости загрязнения воздуха над г. Тбилиси от метеорологических процессов. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 32, "Мецниереба", Тбилиси, 1973, с. 5-12.
2. Стыро Б.И., Амиранашвили А.Г. – Исследование распределения аэрозолей над территорией Грузии. Тр. Ин-та физики АН Лит. ССР, Физика атмосферы, N 8, "Мокслас", Вильнюс, 1983, с. 18-24.
3. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Kartsivadze A.I., Nodia A.G. – Aircraft investigations of the distribution of aerosols in the lower troposphere. Proc. 9<sup>th</sup> Int. Conf. on atmospheric aerosols, Condensation and Ice Nuclei, Budapest, Hungary, 3-8 September, vol.1, 1984, pp.148-153
4. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г. - Аэрозоли и ледяные кристаллы в атмосфере, Тбилиси, Мецниереба, 1991, 113 с.
5. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Gzirishvili T., Gunia G., Intskirveli L., Kharchilava J.- Variations of the Weight Concentrations of Dust, Nitrogen Oxides, Sulphur Dioxide and Ozone in the Surface Air in Tbilisi. Proc.15<sup>th</sup> Int. Conf. on Nucleation and Atmospheric Aerosols, Rolla, Missouri, USA, 2000, August, 6-11, AIP, Conference Proc., vol.535, Melville, New York, 2000, pp. 793-795.
6. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Kharchilava J.F., Buachidze N.S., Intskirveli L.N. -Variations of the Weight Concentrations of Dust, Nitrogen Oxides, Sulphur Dioxide and Ozone in the Surface Air in Tbilisi in 1981-2003. Proc. 16<sup>th</sup> International Conference on Nucleation & Atmospheric Aerosols, Kyoto, Japan, 26-30 July 2004, pp. 678-681.
7. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Bachiashvili L.L., Bibilashvili T.N., Supatashvili G.D. - Influence of the Anthropogenic Pollution of the Atmosphere and Thunderstorms on the Precipitations Regime and their Chemical Composition in Alazani Valley Conditions. Proc. 14<sup>th</sup> International Conference on Clouds and Precipitation, Bologna, Italy, 18-23 July 2004, pp. 2\_3\_216.1-2\_3\_216.2.
8. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. – Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures, Institute of Geophysics, Monograph, Trans. of M. Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sci., ISSN 1512-1135, vol. LIX, Tbilisi, 2005, 128 p.
9. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. – Contemporary Climate Change in Georgia. Regime of Some Climate Parameters and their Variability. Georgian Acad. of Sc., Inst. of Geography, Geophysics and Hydrometeorology, Monograph, ISBN 99928-885-4.7, Tbilisi, 2006, 177 p., (in Georgian).
10. Амиранашвили А.Г., Амиранашвили В.А., Киркитадзе Д.Д., Чиабришвили Н.Г., Чочишвили К.М. - К вопросу об образовании вторичных аэрозолей в атмосфере. Труды Института геофизики АН Грузии, ISSN 1512-1135, том 58, 2004, с. 119-126.



11. Amiranashvili A., Bliadze T., Kirkitadze D., Nikiforov G., Nodia A., Chankvetadze A., Chikhladze V. - Surface Radon as the Air Pollution Catalyst by Secondary Aerosols in Tbilisi. Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, vol. LXII, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2010, pp. 197-206, (in Russian).
12. Amiranashvili A., Bliadze T., Kirkitadze D., Nikiforov G., Nodia A., Kharchilava J., Chankvetadze A., Chikhladze V., Chochishvili K., Chkhaidze G. - Some Preliminary Results of the Complex Monitoring of Surface Ozone Concentration (SOC), Intensity of Summary Solar Radiation and Sub-Micron Aerosols Content in Air in Tbilisi in 2009-2010. Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, vol. LXII, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2010, pp. 189-196, (in Russian).
13. ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ. – ფოტოქიმიური სმოგი თბილისში. მონოგრაფია, ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXIII, თბილისი, 2012, 160 გვ.

უკ 551.510.42

**სუბმიკრონული აეროზოლები თბილისის ატმოსფეროში** / ბლიაძე თ., კირკიტაძე დ., ნიკიფოროვი გ., ჭანკვეტაძე ა./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. -ტ. 119. - გვ.101-105- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

წარმოდგენილია მონაცემები თბილისის ჰაერის მიწისპირა ფენაში 2010-2011 წწ. 0.1 მკმ-ზე მეტი ზომის სუბმიკრონული აეროზოლების თვლადი კონცენტრაციის შესახებ. გაზომვები წარმოებდა გეოფიზიკის ინსტიტუტის თერმობაროკამერის ტერიტორიაზე ხელსაწყო ФАН-ის გამოყენებით რეგისტრაციის იმპულსურ რეჟიმში ყოველდღიურად ოთხჯერ დღეში (9, 12, 15, 17-18 სთ.). შესწავლილია ატმოსფეროში აეროზოლების კონცენტრაციის თვიური და დღიური სვლა. აგებულია აეროზოლების კონცენტრაციის განაწილების ფუნქცია წლის სხვადასხვა სეზონისათვის.

UDC 551.510.42

**SUB-MICRON AEROSOLS IN THE ATMOSPHERE OF TBILISI** / Bliadze T., Kirkitadze D., Nikiforov G., Chankvetadze A./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Tekhnic University. -2013. - т.119. – pp.101-105 . - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The data about the counting concentration of sub-micron aerosols by the size of more than 0.1 mcm in surface boundary layer in Tbilisi in 2010-2011 yr. are represented. Measurements on the territory of the thermobaric chamber of the institute of geophysics with the use of an instrument FAN in the impulse regime four times during the day every day (9, 12, 15 and 17-18 hour) were carried out. The monthly and daily behavior of the concentration of aerosols in the atmosphere is studied. The functions of the distribution of the concentration of aerosols for different seasons of year are given.

УДК 551.510.42

**СУБМИКРОННЫЕ АЭРОЗОЛИ В АТМОСФЕРЕ ТБИЛИСИ** / Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никифоров Г.В., Чанкветадзе А.Ш./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119. – с. 101-105 . – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Представлены данные о счетной концентрации субмикронных аэрозолей размером более 0.1 мкм в приземном слое воздуха в Тбилиси в 2010-2011 гг. Измерения проводились на территории термобарокамеры института геофизики с использованием прибора ФАН в импульсном режиме регистрации четырежды в день ежедневно (9, 12, 15 и 17-18 час.). Изучен месячный и дневной ход концентрации аэрозолей в атмосфере. Построены функции распределения концентрации аэрозолей для различных сезонов года.

УДК 546.214:551.51

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В ТБИЛИСИ В 1984-2012 ГГ.

Харчилава Д.Ф., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М., Чхаидзе Г.П.

Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили

### Введение

Исследованиям концентрации приземного озона (КПО) в последние годы в разных странах уделяется особое внимание. Это, прежде всего, связано с тем, что озон является токсичным загрязнителем атмосферы, концентрация которого часто превышает максимальный допустимый стандарт, из-за чего Всемирная Организация Здравоохранения включила этот газ в список пяти основных загрязнителей воздуха, содержание которых должно быть регулярно контролироваться для определения качества воздушного бассейна [1-5]. Регулярные исследования концентрации приземного озона в Тбилиси проводятся в Институте геофизики им. М. Нодиа с 1980 по настоящее время. С 1984 года имеются данные непрерывного ряда наблюдений за КПО [6-10]. Это позволило изучить динамику изменчивости концентрации приземного озона для различных промежутков времени [3,9,11], оценить роль приземного озона в формировании фотохимического смога в Тбилиси [3,6,8,12], определить эффекты воздействия КПО на здоровье людей [3-5,8] и др. В этой работе представлены некоторые новые результаты статистического анализа данных о средних полугодовых (октябрь-март, холодное полугодие; апрель-сентябрь, теплое полугодие) и годовых значениях концентрации приземного озона в Тбилиси в период с 1984 по 2012.

### Методика

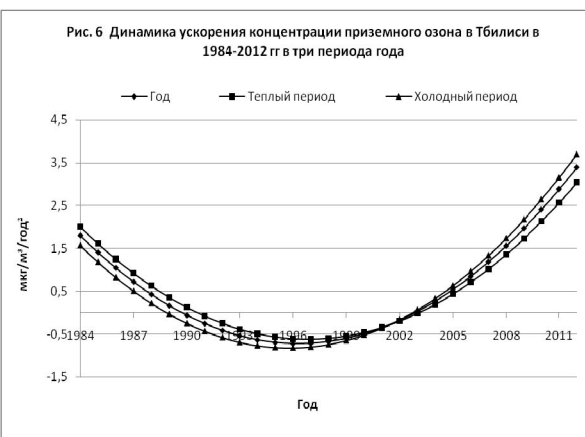
Измерения концентрации приземного озона проводились с помощью электрохимического озонметра типа OMG-200 на территории Института геофизики им. М. Нодиа. Анализ данных выполнен с использованием стандартных статистических методов анализа случайных событий и методов математической статистики для неслучайных временных рядов наблюдений [13,14]. В работе представлены данные измерений на 15 часов местного времени (максимальная концентрация озона). Ниже размерность КПО мкг/м<sup>3</sup> в некоторых местах опущена.

### Результаты

Результаты работы представлены в таблице и на рис. 1-6.

**Таблица. Коэффициенты уравнения регрессии тренда концентрации приземного озона в Тбилиси в 1984-2012 гг.**

| Параметр           | Уравнение регрессии $Y = a \cdot X^4 + b \cdot X^3 + c \cdot X^2 + d \cdot X + e$ |                          |          |         |       |        |       |
|--------------------|---|--------------------------|----------|---------|-------|--------|-------|
|                    | Коэфф. множ. детерминации   | Критерий Дарбина-Уотсона | a        | b       | c     | d      | e     |
| Год                | 0.783   | 1.89                     | 0.001392 | -0.074  | 1.116 | -3.666 | 31.33 |
| Теплое полугодие   | 0.579   | 1.45                     | 0.001329 | -0.0736 | 1.218 | -5.908 | 46.68 |
| Холодное полугодие | 0.811   | 2.17                     | 0.0014   | -0.0734 | 0.997 | -1.312 | 7.71  |



Как показал анализ данных, тренды КПО для указанных трех периодов года имеют вид полинома четверной степени. В таблице представлены значения коэффициентов уравнения регрессии тренда, а на рис. 1-3 изображены кривые реальных данных, тренда+фона и случайных компонент. Как следует из этих рисунков максимальных значений КПО достигала в 1998 году (реальные данные). Средние за 1984-1912 гг. значения КПО для указанных периодов года равны: год – реальные данные – 44.1, тренд+фон – 36.8, случайная компонента – 7.3; теплое полугодие – реальные данные – 52.0, тренд+фон – 41.7, случайная компонента – 10.4; холодное поудогие – реальные данные – 36.2, тренд+фон – 23.8, случайная компонента – 12.3. Доля компонент тренд+фон и случайных составляющих для различных периодов года соответственно равна: год – 83.4 % и 16.6%, теплое полугодие – 80.1 % и 19.9 %, холодное полугодие – 65.6 % и 34.1 % .

На рис. 4 представлены кривые внутригодового хода среднемесячных значений КПО в 1984-2012 гг, осредненных по четырем семигодовым периодам времени (первый период – 8 лет). Как следует из этого рисунка, второй период (1992-1998 гг) резко отличается от остальных трех максимумом КПО в марте месяце. Последний период (2006-2012 гг) характеризуется двумя экстремумами КПО, в апреле и июле. Значения КПО

для указанных периодов времени в среднем в год составляли: 1 период – 39.2, 2 период – 57.1, 3 период – 44.8, 4 период – 36.8. То есть, в последние семь лет, несмотря на рост в последние годы, значения КПО в Тбилиси самые низкие по сравнению с предыдущими периодами.

Наконец, на рис. 5-6, представлены кривые динамики (скорость и ускорение) изменчивости КПО в Тбилиси в разные периоды года. Как следует из рис. 5, с наибольшей скоростью и ускорением концентрация озона в Тбилиси растет в последние три года. Длительный период с отрицательными скоростями изменения КПО в Тбилиси наблюдался в 1997-2007 гг. В целом, судя по характеру изменчивости КПО в Тбилиси, долговременное прогнозирование этой изменчивости будет весьма проблематичным. Поэтому весьма важно продолжение мониторинга концентрации приземного озона с целью накопления новых данных, а также контроля качество воздуха в Тбилиси.

### ლიტერატურა-REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. EPA (U.S. Environmental Protection Agency), National Air Pollutant Emissions Trends, 1900-1995, EPA-454/R-96-007, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, N.C., 1996.
2. Amiranashvili A., Chikhladze V., Bliadze T. - Contemporary State of a Question About the Action of Photochemical Smog and Surface Ozone on Human Health. Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, vol. LXII, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2010, pp. 177-188, (in Russian).
3. ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ. – ფოტოქიმიური სმოგი თბილისში. მონოგრაფია, ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXIII, თბილისი, 2012, 160 გვ.
4. Kharchilava D., Amiranashvili A., Amiranashvili V., Chikhladze V., Gabedava V. - Long-term Variations of Atmospheric Ozone in Georgia and Their Connection with Human Health. Proc. 1<sup>st</sup> Int. Conf. on Ecology and Environmental Management in Caucasus, Tbilisi, Georgia, October 6-7, 2001, pp. 80-82.
5. Amiranashvili A.G., Gogua R.A., Matiashvili T.G., Kirkitadze D.D., Nodia A.G., Khazaradze K.R., Kharchilava J.F., Khurodze T.V., Chikhladze V.A. - The Estimation of the Risk of Some Astro-Meteo-Geophysical Factors for the Health of the Population of the City of Tbilisi. Int. Conference “Near-Earth Astronomy 2007” Abstract, Terskol, Russia, 3-7 September 2007.
6. Харчилава Д.Ф., Амиранашвили А.Г. – Исследование вариаций атмосферного озона в Грузии, Результаты исследований по международным геофизическим проектам, Москва, МГК, 1988, 114 с.
7. Amiranashvili A.G. – National Report on Existing and Planned Activities Relating to Ozone Research and the Monitoring. Calibration and Archiving of Measurements; and on UV-B Monitoring and Initiatives Aimed at the Prevention of UV-B and Sun-Related Injuries in Georgia. Report of the 6<sup>th</sup> Meeting of the Ozone Research Managers of the Parties to the Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer, Vienna, Austria, September 19-21, 2005, ISBN 92-63-10992-3, 48, pp. 129-133.
8. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. - Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures. Institute of Geophysics, Monograph, Trans. of M. Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sci., ISSN 1512-1135, Vol. LIX, Tbilisi, 2005, 128 p.
9. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Gzirishvili T., Gunia G., Intskirveli L., Kharchilava J.- Variations of the Weight Concentrations of Dust, Nitrogen Oxides, Sulphur Dioxide and Ozone in the Surface Air in Tbilisi. Proc. 15<sup>th</sup> Int. Conf. on Nucleation and Atmospheric Aerosols, Rolla, Missouri, USA, 2000, August, 6-11, AIP, Conference Proc., vol. 535, Melville, New York, 2000, pp. 793-795.
10. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Kharchilava J.F., Buachidze N.S., Intskirveli L.N. - Variations of the Weight Concentrations of Dust, Nitrogen Oxides, Sulphur Dioxide and Ozone in the Surface Air in Tbilisi in 1981-2003. Proc. 16<sup>th</sup> International Conference on Nucleation & Atmospheric Aerosols, Kyoto, Japan, 26-30 July 2004, pp. 678-681.
11. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Chikhladze V., Kharchilava J., Kartvelishvili L. - The statistical analysis of average seasonal, semi-annual and annual values of surface ozone concentration in Tbilisi in 1984-2003. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 12B, Tbilisi, 2008, pp. 45 – 48.
12. Amiranashvili A., Bliadze T., Kirkitadze D., Nikiforov G., Nodia A., Kharchilava J., Chankvetadze A., Chikhladze V., Chochishvili K., Chkhaidze G. - Some Preliminary Results of the Complex Monitoring of Surface Ozone Concentration (SOC), Intensity of Summary Solar Radiation and Sub-Micron Aerosols Content in Air in

- Tbilisi in 2009-2010. Transactions of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, vol. LXII, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2010, pp. 189-196, (in Russian).
13. Kobisheva N., Narovlianski G. - Climatological processing of the meteorological information, Gidrometeoizdat, Leningrad, 1978, 294 p., (in Russian).
14. Kendall M.G. - Time-series, Moscow, 1981, 200 p., (in Russian).

უკ 546.214:551.51

**მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის ცვალებადობის თავისებურებები თბილისში 1984-2012 წწ.** / ხარჩილავა ჯ., ჩიხლაძე ვ., ჩოჩიშვილი კ., ჩხაიძე გ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. -ტ. 119. - გვ.106-109- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

გამოკვლეულია მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის (მოკ) საშუალო წლიური, ნახევარწლიური და თვიური მნიშვნელობების ცვალებადობის სტატისტიკური სტრუქტურა თბილისში 1984-2012 წწ. გამოყოფილია მოკ-ის საშუალო წლიური და ნახევარწლიური მნიშვნელობების დროითი რიგების ტრენდები (მეოთხე რიგის პოლინომები) და შემთხვევითი მდგენელები. ჩატარებულია დროის აღნიშნულ პერიოდში მოკ-ის საშუალო წლიური და ნახევარწლიური მნიშვნელობების ცვლილების ყოველწლიური სიჩქარის ანალიზი. შესწავლილია მოკ-ის საშუალოთვიური მნიშვნელობების ცვალებადობის თავისებურებები შვიდწლიანი პერიოდებისათვის.

UDC 546.214:551.51

**SPECIAL FEATURES OF THE CHANGEABILITY OF SURFACE OZONE CONCENTRATION IN TBILISI IN 1984-2012** /Kharchilava J., Chikhladze V., Chochishvili K., Chkhaidze G./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. - т.119. – pp.106-109 . - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The statistical structure of the changeability of the mean annual, half year and monthly values of the surface ozone concentration (SOC) in Tbilisi in 1984-2012 is investigated. Trends (polynomials of the fourth power) and random components of time series of mean annual and half year values of SOC are eliminated. The analysis of yearly rates of change of speed of a mean annual and half year values SOC in the indicated period of time is carried out. The special features of the changeability of average monthly values of SOC on the seven-year-old periods of time are studied.

УДК 546.214:551.51

**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В ТБИЛИСИ В 1984-2012 ГГ.** / Харчилава Д.Ф., Чихладзе В.А., Чочишвили К.М., Чхаидзе Г.П./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119. – с.106-109 . – Рус .; Рез. Груз., Анг., Рус.

Исследована статистическая структура изменчивости средних годовых, полугодовых и месячных значений концентрации приземного озона (КПО) в Тбилиси в 1984-2012 гг. Выделены тренды (полиномы четвертой степени) и случайные составляющие временных рядов среднегодовых и полугодовых значений КПО. Проведен анализ ежегодных скоростей изменения средних годовых и полугодовых значений КПО в указанный период времени. Изучены особенности изменчивости среднемесячных значений КПО по семилетним периодам времени.

УДК 551.594(061.6)

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕГКИХ ИОНОВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ВОЗДУХА ГОРОДА ТБИЛИСИ В 2010-2011 ГГ.

Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никифоров Г.В., Чанкветадзе А.Ш.

Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили

### Введение

Содержание легких ионов в атмосфере во многих отношениях определяет экологическое состояние среды и не только непосредственно влияет на самочувствие человека, но и является индикатором чистоты воздуха в аспекте загрязнения его аэрозолями. Поэтому важность исследования содержания легких ионов в атмосфере известна [1,2]. Работы по изучению параметров атмосферного электричества (включая содержание в атмосфере легких ионов, электропроводность воздуха) в Грузии проводятся несколько десятков лет. Так, эти работы включали в себя самолетные исследования содержания ионов в нижней тропосфере и облаках [3,4], динамику электропроводности воздуха в Душети [5], изучение связей электропроводности воздуха с землетрясениями [6,7], экологические аспекты содержания в воздухе легких ионов [8-10], изучение лечебного потенциала карстовых пещер и курортов с точки зрения ионотерапии [11-13] и др.

В последние несколько лет начались регулярные исследования содержания легких ионов в Тбилиси как экологического фактора чистоты атмосферы [14]. В частности, было изучено пространственное распределение легких ионов на территории г. Тбилиси и построена карта этого распределения [14]. Выявлено, что интенсификация естественной ионизацией (радон, гамма излучение, космические лучи) аэрозольного загрязнения атмосферы в условиях Тбилиси настолько сильна (Тбилисский тип смога), что это приводит также к ухудшению качества воздуха и в аспекте его ионного состава. В целом Тбилисский тип смога характеризуется невозможной в естественных условиях обратной связью содержания радона, гамма-радиации и космического излучения с концентрацией легких ионов в воздухе, вызванной образованием вторичных аэрозолей в количестве, которое в совокупности с первичными частицами способно присоединять к себе больше ионов, чем их образует при ионизации [14,15]. Данная работа является продолжением указанных исследований.

### Методика

Содержание легких ионов в атмосфере измерялось с использованием прибора типа Гердиена, 4 раза в день, в 9, 12, 15 и 18 час (в зимнее время – в 17 час). Указанные измерения проводились на высоте 3 этажа термобарокамеры (8 метров над уровнем почвы, 41.754° с.ш., 44.927° в.д, высота 450 м над ур. моря). В работе приводятся данные о суммарной концентрации легких ионов  $N(+/-)$ .

### Результаты

Результаты исследований приведены в таблице и рис. 1-3.

В таблице приведены статистические характеристики концентрации легких ионов в Тбилиси в 2010-2011 гг. для трех периодов года – год, холодное (октябрь-март) и теплое (апрель-сентябрь) полугодия.

Годовые данные. Средняя концентрация легких ионов менялась от 906 см<sup>-3</sup> в 9 час, до 1063 см<sup>-3</sup> в 15 час, при среднем значении 991 см<sup>-3</sup>; минимальное значение  $N(+/-)$  составляло 215 см<sup>-3</sup>, максимальное 3397 см<sup>-3</sup>; вариационный размах менялся от 2408 см<sup>-3</sup> в 17-18 час до 3268 см<sup>-3</sup> в 15 час при средненежном значении 2247 см<sup>-3</sup>; медианное значение менялось от 860 см<sup>-3</sup> в 9 час до 1032 см<sup>-3</sup> в 15 час при средненежном значении 957 см<sup>-3</sup>; стандартное отклонение – от 408 см<sup>-3</sup> в 9 час до 445 см<sup>-3</sup> в 17-18 час при средненежном значении 355 см<sup>-3</sup>; коэффициент вариации – от 42 % в 15 час до 45 % в 9 час при средненежном значении 36 %. Максимум  $N(+/-)$  наблюдался в 15 часов.

Линейная корреляция между средненежными концентрациями легких ионов и их часовыми значениями достаточно высокая для всех периодов года. Значения коэффициентов асимметрии и эксцесса указывают на то, что функции распределения концентрации легких ионов не являются нормальными и имеют правую асимметрию для всех периодов года.

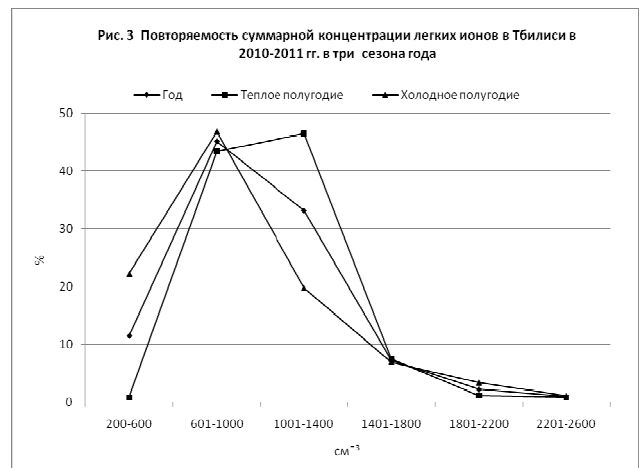
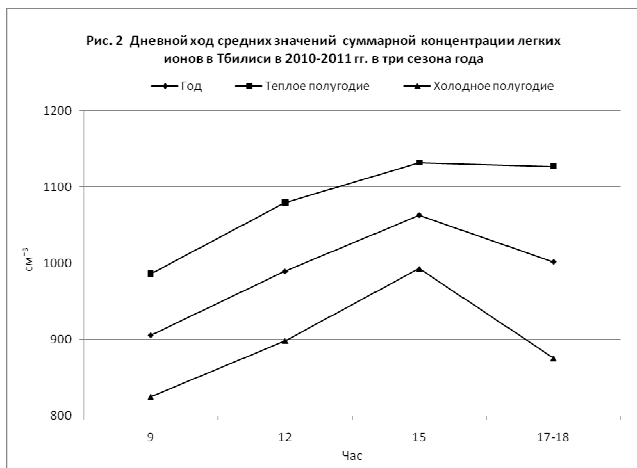
Теплый период. Средняя концентрация легких ионов менялась от 986 см<sup>-3</sup> в 9 час, до 1132 см<sup>-3</sup> в 15 час, при среднем значении 1081 см<sup>-3</sup>; минимальное значение  $N(+/-)$  составляло 344 см<sup>-3</sup>, максимальное – 2881 см<sup>-3</sup>; вариационный размах менялся от 2150 см<sup>-3</sup> в 12 и 17-18 час до 2537 см<sup>-3</sup> в 9 час при средненежном значении 1828 см<sup>-3</sup>; медианное значение менялось от 946 см<sup>-3</sup> в 9 час до 1075 см<sup>-3</sup> в 15 и 17-18 час при средненежном значении 1054 см<sup>-3</sup>; стандартное отклонение – от 333 см<sup>-3</sup> в 9 час до 373 см<sup>-3</sup> в 17-18 час при средненежном значении 265 см<sup>-3</sup>; коэффициент вариации – от 31 % в 12 час до 34 % в 9 час при средненежном значении 25 %. Максимум  $N(+/-)$  наблюдался в 9 часов.

**Таблица. Статистические характеристики суммарной концентрации легких ионов в приземном слое воздуха в Тбилиси в 2010-2011 гг.**

| Время, час.              | 9                                   | 12   | 15   | 17-18 | 9 - 18 |
|--------------------------|-------------------------------------|------|------|-------|--------|
| Сезон                    | Год                                 |      |      |       |        |
| Среднее                  | 906                                 | 989  | 1063 | 1002  | 991    |
| Минимум                  | 215                                 | 215  | 129  | 129   | 269    |
| Максимум                 | 3053                                | 2795 | 3397 | 2537  | 2516   |
| Вар. размах              | 2838                                | 2580 | 3268 | 2408  | 2247   |
| Медиана                  | 860                                 | 946  | 1032 | 946   | 957    |
| Мода                     | 774                                 | 903  | 946  | 731   | 946    |
| Станд. откл.             | 408                                 | 431  | 441  | 445   | 355    |
| Станд. ошибка            | 15                                  | 16   | 16   | 17    | 13     |
| Коэфф. вар., %           | 45                                  | 44   | 42   | 44    | 36     |
| 95% (+/-)                | 30                                  | 32   | 32   | 32    | 26     |
| Коэфф. ассим.            | 1.5                                 | 1.2  | 0.9  | 0.7   | 0.9    |
| Коэфф. эксцесса          | 3.6                                 | 2.3  | 1.8  | 0.4   | 1.7    |
| Вар. размах /средн., %   | 313                                 | 261  | 307  | 240   | 227    |
| Корреляция с (9-18) час. | 0.77                                | 0.85 | 0.83 | 0.82  | 1      |
| Сезон                    | Теплое полугодие, апрель - сентябрь |      |      |       |        |
| Среднее                  | 986                                 | 1080 | 1132 | 1127  | 1081   |
| Минимум                  | 344                                 | 430  | 387  | 344   | 505    |
| Максимум                 | 2881                                | 2580 | 2752 | 2494  | 2333   |
| Вар. размах              | 2537                                | 2150 | 2365 | 2150  | 1828   |
| Медиана                  | 946                                 | 1032 | 1075 | 1075  | 1054   |
| Мода                     | 774                                 | 903  | 946  | 1075  | 1172   |
| Станд. откл.             | 333                                 | 337  | 371  | 373   | 265    |
| Станд. ошибка            | 18                                  | 18   | 19   | 20    | 14     |
| Коэфф. вар., %           | 34                                  | 31   | 33   | 33    | 25     |
| 95% (+/-)                | 34                                  | 35   | 38   | 38    | 27     |
| Коэфф. ассим.            | 1.5                                 | 1.1  | 1.1  | 0.7   | 1.2    |
| Коэфф. эксцесса          | 4.6                                 | 2.5  | 2.4  | 0.6   | 3.0    |
| Вар. размах /средн., %   | 257                                 | 199  | 209  | 191   | 169    |
| Корреляция с (9-18) час. | 0.67                                | 0.76 | 0.78 | 0.76  | 1      |
| Сезон                    | Холодное полугодие, октябрь - март  |      |      |       |        |
| Среднее                  | 825                                 | 899  | 993  | 876   | 901    |
| Минимум                  | 215                                 | 215  | 129  | 129   | 269    |
| Максимум                 | 3053                                | 2795 | 3397 | 2537  | 2516   |
| Вар. размах              | 2838                                | 2580 | 3268 | 2408  | 2247   |
| Медиана                  | 688                                 | 774  | 903  | 774   | 817    |
| Мода                     | 602                                 | 645  | 774  | 731   | 742    |
| Станд. откл.             | 457                                 | 493  | 494  | 476   | 408    |
| Станд. ошибка            | 24                                  | 26   | 26   | 25    | 21     |
| Коэфф. вар., %           | 55                                  | 55   | 50   | 54    | 45     |
| 95% (+/-)                | 47                                  | 51   | 51   | 49    | 42     |
| Коэфф. ассим.            | 1.8                                 | 1.5  | 1.0  | 1.1   | 1.2    |
| Коэфф. эксцесса          | 3.9                                 | 2.7  | 1.6  | 1.1   | 1.8    |
| Вар. размах /средн., %   | 344                                 | 287  | 329  | 275   | 249    |
| Корреляция с (9-18) час. | 0.81                                | 0.88 | 0.86 | 0.82  | 1      |

Холодный период. Средняя концентрация легких ионов менялась от 825 см<sup>-3</sup> в 9 час, до 993 см<sup>-3</sup> в 15 час, при среднем значении 901 см<sup>-3</sup>; минимальное значение N(+/-) составляло 215 см<sup>-3</sup>, максимальное - 3397 см<sup>-3</sup>; вариационный размах менялся от 2408 см<sup>-3</sup> в 17-18 час до 3268 см<sup>-3</sup> в 15 час при средненежном значении 2247 см<sup>-3</sup>; медианное значение менялось от 688 см<sup>-3</sup> в 9 час до 903 см<sup>-3</sup> в 15 час при средненежном значении 817 см<sup>-3</sup>; стандартное отклонение – от 457 см<sup>-3</sup> в 9 час до 494 см<sup>-3</sup> в 15 час при сред-

недневном значении  $408 \text{ см}^{-3}$ ; коэффициент вариации – от 50 % в 15 час до 55 % в 9 и 12 час при среднедневном значении 45 %. Максимум N(+/-) наблюдался в 15 часов.



На рис. 1 приведен временной ход среднемесячные значений концентрации легких ионов в Тбилиси за двухлетний период измерений. Как следует из этого рисунка, максимальная концентрация ионов наблюдалась в апреле 2011 года ( $1292 \text{ см}^{-3}$ ), минимальная – в декабре 2010 года ( $619 \text{ см}^{-3}$ ).

На рис. 2 представлены данные о дневном ходе средних значений суммарной концентрации легких ионов в Тбилиси в три периода года. Как следует из этого рисунка максимальные концентрации легких ионов наблюдаются в 15 час, - минимальные – в 9 час.

На рис. 3 представлены эмпирические функции распределения концентрации легких ионов в Тбилиси в три сезона года. Как видно из этого рисунка, максимум распределения концентрации легких ионов по данным за год и холодное полугодие приходится на диапазон  $601-1000 \text{ см}^{-3}$  (45.1 % и 46.8 % соответственно), а для теплого полугодия – на диапазон  $1001-1400 \text{ см}^{-3}$  (43.4 %).

В работе [14] было отмечено, что при среднедневной суммарной концентрации легких ионов менее  $600 \text{ см}^{-3}$  (очень загрязненная атмосфера) в Тбилиси по данным вызовов скорой медицинской помощи наблюдался рост госпитализации пациентов. За исследуемый период времени таких дней было около 80.

Работа выполнена с использованием данных, полученных при реализации гранта GNSF/ST08/5-437.



ლიტერატურა-REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. Tammet, H. - Atmospheric Ions, Proc. 12<sup>th</sup> Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles, France, 9-13 June, 2003, vol.1, pp. 275-178.
2. Sheftel, V.M., Chernishev A.K. Chernisheva S.P. - Air conductivity and atmospheric electric field as an indicator of anthropogenic atmospheric pollution. Proc. 9th Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Russia, St. Petersburg, vol.3, 15-19 June, 1992, pp. 588-590.
3. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Хунджа Т.Г. – Некоторые характеристики распределения ионной концентрации и активности короткоживущих индукций радона над территорией Грузии. Сообщ. АН ГССР, "Мецниереба", 73, N 3, 1974, с. 489-591.
4. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г.- К вопросу о распределении легких ионов в кучевых облаках. Тр. Ин-та геофизики АН ГССР, т. 44, "Мецниереба", Тбилиси, 1978, с. 87-98 .
5. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A, Kalaijeva L.L., Karauli N.D., Khunjua A.T., Nodia A.G., Vachnadze J.I. – Characteristics of Air Conductivity in Dusheti. Proc. 12<sup>th</sup> Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles, France, 9-13 June , vol.1, 2003, pp. 353-356.
6. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Gambashidze R.A., Khunjua A.T., Nodia A.G. – Preliminary Results of Investigations of Variations of Atmospheric Electric Parameter Peculiarities Over Tectonic Fractures and During Earthquakes. Proc. 12<sup>th</sup> Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles, France, 9-13 June , vol.1, 2003, pp. 403-406.
7. Amiranashvili A., Matiashvili T., Nodia A., Khunjua A., Chikhladze V. – Connection of Soil Radon and Air Electrical Conductivity with the Earthquakes. Proc. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 60, Tbilisi, 2008, pp. 195 – 201 (in Russian).
8. Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V. - Assumed Ecological Consequences of Forest Fire in the Natural Preserve of Borjomi – Kharagauli During August 2008. Papers of the Int. Conference International Year of the Planet Earth "Climate, Natural Resources, Disasters in the South Caucasus", Trans. of the Institute of Hydrometeorology, vol. No 115, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 18 – 19 November, 2008, pp. 291 – 298, (in Russian).
9. Amiranashvili A., Bliadze T., Melikadze G., Tarkhan-Mouravi I., Chikhladze V. - Content of Light Aeroions as Factor of the Air Purity of Some Health Resorts of Georgia. Modern Problems of Using of Health Resort Resources, Collection of Scientific Works of International Conference, Sairme, Georgia, June 10-13, 2010, ISBN 978-9941-0-2529-7, Tbilisi, 2010, pp. 145-151, (in Russian).
10. Amiranashvili A., Matiashvili T., Nodia A., Nodia Kh., Kharchilava J., Khunjua A., Khurodze T., Chikhladze V. - Air Electrical Conductivity Changeability as the Factor of Atmosphere Purity. Proc. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 60, Tbilisi, 2008, pp. 186 – 194 (in Russian).
11. Амиранашвили А., Джишқариани Д., Нодия А., Таташидзе З., Сепиашвили Р. – Содержание аэроионов и естественная радиоактивность воздуха в Цхалтубской пещере. АН Грузии, Тбилиси, 1994, 53 с.
12. Amiranashvili A., Lominadze G., Melikadze G., Tsikarishvili , Chikhladze V. – Aero - Ionizing State and Radiological Situation in the Tskaltubo Cave. Proc. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. 60, Tbilisi, 2008, pp. 206 – 212 (in Russian).
13. Saakashvili N.M., Tabidze M.Sh., Tarkhan-Mouravi I.D., Amiranashvili A.G., Melikadze G.I., Chikhladze V.A - To a Question About the Organization of Ionotherapy at the Health Resorts of Georgia. Modern Problems of Using of Health Resort Resources, Collection of Scientific Works of International Conference, Sairme, Georgia, June 10-13, 2010, ISBN 978-9941-0-2529-7, Tbilisi, 2010, pp. 168-174, (in Russian).
14. ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ. – ფოტოქიმიური სმოგი თბილისში. მონოგრაფია, ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXIII, თბილისი, 2012, 160 გვ.
15. Amiranashvili A. - Tbilisi Type of Smog as Attribute of Feedback Effect Between the Air Ionization Intensity and Small Ions Concentration. Proc. of 7th Asia-Pacific Int. Conf. on Lightning, Chengdu, China, November 1-4, 2011, <http://www.apl2011.net/>.

უკ 551.594(061.6)

**ქალაქ თბილისის ჰაერის მიწისპირა ფენაში მსუბუქი იონების კონცენტრაციის გამოკვლევის ზოგიერთი შედეგი 2010-2011 წწ.** / ბლიაძე თ., კირკიტაძე დ., ნიკიფოროვი გ., ჭანკვეტაძე ა./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. -ტ. 119. - გვ.110-114. - რუს.; რუს. ქართ., ინგლ., რუს.

წარმოდგენილია მონაცემები თბილისის ჰაერის მიწისპირა ფენაში 2010-2011 წწ. მსუბუქი იონების ჯამური კონცენტრაციის შესახებ. გაზომვები წარმოებდა გეოფიზიკის ინსტიტუტის თერმობაროკამერის ტერიტორიაზე გერდიენის ტიპის ხელსაწყოთა გამოყენებით ყოველდღიურად ოთხჯერ დღეში (9, 12, 15, 17-18 სთ.). შესწავლილია ატმოსფეროში მსუბუქი იონების კონცენტრაციის თვიური და დღიური სვლა. აგებულია მსუბუქი იონების კონცენტრაციის განაწილების ფუნქცია წლის სხვადასხვა სეზონისათვის.

UDC 551.594(061.6)

**SOME RESULTS OF THE ANALYSIS OF LIGHT IONS CONCENTRATION IN SURFACE BOUNDARY LAYER OF TBILISI IN 2010-2011** / Bliadze T., Kirkitadze D., Nikiforov G., Chankvetadze A./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. - т.119. – pp. 110-114. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The data about the content of light ions in surface boundary layer of Tbilisi city in 2010-2011 yr. are represented. Measurements on the territory of the thermobaric chamber of the institute of geophysics with the use of a Gerdien's type instrument four times during the day every day (9, 12, 15 and 17-18 hours) in 2010-2011 yr. were conducted. The monthly and daily behavior of the concentration of light ions in the atmosphere is studied. The functions of the distribution of the concentration of light ions for different seasons of year are given.

УДК 551.594(061.6)

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛЕГКИХ ИОНОВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ВОЗДУХА ГОРОДА ТБИЛИСИ В 2010-2011 ГГ.** / Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никифоров Г.В., Чанкветадзе А.Ш./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119. – с. 110-114 . – Рус. ; Рез. Груз., Англ., Рус.

Представлены данные о суммарной концентрации легких ионов в приземном слое воздуха в Тбилиси в 2010-2011 гг. Измерения проводились на территории термобарокамеры института геофизики с использованием прибора типа Гердиена в 2010-2011 гг. ежедневно по четыре раза в день (9, 12, 15 и 17-18 час.). Изучен месячный и дневной ход концентрации легких ионов в атмосфере. Построены функции распределения концентрации легких ионов для различных сезонов года.

შპს 551. 521.

## წაყინვების ზოგიერთი თავისებურება კახეთში

ჯ.ვანხაძე, ც.დიასამიძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

სოფლის მეურნეობის მეტეოროლოგიური მომსახურების ერთერთ ძირითად ამოცანას წარმოადგენს გვიანი გაზაფხულისა და ადრეული შემოდგომის საშიში წაყინვების კლიმატოლოგიური კვლევა.

წაყინვებისაგან ძვირფასი ტექნიკური კულტურების დაცვის ზომებმა შეიძლება აამაღლოს მათი მოსავლიანობა და უფრო მეტიც ექსტრემალურ მეტეოროლოგიურ პირობებში განადგურებისაგან იხსნას მოსავალი. აქედან გამომდინარე გვიანი გაზაფხულისა და ადრეული შემოდგომის წაყინვების გენეზისის ხანგრძლივობისა და ინტენსივობის შესწავლა კახეთის ზონაში მიზნად ისახავს ისეთი მნიშვნელოვანი პრობლემების გადაჭრას, როგორცაა დაბალი ტემპერატურების მიმართ გამძლე ახალი ტექნიკური კულტურების გამოყვანა-რაც მნიშვნელოვნად გაზრდის მათი გავრცელების არეალს. ცირკულაციური და რადიაციული ფაქტორების გათვალისწინება, თესვის და მორწყვის ვადების კორექტირება ხელს შეუწყობს კონკრეტული ნაკვეთების უფრო რაციონალურად გამოყენებას, მაღალი მოსავლის მიღებას და ადებას.

კახეთის რეგიონისათვის წაყინვების შესახებ ფაქტიური მასალა მოცემულია მრავალრიცხოვან ცნობარებში. ამ მასალის დეტალური ანალიზი დაგეგმარება ჩვენი კვლევის შესრულებაში. დასკვნები ძირითადად მიღებულია სამი მეტეოროლოგიური სადგურის-თელავი, ყვარელი, გურჯაანი დაკვირვების მასალების ანალიზის საფუძველზე. თუ გავითვალისწინებთ, რომ დაახლოებით 1000 მეტრი სიმაღლის ზევით მკვეთრად მცირდება მოსახლეობის სიმჭიდროვე და სახნავ-სათესი სავარგულების ფართობი, შეიძლება გარკვეული დაშვებით ვივარაუდოთ, რომ შევძელით მოგვეცვა კახეთის უმეტესი ნაწილი.

როგორც წესი, წაყინვების ქვეშ იგულისხმება გაზაფხულზე ან შემოდგომაზე, როდესაც ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურა დადებითია, ტემპერატურის ხანმოკლე დაცემა 0°C-ზე დაბლა მეტეოროლოგიურ ბუდრუგანის მონაცემების მიხედვით.

კახეთის რეგიონს უკავია საქართველოს ტერიტორიის უკიდურესი აღმოსავლეთი ნაწილი. აღნიშნული რეგიონი ხასიათდება რთული ოროგრაფიით, განსხვავებული მცენარეული საფარითა და ვერტიკალური გრადიენტით შირაქის ველიდან კავკასიონის ქედის მარადთოვლიან მწვერვალებამდე. ჩრდილოეთით მთავარი კავკასიონის ქედის არსებობა საიმედოთ იცავს აღნიშნულ რეგიონს უშუალოდ ჩრდილოეთიდან ჰაერის ცივი მასების შემოჭრისაგან.

თავისი წარმოშობის მიხედვით წაყინვები იყოფა ადვექციურ, რადიაციულ და ადვექციურ-რადიაციულ ტიპებად. იმის მიხედვით თუ როგორია სინოპტიკური პროცესების თავისებურება, წაყინვების განსხვავებული ტიპები სხვადასხვა ალბათობით ფიქსირდება სეზონების მიხედვით. მოკლედ განვიხილოთ საქართველოში ძირითადად გავრცელებული სინოპტიკური პროცესები და მათი თავისებურებები.

ცირკულაციური პროცესები საქართველოში ხასიათდება მასშტაბურობით და რიგი თავისებურებებით. რადგან კახეთის რეგიონი არ მოიცავს დიდ ფართობს უფრო მართებული იქნება ვიმსჯელოთ აღმოსავლეთ საქართველოს მაგალითზე. სინოპტიკური პროცესების მთელი მრავალფეროვნება პირობითად შეიძლება დაიყოს სამ ძირითად ტიპად. ზონალური პროცესები (აღმოსავლეთის და დასავლეთის მდგენელით); მერიდიონალური პროცესები (უპირატესად ჩრდილოეთის და სამხრეთის მიმართულებით); ანტიციკლონური მდგომარეობა.

ზონალური პროცესები დასავლეთიდან იწვევს ჰაერის ტემპერატურის და სინოტივის მატებას, ქარის სიჩქარის გაძლიერებას, ზაფხულში მთის ფერდობებზე ნალექების მომატებას კახეთში, ამიტომ ჩვენთვის საშიში და საინტერესო არ არის.

თუ პროცესი აღმოსავლეთიდან ვითარდება, მაშინ ადგილი აქვს ციმბირის ანტიციკლონის სამხრეთ-დასავლეთის ღარის გაძლიერებას, ჰაერის ცივი მასების გადატანას აღმოსავლეთიდან-დასავლეთის მიმართულებით, ქარის სიჩქარის ზრდას და ა.შ.

მერიდიანული პროცესების შემთხვევაში მთავარი კავკასიონის ქედი საიმედოდ იცავს კახეთის რეგიონს ჰაერის ცივი მასების შემოჭრისაგან. რაც შეეხება სამხრეთიდან გადმონაცვლებულ ე.წ. სამხრეთის ციკლონებს, ამ დროს ციკლონების გავრცელება ხდება კასპიის ზღვის

ტერიტორიის გავლით. საკვლევ ტერიტორიაზე ძირითადად იგრძნობა ხმელთაშუა ზღვის აღმოსავლეთ რეგიონებში ჩამოყალიბებული ციკლონების გავლენა. ამ პროცესის დროს წარმოიქმნება ძირითადად ადექციურ-რადიაციული ტიპის წაყინვები.

რაც შეეხება ანტიციკლონარულ მდგომარეობას, ამ დროს საკვლევ ტერიტორიაზე ძირითადად ადგილი აქვს უქარო, მოწმენდილი ცის პირობებს, რომელიც ხელსაყრელია რადიაციული ტიპის წაყინვების გავრცელებისათვის შედარებით დიდ ფართობზე.

მეტეოროლოგიურ ბუდრუგანაში ჰაერის ტემპერატურის 0<sup>0</sup>-ზე ქვემოთ დაცემა ჩვენთვის აღიქმებოდა როგორც წაყინვიანი დღე. დაკვირვების 35 წლის პერიოდში ასეთი დღეები (ანუ შემთხვევათა რიცხვი) იყო თელავში-360; ყვარელში-244 და გურჯაანში-174.

თვეების მიხედვით ეს რიცხვები საშუალოდ შემდეგნაირად ნაწილდება:

**ცხრილი 1. წაყინვების საშუალო თვიური რაოდენობა**

| სადგური  | H, მ | ჯამი | თვე |     |       |      |     |     |
|----------|------|------|-----|-----|-------|------|-----|-----|
|          |      |      | III | IV  | . . . | IX   | X   | XI  |
| თელავი   | 562  | 360  | 6.3 | 0.9 |       |      | 0.2 | 2.8 |
| ყვარელი  | 449  | 244  | 5.9 | 0.3 |       |      | 0.3 | 3.2 |
| გურჯაანი | 415  | 174  | 3.7 | 0.5 |       | 0.03 | 0.2 | 0.7 |

წაყინვების გაზრდილი რაოდენობა გურჯაანთან შედარებით შეიძლება აიხსნას სიმაღლეში სხვაობით და გურჯაანში ოროგრაფიის თავისებურებით (შედარებით გაშლილი ადგილი).

გარდა წაყინვიან დღეთა რიცხვის რაოდენობისა, მცენარეთა დაზიანების ხარისხი დამოკიდებულია მისი განვითარების ფაზაზე და წაყინვის ინტენსივობაზე. მცენარეთა განვითარების ფაზა სეზონების მიხედვით ყოველ წელს იცვლება. რაც შეეხება წაყინვების ინტენსივობის მიხედვით განაწილებას სათანადო მასალა მოგვყავს ცხრილში №2.

**ცხრილი 2. წაყინვების ინტენსივობა სადგურების მიხედვით**

| თელავი  |       |     |    |   |     | ყვარელი |       |     |    |   |    | გურჯაანი |       |     |    |    |   |    |
|---------|-------|-----|----|---|-----|---------|-------|-----|----|---|----|----------|-------|-----|----|----|---|----|
| გრადუსი |       | თვე |    |   |     | გრადუსი |       | თვე |    |   |    | გრადუსი  |       | თვე |    |    |   |    |
| დან     | მდე   | III | IV | X | XI  | დან     | მდე   | III | IV | X | XI | დან      | მდე   | III | IV | IX | X | XI |
| 0.0     | -0.9  | 104 | 22 | 8 | 46  | 0.0     | -0.9  | 67  | 4  | 3 | 38 | 0.0      | -0.9  | 57  | 10 | 1  | 4 | 6  |
| -1.0    | -1.9  | 64  | 4  |   | 27  | -1.0    | -1.9  | 47  | 1  | 3 | 19 | -1.0     | -1.9  | 36  | 2  |    | 3 | 7  |
| -2.0    | -2.9  | 28  | 1  |   | 17  | -2.0    | -2.9  | 20  | 1  | 1 | 11 | -2.0     | -2.9  | 19  | 1  |    | 1 | 5  |
| -3.0    | -3.9  | 19  | 1  |   | 8   | -3.0    | -3.9  | 6   | 1  | 1 | 11 | -3.0     | -3.9  | 6   | 2  |    |   | 4  |
| -4.0    | -4.9  | 6   | 1  |   | 2   | -4.0    | -4.9  | 6   |    |   | 1  | -4.0     | -4.9  | 6   | 1  |    |   | 1  |
| -5.0    | -10.0 | 1   | 1  |   |     | -5.0    | -10.0 | 2   | 1  |   |    | -5.0     | -10.0 | 2   |    |    |   |    |
| Σ       |       | 222 | 30 |   | 100 | Σ       |       | 148 | 8  | 8 | 80 | Σ        |       | 126 | 16 | 1  | 8 | 23 |

როგორც ცხრილის ანალიზიდან შეიძლება დავასკვნათ, წაყინვების უდიდესი რაოდენობა არ არის ინტენსიური, შემთხვევათა 50%-ის დროს, ჰაერის ტემპერატურის დაცემა არ ხდება -2.0<sup>0</sup>-ზე დაბლა.

ასევე საინტერესოა წაყინვიან დღეთა რიცხვის და მათი საშუალოდან გადახრის ალბათობის ცოდნა. სათანადო სიდიდეები მოგვყავს ცხრილებში 3 და 4.

**ცხრილი 3. წაყინვიან დღეთა რიცხვის უზრუნველყოფა (%)**

| სადგური  | უზრუნველყოფა |    |    |    |    |    |    |
|----------|--------------|----|----|----|----|----|----|
|          | 5            | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 |
| თელავი   | 21           | 17 | 14 | 11 | 5  | 2  | 1  |
| ყვარელი  | 21           | 17 | 12 | 9  | 4  | 2  | 1  |
| გურჯაანი | 15           | 10 | 8  | 4  | 2  | -  | -  |

**ცხრილი 4. საშუალოდან გადახრის ალბათობა (დღე)**

| სადგური  | ალბათობა |    |    |     |      |
|----------|----------|----|----|-----|------|
|          | ±2       | ±6 | ±9 | ±12 | > 12 |
| თელავი   | 37       | 40 | 11 | 6   | 6    |
| ყვარელი  | 24       | 36 | 36 | 4   | -    |
| გურჯაანი | 51       | 49 | -  | -   | -    |

გარდა ინტენსივობისა, მცენარეებისათვის საშიშაა წაყინვები, რომლებიც გრძელდება რამდენიმე დღის განმავლობაში. სათანადო მონაცემები მოყვანილია ცხრილში №5.

**ცხრილი 5. წაყინვების ხანგრძლივობა (დღე)**

| სადგური  | ხანგრძლივობა |    |    |   |   |   |   |   |   |
|----------|--------------|----|----|---|---|---|---|---|---|
|          | 1            | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| თელავი   | 52           | 28 | 12 | 4 | 2 | 1 | 1 | - | - |
| ყვარელი  | 55           | 22 | 13 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | - |
| გურჯაანი | 61           | 23 | 8  | 3 | 4 | 1 | - | - | - |

ამ ცხრილის ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ წაყინვების ნახევარზე მეტი არის ეპიზოდური, ერთ დღეზე მეტ ხანს არ გრძელდება, ხოლო ორდღიანი წაყინვების რაოდენობა მერყეობს 77-დან 84%-ის ფარგლებში.

წაყინვების ეპიზოდურობაზე წარმოდგენას გვაძლევს კიდევ ერთი მახასიათებელი, სადაც გამოთვლილია 4 ჯერადი დაკვირვების შემთხვევაში რამდენიმე ვადა ადასტურებს წაყინვის ფაქტს (ცხრ 6). ამ ცხრილის მოკლე ანალიზი საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ შემთხვევათა ერთი მესამედი ეპიზოდურია, მათი ფიქსირება არ ხდება ერთი ვადის დაკვირვების დროსაც კი. 70-76% შემთხვევაში წაყინვების ფაქტს ადასტურებს მხოლოდ ერთი ვადის მონაცემი. შემთხვევათა მხოლოდ 1% აფიქსირებს შედარებით ხანგრძლივ წაყინვის ფაქტს, კერძოდ დაკვირვების სამი ვადის მონაცემი დღე-ღამის განმავლობაში.

**ცხრილი 6. წაყინვების შემთხვევაში უარყოფითი ტემპერატურების განმეორებადობა დაკვირვების ვადების მიხედვით (%)**

| სადგური  | ვადა |    |    |   |
|----------|------|----|----|---|
|          | 0    | 1  | 2  | 3 |
| თელავი   | 42   | 30 | 27 | 1 |
| ყვარელი  | 43   | 33 | 23 | 1 |
| გურჯაანი | 35   | 35 | 29 | 1 |

მოკლედ განვიხილავთ სხვადასხვა ტიპის წაყინვებისათვის დამახასიათებელ ამინდის პირობებს. ადვექციური ტიპის წაყინვებისათვის დამახასიათებელია ქარის სიჩქარის ზრდა, 2 მ/წმ და მეტი, ტემპერატურის საგრძნობი დაცემა დროის მცირე მონაკვეთში, მოღრუბლულობა 5-6 ბალი და მეტი და ა. შ. ეს პირობები, როგორც წესი დამახასიათებელია ჰაერის ცივი ფრონტის გადაადგილების დროს.

რადიაციული ტიპის წაყინვები დაიშორება მოწმენდილი ცის პირობებში, უქარო ამინდის შემთხვევაში, როგორც წესი მზის ამოსვლის წინ. წაყინვების დანარჩენი შემთხვევები მივაკუთვნეთ ე.წ. შერეულ ანუ ადვექციურ-რადიაციულ ტიპს. სადგურების მიხედვით ამ ტიპის წაყინვების განმეორებადობის მონაცემები მოგვყავს სათანადო ცხრილში.

**ცხრილი 7. სხვადასხვა ტიპის წაყინვების განმეორებადობა კახეთში**

| სადგური  | წაყინვის ტიპი |            |                      |
|----------|---------------|------------|----------------------|
|          | ადვექციური    | რადიაციული | ადვექციურ-რადიაციული |
| თელავი   | 28            | 42         | 30                   |
| ყვარელი  | 45            | 30         | 25                   |
| გურჯაანი | 52            | 18         | 30                   |

ამ ცხრილის ანალიზი რამდენიმე საინტერესო დასკვნის გაკეთების საშუალებას იძლევა. რადიაციული ტიპის წაყინვები ყველაზე იშვიათად გურჯაანში გვხვდება, მხოლოდ 18%. აქვე ყველაზე მეტი ალბათობა ადვექციური ტიპის წაყინვებისა-52%. ადვექციურ-რადიაციული ტიპის წაყინვები თითქმის თანაბარი ალბათობით გვხვდება სამივე სადგურზე და ა.შ.

შედარებისათვის მოგვყავს ამ ტიპის წაყინვების ალბათობა მთელი საქართველოსათვის: ადვექციური-43%; რადიაციული-31% და ადვექციურ-რადიაციული-26%.

წაყინების თავისებურებების უფრო სრულად დახასიათების მიზნით შეგვიძლია მოვიყვანოთ სადგურების მიხედვით ქარის და ფარდობითი სინოტივის მიხედვით მათი განაწილების სურათი მოღრუბლულობის განსხვავებულ რეჟიმის დროს (ცხრილი 8÷10).

**ცხრილი 8. წაყინების კომპლექსური მახასიათებლები თელავში**

| ჰაერის ტემპერატურა |      | მოღრუბლულობა |     | ქარის სიჩქარე მ/წმ     |         |     |       |         |     |       |         |     |     |         |     |      |
|--------------------|------|--------------|-----|------------------------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-----|---------|-----|------|
|                    |      |              |     | 0 ÷ 1                  |         |     | 2 ÷ 4 |         |     | 5 ÷ 6 |         |     | >6  |         |     |      |
| დან                | მდე  | დან          | მდე | ფარდობითი სინოტივე (%) |         |     |       |         |     |       |         |     |     |         |     | ჯამი |
|                    |      |              |     | ≤60                    | 61 ÷ 80 | >80 | ≤60   | 61 ÷ 80 | >80 | ≤60   | 61 ÷ 80 | >80 | ≤60 | 61 ÷ 80 | >80 |      |
| 0.0                | -2.0 | 0            | 2   | 4                      | 18      | 16  | 8     | 25      | 2   | 3     | 3       | 1   | 3   | 1       | -   | 84   |
|                    |      | 3            | 7   | 1                      | 11      | 13  | 2     | 9       | 3   | 2     | 3       | -   | 2   | 1       | -   | 47   |
|                    |      | 8            | 10  | 4                      | 12      | 88  | 1     | 10      | 22  | -     | 1       | 7   | 1   | -       | 4   | 150  |
| -2.1               | -5.0 | 0            | 2   | 4                      | 13      | 2   | 3     | 15      | 2   | -     | 3       | -   | -   | 1       | -   | 43   |
|                    |      | 3            | 7   | 1                      | 4       | 1   | 2     | 4       | -   | 1     | -       | -   | 1   | -       | -   | 14   |
|                    |      | 8            | 10  | 2                      | 2       | 11  | 1     | 4       | 2   | -     | -       | -   | -   | -       | -   | 22   |
| ჯამი               |      |              |     | 16                     | 60      | 131 | 17    | 67      | 31  | 6     | 10      | 8   | 7   | 3       | 4   | 360  |

**ცხრილი 9. წაყინების კომპლექსური მახასიათებლები ყვარელში**

| ჰაერის ტემპერატურა |      | მოღრუბლულობა |     | ქარის სიჩქარე მ/წმ     |         |     |       |         |     |       |         |     |     |         |     |      |
|--------------------|------|--------------|-----|------------------------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-----|---------|-----|------|
|                    |      |              |     | 0 ÷ 1                  |         |     | 2 ÷ 4 |         |     | 5 ÷ 6 |         |     | >6  |         |     |      |
| დან                | მდე  | დან          | მდე | ფარდობითი სინოტივე (%) |         |     |       |         |     |       |         |     |     |         |     | ჯამი |
|                    |      |              |     | ≤60                    | 61 ÷ 80 | >80 | ≤60   | 61 ÷ 80 | >80 | ≤60   | 61 ÷ 80 | >80 | ≤60 | 61 ÷ 80 | >80 |      |
| 0.0                | -2.0 | 0            | 2   | 1                      | 19      | 39  | -     | 3       | 5   | 1     | -       | -   | -   | -       | -   | 68   |
|                    |      | 3            | 7   | -                      | 9       | 15  | 2     | 1       | 4   | -     | -       | -   | -   | -       | -   | 31   |
|                    |      | 8            | 10  | -                      | 9       | 73  | -     | 2       | 6   | -     | -       | -   | -   | -       | -   | 90   |
| -2.1               | -5.0 | 0            | 2   | 1                      | 10      | 19  | -     | 3       | 1   | -     | -       | -   | -   | -       | -   | 33   |
|                    |      | 3            | 7   | -                      | 7       | 1   | -     | -       | -   | -     | -       | -   | -   | -       | -   | 8    |
|                    |      | 8            | 10  | -                      | 3       | 9   | -     | -       | 2   | -     | -       | -   | -   | -       | -   | 14   |
| ჯამი               |      |              |     | 2                      | 57      | 156 | 2     | 9       | 18  | 1     | -       | -   | -   | -       | -   | 244  |

**ცხრილი 10. წაყინების კომპლექსური მახასიათებლები გურჯაანში**

| ჰაერის ტემპერატურა |      | მოღრუბლულობა |     | ქარის სიჩქარე მ/წმ     |         |     |       |         |     |       |         |     |     |         |     |      |
|--------------------|------|--------------|-----|------------------------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-----|---------|-----|------|
|                    |      |              |     | 0 ÷ 1                  |         |     | 2 ÷ 4 |         |     | 5 ÷ 6 |         |     | >6  |         |     |      |
| დან                | მდე  | დან          | მდე | ფარდობითი სინოტივე (%) |         |     |       |         |     |       |         |     |     |         |     | ჯამი |
|                    |      |              |     | ≤60                    | 61 ÷ 80 | >80 | ≤60   | 61 ÷ 80 | >80 | ≤60   | 61 ÷ 80 | >80 | ≤60 | 61 ÷ 80 | >80 |      |
| 0.0                | -2.0 | 0            | 2   | 6                      | 12      | 11  | 5     | 2       | 6   | 1     | -       | -   | 1   | -       | -   | 44   |
|                    |      | 3            | 7   | 1                      | 3       | 7   | 2     | 5       | -   | -     | -       | -   | -   | 1       | -   | 19   |
|                    |      | 8            | 10  | 1                      | 3       | 55  | 1     | 1       | 8   | -     | -       | -   | -   | -       | -   | 69   |
| -2.1               | -5.0 | 0            | 2   | 1                      | 5       | 4   | 4     | 5       | -   | -     | 1       | -   | -   | -       | -   | 20   |
|                    |      | 3            | 7   | 2                      | 1       | 4   | 1     | 1       | -   | -     | -       | -   | 1   | -       | -   | 10   |
|                    |      | 8            | 10  | -                      | 2       | 6   | -     | -       | 1   | -     | -       | -   | -   | -       | 1   | 12   |
| ჯამი               |      |              |     | 11                     | 26      | 87  | 13    | 14      | 15  | 1     | 1       | -   | 2   | 1       | 1   | 174  |

ამ ცხრილებიდან თვალნათლივ ჩანს სადგურების მიხედვით წაყინვიან დღეთა რიცხვის ინტენსივობისა და ტიპების მიხედვით განაწილებით.

ჩვენი მსჯელობა არ იქნება სრული, თუ მოკლედ არ შევეხეთ წაყინებისაგან მცენარეთა დაცვის ყველაზე მეტად გავრცელებულ საშუალებებს. მართებული იქნება თუ ამ მეთოდებს გაეყოფთ იმის მიხედვით თუ რა არის ჩვენი მიზანი—შევებრძოლოთ ბუნების ამ მოვლენას ნებისმიერი მატერიალური დანაკარგების ფასად, თუ შევეცადოთ მივიღოთ სასურველი შედეგი მინიმალური მატერიალური და ფინანსური დანახარჯების ფასად. ეს უკანასკნელი უფრო ეკონომისტების კვლევის საგანი შეიძლება იყოს. რაც შეეხება სასურველი შედეგის მიღწევას, ეს შეიძლება მოხერხდეს რამდენიმე მეთოდით.

პირველი, ყველაზე იაფი და ხელმისაწვდომი, როდესაც გამოყენებულია ხეხილის ყინვაგამძლე ჯიშები ან ბოსტნეულის თესვის ოპტიმალური ვადები.

მეორე, როდესაც ვცდილობთ შევამციროთ მიწისპირა ფენის გადაციება, ვსარგებლობთ ხელოვნური დაწვიმების, ზედაპირის გაფხვიერების ან ხელოვნური საფარის გამოყენებით.

მესამე, მცენარეთა დაცვის ინდივიდუალური ზომები, მათი დაფარვა უქსოვადი ქსოვილით, მიწის მიყრა და სხვა.

მეოთხე, როდესაც ვცდილობთ თუნდაც დროის მცირე მონაკვეთში შევიტანოთ სითბოს დამატებითი წყარო, ჩალის ან ფიჩხის დაწვა და ა.შ.

მეხუთე, იშვიათ შემთხვევაში, როცა ადგილი აქვს რადიაციული ტიპის წაყინვებს ჰაერის მიწისპირა ფენის აღრევის, ვერტმფრენის ან თვითმფრინავის პროპელერის დახმარებით.

წარმატების იმედს გვაძლევს ის ფაქტი, რომ წაყინვების უმეტესობა კახეთში ლოკალურია, 60% შემთხვევაში დაიმზირება მხოლოდ ერთ სადგურზე. ასევე 60% წაყინვებისა ეპიზოდურია, დაიმზირება მხოლოდ ერთი დღის განმავლობაში. წაყინვების 50%-ზე მეტი ეპიზოდურია, ფიქსირდება მხოლოდ მეტეოროლოგიურ ბუდრუგანაში  $t_{min}$  თერმომეტრის ჩვენებით.

უმეტეს შემთხვევაში წაყინვები არაინტენსიურია მინიმალური ტემპერატურა ეცემა არაუმეტეს  $-2,0^{\circ}$ -ისა. წაყინვების საშუალო რაოდენობა წელიწადში 10-ს არ აღემატება, თანაბრად ნაწილდება გაზაფხულზე და შემოდგომაზე.

იმ შემთხვევაში, როცა ადგილი აქვს ადვექციური ტიპის წაყინვებს ტემპერატურის მკვეთრი დაცემით, ძლიერი ქარით დიდ ფართობზე და რამდენიმე დღის ინტერვალით წაყინვებისაგან მცენარეთა დაცვა ძალიან რთული იქნება.

უახლოეს პერიოდში, საყოველთაოდ აღიარებული კლიმატის დათბობის პირობებში, იმედი უნდა ვიქონიოთ წაყინვების რიცხვის, ხანგრძლივობის, ინტენსივობის შემცირებისა, რაც გააადვილებს მათ წინააღმდეგ ბრძოლას.

შპპ 551. 521.

**წაყინვების ზოგიერთი თავისებურებები კახეთის რეგიონში**/ვანნაძე ჯ. ი., დიასამიძე ც.ო./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლო-გიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. ტ.119 გვ.115-119, ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

სტატიაში მოკლედ განხილულია გვიან გაზაფხულზე და ადრე შემოდგომით ჰაერში წაყინვების გამომწვევი სინოპტიკური პროცესები. გამოთვლილია წაყინვიან დღეთა რიცხვის ძირითადი სტატისტიკური მახასიათებლები თვეების მიხედვით. დადგენილია ადვექციური, რადიაციული და ადვექციურ რადიაციული წაყინვების განმეორებადობა სამი სადგურის მონაცემების მაგალითზე. შესწავლილია წაყინვების ინტენსივობის და უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობის ძირითადი მახასიათებლები. მოცემულია წაყინვებისაგან მცენარეთა დაცვის ძირითადი რეკომენდაციები.

UDC 551.5521.

**SOME FREEZING RECUIARITIES IN KAKHETI REGION.**/Vachnadze D.I., Diasamidze Ts.O./Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Tekhnical University. -2013. - т.119 , – pp.115-119, -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The synoptic processes causing late and first autumn air frost have been shortly discussed in presented article. The main statistical characters of freezing days by month are calculated. The advective, radiation and advective-radiation freezing frequency using three station data have been identified. The main characters of freezing intensity and freezing free period duration also are studied. The basic recommendations to protect plant against freezing have been given.

УДК 551.5521.

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАМОРОЗКОВ В КАХЕТИ.** /Вачнадзе Д.И., Диасамидзе Ц.О. /Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. - т.119 ., – с.115-119, – Груз .; Рез. Груз., Англ., Рус.

В данной статье коротко рассмотрены основные синоптические процессы, вызывающие заморозки в Кахети. Рассчитаны основные статистические показатели среднемесячного числа дней с заморозком. Дана повторяемость адвективных, радиационных и адвективно-радиационных заморозков. На основании анализа данных трёх станции изучена вероятность возникновения заморозков. Изучены некоторые основные показатели заморозков, в том числе продолжительность, интенсивность и др. Перечислены основные методы защиты растений от заморозков.

УДК 551.509.9

## ВЫБОР АЭРОЗОЛЯ ДЛЯ БОРЬБЫ С РАДИАЦИОННЫМИ ЗАМОРОЗКАМИ

М.Т. Абшаев\*, А.М. Абшаев\*, Х.Ж. Малкаров\*\*, Л.Т. Созаева\*

\* ФГБУ "Высокогорный геофизический институт", г. Нальчик

\*\* Научно-производственный центр «Антиград», г. Нальчик

**1. Введение.** Радиационное выхолаживание земной поверхности за счет инфракрасного теплового излучения является основной причиной формирования радиационных заморозков, наносящих серьезный ущерб сельскохозяйственным культурам. В качестве одного из наиболее распространенных методов защиты от радиационных заморозков применяется метод создания дымовых завес, обеспечивающий парниковый эффект [2, 4].

Задача состоит в том, чтобы найти дисперсность искусственного аэрозоля, которая способна обеспечить максимальный парниковый эффект при минимальных затратах диспергируемого аэрозоля, т.е. обеспечить максимальное поглощение и отражение инфракрасного излучения поверхности земли в окне прозрачности атмосферы  $8,5 < \lambda < 11$  мкм.

**2. Методика расчета.** Отражаемость  $\eta(\lambda, m, r)$  и объемные коэффициенты ослабления  $k_{oc}(\lambda, m, r)$  и поглощения  $k(\lambda, m, r)$  зависят от длины волны  $\lambda$ , дисперсности и диэлектрических свойств аэрозоля. Если слой аэрозоля является полидисперсной средой и состоит из сферических частиц, то значения отражаемости, коэффициентов ослабления и поглощения могут быть рассчитаны по формулам:

$$\eta(\lambda, m, r) = \int_0^{\infty} n(r) \sigma(\lambda, m, r) dr, \quad (1)$$

$$k_{oc}(\lambda, m, r) = \int_0^{\infty} n(r) \sigma_{oc}(\lambda, m, r) dr, \quad (2)$$

$$k_n(\lambda, m, r) = \int_0^{\infty} n(r) \sigma_n(\lambda, m, r) dr, \quad (3)$$

где  $r$  – радиус аэрозольных частиц;  $\lambda$  – длина волны;  $m$  – комплексный показатель преломления вещества частицы ( $n$  – показатель преломления и  $k$  – показатель поглощения);  $n(r)$  – функция распределения аэрозольных частиц по размерам;  $\sigma(\lambda, m, r)$ ,  $\sigma_{oc}(\lambda, m, r)$  и  $\sigma_n(\lambda, m, r)$  – поперечные сечения обратного рассеяния, ослабления и поглощения, которые рассчитываются в соответствии с классической теорией рассеяния Ми.

Для выбора оптимальной дисперсности аэрозоля, обеспечивающей максимальное ослабление инфракрасного излучения в окне прозрачности атмосферы, целесообразно положить, что аэрозоль монодисперсный.

При сжигании дымообразующего состава в единице объема создается число частиц аэрозоля  $N$ , которое определяется общей массой  $M$  диспергируемого дымообразующего вещества и объемом диспергирования

$$N = \frac{3M}{4\pi r^3 \rho V} \quad (4)$$

где  $\rho \approx 1,35$  г/см<sup>3</sup> – плотность частиц сажи;  $V$  – объем диспергирования, равный  $V = L \cdot l \cdot h$  ( $L$  – длина пути диспергирования в м;  $l$  – ширина области диспергирования в м;  $h$  – толщина слоя аэрозоля в м).

Полагая, что масса аэрозоля, диспергируемого в единице объема  $M/V = 1$  г/м<sup>3</sup> и с учетом (4) выражения (1 - 3) примут вид:

$$\eta = 0,177 \frac{\sigma}{r^3}, \quad (5)$$

$$k_{oc} = 0,177 \frac{\sigma_{oc}}{r^3}, \quad (6)$$

$$k_n = 0,177 \frac{\sigma_n}{r^3}, \quad (7)$$

где  $\eta$ ,  $k_{oc}$ ,  $k_n$  – выражено в м<sup>-1</sup>;  $\sigma$ ,  $\sigma_{oc}$ ,  $\sigma_n$  – в мкм<sup>2</sup>;  $r$  – в мкм.

Согласно закону Бугера, интенсивность проходящего через аэрозольную среду излучения  $J$  определяется выражением:

$$J = J_0 e^{-k_{oc} h}, \quad (8)$$



где  $J_0$  - интенсивность падающего излучения.

Степень уменьшения интенсивности восходящего инфракрасного излучения земли  $\tau$  в аэрозольном слое толщиной  $h$ , может быть рассчитана по формуле:

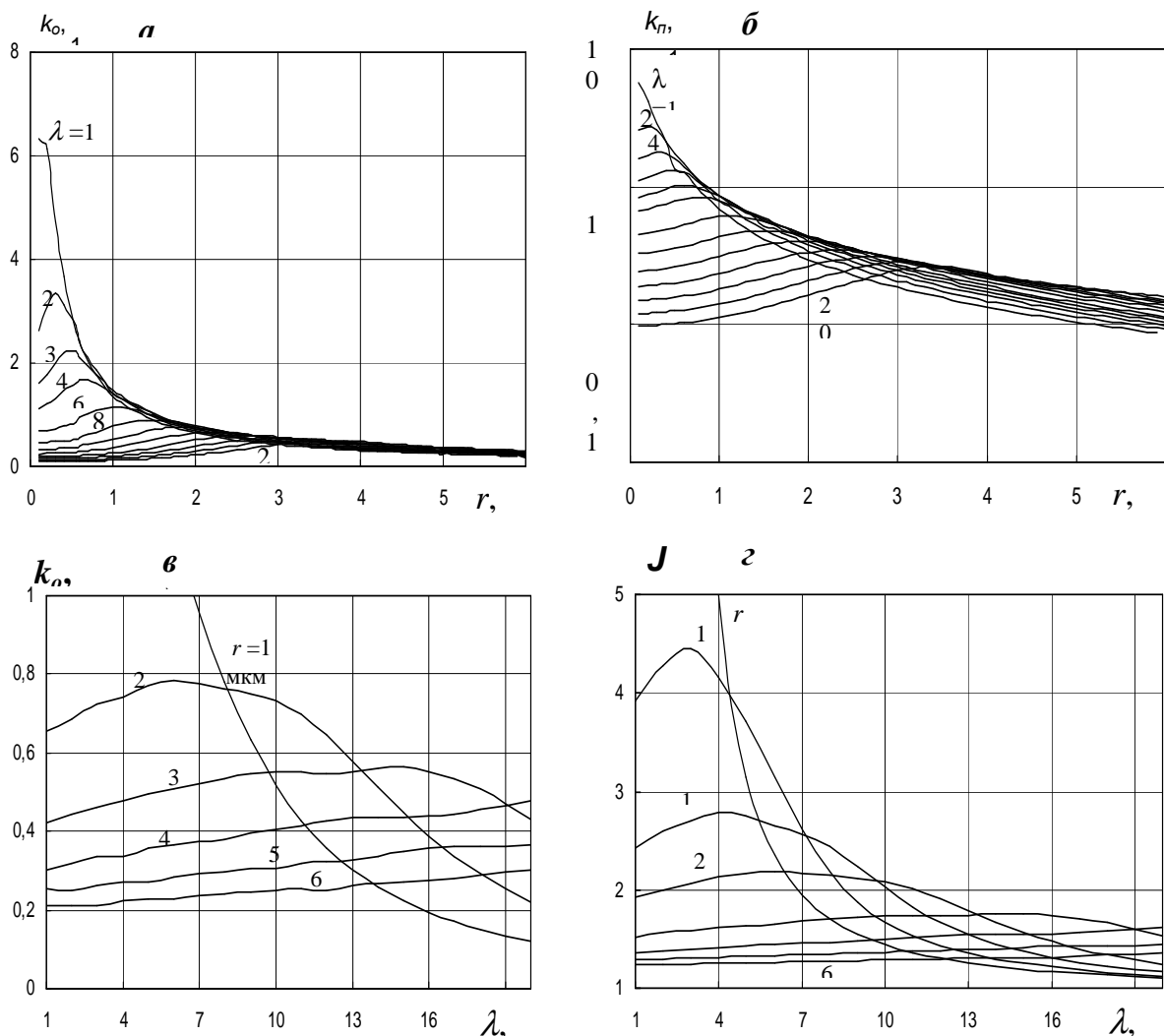
$$\tau = \frac{J_0}{J} = e^{k_{oc}h} \quad (9)$$

### 3. Рассеяние, ослабление и поглощение инфракрасного излучения аэрозолями сажи

Расчет рассмотренных интегральных характеристик распространения электромагнитных волн в аэрозольной среде проведен по строгой дифракционной теории Ми для размеров частиц аэрозоля  $1 < r < 20$  мкм с шагом  $\Delta r = 0,1$  мкм для длин волн  $1 < \lambda < 20$  мкм с шагом  $\Delta \lambda = 1,0$  мкм. Были проведены расчеты отношения

коэффициентов рассеяния, поглощения и отражаемости к коэффициенту ослабления:  $\frac{K_p}{K_{oc}}$ ,  $\frac{K_n}{K_{oc}}$  и  $\frac{\eta}{K_{oc}}$ . В

качестве комплексных показателей преломления на данных длинах волн использовались комплексные показатели преломления для сажи.



На рис. 1а и 1б показана зависимость коэффициента ослабления и поглощения от размера аэрозоля, а на рис. 1в – от длины волны.

На рис. 1г представлено семейство кривых зависимости потерь интенсивности инфракрасного излучения в аэрозольном слое от длины волны. Из этого рисунка следует, что двукратное уменьшение интенсивности инфракрасного излучения может быть достигнуто при толщине аэрозольного слоя  $h = 1$  м, с массовой концентрацией  $1 \text{ г/м}^3$  и дисперсностью  $1,0 < r < 2,0$  мкм.

Однако, учитывая, что продолжительность заморозков обычно составляет несколько часов, необходимо подобрать размер аэрозоля, имеющий минимальную скорость гравитационного оседания при достаточно вы-

сокой поглощательной способности. Кроме того, необходимо учесть, что реальные источники аэрозоля (дымовые шашки) обычно создают слой аэрозоля достаточно быстро увеличивающийся во времени за счет турбулентной диффузии до нескольких десятков метров. Детальное рассмотрение этого вопроса является предметом дальнейшего исследования. С учетом этих дополнительных факторов можно полагать, что для защиты от заморозков спектр аэрозоля должен иметь максимум в диапазоне размеров  $1,0 < r < 2,0$  мкм.

#### **Заклучение**

Оптимальный для предотвращения радиационных заморозков парниковый эффект может создать аэрозольный слой с содержанием  $N \geq 1,77 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-2}$  частиц аэрозоля радиусом  $1,5 \div 2$  мкм.

Для широкого применения предлагаемого метода целесообразно создать специальные генераторы непрерывного действия с производительностью около  $0,1 \text{ кг/с}$  аэрозоля размером  $1,5 \div 2$  мкм. Один такой генератор, установленный на наветренной стороне защищаемой территории, может обеспечить защиту 20 - 40 га.

### **ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Абшаев М.Т., Бурцев И.И., Ваксенбург С.И., Шевела Г.Ф. Руководство по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5 и МРЛ-6 в системе градозащиты. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 230 с.
2. Абшаев М.Т., Малкаров Х.Ж. Метод защиты от радиационных заморозков // Труды ВГИ. 2004. Вып. 92.
3. Золотарев В.М., Морозов В.Н., Смирнова Е.В. Оптические постоянные природных и технических сред. Справочник. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
4. Малкаров Х.Ж. Ослабление инфракрасного излучения в слое искусственного аэрозоля // Труды молодых ученых КБ НЦ РАН. – 2003.
5. Патент РФ, МКИ G01 J 29/08. Способ и устройство защиты от заморозков / Абшаев М.Т. и др. № 2069945. 1994. Заявка от 24.06.1993 №930331104/23.
6. Вопросы защиты растений от заморозков /Под ред. докт. ф.м. наук Юдина М.И./ // Тр. Главной геофизической обсерватории. – Л.: Гидрометеиздат, 1948. – 156 с.
7. Годунов С.К., Рябенский В.С. Разностные схемы. – М.: Наука, 1977. 440 с.
8. Ильин В.О. Анализ конечно-разностных схем численного решения уравнения адвекции. – Метеорология и гидрология. – 1983, № 6. с. 13 - 24.
9. Марчук Г.И., Дымников В.П., Залесный В.Б. Математические модели в геофизической гидродинамике и численные методы их реализации. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 296 с.
10. Созаева Л.Т., Малкаров Х.Ж. Оптимизация дисперсности искусственного аэрозоля для защиты растений от радиационных заморозков // Сборник статей V Конференции молодых ученых и аспирантов КБНЦ РАН, Нальчик, 2004.

#### **UDC 551.509.9**

**AEROSOL SELECTION FOR SUPPRERSSION RADIATION FROSTS.** Abshaev M.T., Abshaev A.M., Malkarov Kh.Zh./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp. 120-122 -Рус.; Summ. Eng., Russ.

The questions of optimization of radiation frosts suppression methods, based on creation of artificial aerosol layers and frogs are considered. The purpose of this task is to find out dispersion of artificial aerosol which is capable to provide maximal greenhouse effect at minimal spending of used aerosol, it et to provide maximal absorption and back-reflection of infrared radiation from ground surface in atmosphere transparency window  $8,5 < \lambda < 11$  micron.

#### **УДК 551.509.9**

**ВЫБОР АЭРОЗОЛЯ ДЛЯ БОРЬБЫ С РАДИАЦИОННЫМИ ЗАМОРОЗКАМИ./** М.Т. Абшаев, А.М. Абшаев, Х.Ж. Малкаров, Л.Т. Созаева/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.- т.119.-с.120-122 -Рус., Рез. Англ., Рус.

Рассматриваются вопросы оптимизации методов защиты от радиационных заморозков, основанных на создании искусственных дымовых завес и туманов. Задача состоит в том, чтобы найти дисперсность искусственного аэрозоля, которая способна обеспечить максимальный парниковый эффект при минимальных затратах диспергируемого аэрозоля, т.е. обеспечить максимальное поглощение и отражение инфракрасного излучения с поверхности земли в окне прозрачности атмосферы  $8,5 < \lambda < 11$  мкм.

უაკ 551. 521

**ნისლი იმერეთის რეგიონში**

რ.სამუკაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

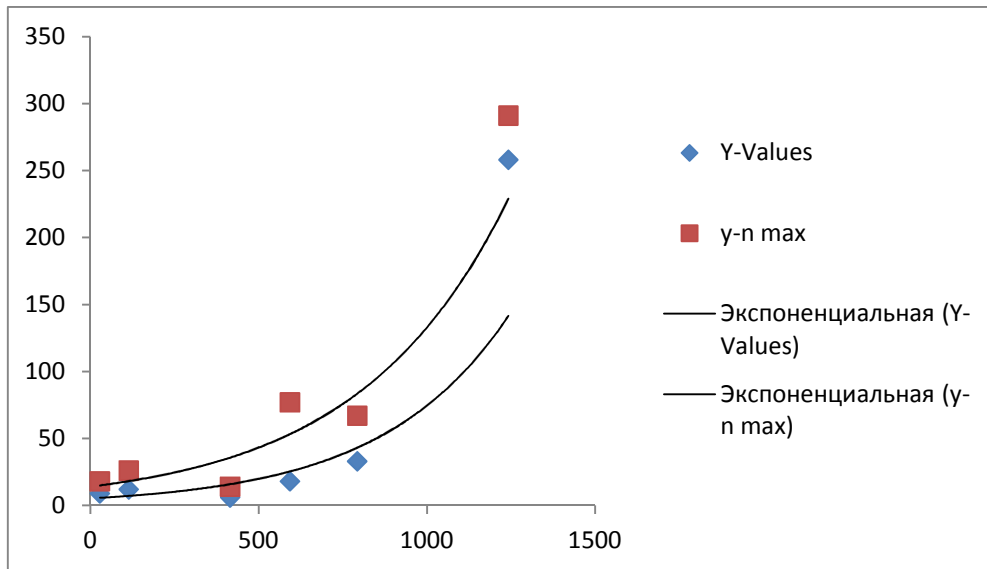
ნისლი განეკუთვნება საშიშ მეტეოროლოგიურ მოვლენათა რიცხვს, ის ამცირებს მხედველობის სიშორეს 50 მეტრამდე და მეტად (ძლიერი ნისლი), რითაც უარყოფითად მოქმედებს ტრანსპორტის ყველა სახეობის ნორმალურ ფუნქციონირებაზე. იგი ასევე უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმში მიმდინარე თერმორეგულაციის პროცესებზე. გენეზისის პირობებზე დამოკიდებულებით ნისლი შეიძლება იყოს შიდამასიური და ფრონტალური, შიდამასიური ნისლის სახეობებია: ადვექციური და რადიაციული ნისლი. მთიან რაიონებში ხშირად აღინიშნება ადვექციური ნისლის ნაირსახეობა-ფერდობების ნისლი. უნდა აღინიშნოს, რომ ნისლის ცალკეულ სახეობებს შორის მკვეთრი ზღვარი არ არსებობს, რადგანაც მათ წარმოშობაში მონაწილეობს მეტეოროლოგიური ფაქტორების მთელი კომპლექსი. იმერეთის ტერიტორიაზე ნისლიან დღეთა საშუალო  $\bar{n}$  და მაქსიმალური  $n_{max}$  რაოდენობა მოცემულია ცხრილ 1-ში [1,2].

**ცხრილი 1. ნისლიან დღეთა საშუალო  $\bar{n}$  და მაქსიმალური  $n_{max}$  რაოდენობა**

| სადგური     | N(მ) | 0 3 3 |     |     |     |      |     |      |      |      |     |     |      | წელი |
|-------------|------|-------|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|
|             |      | I     | II  | III | IV  | V    | VI  | VII  | VIII | IX   | X   | XI  | XII  |      |
| ტყიბული     | 593  | 2     | 1   | 2   | 3   | 3    | 1   | 2    | 1    | 1    | 0.3 | 0.7 | 0.8  | 18   |
| საჩხერე     | 415  | 0.9   | 0.9 | 0.3 | 0.3 | 0.04 | 0.1 | 0.1  | 0.04 | 0.4  | 1   | 1   | 1    | 6    |
| ხონი        | 114  | 0.3   | 0.6 | 0.4 | 1   | 1    | 0.6 | 0.3  | 0.3  | 0.6  | 0.5 | 0.3 | 0.1  | 6    |
| წყალტუბო    | 121  | 0.7   | 0.4 | 0.5 | 1   | 1    | 0.3 | 0.1  | 0.4  | 0.4  | 0.5 | 0.2 | 0.1  | 5    |
| ქუთაისი     | 114  | 0.9   | 1   | 0.9 | 2   | 2    | 0.8 | 0.4  | 0.9  | 0.6  | 0.6 | 0.5 | 0.7  | 12   |
| კორბოული    | 793  | 2     | 2   | 5   | 6   | 4    | 2   | 3    | 2    | 2    | 0.8 | 2   | 2    | 33   |
| სამტრედია   | 28   | 0.5   | 0.4 | 0.5 | 1   | 1    | 0.6 | 0.5  | 1    | 2    | 1   | 0.6 | 0.4  | 9    |
| საქარა      | 148  | 0.4   | 0.3 | 1   | 0.9 | 0.9  | 0.2 | 0.3  | 0.3  | 0.3  | 0.2 | 0.7 | 0.3  | 6    |
| ვანი        | 46   | 0.7   | 0.2 | 0.6 | 1   | 0.9  | 0.2 | 0.4  | 0.6  | 0.8  | 2   | 0.4 | 0.4  | 8    |
| დიმი        | 200  | 0.1   | 0.7 | 2   | 3   | 3    | 0.6 | 0.7  | 0.5  | 0.2  | 0.2 | 0.5 | 0.3  | 12   |
| მთა საბუეთი | 1242 | 23    | 21  | 23  | 20  | 20   | 21  | 24   | 22   | 21   | 22  | 21  | 20   | 258  |
| ხარაგაული   | 280  | 0.5   | 0.6 | 0.4 | 0.1 | 0.4  | 0.4 | 0.05 | 0.4  | 0.4  | 0.3 | 0.3 | 0.05 | 4    |
| სურამი      | 743  | 0.7   | 0.5 | 0.1 | 0.1 |      |     | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.1 | 0.8 | 0    | 3    |
| წიფა        | 673  | 6     | 6   | 6   | 4.  | 3    | 1   | 2    | 1    | 0.4  | 1   | 3   | 4    | 37   |

| სადგური     | N(მ) | $n_{max}$ |    |     |    |    |    |     |      |    |    |    |     | წელი |
|-------------|------|-----------|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|------|
|             |      | I         | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII |      |
| ტყიბული     | 593  | 12        | 11 | 10  | 8  | 11 | 7  | 15  | 6    | 11 | 2  | 8  | 5   | 77   |
| საჩხერე     | 415  | 3         | 5  | 2   | 2  | 1  | 1  | 2   | 1    | 2  | 4  | 3  | 5   | 14   |
| ხონი        | 114  | 2         | 2  | 3   | 5  | 4  | 4  | 1   | 2    | 4  | 2  | 4  | 1   | 12   |
| წყალტუბო    | 121  | 5         | 2  | 2   | 4  | 5  | 2  | 1   | 2    | 2  | 3  | 2  | 1   | 14   |
| ქუთაისი     | 114  | 4         | 4  | 4   | 5  | 7  | 3  | 4   | 4    | 4  | 2  | 6  | 3   | 26   |
| კორბოული    | 793  | 7         | 5  | 13  | 15 | 10 | 7  | 8   | 10   | 4  | 3  | 4  | 7   | 67   |
| სამტრედია   | 28   | 3         | 2  | 3   | 5  | 4  | 2  | 4   | 5    | 9  | 5  | 2  | 3   | 18   |
| საქარა      | 148  | 3         | 3  | 5   | 4  | 6  | 2  | 3   | 3    | 2  | 9  | 3  | 5   | 18   |
| ვანი        | 46   | 5         | 2  | 4   | 6  | 5  | 3  | 5   | 4    | 5  | 5  | 3  | 7   | 24   |
| დიმი        | 200  | 2         | 5  | 7   | 11 | 10 | 5  | 6   | 2    | 2  | 1  | 2  | 3   | 24   |
| მთა საბუეთი | 1242 | 30        | 27 | 29  | 28 | 27 | 27 | 30  | 29   | 28 | 30 | 28 | 27  | 291  |
| ხარაგაული   | 280  | 3         | 8  | 4   | 1  | 3  | 1  | 1   | 2    | 2  | 2  | 3  | 1   | 15   |
| სურამი      | 743  |           |    |     |    |    |    |     |      |    |    |    |     |      |
| წიფა        | 673  | 16        | 13 | 14  | 12 | 12 | 5  | 7   | 7    | 2  | 5  | 8  | 10  | 71   |

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია წელიწადში ნისლიან დღეთა საშუალო  $\bar{n}$  და მაქსიმალური  $n_{max}$  რაოდენობის ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე  $H$  დამოკიდებულების გრაფიკული სახე



ნახ.1 წელიწადში ნისლიან დღეთა საშუალო  $\bar{n}$  და მაქსიმალური  $n_{max}$  რაოდენობის ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე  $H$  დამოკიდებულება: 1- $n_{max}=f(H)$ , 2-  $\bar{n} = f(H)$ .

დამოკიდებულებები  $\bar{n}=f(H)$  და  $n_{max}=f(H)$  შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს მანვენებლიანი ფუნქციის  $y=a \cdot b^x$  სახით, რომელიც ლოგარითმირების შედეგად გადადის წრფის განტოლებაში  $\lg y = \lg a + x \lg b$ , რომლის გამოყენებით მარტივდება  $a$  და  $b$  პარამეტრების გამოთვლა. დამოკიდებულებებს  $\bar{n}=f(H)$  და  $n_{max}=f(H)$  აქვს შემდეგი ანალიზური სახე:

$$\lg \bar{n} = 0.46 + 0.27H \quad (1)$$

$$\lg n_{max} = 1.28 + 0.17H \quad (2)$$

ამ გამოსახულებებში  $H$  იცვლება 0.1-1.3კმ-ის ფარგლებში. დამოკიდებულებების ანალიზური სახეების დადგენისას შესაბამის გამოთვლებში გამოყენებული იქნა არა ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის  $H$  გრადაციები 0.2კმ ბიჯით (0.1; 0.3; 0.5; ... 1.1; 1.3კმ), არამედ მათი შესაბამისი ნატურალური რიცხვების რიგი (1, 2, 3, ... 7). (1) და (2) გამოსახულებებით ნისლიან დღეთა საშუალო  $\bar{n}$  და მაქსიმალური  $n_{max}$  რაოდენობები წელიწადში განისაზღვრება ლოგარითმების ცხრილების საშუალებებით. შესაბამისი ამ გამოთვლებიდან ჩანს, რომ გამოსახულებებით გამოთვლილი  $\bar{n}$  და მაქსიმალური  $n_{max}$ -ის სიდიდეები ახლოა შესაბამის სიმაღლეებზე დაკვირვებებით მიღებულ სიდიდეებთან.

გარდა ნისლწარმოქმნელი ზოგადი პროცესებისა, როგორცაა შედარებით ცივ ქვეყნებში ზედაპირზე თბილი ჰაერის მასის მოძრაობა, როდესაც ადგილი აქვს წყლის ორთქლის კონდენსაციას და ადვეციური ნისლის წარმოქმნას, მოწმენდილი ცის პირობებში ქვეყნებში ზედაპირის და ჰაერის მიწისპირა ფენის გაცივება გრძელტალღიანი გამოსხივების შედეგად და მასში არსებული წყლის ორთქლის კონდენსაცია რადიაციული ნისლის წარმოქმნით, ორი სხვადასხვა თერმოპირომეტრიული თვისებების ჰაერის მასების შერჩევა (ზღვიდან შედარებით თბილი და ნოტიო ჰაერის მასა, ხმელეთიდან კი მშრალი და ცივი ჰაერის მასა), რაც მთავრდება სანაპიროს ნისლის წარმოქმნით, იმერეთის ტერიტორიაზე ნისლიან დღეთა რაოდენობა აგრეთვე დამოკიდებულია ადგილის აბსოლუტურ სიმაღლეზე და ოროგრაფიის თავისებურებებზე. მთიან რაიონებში ამ ფაქტორების გავლენით ადგილი აქვს ადვეციური ნისლის ვერტიკალურ ნაირსახეობას—ფერდობების ნისლს, რომელიც წარმოიქმნება შავი ზღვიდან წამოსული ნოტიო ჰაერის ფერდობებზე ასვლისას მისი ადიაბატური გაცივების და მასში არსებული წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგად, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ნისლიან დღეთა რაოდენობას მთიან რაიონებში. როგორც ცხრილ 1-ში მოყვანილი მონაცემებიდან და ნახ. 1-დან ჩანს, იმერეთის

ტერიტორიის დაბლობ ნაწილში ნისლიან დღეთა საშუალო რაოდენობა  $\bar{n}$  მერყეობს 3-12 დღის ფარგლებში, ხოლო მაქსიმალურ დღეთა რაოდენობა  $n_{max}$  12-26-ის ფარგლებში დაბალ მთაში (0.6-0.8კმ) სიმაღლეზე ამ მაჩვენებლების სიდიდე მერყეობს შესაბამისად 18-37 და 67-77 დღის ფარგლებში შუამთის ქვედა საზღვარზე (მთა საბუეთი 1242მ) ეს მაჩვენებლები შესაბამისად ტოლია 258 და 292 დღისა. ე.ი. ადგილის სიმაღლის მატებისას იმერეთის ტერიტორიაზე აღინიშნება  $\bar{n}$  და  $n_{max}$ -ის მკვეთრი ზრდა.

იმერეთის ტერიტორიაზე არსებული მეტეოროლოგიური სადგურების ქსელის მრავალწლიური ინფორმაციის ანალიზის შედეგად, გარდა ნისლიან დღეთა საშუალო და მაქსიმალური რაოდენობისა, გაანალიზდა ნისლიან დღეთა გრადაციების განმეორადობა თვეების და წელიწადის მიხედვით, ნისლების საშუალო ხანგრძლივობა, ნისლების ხანგრძლივობა დღეღამის სხვადასხვა დროს. თვეების მიხედვით ნისლიან დღეთა გრადაციების (ინტერვალთ 2 დღე) განმეორადობა (1-2, 3-4, 5-6 დღე და ა. შ.) იმერეთის დაბლობ რაიონში მაქსიმალურია 1-2 დღის გრადაციისთვის. წელიწადში იგი იცვლება ხონში 14%-დან (XI, XII) 50%-მდე (IV), წყალტუბოში 15-18%-დან (XI, XII) 50%-მდე (V), ქუთაისში 17%-დან (XI) 60%-მდე (V), სამტრედიაში 27%-დან (I) 54%-მდე (V), აღსანიშნავია, რომ ნისლიან დღეთა მაქსიმალური განმეორადობა ამ გრადაციისთვის (1-2 დღე) იმერეთის დაბლობ ტერიტორიაზე აღინიშნება ძირითადად მაისში (ხონში კი აპრილში), მინიმალური განმეორადობა კი ძირითადად ნოემბერ-დეკემბერში. რაც შეეხება შუა მთაში განლაგებულ მთა საბუეთის სადგურს, აქ დაბლობი რაიონისაგან განსხვავებით, მნიშვნელოვნად მატულობს ნისლიან დღეთა რაოდენობა. აქ დღეების გრადაციებისათვის 1-2 დღიდან 9-10 დღის ჩათვლით. ნისლიან დღეთა განმეორადობა ნულის ტოლია. აქ ნისლიან დღეთა განმეორადობა ძირითადად მოდის 11-12 და 27-28 დღის გრადაციების ინტერვალზე. ამასთანავე ერთად ნისლიან დღეთა მაქსიმალური განმეორადობა მოდის დღეების შემდეგ გრადაციებზე: 19-20, 21-22, 23-24 და 25-26 დღე. წელიწადში ნისლიან დღეთა სხვადასხვა რიცხვის განმეორადობა (%) მოცემულია ცხრილ 2-ში.

**ცხრილი 2. წელიწადში ნისლიან დღეთა სხვადასხვა რიცხვის განმეორადობა, %**

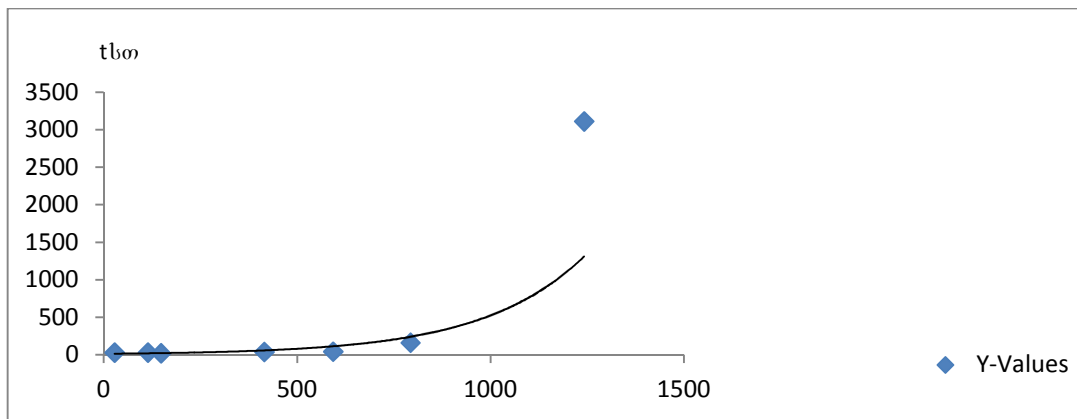
| სადგური     | დღეთა ინტერვალი |         |         |         |         |         |         |         |         |       |       |
|-------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
|             | 1-5             | 6-10    | 11-15   | 16-20   | 21-25   | 26-30   | 31-35   | 36-40   | 41-45   | 46-50 | 51-55 |
| ტეიბული     | 18              | 18      | 18      | 25      | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3     |       |
| საჩხერე     | 35              | 61      | 4       |         |         |         |         |         |         |       |       |
| ხონი        | 41              | 45      | 14      |         |         |         |         |         |         |       |       |
| წყალტუბო    | 38              | 58      | 4       |         |         |         |         |         |         |       |       |
| ქუთაისი     | 4               | 35      | 42      | 15      |         | 4       |         |         |         |       |       |
| კორბოული    |                 |         | 4       | 14      | 18      | 11      | 11      | 15      | 15      | 4     | 4     |
| სამტრედია   | 13              | 33      | 38      | 13      |         |         |         |         |         |       |       |
| საქარა      | 54              | 15      | 19      | 8       |         |         |         |         |         |       |       |
| ვანი        | 37              | 26      | 19      | 7       | 4       |         |         |         |         |       |       |
|             | დღეთა ინტერვალი |         |         |         |         |         |         |         |         |       |       |
|             | 211-220         | 221-230 | 231-240 | 241-250 | 251-260 | 261-270 | 271-280 | 281-290 | 291-300 |       |       |
| მთა საბუეთი | 4               |         | 12      | 12      | 28      | 16      | 20      | 4       | 4       |       |       |

ნისლების საშუალო ხანგრძლივობა მოცემულია ცხრილ 3-ში.

როგორც ცხრილ 3-დან ჩანს, ადგილის აბსოლუტური სიმაღლის მატებისას ნისლების საშუალო ხანგრძლივობა იზრდება და მთა საბუეთში აღწევს 3111.9 საათს წელიწადში. დამოკიდებულების  $t=f(H)$  (სადაც  $t$  არის ნისლების საშუალო ხანგრძლივობა წელიწადში (სთ),  $H$  - ადგილის აბსოლუტური სიმაღლე (კმ)) გრაფიკული სახე წარმოდგენილია ნახ. 2-ზე.

ცხრილი 3. ნისლების საშუალო ხანგრძლივობა (სთ)

| სადგური     | თ ვ ე |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | წელი   |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|             | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   |        |
| ტყიბული     | 5.0   | 2.4   | 6.8   | 7.0   | 9.8   | 2.2   | 2.2   | 1.2   | 1.4   | 0.4   | 0.5   | 1.1   | 40.0   |
| საჩხერე     | 3.3   | 3.3   | 2.8   | 3.5   | 2.5   | 0.2   | 2.3   | 0.5   | 0.8   | 3.2   | 3.5   | 9.9   | 35.5   |
| ქუთაისი     | 2.9   | 3.1   | 1.6   | 4.9   | 6.5   | 1.6   | 0.4   | 2.1   | 1.0   | 1.5   | 1.4   | 1.8   | 28.8   |
| კობოლუღი    | 8.6   | 7.9   | 33.8  | 37.8  | 19.4  | 8.3   | 12.8  | 8.7   | 5.1   | 2.4   | 7.6   | 6.5   | 158.9  |
| სამტრედია   | 1.5   | 1.0   | 1.6   | 4.1   | 3.5   | 0.9   | 1.1   | 3.3   | 3.2   | 4.1   | 1.6   | 1.1   | 27.0   |
| საქარა      | 1.1   | 1.0   | 5.2   | 2.5   | 2.5   | 0.7   | 0.3   | 0.7   | 0.5   | 1.0   | 0.8   | 1.1   | 17.7   |
| მთა საბუეთი | 332.2 | 312.0 | 334.5 | 256.1 | 213.5 | 203.5 | 258.3 | 215.3 | 202.2 | 239.3 | 276.0 | 269.0 | 3111.9 |



ნახ. 2 ნისლების საშუალო ხანგრძლივობის დამოკიდებულება ადგილის სიმაღლეზე.  $t=f(H)$ .

ანალიზურად დამოკიდებულება  $t=f(H)$  წარმოიდგინება მაჩვენებლიანი ფუნქციის სახით  $y=ab^x$ , რომელიც ლოგარითმების შედეგად გარდაიქმნება წრფის განტოლებად:  $lgy=lg a + x lgb$ , რომელიც  $a$  და  $b$  პარამეტრების სიდიდების მარტივად გამოთვლის საშუალებას იძლევა. დამოკიდებულებას  $t=f(H)$  აქვს შემდეგი ანალიზური სახე:

$$lgt=0,74+0,30H \quad (3)$$

ამ განტოლებაში  $H$  იცვლება 0,1-0,9კმ-ის ფარგლებში. ამ გამოსახულებით ნისლების საშუალო ხანგრძლივობის გამოსათვლელად ადგილის სიმაღლის ( $H$ ) გრადაციების ნაცვლად (0.1; 0.3; . . . 0.9კმ) გამოიყენება მათი შესაბამისი ნატულარული რიცხვების რიგი (1, 2, 3, . . . 5). (3) გამოსახულება საშუალებას იძლევა საკმაო სიზუსტით გამოითვალოს წლების საშუალო ხანგრძლივობა დაბლა მთაში. შუა მთისათვის ნისლების საშუალო რაოდენობა დგინდება ექსტრაპოლაციის გზით.

უაკ 551. 521

**ნისლი იმერეთის ტერიტორიაზე.** დ. სამუკაშვილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 2013, ტ.-119, გვ.-123-126, ქართ.; რეზ. ქართ.; ინგლ.; რუს. გამოკვლეულია ნისლის რეჟიმული მახასიათებლები.

UDC 551. 521

**AFOG ON THE TERRITORY OF IMERETI.** /Samukashvili R.D /Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. - т.119, – pp.123-126, -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ. Regime characteristics of the fog are investigated.

УДК 551. 521

**ТУМАНЫ НА ТЕРРИТОРИИ ИМЕРЕТИ.** /Р. Д Самукашвили./ Сб. Трудов Института Гитрометеорологии Технического Университета Грузии. 2013, т.119, с.123-126, Груз.; Рез. Груз.; Англ.; Русск. Исследованы режимы характеристики тумана.

УДК 551..5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ТУМАНА В РАЙОНЕ АБШЕРОНА И НЕФТЯНЫХ КАМНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ НАЗЕМНЫХ И АЭРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ**

Сафаров С.Г., Джуваров Р.П.  
 Национальная Академия Авиации АР

Туманы являются одними из опасных явлений погоды для многих отраслей экономики, в первую очередь для транспорта. Известно, что туманы образуются в результате создания у земной поверхности благоприятных условий конденсации водяного пара. Второстепенными причинами образования тумана являются возрастание влажности воздуха вследствие испарения с теплой подстилающей поверхности в холодный воздух [2, 4].

Как отмечается в [1, 2], над Средним Каспием формируются два вида тумана – низкая облачность и приземные туманы. Генетически появление этих туманов и их морфологические особенности обусловлены, во-первых адвективно-фронтальными процессами и появлением мощных, плотных и продолжительных туманов, нередко в виде неожиданно накатывающих валов, которые могут появляться на море и на суше в любое время года и суток, во-вторых – процессами радиационного выхолаживания ночью и перед восходом солнца в пониженных и сырых местах побережий в виде тонких стелющихся полей, быстро исчезающих с восходом солнца. Исходя из вышесказанных, нами проведено исследование особенностей метеорологических условий образования тумана в различные сроки суток на суше (в районе Маштага) и над открытым морем (Нефтяные Камни) с использованием данных наземных и аэрологических наблюдений в 2004 и 2005-х годах.

С этой целью были анализированы изменчивости направления ветра, температуры и относительной влажности воздуха у поверхности земли и вертикальные распределения температуры воздуха в предшествующие, текущие и последующие сроки образования тумана.

Было выявлено, что наибольшее число случаев образования тумана на суше приходится в ночные (3-6 ч) и ранние утренние часы (6-9 ч) (табл. 1). Над открытым морем эта закономерность нарушается, и туманы наиболее часто возникают перед заходом солнца (15-18 ч), в вечерние (18-21 ч) и ранние ночные (21-3 ч) часы.

На ст. Маштага в ночные часы в 11-и случаях из 17-и и ранние утренние часы в 9-ти случаях из 21-го наблюдалась безветренная погода. Все это указывает на то, что на суше наиболее часто наблюдаются радиационные туманы. Их признаками также являются наблюдения максимума повторяемости образования тумана в конце ночи, за 1-2 ч до восхода солнца и рассеивания через 1,5-2,5 ч после восхода солнца [2].

**Таблица 1**  
**Число случаев различных направлений ветра и штиля в различные сроки суток (когда отмечен туман) в 2004 и 2005-х годах.**

| Станции        | Интервалы времени в течение суток, ч |       |       |        |       |       |       |       |
|----------------|--------------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
|                | 18-21                                | 21-00 | 00-03 | 03-06  | 06-09 | 09-12 | 12-15 | 15-18 |
| Маштага        | 1-СВ                                 | 3-шт. | 4-шт. | 11-шт. | 9-шт. | 1-шт. | -     | -     |
|                | 1-В                                  | 1-В   | 1-ЮЗ  | 2-С    | 6-С   | 2-С   | -     | -     |
| Нефтяные Камни | 8-С                                  | 1-шт. | 2-шт. | 1-шт.  | 3-шт. | 2-шт. | 1-шт. | 3-шт. |
|                | 7-Ю                                  | 11-С  | 7-С   | 5-С    | 4-С   | 8-С   | 5-С   | 5-С   |
|                |                                      | 4-Ю   | 3-Ю   | 1-В    | 1-3   | 4-Ю   | 1-3   | 4-Ю   |
|                |                                      |       |       |        |       | 1-В   |       |       |

Наличие тумана в сроки 9-12 ч является продолжением радиационных туманов в позднесеннем, зимнем и ранневесеннем периодах, так как они в это время рассеиваются значительно медленнее в связи с более медленным повышением температуры воздуха в утренние часы, чем в теплый период года [3]. Данные табл. 1 показывают, что на открытом море доминировала ветряная погода при образовании тумана, и при этом во все сроки преобладал северный ветер.

Преобладание ветряной погоды в предвечерние и вечерние сроки указывает на то, что в районе Нефтяные Камни туман может образоваться под влиянием испарения с поверхности теплой воды в относительно

холодный воздух, которые наблюдаются при движении холодной воздушной массы над более теплой водной поверхностью [3].

Наряду с радиационными туманами, на открытом море также наблюдаются адвективно-фронтальные туманы. Примером может служить продолжительные туманы, которые наблюдались в течение 29 апреля – 5 мая 2005 г. На это указывает падение приземного давления воздуха от 1022 гПа (26 апреля) до 1005 гПа (6 мая) в течение 8-и суток (рис. 1), поочередное ослабление и усиление ветра (рис. 2) и сильное сближение значений температуры воздуха и точки росы (признаки достижения насыщения) (рис. 3).

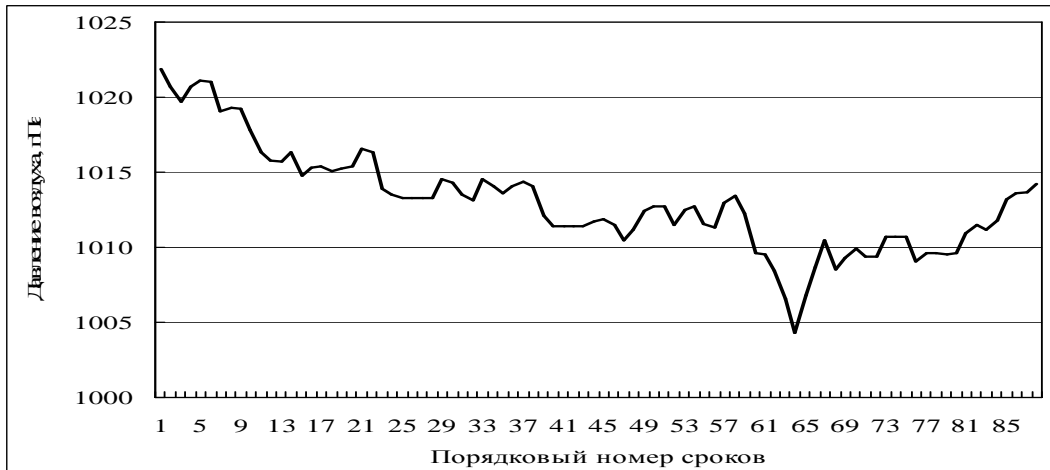


Рис. 1. Внутрисуточная динамика давления воздуха на ст. Нефтяные Камни за 26.04-06.05.2005 года.

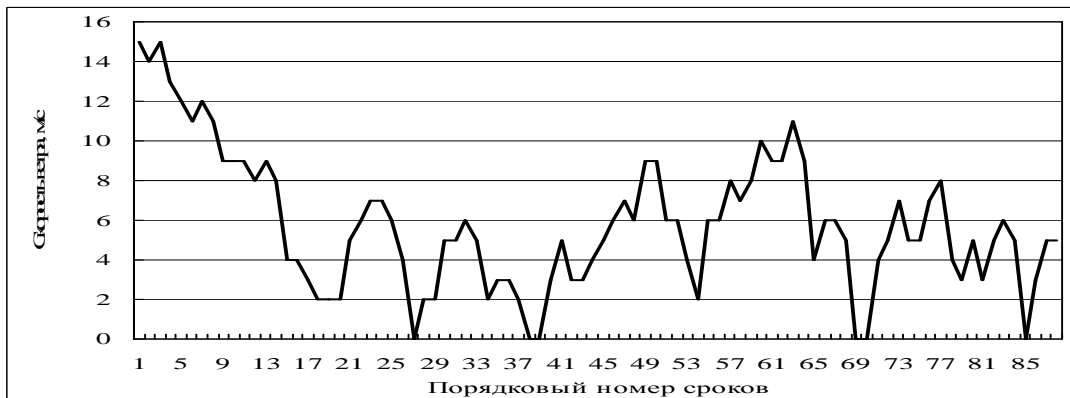


Рис. 2. Внутрисуточная динамика скорости ветра на ст. Нефтяные Камни за 26.04-06.05.2005 года.

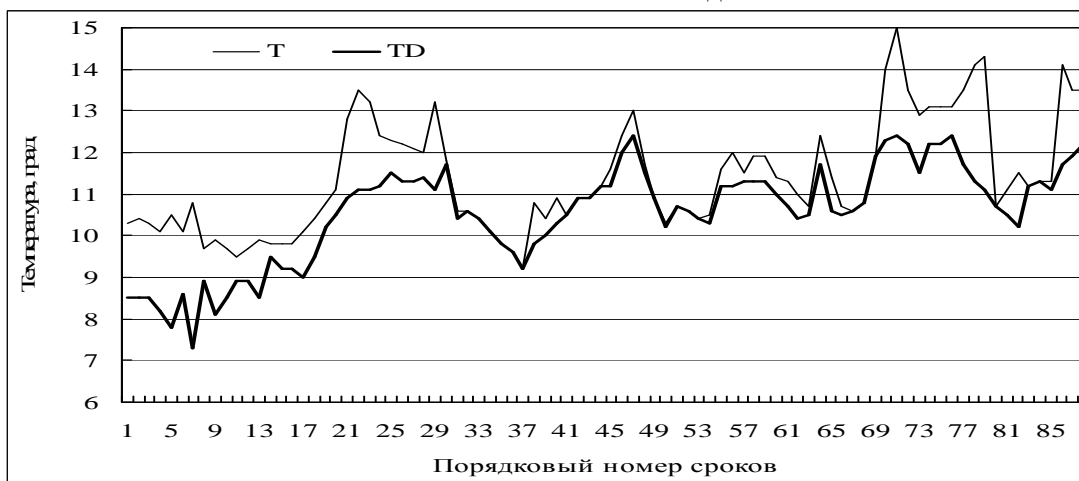


Рис. 3. Внутрисуточная динамика температуры воздуха и точки росы на ст. Нефтяные Камни за 26.04-06.05.2005 года.



Необходимо отметить, что в этот период туман над сушей ни разу не наблюдался. Это можно объяснить наличием сложных местных атмосферных процессов на разделе суша-море.

Нами также проведен комплексный анализ метеорологических и аэрологических условий возникновения тумана на суше, с использованием данных ст. Маштага в 2004 и 2005-х гг. Как видно из табл. 2, 9.04.2004-го года туман наблюдался в 04.30-07.30ч.

В ночные и утренние часы температура воздуха менялась в пределах 7,8-8,8 °С, относительная влажность – в 93-96%. Преобладал юго-западный ветер со скоростью 2-3 м/с. Облачность отсутствовала. В 3-4 ч ночи до высоты 400-500 м наблюдалась температурная инверсия. Скорость южного ветра менялась в пределах 9-12 м/с. Как видно, в суточном ходе туманов на суше имеются максимум интенсивности и повторяемости утром.

29 октября 2004-го года наблюдался относительно продолжительный туман (22.10-08.20 ч) при безветренной и безоблачной погоде. Температурная инверсия началась на уровне 200-300 м до высоты 600 м. Если на поверхности земли наблюдался штиль, то на высотах был северный ветер со скоростью 1-3 м/с. 16 марта 2005-го года туман образовался при нормальном распределении температуры воздуха по высоте (инверсия отсутствовала). В этом случае доминировал северный ветер со скоростью 5-12 м/с, а относительная влажность воздуха на высотах была очень высокая (73-90%) по сравнению с предыдущими случаями.

**Таблица 2. Метеорологические и аэрологические условия в дни и сроки образования тумана на ст.Маштага.**

| Дата и срок образования тумана | Сроки наблюдения, ч | t, °С | U, % | Направление ветра | Скорость ветра, м/с | Кол-во нижней облачности, баллы |
|--------------------------------|---------------------|-------|------|-------------------|---------------------|---------------------------------|
| 09.04.2004<br>04.30-07.30      | 00                  | 8,8   | 93   | ЮЗ                | 3                   | 0                               |
|                                | 03                  | 8,3   | 96   | ЮЗ                | 2                   | 0                               |
|                                | 06                  | 7,8   | 96   | ЮЗ                | 3                   | 0                               |
|                                | 09                  | 13,0  | 87   | ЮЗ                | 5                   | 0                               |
|                                | Высота, м           |       |      |                   |                     |                                 |
|                                | 100                 | 9,2   | 88   | Ю                 | 12                  |                                 |
|                                | 200                 | 10,4  | 66   | Ю                 | 11                  |                                 |
|                                | 300                 | 12,2  | 30   | Ю                 | 10                  |                                 |
| 29.10.2004<br>22.10-08.20      | 400                 | 13,1  | 16   | Ю                 | 9                   |                                 |
|                                | 500                 | 13,1  | 16   | Ю                 | 9                   |                                 |
|                                | 600                 | 12,8  | 17   | Ю                 | 8                   |                                 |
|                                | 21                  | 17,5  | 80   | шт.               | 0                   | 0                               |
|                                | 00                  | 16,5  | 88   | шт.               | 0                   | 0                               |
|                                | 03                  | 15,0  | 94   | шт.               | 0                   | 0                               |
|                                | 06                  | 14,0  | 95   | шт.               | 0                   | 0                               |
|                                | 09                  | 17,4  | 87   | шт.               | 0                   | 0                               |
|                                | Высота, м           |       |      |                   |                     |                                 |
|                                | 100                 | 9,2   | 77   | СЗ                | 2                   |                                 |
|                                | 200                 | 8,2   | 77   | С                 | 3                   |                                 |
|                                | 300                 | 9,3   | 68   | С                 | 3                   |                                 |
| 16.03.2005<br>06.20-10.15      | 400                 | 11,7  | 50   | С                 | 1                   |                                 |
|                                | 500                 | 13,5  | 32   | С                 | 1                   |                                 |
|                                | 600                 | 13,8  | 27   | С                 | 2                   |                                 |
|                                | 06                  | 3,5   | 97   | С                 | 2                   | 10                              |
|                                | 09                  | 4,4   | 97   | шт.               | 0                   | 0                               |
|                                | 12                  | 9,8   | 70   | ЮЗ                | 2                   | 0                               |
|                                | Высота, м           |       |      |                   |                     |                                 |
|                                | 100                 | 4,3   | 87   | С                 | 12                  |                                 |
|                                | 200                 | 3,5   | 87   | С                 | 5                   |                                 |
|                                | 300                 | 2,8   | 88   | С                 | 7                   |                                 |
|                                | 400                 | 2,1   | 89   | С                 | 7                   |                                 |
|                                | 500                 | 1,5   | 90   | С                 | 7                   |                                 |
|                                | 600                 | 1,6   | 73   | С                 | 7                   |                                 |

В научной литературе указывается, что верхняя граница туманов по всей вероятности в большинстве случаев совпадает с верхней границей приземной или приподнятой инверсии [3]. Совместный анализ этих результатов и данных табл. 3 позволяют сделать вывод о том, что на Абшероне верхние границы туманов могут находиться на уровне 100-200 м.

**Таблица 3.Вертикальное распределение температуры воздуха в дни туманов в Маштагах в 2004 и 2005-х годах.**

| Дата и время тумана     | Высота, м |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|
|                         | 0         | 100  | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  |
| 27.10.2004, 01.22-07.30 | 12,2      | 12,2 | 11,5 | 10,7 | 10,1 | 9,9  | 10,4 |
| 02.11.2004, 05.40-09.10 | 12,2      | 13,9 | 13,8 | 13,1 | 12,3 | 11,7 | 11,7 |
| 13.11.2004, 05.00-08.30 | 14,0      | 5,0  | -1,7 | -2,6 | -3,5 | -4,4 | -5,1 |
| 24.01.2005, 04.30-07.10 | 3,6       | 4,3  | 5,5  | 5,3  | 4,7  | 4,1  | 3,7  |
| 12.04.2005, 07.15-07.50 | 7,6       | 10,7 | 11,4 | 11,3 | 10,8 | 10,4 | 10,0 |
| 18.11.2005, 02.30-04.00 | 8,2       | 10,5 | 10,9 | 10,4 | 9,9  | 9,4  | 9,7  |

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Кулиев Г.И. Климатические вариации нефтегазозонального района Среднего Каспия. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Баку, 1986, 22 с.
2. Пашаев А.М., Иманов Ф.А., Гусейнов Н.Ш., Кулиев Г.И., Набиев Р.Н. Климатическая характеристика аэропорта Гейдар Алиев. Баку. 2007, 208 с.
3. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. –М.: Изд-во МГУ, 2006, 582с.
4. Элизбарашвили Э.Ш., Варзанашвили О.Ш., Церетели Н.С., Элизбарашвили М.Э., Элизбарашвили Ш.Э. Опасные туманы на территории Грузии. Метеорология и гидрология. 2012, №2, с.52-59.

UDC 551..5

**THE RESEARCH OF SPECIFICATIONS OF METEOROLOGICAL CONDITIONS OF THE FOG FORMING IN ABSHERON AND NEFT DASHLARI REGION BY THE USING OF GROUND AND AEROLOGICAL OBSERVATION DATA./Safarov S.G., Juvarov.R.P./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. - 2013. -V.119. -pp. 127-130 -Russ.; Summ.Eng., Russ.**

For the research the fog forming meteorological conditions in different daily time on the land and the sea there have been used standard daily observation materials in p.Mashtaga and Neft Dashlari in 2004 and 2005y, also aerological data over these periods. The main attention has been divided to the changing of the wind direction, temperature in preceding, existing and next days of fog forming. There have been exposed that a great number of fog forming cases on the land is observed in evening (3 – 6 h) and early in the morning hours (6 – 9 h). Under the sea this regularity destroys, and fogs more frequently became before sunset (15 – 18 h), in evening (18 – 21 h) and early in the night (21 – 3 h) hours. In p.Mashtaga in evening hours in 11 cases of 17 and early in the morning hours in 9 cases of 21 there has been observed the windless weather. The fog forming time and the predominance of the windless weather indicate that in Absheron more frequently there observes radiation fogs, which's indications are observations of maximal periodicity of the forming at the end of the evening, over 1 – 2 h to the sunrise, and the dispersion after 1,5 – 2,5h after the sunrise.

УДК 551.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ТУМАНА В РАЙОНЕ АБШЕРОНА И НЕФТЯНЫХ КАМНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ НАЗЕМНЫХ И АЭРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ./Сафаров С.Г., Джуваров Р.П./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.127-130 -Рус., Рез.Англ., Рус.**

Для исследования метеорологических условий образования тумана в различные сроки суток на суше и над открытым морем были использованы материалы стандартных срочных наблюдений на ст. Маштага и Нефтяные Камни в 2004 и 2005-х годах, а также аэрологические данные за эти же периоды. Здесь основное внимание уделено изменчивости направления ветра, температуры и относительной влажности воздуха у поверхности земли и вертикального распределения температуры воздуха в предшествующие, текущие и последующие сроки образования тумана. Выявлено, что наибольшее число случаев образования тумана на суше приходится в ночные (3-6ч) и ранние утренние часы (6-9ч). Над морем эта закономерность нарушается, и туманы наиболее часто возникают перед заходом солнца (15-18ч), в вечерние (18-21ч) и ранние ночные (21-3ч) часы. На ст. Маштага в ночные часы в 11 случаях из 17 и ранние утренние часы в 9 случаях из 21 наблюдалась штиль. Время образования тумана и преобладание штиля указывают на то, что на Апшероне наиболее часто наблюдаются радиационные туманы, признаками которых являются наблюдения максимума повторяемости образования в конце ночи, за 1-2ч до восхода солнца и рассеивания через 1,5-2,5ч после восхода солнца.

УДК 546.214:551.51

## АЭРОСИНОПТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В КАХЕТИИ ПРИ ГРОЗО - ГРАДОВЫХ ПРОЦЕССАХ

Харчилаვა Д.Ф.\*, Чихладзе В.А.\*, Картвелишвили Л.Г.\*\*

\*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили

\*\*Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета

Атмосферный озон играет существенную роль в существовании жизни на Земле. Поэтому исследованиям его пространственно-временных вариаций уделяется особое внимание. В Грузии имеются давние традиции исследований атмосферного озона, которые были начаты в Абастуманской Астрофизической Обсерватории АН Грузии в 1957 году и продолжают в настоящее время [1-4]. С 1980 г по сей день Институтом геофизики в Тбилиси ведутся регулярные исследования концентрации приземного озона (КПО), а в Руиспири и других районах Грузии – экспедиционные работы.

Результаты этих исследований представлены в четырех монографиях, а также более чем в 100 научных статьях [1-7]. При этом изучены самые различные аспекты атмосферного озона: вариации общего содержания озона и его вертикального распределения при различных условиях атмосферы [1], климатические эффекты атмосферного озона [2,3], роль озона в образовании фотохимического смога и его влияние на здоровье людей [1, 4], особенности вариаций КПО в сельской местности [7] и др. Отдельно следует отметить регулярное слежение за многолетней динамикой КПО в Тбилиси как одного из важнейших факторов загрязнения воздуха [4,5].

Одним из климатических эффектов атмосферного может являться его способность при окислении неактивных (с точки зрения льдообразующей способности) ядер в активные [1,2,8,9]. Этот эффект может проявляться в изменчивости градовой активности облаков. Проще говоря, чем выше концентрация озона в атмосфере, тем меньше должен быть ущерб от града. Обычно градовые процессы сопровождаются грозовыми. Во время молниевых разрядов происходит интенсивное образование озона, повышенные концентрации которого наблюдаются не только внутри и окрестностях конвективных облаков, но и у поверхности земли [1,10,11]. В том случае, когда в облаках и в окружающей атмосфере наблюдается недостаток озона, тогда в них можно ожидать и недостаток льдообразующих ядер. Всё это будет способствовать росту существующих в облаке кристаллов за счет незамёрзших капель воды и образованию града.

В работе была исследован характер изменчивости КПО в селе Руиспири в условиях, когда над Алазанской долиной наблюдались грозы без града и с градом. При этом была рассмотрена особенность изменчивости КПО при градобитиях на большой площади (ГБП) и градобитиях на малой площади (ГМП) (таблица 1).

**Таблица 1. Средние значения КПО в Руиспири во время грозовых и градовых процессов над Кахетией**

| Вид процесса            | Количество случаев | мкг/м <sup>3</sup> |
|-------------------------|--------------------|--------------------|
| Гроза без града         | 153                | 60                 |
| Град на малой площади   | 20                 | 50                 |
| Град на большой площади | 26                 | 36                 |

Как следует из этой таблицы, во время гроз без града (153 случая) среднее значение КПО составляло 60 мкг/м<sup>3</sup>, тогда как при процессе ГМП средняя величина КПО составляет 50 мкг/м<sup>3</sup>, а во время процесса ГБП - 36 мкг/м<sup>3</sup>. Для исследования приведенных фактов была рассмотрена аэросиноптическая ситуация для Кахетинского региона для тех дней, когда наблюдались грозы без града, грозы с градом на большой площади и грозы с градом на малой площади. Были рассмотрены: виды «фронтов» воздуха, барические образования на разной высоте и месторасположение «струйных» течений относительно точки наблюдения за КПО. Такой анализ был проведён для дней с ГБП и дней с ГМП.

Анализ показал, что для дней первого типа в основном (84% случаев) характерно влияние «холодных» фронтов воздуха, а для дней второго типа – ситуация без «фронтов» (55% случаев). Во время процесса ГБП на земной поверхности в основном (88% случаев) наблюдаются циклонические барические образования, а в дни с процессом типа ГМП наблюдаются в основном (55% случаев) антициклонические барические образования (таблица 2).

**Таблица 2. Синоптическая ситуация над Алазанской долиной во время грозо-градовых процессов**

| Вид процесса | Число случаев | Число случаев, когда пункт наблюдения за КПО находится под следующими циклоническими процессами |              |            |              |                  |
|--------------|---------------|---|--------------|------------|--------------|------------------|
|              |               | Холодный фронт  | Тёплый фронт | Без фронта | Поле циклона | Поле антициклона |
| ГБП          | 26            | 22 (84%)  | 1 (5%)       | 3 (11%)    | 23 (88%)     | 3 (12%)          |
| ГМП          | 20            | 9 (45%)   | 0            | 11 (55%)   | 9 (45%)      | 11 (55%)         |

Анализ высотных барических образований на изобарической поверхности 500 мб показал, что во время процесса ГБП в 81% случаев наблюдается ложбина и только в 19% случаев – левая сторона гребня. Для дней с процессом ГМП в 75% случаев наблюдается ложбина и только в 20% случаев – гребень (таблица 3).

**Таблица 3. Высотное барическое образование на уровне 500 мб над Алазанской долиной во время грозо-градовых процессов**

| Процесс | Общее число случаев | Число случаев, когда пункт наблюдения за озоном находится под влиянием нижеприведённых барических полей |            |         |          |          |         |        |          |
|---------|---------------------|---|------------|---------|----------|----------|---------|--------|----------|
|         |                     | Циклон  | Антициклон | Ложбина |          |          | Гребень |        |          |
|         |                     |   |            | Слева   | Справа   | В центре | Слева   | Справа | В центре |
| ГБП     | 26                  | 0   | 0          | 0       | 16 (62%) | 5 (19%)  | 5 (19%) | 0      | 0        |
| ГМП     | 20                  | 1 (5%)  | 0          | 0       | 12 (60%) | 3 (15%)  | 3 (15%) | 0      | 1 (5%)   |

Аналогичная картина наблюдается и на уровне 300 мб изобарической поверхности. Было рассмотрено положение пункта наблюдения за концентрацией приземного озона относительно струйного течения (таблица 4). Оказалось, что во время процесса ГБП в 69% случаев пункт наблюдения за озоном располагался в центральной и правой части струйного потока, а во время процесса ГМП – в 85% случаев. Соответственно, во время процесса ГБП в 31% случаев пункт наблюдения за озоном располагался в левой части струйного потока, а во время процесса ГМП – в 15% случаев.

**Таблица 4. Расположение струйного течения над Алазанской долиной во время грозо-градовых процессов**

| Процесс | Общее число случаев | Число случаев, когда пункт наблюдения за КПО находится: |                             |                                       |
|---------|---------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|
|         |                     | В левой части зоны струйного течения                    | Под зоной струйного течения | В правой части зоны струйного течения |
| ГБП     | 26                  | 8 (31%)   | 14 (54%)                    | 4 (15%)                               |
| ГМП     | 20                  | 3 (15%)   | 15 (75%)                    | 2 (10%)                               |

Было также проведено сравнение скорости ветра вдоль оси струйного течения во время процессов ГБП и ГМП. Оказалось, что во время первого процесса средняя скорость ветра составляла 40 м/сек, а во время второго процесса – 30 м/сек. На рисунке приведена гистограмма повторяемости максимальной скорости ветра вдоль оси струйного течения для процессов ГБП (а) и ГМП (б).



Как видно из этого рисунка, для процесса ГБП нижняя граница скорости ветра составила 20 м/сек, а верхняя – 60 м/сек. В то же время для процесса ГМП нижняя граница скорости ветра составила 15 м/сек, а верхняя – 45 м/сек. Это означает, что процесс ГБП характеризуется большей скоростью ветра на оси струйного течения, чем во время процесса ГМП.

Проведённые исследования показали значимую зависимость, существующую между концентрацией приземного озона и градовыми процессами:

1. На Алазанской долине во время процесса ГБП преимущественно наблюдается влияние холодного «фронта», а во время процесса ГМП в основном наблюдается «бесфронтное» положение, т.е. в этом случае градовые процессы, в основном носят внутримассовый характер.
2. Во время процессов ГБП и ГМП высотные барические образования для обоих процессов преимущественно одинаковы – высотная ложбина (левая часть).
3. Во время всех вышерассмотренных градовых процессов над Алазанской долиной наблюдается струйное течение. Максимальная скорость струйного течения на его оси во время процесса ГБП выше, чем во время процесса ГМП.
4. Во время грозовых процессов без града над пунктом наблюдения за озоном струйное течение почти не наблюдается или оно очень слабое.
5. Во время процесса ГБП величина КПО намного ниже, чем во время грозы без града и процесса ГМП.

Основываясь на результатах проведённых исследований, было установлено: при существовании над территорией Кахетии в атмосфере струйного течения, будут господствовать восходящие потоки воздуха, которые уменьшают содержание озона в тропосфере. Большие скорости ветра создают благоприятные условия для развития в тропопаузе или выше высоких облаков, достигающих высоты 15 и более километров. Габариты таких облаков могут достигать несколько десятков километров. Количество таких облаков – единицы.

Так как содержание озона в тропосфере в это время незначительно и принимая во внимание то обстоятельство, что озон способен превратить неактивные частицы в активные, тогда количество ядер кристаллизации в атмосфере (тропосфере) и в облаках будет малым. Поэтому создаются благоприятные условия для образования града. В том случае, когда над пунктом наблюдения за озоном струйного течения не наблюдается и существуют условия для развития грозового облака, в тропосфере образуется большое количество грозовых зон (облаков), которые не способны достигать тропопаузы в следствии недостаточной энергии (струйное течение помогает конвективным облакам в прорыве тропопаузы, иногда струйное течение само достигает тропопаузы [12] и тем самым способствует росту грозового облака в высоту до размеров градового облака) поэтому ниже тропопаузы создаётся большое количество грозовых ячеек, наблюдаются частые молниевые разряды, создающие в тропосфере большое количество молекул озона. Этот озон создаёт такое количество ядер кристаллизации, что существующая в облаке влажность недостаточна для увеличения роста ледяных кристаллов до градин опасных размеров. В грозовых облаках получаем так называемый самозасев ядрами кристаллизации.

Возникшим грозовым облакам, которые достигают тропопаузы, очевидно, кроме струйного течения, помогает также и специфика орографии (для создания вдоль склонов вертикальных потоков).

Таким образом, для условий Алазанской долины, если в атмосфере возникает струйное течение и уровень КПО находится на уровне концентрации приземного озона хорошей погоды или ниже этого уровня, в условиях, когда возможно возникновение конвективных облаков, с большой долей вероятности можно ожидать выпадения града.

### ლიტერატურა-REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. Харчилава Д.Ф., Амиранашвили А.Г. – Исследование вариаций атмосферного озона в Грузии. Результаты исследований по международным геофизическим проектам, Москва, МГК, 1988, 114 с.
2. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. – Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures. Monograph, Trans. of M.Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sc., ISSN 1512-1135, vol. LIX, Tbilisi, 2005, 128 p.
3. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. – Contemporary Climate Change in Georgia. Regime of Some Climate Parameters and their Variability. Monograph, ISBN 99928-885-4.7, Tbilisi, 2006, 177 p. (in Georgian).
4. ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ. – ფოტოქიმიური სმოგი თბილისში. მონოგრაფია, ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXIII, თბილისი, 2012, 160 გვ.
5. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Chikhladze V., Kharchilava J., Kartvelishvili L. - The statistical analysis of average seasonal, semi-annual and annual values of surface ozone concentration in Tbilisi in 1984-2003. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Spase Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 12B, Tbilisi, 2008, pp. 45 – 48.
6. Amiranashvili A., Kharchilava J., Chikhladze V. – Statistical Characteristics of Surface Ozone Concentration in Ruispiri in 2006-2009. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 55 – 64.
7. Amiranashvili A., Bliadze T., Kirkitadze D., Nikiforov G., Nodia A., Kharchilava J., Chankvetadze A., Chikhladze V., Chochishvili K., Chkhaidze G. - Some Preliminary Results of the Complex Monitoring of Surface Ozone Concentration (SOC), Intensity of Summary Solar Radiation and Sub-Micron Aerosols Content in Air in Tbilisi in 2009-2010. Transactions of M. Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, vol. LXII, Tbilisi, 2010, pp. 189-196, (in Russian).
8. Hosler C.L. - On the crystallization of supercool clouds. Journal of Meteorology, vol. 8, №5, 1951, pp. 326-331
9. Амиранашвили А.Г., Гзиришвили Т.Г. - Аэрозоли и ледяные кристаллы в атмосфере. Тбилиси, Мецниереба, 1991, 1-113.
10. Бритаев, А.С., Фарапонова Г.П. - Особенности распределения концентрации озона в нижних слоях атмосферы. В кн.: Рабочее совещание по исследованию атмосферного озона, Тбилиси, 23-27 ноября 1981. Материалы док. Тбилиси, Мецниереба, 1982, с. 252-260.
11. Sreedharan C.R., Tivari V.S. - Short-term grand ozone fluctuations at Poond. Pure Applied Geophysics, 1973, vol. 103-106, №5-7, pp. 1097-1105.
12. Кварацхелия И.Ф. - Аэрологические исследования в Закавказье. Л., Гидометеоиздат, 1964, 246 с.

უკ 546.214:551.51

**აეროსინოპტიკური მდგომარეობა და მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის ცვალებადობა კახეთში ელჭამ-სეტყვიანობის პროცესების მიმდინარეობისას / ხარჩილავა ჯ., ჩიხლაძე ვ., ქართველიშვილი ლ./ სა-ქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. -ტ. 119. - გვ.131-135- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

ჩატარებულია მიწისპირა ოზონის კონცენტრაციის (მოკ) ცვალებადობის ანალიზი რუსეთში დიდ და პატარა ფართობებზე (შესაბამისად სდფ და სპფ) სეტყვიანობის დროს. გამოვლენილია, რომ იმ შემთხვევებში, როდესაც სეტყვა არ მოდის ელჭექის პროცესების დროს, დაკვირვების პუნქტის თავზე, სადაც იზომება მოკ, ჭავლეური ნაკადი არ დაიკვირვება. სდფ პროცესების დროს მოკ ბევრად ნაკლებია ვიდრე ელჭექის დროს სეტყვის გარეშე და სპფ დროს. ალაზის ველის პირობებში, თუ ატმოსფეროში წარმოიქმნა ჭავლეური ნაკადი და ამავე დროს მოკ არის კარგი ამინდის დონეზე ან მასზე ნაკლები, უნდა ველოდოთ სდფ.

UDC 546.214:551.51

**AEROSYNOPTIC STATE AND CHANGEABILITY OF THE SURFACE OZONE CONCENTRATION IN KAKHETI DURING THE THUNDERSTORM - HAIL PROCESSES** / Kharchilava J., Chikhladze V., Kartvelishvili L./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. - т.119. – pp. 131-135. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The analysis of the changeability of surface ozone concentration (SOC) with the hail damages in the large and small territory (respectively HDL and HDS) in Ruispiri is carried out. It is revealed, which during the thunderstorm processes without the hail, above the point of SOC measurement the jet streams is not observed. With HDL the surface ozone concentration considerably is less than during the thunderstorms without the hail with HDS. If under the conditions of Alazani valley with the formation of jet stream SOC is equal or below SOC of a good weather, with the great probability one should expect HDL.

УДК 546.214:551.51

**АЭРОСИНОПТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В КАХЕТИИ ПРИ ГРОЗО - ГРАДОВЫХ ПРОЦЕССАХ** / Харчилава Д.Ф., Чихладзе В.А., Картвелишвили Л.Г./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119. – с.125-129. – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Проведен анализ изменчивости концентрации приземного озона (КПО) при градобитиях на большой и малой территории (соответственно ГБП и ГМП) в Руиспири. Выявлено, что при грозовых процессах без града, над пунктом измерения КПО струйных течений не наблюдается. При ГБП концентрация приземного озона намного меньше, чем во время гроз без града при ГМП. Если в условиях Алазанской долины при образовании струйного течения КПО равно или ниже КПО хорошей погоды, с большой вероятностью следует ожидать ГБП.

УДК 551.508.85 – 551.509.616

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС «АСУ-МРЛ»

Абшаев М.Т.\*\*\*, Абшаев А.М.\*\*\*, Сирота Н.В.\*\*\*, Котелевич А.Ф.\*\*  
\*ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик  
\*\*Научно-Производственный Центр «Антиград», г. Нальчик

Автоматизированная система управления метеорологическим радиолокатором, обработки радиолокационной информации, управления активными воздействиями на облачные процессы, измерения осадков и штормового оповещения об опасных явлениях погоды (шифр «АСУ-МРЛ») (см. рис. 1) создана на базе 20 летнего опыта разработки и применения систем АСУ «Антиград» и «АСУ-МРЛ» предыдущих модификаций и представляет собой более совершенную их версию с более широким кругом решаемых задач [1-2], а именно:

– управление метеорологическим радиолокатором (включение-выключение, измерение углов положения антенны и скорости вращения двигателей, контроль состояния устройств радиолокатора, прием и обработка СВЧ сигнала, общая синхронизация радиолокатора, программный обзор пространства, работа в режиме Дежурство и др.);

– получение, обработку, отображение и архивирование радиолокационной метеорологической информации об облаках и осадках одновременно на двух каналах ( $\lambda_1 = 3,2$  см и  $\lambda_2 = 10$  см) двухволновых радиолокаторов типа «МРЛ-5» и «WSR-74», а также информации доплеровских радиолокаторов типа «ДМРЛ-С», «WRM200», «WRC200» ( $\lambda_3 = 5,3$  см) и информации трассового радиолокационного комплекса (ТРЛК) «Сопка-2» ( $\lambda_4 = 11$  см);

– управление активными воздействиями на облака с целью предотвращения града и искусственного увеличения осадков;

– подготовку и кодирование телеграмм в кодах WMO FM-94 BUFR, FM-20 RADOB, OPERA BALTRAD и передачу пакетов информации в сеть штормоповещения;

– подготовку и передачу радиолокационной информации об опасных явлениях погоды на автоматизированное рабочее место (АРМ) авиадиспетчера и кодирование телеграмм в кодах EUROCONTROL ASTERIX CAT008, «Строка-Ц» и передачу пакетов информации для управления воздушным движением.

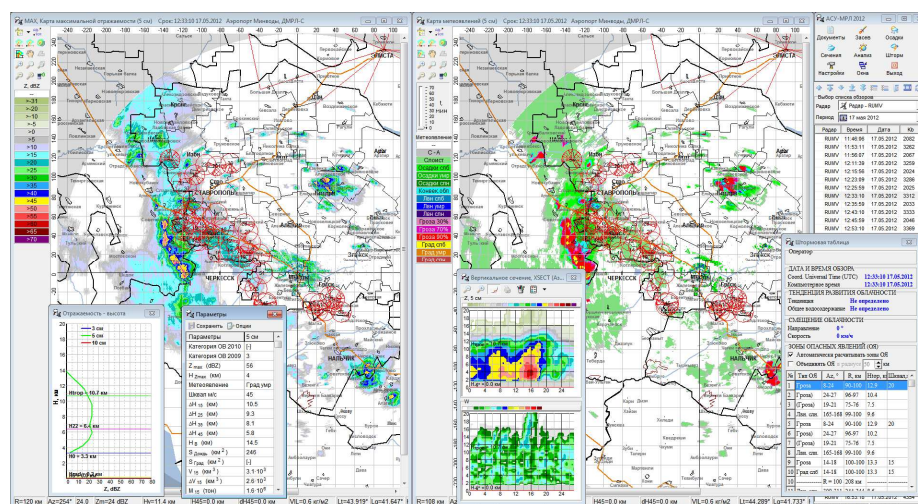


Рис. 1. Главное окно программы вторичной обработки радиолокационной информации «АСУ-МРЛ» с двумя открытыми метеокартами

Для интеграции АСУ-МРЛ с различными современными российскими и зарубежными радиолокационными комплексами (см. рис. 2), имеющими информацию о доплеровской радиальной компоненте скорости движения гидрометеоров и радиолокационную отражаемость двух ортогонально поляризованных каналов в АСУ-МРЛ была встроена поддержка их выходных файлов трехмерного обзора.





**Рис. 2. Интеграция с различными радиолокационными комплексами на основе поддержки их выходных файлов обзора**

Алгоритмы, реализованные в программном обеспечении АСУ-МРЛ, позволяют рассчитывать и выводить на экран, в файл или принтер следующие метеорологические карты:

- горизонтальные сечения облачности на любой высоте (CAPPI);
- конические сечения облачности на любом угле сканирования (PPI);
- вертикальные сечения облаков в любом направлении (HSECT);
- максимальная радиолокационная отражаемость (ZMAX);
- высота максимальной отражаемости (HZMAX);
- верхняя и нижняя границы радиоэхо (TOPS, BASE);
- интенсивность и количества осадков (SRI и RAIN) (см. рис. 3);
- размер и кинетическая энергия града (HAIL1);
- степень повреждения и ущерба сельхозкультур от града (HAIL2);
- вертикально интегрированная водность (VIL);
- метеоявления (осадки, ливни, грозы, град, конвект. облачность и т.д.);
- опасные явления погоды (град, гроза, шквал, ливень, дождь);
- контуры опасных явлений погоды (см. рис..4);
- видимость в осадках;
- обледение в облаках;
- карта категорий объектов воздействия на град (SEEDOBJ);
- карта воздействия на градовые процессы (SEED);
- доплеровские характеристики (V и W);
- двухполяризационные характеристики (ZDR, FDR, RDR, LDR,...);
- классы гидрометеоров (HCLASS) (см. рис. 5) и др.;

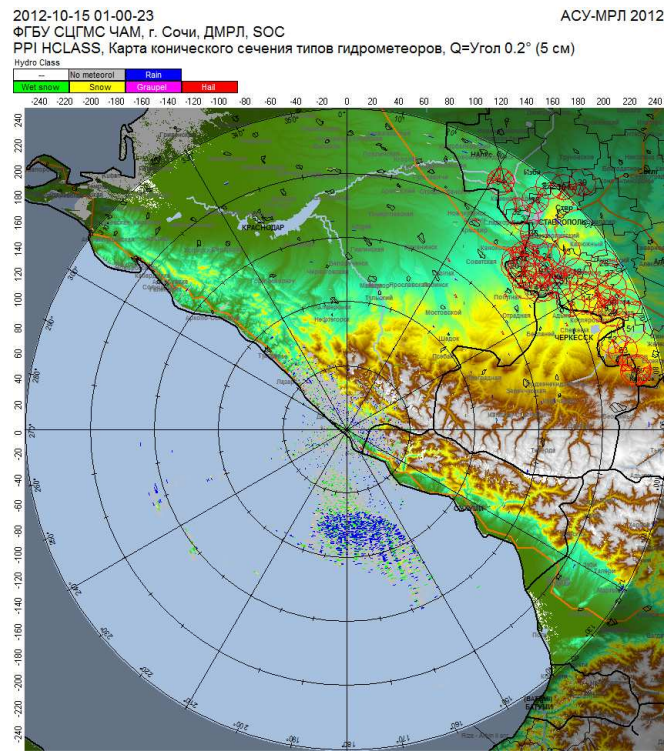
Система имеет обширный инструментарий, предназначенный для оперативной и научно-исследовательской работы, а именно:

- представление всех перечисленных карт в виде мультфильмов;
- определение направления и скорости перемещения всей облачности и отдельных конвективных ячеек;
- измерение более 50 различных параметров облачности в выбранной точке и выделенном объеме;
- построение графиков временного хода параметров облаков;
- проведение воздействия на облачные процессы с целью подавления града и искусственного увеличения осадков;
- документирование результатов наблюдений, включая архивацию первичной радиолокационной информации и вывод на печать карт погоды;
- может использоваться для диагноза, сверхкраткосрочного и краткосрочного прогноза погоды.



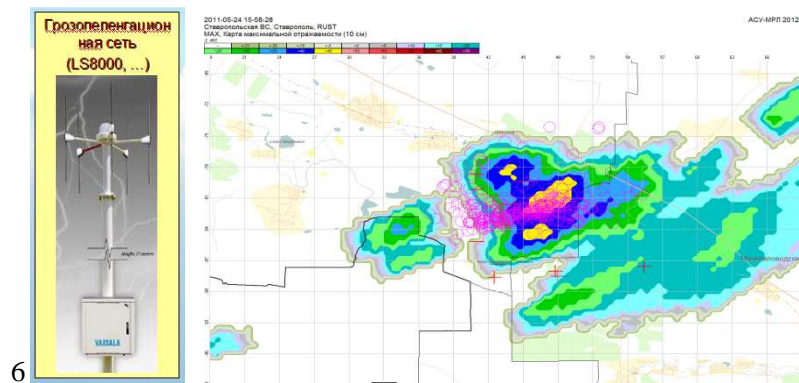
Для отображения маски местности на фоне карт метеоинформации предусмотрена интеграция с ГИС технологиями:

- цифровые карты местности в формате Antigrad (\*.map);
- цифровые карты местности в международном формате ESRI SHAPES (\*.shp, \*.dbf, \*.shx);
- цифровые карты рельефа в международном формате SRTM (\*.hgt) (см. рис. 5).



**Рис. 5. Карта классов гидрометеоров финского радара WRM200 (г. Сочи) на фоне цифровой карты местности и рельефа**

Для проведения исследований грозовой активности и ее связи с пространственным распределением и мощностью радиолокационной отражаемости облаков [4], а также отображения на радиолокационной карте пеленгов грозowych разрядов (типа облако-облако и облако-земля) предусмотрена интеграция с грозопеленгационной системой LS8000 (Vaisala) (см. рис. 6).



**Рис. 6. Синтезированная карта радиолокационной отражаемости и пеленгов грозowych разрядов, где O - внутриоблачные грозowych разряды, + разряды облако-земля положительной полярности, - разряды облако-земля отрицательной полярности.**

Для проведения активных воздействий на градовые процессы и искусственного увеличения осадков проведена интеграция с автоматизированной системой управления удаленными пунктами воздействия (шифр АСУ-Элия) на основе автоматических противоградовых установок ПУ Элия-2 (см. рис. 7). Это позволяет оператору по воздействию выдавать команды на засев облаков непосредственно с рабочего места оператора АСУ-МРЛ, и далее система по каналам сотовой связи передает пакеты с командами на безлюдный пункт воздействия, установка обрабатывает команды и отдает отчет о их выполнении.

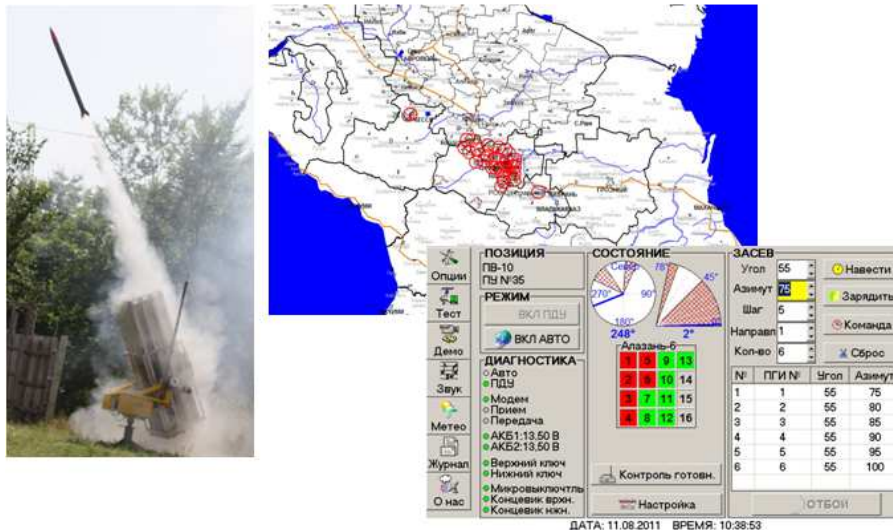


Рис. 7. Интеграция с автоматизированной системой управления активными воздействиями на облака АСУ-Элия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Создана многоцелевая автоматизированная радиолокационная система АСУ-МРЛ, предназначенная для управления метеорологическим радиолокатором, измерения количества и интенсивности осадков, штормового оповещения и управления воздействием на градовые процессы и искусственного увеличения осадков.
2. АСУ-МРЛ может быть программно и аппаратно встроена в любые типы известных метеорологических радиолокаторов (МРЛ-5, WSR74, ДМРЛ-С, ТРЛК Сопка-2, WRM200, WRC200, и др.).
3. Осуществлена интеграция с ГИС технологиями (географические карты, рельеф).
4. Осуществлена интеграция с автоматизированной системой управления ракетного засева облаков АСУ-Элия с целью защиты от градобитий и искусственного увеличения осадков на базе автоматических противоградовых установок "ПУ Элия-2".
5. Встроена возможность приема, обработки и отображения информации о грозовых разрядах с грозо-пелнегационной сети типа LS8000 (Vaisala).
6. В дальнейшем планируется интеграция с данными спутниковых наблюдений и наземными метеорологическими сетями.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Абшаев М.Т., Абшаев А.М., Котелевич А.Ф., Сирота Н.В. Автоматизированная система управления противоградовыми операциями «АСУ-МРЛ» // Труды научно-практической конференции, посвященной 40-летию начала производственных работ по защите сельхозкультур от градобитий, Нальчик, 2011. С. 211 - 225.
2. Абшаев М.Т., Абшаев А.М. Возможности и ограничения радиолокационных метеорологических измерений // Тр. II Всерос.конф. «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды», Военно-Космическая Академия им. А.Ф.Можайского, Санкт-Петербург, 2012. – Т. 1 – С. 276 – 289.
3. Абшаев А.М., Абшаев М.Т., Аджиев А.Х., Стасенко Д.В., Кулиев Д.Д., Акимова И.И. О влиянии засева кристаллизующими реагентами на электрическую активность градовых облаков // Труды VII Всероссийской конференции по атмосферному электричеству, Санкт-Петербург, 2012. С. 10 - 12.

4. Ефремов В.С., Вылегжанин И.С., Соловьев А.Е., Оприков Е.М., Абшаев М.Т., Абшаев А.М., Малкарова А.М., Тезадов С.М. Метеорологический канал трехкоординатного трассового радиолокационного комплекса двойного назначения «Сопка-2» // Тр. II Всерос.конф. «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды», Военно-Космическая Академия им. А.Ф.Можайского, Санкт-Петербург, 2012. – Т. 1 – С. 381 – 387.

UDC 551.509.9

**ANOMAL RADIOECHO AT SUPER REFRACTION OF RADIOWAVES.**/Abshaev M.T., Abshaev A.M., Gergokov A.Kh./Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Tekhnical University. -2013. - т.119. – pp.136-141 - Russ.; Summ. Eng.; Russ.

The problem of nonlinear radio beam propagation at anomaly atmosphere refraction is considered. Its dependence from dielectric refractive index is represented. The methods of filtration false radio echo in automated weather radars successfully passed tests in different geographical area are suggested.

УДК 551.509.9

**АНОМАЛЬНОЕ РАДИОЭХО ПРИ СУПЕРРЕФРАКЦИИ РАДИОВОЛН.**/М.Т. Абшаев, А.М. Абшаев, А.Х. Гергоков/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119. – с.136-141. – Рус.; Рез. Англ.,Рус.

Рассматривается проблема непрямолинейного распространения радиолуча при аномальной атмосферной рефракции. Приведена ее связь с диэлектрическим коэффициентом преломления. Предложены методы фильтрации ложного радиоэха в автоматизированных метеорологических радиолокаторах, прошедшие успешную апробацию в различных физико-географических регионах.

შაკ.551.501

### აღმოსავლეთ საქართველოს წლის თბილი პერიოდის სხვადასხვა ინტენსივობის ატმოსფერული ნალექებისათვის Z-I დამოკიდებულების ბამოკვლევა

ბ. კაპანაძე\*, **გ. ხელაია\*\***, მ. სალუქვაძე\*, **თ. სალუქვაძე\*\***

\*საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი.

\*\*საქართველოს მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი.

კლიმატის გლობალური ცვლილების გააქტიურების ფონზე სულ უფრო აქტუალური ხდება მტკნარი წყლის დეფიციტისა და მასთან ბრძოლის პრობლემა, რომელმაც საკმაოდ მწვავე ხასიათი მიიღო XX საუკუნის დასასრულისთვის. აღნიშნული საშიშროებიდან თავის დაღწევის ერთ-ერთ საშუალებას წყლის რესურსების შევსება და მისი ეფექტური გამოყენება წარმოადგენს. დედამიწაზე წყლის მარაგის შევსების ძირითადი წყარო ატმოსფერული ნალექებია. ამიტომ მტკნარი წყლის მარაგის ყოველწლიური შევსების მონიტორინგს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყლის დეფიციტით გომწვეული ნეგატიური შედეგების შესარბილებლად გამიზნულ საადაპტაციო ღონისძიებათა შესამუშავებლად.

ამჟამად, ჰიდრომეტეოროლოგიურ სისტემაში, შეზღუდული სადამკვირვებლო ქსელის პირობებში, ატმოსფერული ნალექების ინტენსივობისა და ჯამური რაოდენობის მონიტორინგის საქმეში ფართო გამოყენება ჰპოვა მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში კარგად ადაპტირებულმა, აღნიშნულ სიდიდეთა განსაზღვრის რადიოლოკაციურმა მეთოდმა, რომელსაც არსებულთან შედარებით გააჩნია მთელი რიგი უპირატესობა. კერძოდ, რადიოლოკატორის საშუალებით შესაძლებელია ატმოსფერული ნალექების ინტენსივობისა და ჯამური რაოდენობის მნიშვნელობების, აგრეთვე ნალექთა მყისიერი და საშუალო მნიშვნელობების გაზომვა საკმაოდ დიდ ფართობებზე, დროის ნებისმიერ მომენტში, ნალექების მოსვლის ნებისმიერ ადგილზე.

თეორიულად დიდ სირთულეს არ წარმოადგენს ნალექების რადიოლოკაციურ ამრეკვლადობასა (Z) და მათ ინტენსივობას (I) შორის ანალიზური კავშირის დამყარება, რადგან, როგორც ერთი, ისე მეორე სიდიდე, ფუნქციაა ნალექის შემადგენელი ნაწილაკების ზომებისა და კონცენტრაციის (Z პროპორციულია ნაწილაკის დიამეტრის მეექვსე, ხოლო I – მესამე ხარისხისა). მიღებულია, რომ ამ დამოკიდებულებას აქვს შემდეგი სახე:

$$Z=A I^b, \tag{1}$$

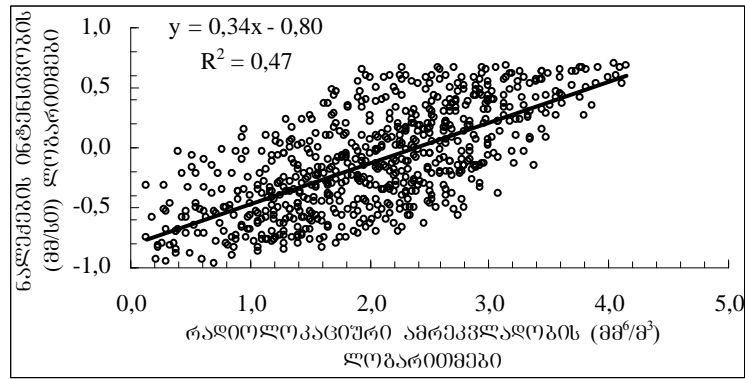
სადაც A და b თეორიულად მუდმივი კოეფიციენტებია, რეალურად კი აღნიშნული კოეფიციენტები მრავალ ფაქტორზე არის დამოკიდებული, რომელთა გაუთვალისწინებლობა გავლენას ახდენს გასაზომი სიდიდეების სიზუსტეზე.

თუ (1) გამოსახულებას გავალგარითმებთ, მივიღებთ წრფის განტოლებას. ე.ი. რადიოლოკაციური ამრეკვლადობისა და ნალექების ინტენსივობის მნიშვნელობების ლოგარითმებს შორის დამოკიდებულება წრფივი ხასიათისაა. თუმცა, როგორც ექსპერიმენტულმა კვლევებმა აჩვენა [1], Z-სა და I-ს შორის დამოკიდებულება ნალექების ინტენსივობის ყველა შესაძლო მნიშვნელობებისათვის არ რჩება წრფივი, რის გამოც მიზანშეწონილად იქნა მიხნეული (1) გამოსახულების A და b კოეფიციენტების მნიშვნელობების ცალ-ცალკე განსაზღვრა როგორც სუსტი ( $I < 5\text{მმ/სთ}$ ), ისე ძლიერი ( $I > 5\text{მმ/სთ}$ ) ნალექებისთვის [2,3,4,5].

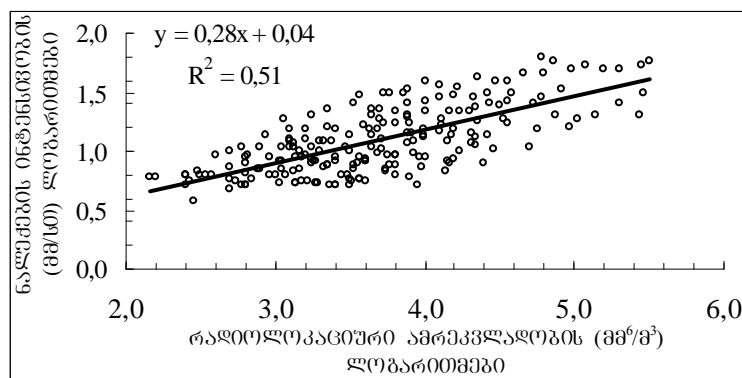
საქართველოს აღმოსავლეთ რეგიონში თბილი სეზონის ღრუბლებზე გასულ წლებში წარმოებული რადიოლოკაციური დაკვირვებების მასალებისა და ამ ღრუბლებიდან მოსული ატმოსფერული ნალექების ინტენსივობისა და ჯამური რაოდენობის შესახებ ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელის მონაცემების ერთობლივი ანალიზის შედეგად, რომელიც მოიცავს 900-მდე შემთხვევას, შევეცადეთ დაგვედგინა ჩვენი რეგიონისათვის ვარჯის Z-I დამოკიდებულების სახე.

ნალექებზე რადიოლოკაციური დაკვირვებები ტარდებოდა რუსული წარმოების 3.2 სმ დიაპაზონის МРЛ - 5 ტიპის მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორით.

ნახ. 1-2-ზე წარმოდგენილია ზემოთ აღნიშნული დამოკიდებულების გრაფიკი შესაბამისი მაპროქსიმებული წრფით, მისი განტოლებითა და აპროქსიმაციის საიმედოობის მაჩვენებლით ( $R^2$ ) სუსტი (ნახ.1) და ძლიერი (ნახ.2) ინტენსივობის ნალექებისთვის.



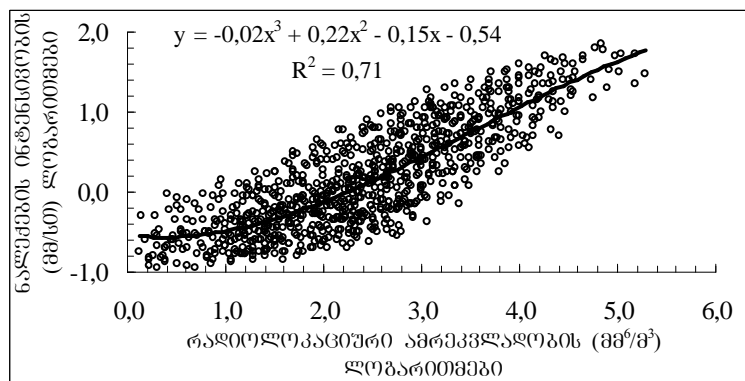
ნახ. 1. Z-I დამოკიდებულების გრაფიკი სუსტი ინტენსივობის ნაღმებისთვის.



ნახ. 2. Z-I დამოკიდებულების გრაფიკი ძლიერი ინტენსივობის ნაღმებისთვის.

როგორც გრაფიკებიდან ჩანს, Z-I დამოკიდებულების წრფივი აპროქსიმაციის შემთხვევაში, საიმედოობის მაჩვენებელი 0.51-ს არ აღემატება.

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია Z-I დამოკიდებულების არაწრფივი აპროქსიმაცია ატმოსფერული ნაღმების მთელი დიაპაზონისთვის.



ნახ. 3. Z-I დამოკიდებულების გრაფიკი ნაღმების მთელი დიაპაზონისთვის.

აღნიშნული აპროქსიმაციის მრუდი მესამე რიგის პოლინომს წარმოადგენს, ხოლო მისი საიმედოობის მაჩვენებელი 0.7-ს აღემატება. Z-I დამოკიდებულების ასეთი სახის გამოყენება, ერთის მხრივ ზრდის საიმედოობის დონეს და, მეორეს მხრივ, ნაღმების ინტენსივობის რეალურ დროში შეფასებისას არ არის საჭირო იმის ცოდნა, თუ როგორი ინტენსივობის ნაღმებს ვაკვირდებით.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Richards W. G., Crozier C., L. Precipitation measurement with a C Band weather radar in Southern Ontario. – Atmosphere-Ocean, 1983, v. 21(z). p. 125-137.
2. Боровиков А.М. и др. Радиолокационные измерения осадков. Л. Гидрометеиздат. 1967. – 140 с.
3. Степаненко В.Д. Радиолокация в метеорологии.Л. Гидрометеиздат. 1966. -351 с.
4. Broun E. Precipitation measurement in Cumul Congestus. 1963. J. Atm. Sci. vol. 20, No. 1.
5. Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И., Капанадзе Н.И., Салуквадзе М.Т., Киладзе Р. И. Исследования Z – I отношений для жидких конвективных атмосферных осадков Кахетинского региона Грузии. Труды Института геофизики им. М. Нодиа. Тбилиси 2008, т. LX, с. 234-236.

უკ.551.501

**აღმოსავლეთ საქართველოს წლის თბილი პერიოდის სხვადასხვა ინტენსივობის ატმოსფერული ნალექებისათვის Z-I დამოკიდებულების გამოკვლევა**/კაპანაძე ნ., ხელაია ე., სალუქვაძე მ., სალუქვაძე თ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.142-144.-ქართ.; რეზ.ქართ.,ინგლ., რუს.

ნაშრომში განხილულია ატმოსფერული ნალექების რადიოლოკაციურ ამრეკვლადობასა (Z) და მათ ინტენსივობას (I) შორის კავშირი. Z-I დამოკიდებულება გამოკვლეულია ნალექების ინტენსივობის მთელი დიაპაზონისთვის, როგორც წრფივი, ისე არაწრფივი აპროქსიმაციის შემთხვევაში. ნაჩვენებია, რომ არაწრფივი შემთხვევისთვის საიმედოობის მაჩვენებელი მნიშვნელოვნად იზრდება და პრაქტიკული გამოყენებისთვისაც შესაბამისი განტოლება უფრო მოსახერხებელია.

UDC. 551.501.

**THE RELATIONSHIP STUDIES ON Z-I RATIO OF DIFFERENT INTENSITY ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS OF A WARM PERIOD IN EAST GEORGIA**/Kapanadze N., Khelaia E., Salukvadze M., Salukvadze T./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University. -2013. - v.119. – pp.142-144 . -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The study discusses relationship between the radar reflectivity (Z) and intensity (I) of atmospheric precipitations. The Z-I ratio investigation covers all ranges of precipitation intensity for linear, as well as for nonlinear approximations. The study shows that in case of nonlinear approximation the reliability coefficient considerably grows, which makes the respective equation more convenient for practical application.

УДК.551.501.

**ИССЛЕДОВАНИЯ Z-I ОТНОШЕНИИ ДЛЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛОГО ПЕРИОДА ГОДА ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ**./Капанадзе Н.И., Хелая Э.И., Салуквадзе М. Т., Салуквадзе Т.Г. / Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. –2013. – т.119. – с.142-144 . – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус.

В работе изучена связь между радиолокационной отражаемостью (Z) и их интенсивностью (I) атмосферных осадков. Z-I отношение исследовано по всему диапазону интенсивности осадков, как для линейной, так и нелинейной аппроксимации. Показано, что в случае нелинейной аппроксимации коэффициент надежности значительно растет и соответствующее уравнение более удобно для практического применения.



УДК 551.509.9

## АНОМАЛЬНОЕ РАДИОЭХО ПРИ СУПЕРРЕФРАКЦИИ РАДИОВОЛН

М.Т. Абшаев, А.М. Абшаев, А.Х. Гергоков  
ФГБУ "Высокогорный геофизический институт", г. Нальчик

### Введение

Применяемые в практике противорадовой защиты (ПГЗ), штормооповещения и метеорологического обеспечения авиации автоматизированные радиолокационные метеорологические комплексы (АМРК) «АСУ-МРЛ», «Метеоячейка», «АКСОПРИ», «Мерком», «Титан» предусматривают вычитание радиоэха местных предметов, записанных в безоблачную погоду, с тем, чтобы на дисплее отображать лишь радиоэхо облаков и осадков.

Однако зачастую наблюдаются ситуации, когда в безоблачные ночи (особенно в теплый период года) за счет радиационного выхолаживания земной поверхности формируется приземный слой инверсии температуры и влажности воздуха, приводящий к повышенной положительной рефракции радиоволн. При этом метеорологические радиолокаторы (МРЛ) обнаруживают радиоэхо местных предметов (неоднородности рельефа, возвышенности, здания и сооружения), расположенные ниже уровня стандартного радиогоризонта. В некоторых ситуациях во второй половине ночи и утром формируются условия для положительной суперрефракции радиоволн, когда аномальное радиоэхо имеет такую мощность, что может расцениваться как радиоэхо сильных ливневых осадков, гроз, града и является источником ложных тревог.

Существующие методы фильтрации аномального радиоэха [2 - 4] предусматривают запись в АМРК набора файлов местных предметов при разных условиях рефракции и последующий субъективный выбор из них подходящего для данной ситуации файла для вычитания. Однако такой подход не оперативен в применении и лишает возможности полной автоматизации радиолокационных наблюдений и подготовки сообщений в сеть штормооповещения, так как места возникновения и мощность аномального радиоэха могут изменяться в зависимости от метеорологической обстановки.

Проблема фильтрации аномального радиоэха актуальна для всех типов МРЛ, включая доплеровские, о чем говорит опыт эксплуатации сети доплеровских радиолокаторов в США, Германии и других странах [4].

Целью настоящей работы являлась разработка метода, алгоритмов и программ автоматической фильтрации аномального радиоэха.

### 1. Условия формирования и виды рефракции микрорадиоволн

Аномальное радиоэхо обусловлено повышенной, критической и супер рефракцией радиоволн. Причиной рефракции радиоволн является наличие вертикального градиента показателя преломления в атмосфере  $n$ , который для микрорадиоволн сантиметрового диапазона определяется выражением:

$$(n - 1)10^6 = \frac{78}{T} \left( P + \frac{4799e}{T} - \frac{e}{7} \right), \quad (1)$$

где  $P$  - давление в мб;  $T$  - температура в градусах Кельвина;  $e$  - упругость водяного пара в мб.

Эти параметры атмосферы с высотой обычно убывают, соответственно уменьшается и показатель преломления. Вследствие этого скорость распространения радиоволн с высотой растет, что приводит к отклонению траектории радиолуча в сторону среды с большей диэлектрической проницаемостью, т.е. радиолуч отклоняется к поверхности Земли. Искривление радиолуча тем больше, чем больше вертикальный градиент показателя преломления  $dn/dh$  или значения вертикального градиента приведенного коэффициента преломления  $dM/dh$ , где  $M$  равно [1]:

$$M = (n - 1) \cdot 10^6 = [(n - 1) + h/r_3] \cdot 10^6, \quad (2)$$

где  $r_3$  - радиус земли равный 6371 км.

Для «стандартной радиоатмосферы», в которой температура воздуха на уровне моря равна 288 К и с высотой падает по линейному закону с градиентом 6,5 К/км, давление  $P_0 = 760$  мб и падает с высотой по барометрическому закону, давление водяного пара  $e_0 = 0,76$  мб и убывает с высотой по экспоненциальному закону, вертикальный градиент показателя преломления равен  $4 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$ .

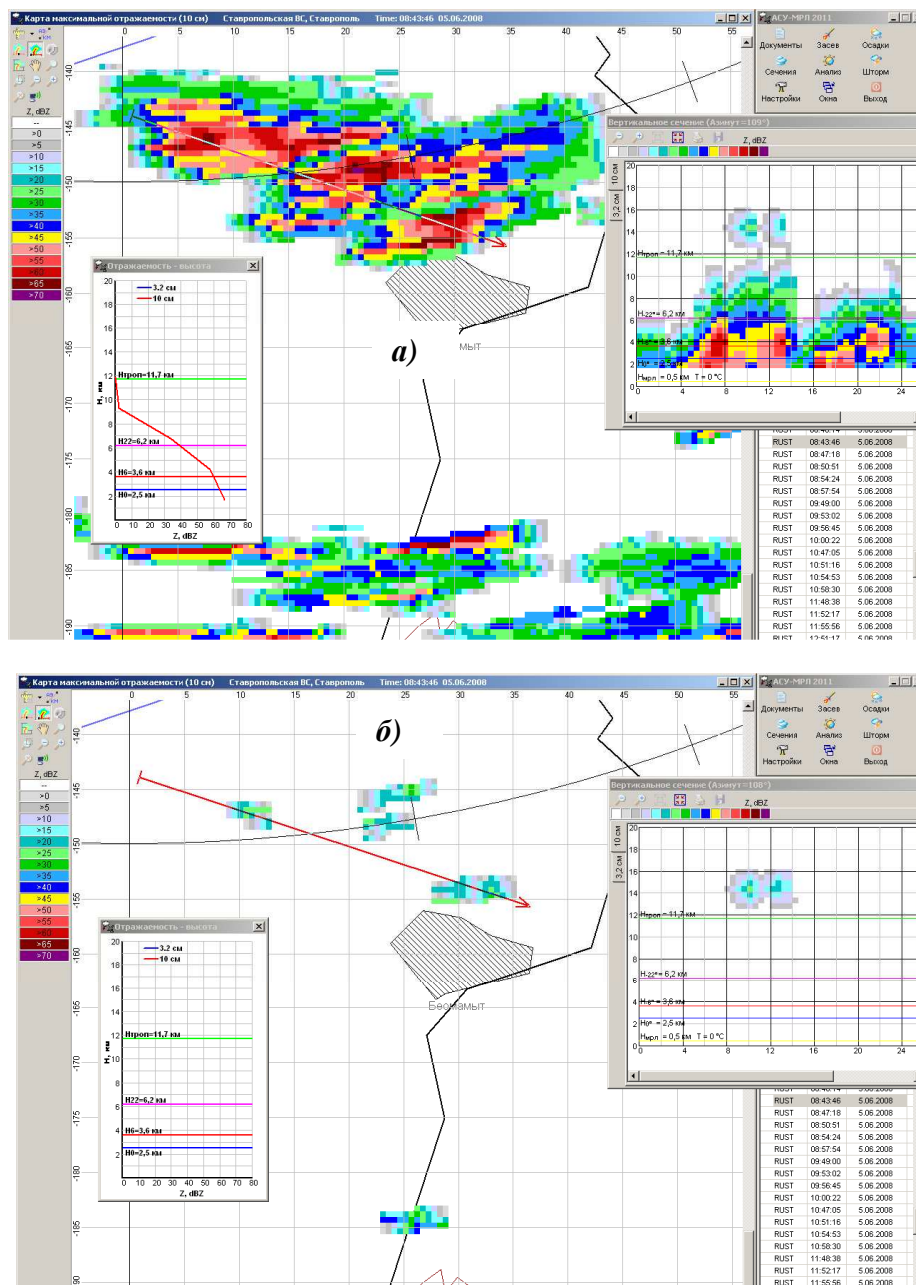


Рис. 1. Пример случая суперрефракции: а) без фильтрации; б) с фильтрацией аномального радиозэха. 05.06.2008 г. Местное время 08<sup>43</sup>.

Искривление радиолуча в стандартной атмосфере называется нормальной рефракцией. При этом высота радиолуча над поверхностью земли  $H$  с учетом его кривизны согласно модели, по которой эффективный радиус кривизны радиолуча  $r_{ЭЗ} \approx 4/3r_3 \approx 8500$  км [2], рассчитывается по формуле:

$$H = [R^2 + 7,225 \cdot 10^7 + 2R \cdot 8500 \cdot \sin \alpha]^{0,5} - 8500 + H_{МРЛ}, \quad (3)$$

где  $R$  – расстояние до цели;  $\alpha$  - угол обзора;  $H_{МРЛ}$  – высота антенны МРЛ над уровнем моря.

В реальной атмосфере вертикальный градиент показателя преломления воздуха  $dn/dh$  изменяется в зависимости от метеорологической ситуации в широких пределах. В зависимости от его значения возможны условия:

- отрицательной рефракции (при  $dn/dh > 0$ ), когда луч отклоняется от земли;
- отсутствия рефракции (при  $dn/dh = 0$ );
- положительной нормальной рефракции (при  $dn/dh = -4,8 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$ );
- повышенной рефракции (при  $-4,8 \cdot 10^{-8} < dn/dh < -15,7 \text{ м}^{-1}$ );

- критической рефракции (при  $dn/dh = -15,7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$ ), когда луч распространяется вдоль поверхности земли, приводя к сверхдальному обнаружению целей;
- суперрефракции (при  $dn/dh < -15,7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$ ), когда луч распространяется по атмосферному волноводу, испытывая полное отражение от верхней границы слоя инверсии, потом отражается от поверхности земли и т.д.

При проведении радиолокационных метеорологических наблюдений проблемы возникают в случаях повышенной, критической и суперрефракции, когда при нулевых и малых углах возвышения антенны (до  $3^0$ ) имеет место обнаружение местных предметов, расположенных ниже радиогоризонта. Радиоэхо таких целей зачастую имеют большую мощность и при автоматизированных наблюдениях могут расцениваться как очаги гроз, града, ливневых осадков и других ложных объектов.

Такие ситуации отмечаются при формировании приземного слоя инверсии температуры и влажности воздуха чаще всего за счет ночного выхолаживания поверхности земли, при наличии адвективных и радиационных туманов, а также при оседании воздуха в областях повышенного давления. Тесная связь условий распространения радиоволн с метеорологической обстановкой и синоптической ситуацией позволяет прогнозировать явление рефракции радиоволн вообще и суперрефракции в частности. Однако прогноз величины рефракции и его оперативное применение на практике сетевых радиолокационных наблюдений крайне затруднен.

## 2. Результаты полевых исследований аномального радиоэха

Анализ данных полевых радиолокационных исследований частоты, времени формирования, суточного хода интенсивности и источников (объектов орографии) аномального радиоэха в горных и равнинных районах Северного Кавказа показал, что аномальные радиоэхо наблюдаются практически во все летние безоблачные безветренные ночи обычно с  $22^{00}$  -  $23^{00}$  до  $9^{00}$  -  $10^{00}$  утра. В некоторых случаях они наблюдаются до 11 утра. Конфигурация аномального радиоэха на карте максимальной отражаемости имеет изрезанный характер (см. рис. 1) и изменяется от обзора к обзору, что свидетельствует о непрерывном изменении полей градиентов  $dn/dh$  и условий рефракции.

Мощность радиоэха обычно (но не всегда) увеличивается в течение ночи, имеет максимальное значение в утренние часы (на восходе солнца) и по мере прогрева земной поверхности убывает до исчезновения.

Максимальная отражаемость аномального радиоэха у нижней границы может достигать значений  $Z = 65$  -  $70 \text{ dBZ}$  (см. рис. 1), характерных для грозовых и градовых облаков, но в отличие от них быстро убывает с высотой. Вертикальный профиль отражаемости и вертикальный разрез радиоэха показывает (см. врезки с правой стороны рис. 1), что в некоторых случаях над основным аномальным радиоэхом обнаруживается даже радиоэхо по боковым лепесткам диаграммы направленности излучения (ДНА).

В каждом регионе аномальное радиоэхо обычно локализуется в одних и тех же местах либо во всех местах одновременно, либо некоторых из них. Источниками аномального радиоэха в Ставропольском крае и Волгоградской области являются неоднородности рельефа, радиоэхо которых при нормальной рефракции не наблюдаются. Примечательно, что на Ставропольском АМРК очень часто аномальное радиоэхо обнаруживается на северо-западе (от возвышенного берега озера Маныч-Гудило), реже на юге (от предгорий и боковых хребтов Главного Кавказского хребта), а иногда на юго-востоке (от холмов на преимущественно равнинной территории). Причем одновременно во всех этих местах радиоэхо обычно не наблюдаются. Количество, площадь и мощность аномального радиоэха в разные дни, и разное время суток варьирует в широких пределах.

Это приводит к тому, что их фильтрация стандартными методами требует обширного набора файлов местников орографических предметов. Выбор адекватного для сложившейся ситуации файла в оперативной практике не удобен и исключает возможность полной автоматизации операций штормооповещения и обуславливает практическую значимость разработки метода автоматической фильтрации аномального радиоэха.

## 3. Метод автоматической фильтрации аномального радиоэха

В данной работе предлагается метод автоматической фильтрации аномального радиоэха, могущего появляться в разных секторах и удалениях. В основу метода положено, то обстоятельство, что аномальное радиоэхо обычно расположено в приземном слое и его отражаемость быстро падает с высотой. Метод реализован в рамках программного обеспечения АМРК «АСУ-МРЛ» и в зависимости от ситуации предусматривает три режима фильтрации:

– «Мягкая фильтрация», которая отсекает все приземные радиоэхо в слое  $H_C$ , если выше этого слоя (т.е. в слое облакообразования) нет радиоэха с радиолокационной отражаемостью  $Z > 5 \text{ dBZ}$ , где  $H_C$  зависит от сезона года:

$$\Rightarrow H_C = H_{\text{МРЛ}} + 1,5 \text{ км при } H_0 < 0,5 \text{ км (в зимний период);}$$

$$\Rightarrow H_C = H_{\text{МРЛ}} + 2 \text{ км при } 0,5 \leq H_0 \leq 2,5 \text{ км (в переходный период);}$$

⇒  $H_C = H_{MPL} + 3 \text{ км}$  при  $H_0 > 2,5 \text{ км}$  (в летний период).

– «Средняя фильтрация», которая отсекает все области радиоэха, если при угле обзора выше 1 градуса, не обнаруживается радиоэхо с  $Z > 5 \text{ dBZ}$ . Эту фильтрацию можно ужесточить при повышенной рефракции, взяв вместо 1 градуса 2 или 3 градуса;

– «Жесткая фильтрация», которая применима в условиях формирования атмосферных волноводов с суперрефракцией. При этом отсекаются области радиоэха, в которых значения  $Z$  максимальны у земли и быстро уменьшаются с высотой.

Предусмотрена опция установки временных рамок действия фильтрации: по местному времени (для применения в практике ПГЗ) или по Гринвичу (для применения в практике штормооповещения).

При наличии облачности с отражаемостью  $Z > 5 \text{ dBZ}$  выше слоя фильтрации эта облачность отображается практически без искажения.

Этот метод апробирован в разных регионах, включая горные районы, и внедрен в практику работы противоградовых служб, штормооповещения и обеспечения безопасности полетов авиации.

Опыт применения метода на практике ПГЗ (в Ставропольском крае, Армении, Украине, Молдавии, Таджикистане, Македонии, Сербии), а также в практике штормооповещения (в Международных аэропортах «Гумрак», г. Волгоград и «Звартноц», г. Ереван) показал, что для исключения аномального радиоэха в большинстве случаев, достаточно включить «Мягкую фильтрацию», реже - «Среднюю фильтрацию» при угле 1 или 2 градуса и еще реже «Жесткую». Выбор режима и углов фильтрации осуществляется по данным конических или горизонтальных сечений, начиная с «мягкой» фильтрации. Если ее недостаточно, то включается «средняя» или «жесткая» фильтрация.

В программном обеспечении «АСУ-МРЛ» предусмотрены опции по установке режима фильтрации в программе управления МРЛ «Radar.exe» и в программе формировании объемного файла обзора и вторичной обработки информации «ASU-MRL.exe». Опция в программе «Radar.exe» предусматривает формирование объемных файлов обзора с фильтрацией аномального радиоэха. Опция в программе «ASU-MRL.exe» позволяет осуществлять формирование и запись объемных файла обзора без фильтрации, а визуализацию карт явлений погоды осуществлять с учетом фильтрации.

Применение такой системы фильтрации аномального радиоэха повышает удобство радиолокационных наблюдений и надежность штормооповещения. Формирование, кодирование (в коды FM-94 BUFR и RAOB), а также передача пакетов информации с фильтрацией ложных гроз, града и ливневых осадков в сеть штормооповещения от Волгоградского, Ставропольского и Зеленокумского АМК «АСУ-МРЛ» с 2007 года осуществляется автоматически. Сравнение радиолокационных данных с данными наземной сети метеонаблюдений показывает, что оправдываемость радиолокационного оповещения об опасных явлениях погоды составляет 95 – 98%. До введения такой фильтрации были частые нарекания о ложных грозах от службы метеобеспечения авиации.

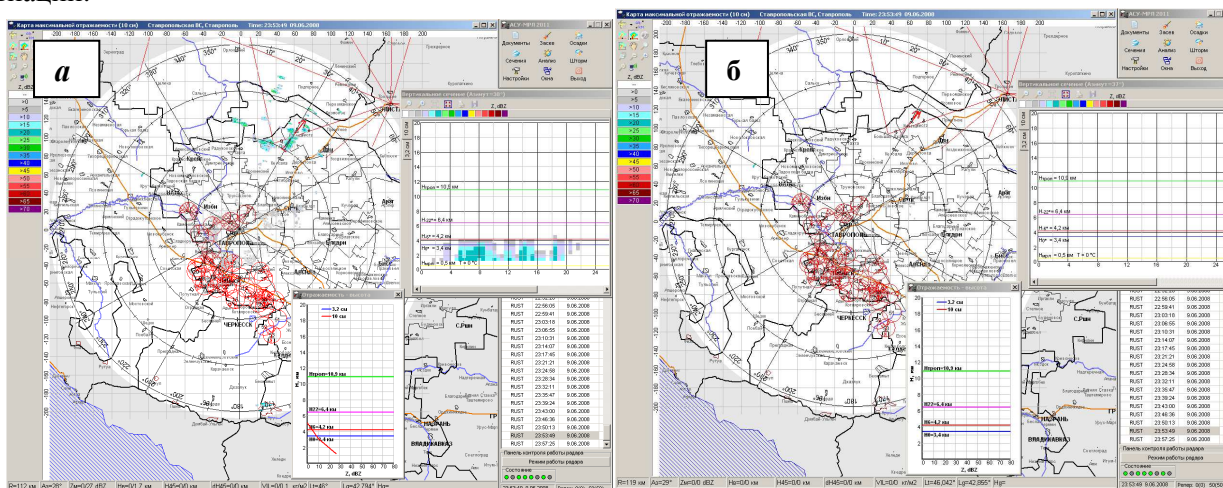


Рис. 2. Пример случая умеренной рефракции: а) - без фильтрации; б) - с фильтрацией аномального радиоэха. 09.06.2008 г. Местное время 23<sup>54</sup>.

На рис. 1а) представлен один из самых сложных и редко встречающихся случаев суперрефракции, когда отражаемость аномального радиоэха в отдельных точках достигает 70 dBZ, а его высота по боковым лепесткам ДНА достигает 16 км. Из рис. 1б) следует, что все приземные аномальные радиоэхо успешно отфильтрованы в режиме «жесткой» фильтрации. Осталось только слабое радиоэхо, обнаруживаемое боковыми лепестками

(ДНА). На рис. 2 представлен случай умеренной рефракции, когда аномальное радиоэхо (рис. 2а) полностью отфильтровано в режиме средней фильтрации (рис. 2б).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемый метод применим для некогерентных и доплеровских МРЛ. Доплеровские МРЛ имеют возможность селекции и подавления неподвижных местных предметов. Однако это не обеспечивает достаточную фильтрацию аномального радиоэха без привлечения спектральных поляриметрических параметров сигнала [4]. Применение предлагаемого простого метода в дополнение к фильтрации неподвижных целей может обеспечить повышение эффективности фильтрации помех в МРЛ не имеющих двойной поляризации.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Альперт Я. Л. Распространение радиоволн и ионосфера. М.: - Изд. АН СССР. 1960. –480 с.
2. Довиак Р., Зрнич Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. Л.: - Гидрометеиздат, 1988. – 512 с.
3. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети / Т.А. Базлова, Н.Б. Бочарников, Г.Б. Брылев и др. – СПб.: – Гидрометеиздат, 2002. – 331 с.
4. Zrnic D.S. and Melnikov V.M. Ground clutter recognition using polarimetric spectral parameters // 33<sup>th</sup> Intern. conf. on Radar Meteorology. 2007. Pp 473 - 478.

#### UDC 551.509.9

**ANOMAL RADIOECHO AT SUPER REFRACTION OF RADIO WAVES.**/ M.T.Abshaev, A.M.Abshaev, A.Kh.Gergokov/  
Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp. 145-149 -Russ.; Summ. Eng., Russ

The problem of nonlinear radio beam propagation at anomal atmosphere refraction is considered. Its dependence from dielectric refractive index is represented. The methods of filtration false radio echo in automated weather radars successfully passed tests in different geographical area are suggested.

#### УДК 551.509.9

**АНОМАЛЬНОЕ РАДИОЭХО ПРИ СУПЕРРЕФРАКЦИИ РАДИОВОЛН.**/ М.Т. Абшаев, А.М. Абшаев, А.Х. Гергоков/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.145-149 -Рус., Рез. Англ., Рус.

Рассматривается проблема непрямолинейного распространения радиолуча при аномальной атмосферной рефракции. Приведена ее связь с диэлектрическим коэффициентом преломления. Предложены методы фильтрации ложного радиоэха в автоматизированных метеорологических радиолокаторах, прошедшие успешную апробацию в различных физико-географических регионах.

УДК 551.510:551.577:551.578

## О НЕОБХОДИМОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ РАБОТ ПО ИСКУССТВЕННОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГРУЗИИ.

Амиранашвили А.Г.\* , Бахсолиани М.Г.\*\*\*, Бегалишвили Н.А.\*\* , Бериташвили Б.Ш.\*\* ,  
Рехвиашвили Р.Г.\* , Цинцадзе Т.Н.\*\* , Читанава Р.Б.\*\*\*

\*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили

\*\*Институт гидрометеорологии Грузинского Технического университета

\*\*\* Национальное Агентство Окружающей среды Грузии

### ВВЕДЕНИЕ

В области регулирования атмосферных процессов все научно-исследовательские, экспериментальные, опытно-производственные и производственные работы продиктованы интересами практической деятельности человека. Защита окружающей среды и различных отраслей экономики от неблагоприятных изменений погоды, катастрофических гидрометеорологических явлений (засуха, обильные осадки, паводки, наводнения, сели, лавины, грозы и др.), часто приносящие огромный экономический и экологический ущерб, а зачастую и человеческие жертвы, потребовало необходимости проведения как фундаментальных исследований физических закономерностей атмосферных процессов, образования облаков и осадков, так и разработок научно-методических основ работ по их регулированию. В настоящее время предпринимается много попыток искусственно вмешаться в ход некоторых явлений погоды. Однако самой развитой областью исследований в этом направлении является искусственное регулирование осадков, в частности, стимулирование дождя или снега из облаков и предотвращение выпадения града.

### 1. ПРОТИВОГРАДОВЫЕ РАБОТЫ В ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ

#### 1.1. Состояние вопроса

По неполным данным, в 1960-2000 годах противоградовые работы (опытные, опытно-производственные и оперативные) проводились в рамках около 20 проектов в 15 странах мира (Аргентина, Болгария, Германия, Греция, Италия, Канада, Китай, Молдова, Россия, Сербия, Словения, США, Таджикистан, Франция, Швейцария). Из числа этих проектов в пяти эффект не удалось зафиксировать, в семи было отмечено небольшое ослабление града, а в восьми проектах было отмечено заметное уменьшение градобитий. Оно составило: в Греции 20%, в Китае – 80%, в США модальное значение ослабления оказалось в интервале 35-40%. Оперативные работы велись в 8-10 странах.

В Грузии сначала опытные, а затем опытно-производственные и оперативные воздействия велись в 1960-1990 годах в районах Кахетии и Южной Грузии на общей площади более 1млн га. Положительный эффект изменялся в интервале 20-95% со средним значением 75-85%. В отдельных случаях, когда воздействие проводилось на сверхмощные «суперячейковые» облака, эффект оказывался нулевым, т.е. отмечалось сильное градобитие.

Почти во всех работах использовались кристаллизирующие реагенты ( $AgI$ ,  $PbI_2$ ) [1], в одном районе воздействие велось комбинированным методом ( $AgI$ ,  $NaCl$ ) [2]. Для доставки реагента в облака использовались ракеты, артиллерийские снаряды, самолет. Рентабельность работ была достаточно высокой (от 1:3 до 1:5). Самым дешевым методом было воздействие с борта самолета.

#### 1.2. Постановка задачи – физическая гипотеза

При использовании любого средства доставки кристаллизирующего реагента в облако (напр. ракеты «земля-воздух», ракеты «воздух-воздух» с борта самолета), в кубическом метре области формирования града должна быть создана концентрация не менее  $10^5$ - $10^6$  м<sup>-3</sup> искусственных ядер [1].

В случае, если для воздействия на теплую часть облака, а также до уровня  $-10^0$ С используется гигроскопический реагент (напр.  $NaCl$ ), концентрация искусственных ядер должна составлять  $10^3$ - $10^4$  м<sup>-3</sup>, или 1-10 кг км<sup>-3</sup>, если начальный радиус частиц равен 5 мкм [2]. При объеме теплой части облака 100 км<sup>3</sup>, расход гигроскопического реагента составит от 100 кг до 1 т на каждое облако, что технически весьма затруднительно используя современные средства доставки реагента.[1,2].

### **1.3. Пути решения задачи – методы воздействия и определения его эффективности**

Воздействие будет производиться с учетом типа градоопасного облака (одноячейковое, многоячейковое и суперячейковое, т.е. сверхмощное одноячейковое) на основе различных схем внесения реагента. В каждой схеме будет предусмотрено решение трех задач: в какую часть конвективной ячейки, в какой интервал времени с начала ее развития и какое количество реагента должно быть внесено в облако. Для этого будут использованы данные радиолокационных наблюдений и результаты теоретического моделирования. Необходимо совершенствование математических моделей облаков для всех перечисленных выше трех типов конвекции.

Для любого типа градоопасного облака, развивающегося над защищаемой территорией (ЗТ) в результате местных циркуляционных процессов, имеется возможность своевременного проведения воздействия и достижения положительного эффекта.

В случае, когда наблюдаются фронтальные процессы, с которыми, как правило, связано вторжение на ЗТ многоячейковых или суперячейковых облаков, воздействие должно производиться на подступах к ней с учетом вектора скорости перемещения облаков. Допуская, что максимальная скорость движения суперячейкового облака составляет 80 км/ч, а общее время его существования в стадии развития и нахождения в квазистационарном состоянии равно 1ч, а максимальный интервал действия реагента составляет 0,5ч получим, что максимальное удаление огневых точек (пунктов воздействия) от границы ЗТ должно составлять около 80-100 км в направлении, перпендикулярном движению фронта. На этом расстоянии будет возможным проведение хотя бы 2-3 разовых предварительных засевов облаков, что должно обеспечить эффективную защиту выделенной территории.

Для реализации этой методики необходимо будет приобретение двух метеорологических радиолокационных- вычислительных комплексов (МРВК). Один из них должен быть установлен в центральной части ЗТ для обеспечения воздействия на местные процессы, а второй должен быть вынесен на 50 км за пределы ЗТ с целью осуществления наблюдений и предварительного засева надвигающихся на ЗТ фронтальных облаков. В случае наличия только одного МРВК, он должен быть расположен на одном из хребтов на западной или восточной границе ЗТ.

Для воздействия на местные процессы в основном будет использована ракетная техника, а для засева фронтальных облаков возможно также применение авиационной техники. В частности, на передней линии воздействия предварительная обработка облаков будет произведена с самолета, а с приближением к ЗТ, на второй и третьей линиях воздействия, засев может вестись с ракетных установок. Оптимальное размещение пунктов воздействия может быть определено на основе статистического моделирования (метод Монте-Карло) засева градоопасных облаков, с учетом физико-географических и климатических особенностей региона, радиолокационных характеристик пространственно-временной эволюции радиоэха облаков[3].

Физический эффект воздействия будет определяться для каждого типа процесса отдельно, на основе эмпирико-статистических моделей радиолокационных параметров, а также математических моделей развития облака и формирования града, путем создания контрольных групп и проведения операции «псевдорандомизация».

Определение экономического эффекта будет производиться как с учетом физического эффекта, так и традиционным путем на основе статистических данных об ущербе на защищаемой и контрольной территориях.

### **1.4. Организационные вопросы разворачивания противоградовых работ**

В современных условиях Тбилисский международный аэропорт обслуживает множество международных рейсов, в связи с чем воздушное пространство над Тбилиси фактически занято коридором шириной 65 км, распространяющимся от Марнеули до Сартчала. К сожалению, траектории градовых облаков преимущественно следуют Триалетскому хребту и, таким образом, в случае выбора в качестве ЗТ Сагареджойского района предварительная ракетная обработка облаков в пространстве этого коридора окажется невозможной. Данное обстоятельство потребует осуществить засев градоопасных облаков в пределах коридора воздействия с борта самолета (что весьма опасно), либо применение в Сагареджойском районе пассивных технологий защиты (сеточное перекрытие). В условиях аномально низких цен на виноград (30-35 тетри/кг), экономическая рентабельность этих работ становится сомнительной.

В случае развертывания противоградовых работ в Кахетии, радиолокационный мониторинг облаков может быть осуществлен с одного МРВК, расположенного в окрестностях Коджори, что позволит обеспечить бытовые условия для обслуживающего МРВК персонала (подъездная дорога, электроснабжение, обеспечение питанием, водой и др.). Эта станция даст возможность проводить мониторинг облаков над всей территорией Восточной Грузии, от Сурамского хребта до водораздельной линии Большого Кавказа.

Организационные вопросы возобновления противоградовых работ в Восточной Грузии более детально рассмотрены в статье [4].

## 2. ИСКУССТВЕННОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ ОСАДКОВ

### 2.1. Состояние вопроса

Работы по искусственному увеличению осадков (ИУО), как это было указано в первой части настоящей статьи, проводились в различных регионах и странах мира – США, Австралия, Испания, Израиль, Китай, Южная Африка, Кения Алжир, Куба, Мексика, Индия, Таиланд и др. В бывшем Советском Союзе засев облаков с целью увеличения осадков выполнялся в Молдове, России, Украине, Грузии, Армении, в Средней Азии [4]. Несколько подробно остановимся на особенностях и результатах широкомасштабных проектов по увеличению осадков (ПУО), проведенных в 70-90 годах прошлого столетия под научно-методическим руководством Закавказского научно-исследовательского гидрометеорологического института – ЗакНИГМИ (нынешний Институт Гидрометеорологии Грузинского Технического университета) в бассейнах озер Севан и Паравани, Сионского водохранилища [5,6]. Воздействие на летние конвективные облака осуществлялось с использованием противоградовой техники (ракетные установки «Алазани» и зенитные орудия КС-19), а также с помощью 2-х специально оборудованных самолетов ЯК-40. Воздействие на облака холодного периода года проводилось с применением автоматизированного комплекса наземных аэрозольных генераторов (НАГ). Во всех засевах облаков использовался кристаллизирующий реагент – йодистое серебро. Экспериментальные полигоны «Иори», «Паравани» и «Севан» были оборудованы МРВК – автоматизированными метеорологическими радиолокационными комплексами МРЛ-2 и МРЛ-5 для проведения воздействия, осуществления контроля и оценки результатов засева облаков. На полигонах была создана специализированная учащенная сеть для гидрометеорологических измерений стока рек и осадков на водосборе. Отличительной особенностью ПУО в Закавказье была комплексная методика оценки эффективности воздействия [6]. Основной план экспериментов представлял собой случайный выбор (рандомизацию) полусуток или суток со статистической оценкой расхождения опытных и контрольных рядов полусуточных или суточных сумм осадков и объемов стока рек на опытной территории (ОТ). Вместе с этим выполнялась физическая и физико-статистическая оценка эффективности воздействия с применением математических моделей осадкообразования, радиолокационных, самолетных и других измерений характеристик эволюции полей облачности и осадков. Дополнительно оценивался эффект засева на основе уравнений исторической регрессии, связывающих сезонный или годовой сток и осадки на опытной (ОТ) и контрольной (КТ) территориях. В конце каждого года определялась экономическая эффективность работ по ИУО с учетом использования дополнительных водных ресурсов в естественных водоемах и искусственных водохранилищах для нужд энергетики, орошения и водоснабжения. Совместимость и эффективность различных подходов и методов в схеме комплексной оценки работ по ИУО до начала результатов воздействия, проверялась путем статистического моделирования ПУО рандомизированного засева конвективной облачности, при условии обнаружения эффекта со значимостью на уровне 0.05-0.10 за приемлемые сроки экспериментирования 5-10 лет [7].

Приведем кратко результаты выполнения проектов «Иори», «Паравани» и «Севан» за период 1970-1990 гг. [6]. В экспериментах по воздействию на конвективные облака теплого полугодия с помощью противоградовой или авиационной техники увеличение полусуточных осадков на ОТ составило 0.5-0.7 мм или 20-30% от контрольных осадков на уровне значимости 0.10-0.04. Увеличение полусуточного объема стока реки опытного бассейна, например в проекте «Иори», превысило 220 тыс.т. или около 40% от контрольного объема стока. Оценка значима на уровне 0.10. Физико-статистическая оценка эффективности воздействия указала на возрастание количества дождя из отдельных конвективных ячеек на величину 100-350 тыс. т. Результат значим на уровне 0.10. В целом для осадков, выпавших из ячейки за все время существования, величина прибавки колебалась от 40 до 100% в среднем составляя 50%. Увеличение сезонных сумм осадков на ОТ Иорского и Параванского полигонов, зафиксированное с помощью уравнений исторической регрессии, составило 40-50 мм или около 10% на уровне значимости 0.10. При проведении систематических воздействий в оперативных работах по ИУО возможное увеличение сумм осадков за теплый сезон, например в бассейне Иорского водохранилища, оценено в размере 10-15% от сезонной нормы. При этом дополнительные водные ресурсы водохранилища могут составить величину 20-50 млн.т.

В проекте «Севан» в экспериментах по засеву облаков холодного полугодия с помощью НАГ количество дополнительных осадков составило в среднем 0.9 мм в сутки. Уровень значимости вывода об увеличении осадков равен 0.10-0.06. Физико-статистическая оценка эффективности зимних воздействий на основе данных МРВК показала, что в опытные сутки в коридоре воздействия наблюдалось на 2700 тыс.т. больше осадков,



чем в контрольные сутки. В каждый час опытной экспериментальной единицы выпадало примерно на 110 тыс. т (15%) больше воды, чем за один час контрольной единицы. Эффект заметен в первые 7 часов после воздействия. В это время количество выпавшей воды более чем на 70% превышает контрольные осадки. Вывод получен на уровне значимости 0.10.

Дополнительная оценка с помощью метода исторической регрессии показала, что увеличение годовых сумм осадков в бассейне оз.Севан составляет 20-25 мм или 4-5% от годовой нормы. Оценка получена на уровне значимости 0.05. Определены количества дополнительных водных ресурсов в бассейне. Для холодного сезона они оценены в 26 млн. т, для теплого сезона 12 млн. т. Таким образом в период выполнения проекта «Севан» общее количество дополнительных водных ресурсов составило около 40 млн. т в год. В условиях оперативных работ возможная годовая прибавка к водным ресурсам озера может быть примерно равной 80-100 млн.т.

Оценка экономической эффективности работ по ИУО в горных регионах, учитывающая комплексность использования дополнительных водных ресурсов по трем компонентам – орошаемое земледелие, энергетика и водоснабжение, показала, что ежегодный чистый доход составил до 5-10 млн. рублей при рентабельности от 1:5 до 1:10. Стоимость 1т дополнительных водных ресурсов оказалась равным 1-5 копеек.

Производственное внедрение работ по ИУО в Закавказье было осуществлено в период 1985-1990 гг. в ряде районов Восточной Грузии и показало довольно высокую физическую и экономическую эффективность. К концу 80-х годов были составлены технико-экономические обоснования (ТЭО) на проведение работ в производственных масштабах в Армении и Азербайджане. Они были согласованы с директивными органами и предусматривали организацию работ по ИУО в Араратской долине, в бассейнах р.Касах и Апаранского водохранилища, а также в предгорных и горных районах, с севера примыкающих к Мингечаурскому водохранилищу. Однако из-за сложного политического и экономического положения в республиках Закавказья организация производственных работ по ИУО была приостановлена.

## **2.2. Постановка задачи – физическая гипотеза**

В рамках планирования засева облаков была выполнена проверка микрофизической гипотезы воздействия кристаллизирующим реагентом на основе асимметричной модели конвективного облака с детальным описанием микрофизических процессов. Имитация засева производилась двумя способами – на уровне основания облака (воздействие с помощью НАГ) и на различных высотах от основания (воздействие с помощью самолетных бортовых пиропатронов или ракет с наземных установок). Введенные частицы аэрозоля йодистого серебра служили в качестве контактных и сорбционных искусственных ядер. Было показано, что увеличение осадков происходило за счет формирования искусственных ледяных кристаллов, которые вырастали до меньших частиц осадков, чем это происходило в естественных условиях. Большая часть из них успевала растаять в теплой части облака и внеоблачном пространстве и в виде «холодного» дождя выпадала на земную поверхность. В то же время уменьшались размеры частиц твердых осадков и их количество, что в определенной степени подтверждало концепцию противоголового засева [1]. Решение задачи математического моделирования засева слоистообразных облаков кристаллизирующим реагентом с помощью НАГ, а также других возможных средств воздействия, для условий Севанского полигона, также показала возможность увеличения зимних осадков в виде снега в определенных метеорологических станциях при установке НАГ в основном с наветренной относительно натекающего потока стороны хребтов [6].

## **2.3. Пути решения задачи – методы воздействия и определения его эффективности**

Исходя из вышеизложенного, предлагается засев конвективных облаков теплого сезона года кристаллизирующим реагентом осуществить с помощью ракет противоголового комплекса «Искра». Поля слоистообразных облаков холодного полугодия могут быть засеяны или с помощью автоматизированного комплекса сети НАГ (йодистое серебро) или специально оборудованными самолетами-лабораториями (твердая углекислота).

Опытной территорией (мишенью) будут выбраны естественные и искусственные водоемы – озеро Паравани, Жинвальское, Сионское и Цалкское водохранилища. Целью работ по ИУО является получение дополнительных водных ресурсов указанных водохранилищ, которые могут быть использованы комплексно в разных отраслях экономики.

Основная оценка эффективности воздействия в производственных работах по ИУО будет проводится с применением математических моделей естественного и искусственного осадкообразования, а также с помощью эмпирико-статистических моделей эволюции радиолокационных характеристик полей облачности и осадков. В случае возможности подбора КТ, оценка дополнительно будет выполнена по полусуточ-

ным/суточным осадкам и стоку на ОТ и КТ, а также с применением уравнений исторической регрессии, связывающих сезонные величины сумм осадков и стока на ОТ и КТ. В случае накопления достаточно большого количества экспериментальных единиц (конвективная ячейка или поле слоистообразной облачности, развивающихся на ОТ), для которых воздействие по различным причинам не проводилось, оценку эффекта засева можно провести, также методом «псевдорандомизации».

#### **2.4. Организационные вопросы развертывания работ по ИУО**

На начальной стадии развертывания работ по ИУО операции по воздействию на облака могут быть проведены в бассейнах тех естественных или искусственных регулируемых водоемов и водохранилищ, над которыми не проходят авиационные трассы международных или внутренних рейсов – например, Жинвальское, Сионское, Цалкское водохранилища, оз.Паравани. Для этого необходимо будет располагать двумя МРВК. Один комплекс, расположенный, например в южной части Карталинского хребта может обеспечить одновременный обзор полей облачности и осадков в бассейнах рек Арагви и Иори, где находятся Жинвальское и Сионское водохранилища. Аналогично, МРВК, установленный в северной части Джавахетского хребта (Тикматашский перевал), может фиксировать метеорологическую ситуацию в бассейнах Цалкского водохранилища и оз.Паравани. В обоих случаях контрольные бассейны могут быть выбраны западней опытных – в одном случае это бассейны рек Ксани и Лиахви, во втором – развитая гидрологическая система сравнительно небольших рек Ахалкалакского плато между озерами Табацкури и Ханчали – Карцахи. На ОТ и КТ необходимо организовать специализированную сеть автоматизированных гидрометеорологических постов. Для планирования и контроля воздействий необходимо располагать системой получения спутниковой информации.

На основе статистического моделирования ИУО необходимо выбрать расположение и количество ракетных пунктов воздействия, а также места установки НАГ, обеспечивающих максимальный эффект в опытных бассейнах.

Ориентировочно, понадобится четыре комплекса противорадовой системы «Искра», а также два комплекса автоматизированной сети НАГ для обеспечения круглогодичного воздействия на облака опытных территорий.

Засев полей слоистообразных облаков холодного периода года можно, также, выполнить с помощью 2-х специально оборудованных самолетов, позволяющих сверху обрабатывать поля облачности твердой углекислотой (сухой лед). Этот реагент экологически чист и его специальное производство не требует больших затрат. Регулирование размера гранул твердой углекислоты позволяет провести засев многослойных полей облачности. В случае необходимости (например при развитии засухи) самолетное воздействие может быть проведено не только для получения эффекта увеличения осадков на ОТ, а также на всей территории Грузии.

### **3. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГРОЗОВЫЕ ПРОЦЕССЫ**

#### **3.1. История вопроса**

Грозовые явления, связанные с молниями, известны человечеству с глубокой древности. Молния может происходить внутри облака (внутриоблачный разряд), между двумя и более облаками (разряды облако-облако), между облаков и землей (разряд на землю), между облаком и окружающим воздухом (разряды в атмосфере, в том числе и разряды на ионосферу – вертикальные разряды). Негативные последствия гроз часто связаны с повреждением зданий, инженерных сооружений, транспортных средств, различных электрокоммуникаций, газо и нефтепроводов, гибелью животных и людей и др. [8-10].

Учитывая вред, приносимый грозами народному хозяйству, в ряде стран разрабатываются методы воздействия на грозовые облака с целью уменьшения или подавления их электрической активности. К таким методам можно отнести: искусственное вызывание с помощью ракет разрядов грозового облака на землю, создание ионизированных каналов в атмосфере с помощью лазеров, воздействие на облака сильноточными пучками релятивистских электронов и протонов, провоцирование локальных внутриоблачных электрических разрядов с целью снижения общей высокой напряженности электрического поля в облаке, засев облаков кристаллизующими реагентами с целью изменения их электрического состояния и др. [8]. С использованием последнего метода целый ряд экспериментов, показавших обнадеживающие результаты, были проведены в бывшем СССР (в том числе и в Грузии), в Болгарии и др. [10-11].

### **3.2. Постановка задачи – рабочая гипотеза**

Грузия является одним из грозоопасных регионов мира. Поэтому неудивительно, что здесь в конце семидесятых - начале восьмидесятых годов прошлого столетия развернулись опытные работы по воздействию на электрическое состояние мощных конвективных облаков с целью регулирования их грозовой активности. Рабочая гипотеза состояла в изменении контактной электризации в облачной среде путем засева облака кристаллизующим реагентом. При этом вначале при внесении в облако кристаллизующего реагента в результате фазовых переходов обычно происходит рост молниевых разрядов. Затем, по мере образования в облаке более-менее однородной (близкой к монодисперсной) капельно-кристаллической или полностью кристаллической среды, в результате ослабления контактной электризации грозовая активность облака должна уменьшаться [8].

### **3.3. Методика воздействия, результаты**

В период с 1978 по 1984 гг. Институтом геофизики АН Грузии в совместно Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова в Алазанской долине Кахетинского региона были проведены полевые эксперименты по изучению возможности регулирования грозовой активности мощных конвективных облаков путем засева их кристаллизующим реагентом с использованием штатных средств противогололедной защиты. В результате этих экспериментов была разработана опытная методика воздействия на грозовые облака. Положительного эффекта воздействия удалось достичь в 53% случаев, в 22% случаев эффект был отрицательным и в 25% случаев - неопределенным. Для существенного ослабления грозовой деятельности облаков в диапазоне высот их максимальной радиолокационной отражаемости  $H_m$  от 10 до 12,8 км в среднем необходимо вводить в облако в течение не менее 20 мин. изделия "Алазани" с интенсивностью  $J$  не менее 4 ракет/мин. Для существенного подавления грозовой активности облаков с  $8 < H_m < 10$  км достаточно в среднем вводить в облако не менее 2 ракет/мин. в течение не менее 13 мин. При невысокой интенсивности введения реагента в облака происходит рост молниевой активности примерно на 15% ( $J = 2$  ракеты/мин). С повышением интенсивности введения реагента в облака происходит уменьшение грозовой активности, которая достигает минимума при  $J = 7$  ракет/мин и более [10-11].

Отметим, что регистрация интенсивности молниевых разрядов является действенным способом индикации срабатывания льдообразующего реагента при искусственном введении его в облако – при процессе кристаллизации происходит рост интенсивности грозовых разрядов [8].

## **4. ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДКОВ В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ**

### **4.1. Состояние вопроса**

Искусственное регулирование атмосферных осадков, в том числе их увеличение или уменьшение/прерывание во многих случаях вышло за пределы научных экспериментов и приняло опытно-производственный, либо оперативный характер. К примеру, за последние 30-40 лет в Израиле ведется самолетный засев облаков кристаллизующим реагентом с целью пополнения водных ресурсов оз.Киннерет. В течение аналогичного периода такие же работы с успехом ведутся в Китае и других странах. В течение 80-х годов прошлого столетия, под научно-методическим руководством ЗакНИГМИ были проведены широкомасштабные опытно-производственные работы по увеличению осадков в бассейнах оз.Севан, Сионского водохранилища и оз.Паравани. В этих работах применялись противогололедные ракеты «Алазани», зенитные орудия КС-19, специально оборудованные самолеты ЯК-40 и наземные аэрозольные генераторы. Во всех случаях для засева облаков применялся кристаллизующий реагент. Работы подобного типа, кроме упомянутых выше двух стран, в настоящее время ведутся в США, Австралии, Кении, ЮАР, Кубе, Индии, Мексике и др.

В России успешные работы по уменьшению или прерыванию осадков впервые были предприняты в 1980 году в ходе проведения летних Олимпийских игр. Аналогичные работы были проведены в 1986 г. на обширной территории, прилегающей к Чернобыльской АЭС с целью предотвращения выпадения радиоактивных веществ на поверхность земли. Искусственное вызывание осадков и рассеивание облаков на подступах к АЭС велось с тем, чтобы приостановить выпадение осадков над ней.

С учетом многолетнего опыта сотрудников Института гидрометеорологии можно считать возможным проведение опытно-производственных работ по уменьшению/прерыванию осадков в районах гг. Батуми и Кобулет с целью улучшения условий курортного сезона в прибрежной зоне.

### **3.2. Постановка задачи - физическая гипотеза**

Первичная обработка развивающихся над акваторией моря ливневых облаков и их полей кристаллизирующим или гигроскопическим реагентом должна производиться с помощью самолета с учетом вектора скорости их перемещения с тем, чтобы над прибрежной зоной они оказались в максимально ослабленном и «вымытом» осадками виде. Таким образом, вымывание облаков осадками должно быть произведено со стороны моря на подступах к прибрежной полосе. Вторичное воздействие с целью полного прекращения осадков может быть произведено противорадовыми ракетами по мере их приближения к берегу. Подобное воздействие может быть осуществлено также в случае надвижения облаков с суши (с востока), хотя вероятность подобных процессов крайне низка.

### **3.3. Пути решения задачи – методы воздействия и контроля его эффективности**

Внесение гигроскопического реагента в основную теплую часть облака создает дополнительные ядра конденсации, на которых быстро растут крупные капли, в результате коагуляционного роста которых ускоряется процесс осадкообразования и выпадения осадков.

Внесение кристаллизирующего реагента в переохлажденную часть облака искусственно создает ледяные кристаллы, в результате перекачки водяного пара на которые и дальнейшего коагуляционного роста также происходит ускорение осадкообразования.

Первое воздействие может быть произведено с помощью 1-2 самолетов. В случае наличия стационарных облачных полей самолет производит засев облаков по зигзагообразной траектории со стороны моря. В случае же перемещения поля облачности, с учетом скорости и направления движения облаков происходит их линейный засев с самолета. Вторичный засев облаков, как уже отмечалось выше, может быть произведен противорадовыми ракетами с целью их дальнейшего ослабления или рассеяния.

Во всех случаях проведение воздействия и его контроль должно быть осуществлено с помощью метеорологического радиолокационного вычислительного центра (МРВК), обеспечивающего определение физического эффекта воздействия, корректировку операций засева и общее руководство операциями воздействия.

для контроля и определения физического эффекта воздействия дополнительно применяется специальная осадкомерная сеть, данные метеостанций Батуми, Кобулет и прилегающих районов, а также спутниковая информация о полях облачности и осадков.

Основной акцент будет сделан на измерение полей осадков с помощью радиолокатора и использование спутниковых данных.

Проект завершится созданием научного и технико-экономического обоснования проведения работ, в котором будет предложено несколько вариантов проведения воздействия, будут представлены результаты соответствующих научных, технических и экономических расчетов.

Для проведения опытной 2-летней стадии проекта потребуется 1-2 самолета типа ЯК-40 и 3-4 ракетные установки, которые будут расположены в тех точках прибрежной зоны, откуда они не будут создавать помех функционированию Батумского международного аэропорта.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализ данных последних десятилетий относительно физического и экономического ущерба от опасных катастрофических гидрометеорологических процессов показал тенденцию их роста во многих регионах и странах мира. Многие ученые связывают это с влиянием глобального потепления. В Грузии ежегодный экономический ущерб связан, как правило, с проявлением таких процессов, как паводки и наводнения, снежные лавины, оползни, градобития. Например, в 2012 году ущерб только от градобитий составил около 120 млн. лари (75 млн. долларов США). Создавшееся положение требует возобновления в Грузии работ по искусственному регулированию атмосферных процессов. Полученные во второй половине прошлого столетия многие результаты исследований грузинских ученых были положены в основу практических работ по искусственному увеличению атмосферных осадков, предотвращению градобития, регулированию грозовой активности осадков, искусственному вызыванию схода снежных лавин. Учитывая приобретенный, опыт предлагается возобновить в Грузии эти работы, начиная, в первую очередь с восстановления противорадовой защиты в Кахетии.

Процессы взаимодействия естественных и искусственных аэрозолей с атмосферными процессами и в особенности, с облаками весьма сложны. Взаимосвязи между грозовой и градовой активностью, осадками и аэрозольно-грозовым загрязнением атмосферы должны характеризоваться региональными особенностями.

Эти особенности обусловлены как физическими условиями образования облачности и осадков, так и количеством и видом аэрозольно-газового загрязнения воздуха. Размеры, химический состав, конденсационная и льдообразующая активность естественных и антропогенных аэрозолей могут существенно влиять на образование крупных капель и зародышей градин в облаках. В настоящее время, по сравнению с прошлым веком, характер антропогенного загрязнения атмосферы существенно изменился. Соответственно должна измениться и зависимость облачных процессов от этого загрязнения. Поэтому в дальнейшем, в случае восстановления работ по регулированию облачных процессов, в методике воздействий необходим учет фактора антропогенного загрязнения.

Возобновление активных воздействий на облака (град, грозы, осадки) может стимулировать, также, работы по искусственному сходу лавин, рассеиванию туманов, борьбе с аэрозольным и газовым загрязнением атмосферы.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Бибилашвили Н.Ш., Бурцев И.И., Серегин Ю.А. Руководство по организации и проведению противоградовых работ. Л., Гидрометеиздат, 1981, 168 с.
2. Бартишвили И.Т., Надибаидзе Г.А., Бегалишвили Н.А., Гудушаури Ш.Л. К физическим основам метода ЗпкНИГМИ борьбы с градом. Труды ЗакНИГМИ «Физика облаков и активных воздействий», вып. 67(73), Л., Гидрометеиздат, 1978, с.73-82.
3. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Оптимизация сети пунктов воздействия на основе статистического моделирования характеристик градовых процессов. Обзорение прикладной и промышленной математики. Серия «Вероятность и статистика». Том 3, вып.2, М., Изд.»ТВП», 1996, с.204-214.
4. Амиранашвили А., Бахсолиани М., Бегалишвили Н., Берадзе Н., Бериташвили Б., Рехвиашвили Р., Цинцадзе Т., Рухадзе Н., Капанадзе Н. О возобновлении работ по регулированию осадков в Восточной Грузии. Труды Инст. Гидрометеорологии «Проблемы мониторинга и моделирования антропогенного загрязнения природной среды в Грузии», т.108, Тбилиси, 2002, с.249-260.
5. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Ватъян М.Р., Карцивадзе А.И., Гудушаури Ш.Л. Методические указания по организации и проведению работ по искусственному увеличению осадков из конвективных облаков с помощью противоградовой техники. М., Гидрометеиздат, 1986, 25 с.
6. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш. О физической и экономической эффективности работ по искусственному увеличению осадков в Закавказье. Труды ВГИ «Физика облаков и активные воздействия», вып.85, М., Гидрометеиздат, 1992, с.80-90.
7. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш. Планирование на основе метода Монте-Карло рандомизированного засева облаков в экспериментах по искусственному увеличению осадков в горном регионе. Обзорение прикладной и промышленной математики. Серия «Вероятность и статистика». Том 3, вып.2, М., Изд.»ТВП», 1996, с.193-203.
8. Степаненко В.Д., Имянитов И.М., Богачук В.С., Карцивадзе А.И., Амиранашвили А.Г., Салуквадзе Т.Г., Гзиришвили Т.Г., Бохашвили В.Х., Саркисова Л.С., Качурин Л.Г., Дивинский Л.И., Иванов Б.Д., Осипов Ю.Г. - Предварительные результаты опытов по воздействию на грозовые процессы льдообразующим реагентом. Тр. Инст. геофизики АН СССР, т.49, Тбилиси, "Мецниереба", 1982, с. 13-44.
9. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Nekhotina L.M., Trofimenko L.T., Bogachuk V.S. – Variation of Thunderclouds Electrical and Radar Parameters as a Result of Artificial Modification, Pap. Subm. to the 5<sup>th</sup> WMO Sc. Conf. on Weather Modification and Appl. Cloud Physics, Beijing, China, vol.1, WMO/TD-No 269, 8-12 May 1989, pp. 357-358.
10. Amiranashvili A.G., Gzirishvili T.G., Chumburidze Z.A. – On the Role of Artificial Iceforming Reagents and Radioactive Intermixtures in the Variation of Convective Clouds Thunderstorm and Hail Activity. Proc. 12<sup>th</sup> Int. Conf. on Clouds and Precipitation, Zurich, Switzerland, August 19-23, vol. 1, 1996, pp. 267-270.
11. Amiranashvili A. – Statistical Models of Connection of Lightning Activity with Aerosol Pollution of Atmosphere. Proc. of X Int. Symposium on Lightning Protection, Curitiba, Brazil, 9-13 November 2009, pp.261-266.

უკ 551.510:551.577:551.578

**საქართველოში ატმოსფერული პროცესების ხელოვნური რეგულირების სამუშაოთა განახლების საჭიროების შესახებ** /ამირანაშვილი ა., ბახსოლიანი მ., ბეგალიშვილი ნ., ბერიტაშვილი ბ., რეხვიანი რ., ცინცაძე თ., ჭითანავა რ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. -ტ. 119. - გვ.150-158- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ჩატარებულია საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების დინამიკისა და მათთან ბრძოლის მეთოდების თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი. ნაჩვენებია ამ პროცესებისაგან მიყენებული ეკონომიკური და ფიზიკური ზარალის მატება საქართველოში და საზღვარგარეთ. აღნიშნულია ქართველი მეცნიერების მნიშვნელოვანი როლი ამ პროცესების კვლევის საქმეში, რომელიც ამჟამად მიმდინარეობს. საზგასმულია წარსულში ატმოსფერული ნალექების ხელოვნური გაზრდის, სეტყვასთან ბრძოლის, ღრუბლების საელექტრო აქტივობის რეგულირების, ზვავების ჩამოსვლის საშიშროების პრევენციის პრაქტიკული სამუშაოების წარმატებები. შემოთავაზებულია აღდგეს ორ ათეულ წელზე მეტი ხნის წინ შეწყვეტილი პრაქტიკული სამუშაოები ატმოსფერული პროცესების რეგულირების დარგში, და პირველ რიგში, სეტყვის საწინააღმდეგო სამუშაოები კახეთში.

UDC 551.510:551.577:551.578

**ON THE NECESSITY OF RESUMPTION OF ATMOSPHERIC PROCESSES MODIFICATION ACTIVITIES IN GEORGIA** /Amiranashvili A., Bakgsoliani B., Begalishvili N., Beritashvili B., Rekhviashvili R., Tsintsadze T., Chitanava R./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Tekhnikal University. -2013. - т.119. – pp.150-158. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Contemporary state of the dynamics of hazardous hydrometeorological processes and methods of protection from them is analyzed. The rise in economic and physical damage from these processes in Georgia is outlined. Important role of Georgian scientists in the continuation of these processes investigation is indicated. Successful results obtained in the past in Georgia in operational activities on precipitation enhancement, hail suppression, cloud lightning activity modification and prevention of atmospheric processes modification operational activities, suspended more than two decades ago, is proposed, starting first with the restoration of hail protection works in the Kakheti Region.

УДК 551.510:551.577:551.578

**О НЕОБХОДИМОСТИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ РАБОТ ПО ИСКУССТВЕННОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГРУЗИИ**/ Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Рехвиашвили Р.Г., Цинцадзе Т.Н., Читанова Р.Б./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т. 119. – с.150-158. – Рус .; Рез. Груз., Англ., Рус.

Проведен анализ современного состояния вопроса о динамике опасных гидрометеорологических процессов, методов борьбы с ними. Указывается на наличие роста экономического и физического ущерба от этих процессов в Грузии и за рубежом. Отмечается важная роль грузинских ученых в продолжающихся исследованиях этих процессов. Обращается внимание на успехи в прошлом в практических работах по искусственному увеличению атмосферных осадков, борьбе с градобитиями, регулированию грозовой активности облаков, превенции опасности схода лавин. Предлагается возобновить прекращенные более двух десятков лет назад практические работы по искусственному регулированию атмосферных процессов, начиная, в первую очередь, с восстановления противоголовоградной защиты в Кахети.

УДК 551.510

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОВМЕСТНЫХ РАБОТ ИНСТИТУТОВ ГЕОФИЗИКИ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ В ОБЛАСТИ АТМОСФЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГРУЗИИ

Глonti Н.Я.\*, Цинцадзе Т.Н.\*\*

\*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им. И. Джавахишвили

\*\* Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета

Со дня образования по настоящее время институт гидрометеорологии в процессе своей деятельности постоянно имел обширные связи со многими ведущими научно-исследовательскими организациями как в Грузии, так и за рубежом. Среди этих организаций одним из важнейших партнеров в области атмосферных исследований является институт геофизики им. М. Нодиа.

За последние несколько десятилетий институтами геофизики и гидрометеорологии проведены и проводятся важные совместные исследования по самым разным проблемам физики атмосферы, в частности таких, как естественные радиоактивные трассеры в атмосфере [1-4]; загрязнение воздуха [5-10]; атмосферное электричество, грозо-градовые процессы [11-20]; изменение климата Грузии [21-27]; оценка биоклиматических ресурсов Грузии [28-30]; оценка риска гидрометеорологических катастроф [28-35]; радиолокационная метеорология [36,37]; активные воздействия на атмосферные процессы [38,39] и др. Помимо научных работ внимание уделялось и популяризации атмосферных исследований [40].

Результаты совместных исследований опубликованы как в отечественных, так и международных журналах и сборниках, представлены на конференциях самого различного ранга. Так, в 2008 году по инициативе институтов геофизики и гидрометеорологии в рамках международного года планеты Земля была проведена крупная международная конференция «Климат, природные ресурсы, стихийные катастрофы на Южном Кавказе».

Отметим некоторые результаты проведенных исследований. В работах [1,4] приводятся данные о вертикальном распределении радона над территорией Грузии, на основании которых проведены оценки коэффициента турбулентности в нижней тропосфере, а также эксхалции радона с территории Грузии. Результаты исследований многолетней динамики загрязнения приземного слоя воздуха в Тбилиси (весовая концентрация аэрозолей, окислы азота, двуокись серы, озон) представлены в [7-9]. В частности, отмечается нелинейность тренда концентрации приземного озона с максимумом во второй половине девяностых годов прошлого столетия [9]. В работе [10] указывается на роль антропогенных загрязнений атмосферы на режим осадков – в будние дни в Кахетии осадков выпадает больше, чем в выходные.

Антропогенное загрязнение атмосферы оказало существенное влияние на электропроводность воздуха в Душети, уменьшив ее в период с 1966 по 1990 гг. [11,12]. Исследованиям пространственно-временных характеристик числа дней с грозой и градом на территории Грузии, связи продолжительности гроз с числом дней с грозами, многолетней динамике градовых процессов посвящены работы [13-20].

Наиболее важные результаты были получены при широкомасштабных исследованиях современного изменения климата Грузии, которые были начаты в 1996 году совместно с институтом географии им. Вахушти Багратиони и продолжаются по сей день. В первую очередь была проведена инвентаризация парниковых газов в Грузии, изучены пространственно-временные вариации полей температуры воздуха, осадков, облачности, аэрозольного загрязнения воздуха, эквивалентно-эффективной температуры воздуха, поверхностного покрова и других климатообразующих параметров, проведена оценка ожидаемых изменений температуры воздуха в Тбилиси на ближайшие несколько десятилетий и эффектов этих изменений на здоровье людей [21-27]. Примечательно, что в 2009 году группе ведущих ученых (К. Таварткиладзе, институт географии; Н. Бегалишвили, институт гидрометеорологии и А. Амиранашвили, институт геофизики) за цикл работ в области изменения климата Грузии была присуждена национальная премия Грузии.

Впервые для Тбилиси и Батуми совместно с метеорологическим институтом Фрайбурга (Германия) были определены значения климатического индекса туризма, позволяющего по единой методике проводить сравнение различных стран друг с другом по привлекательности туризма в аспекте их биоклиматического потенциала [28-30].

В последние годы особое внимание уделялось работам по оценке рисков и мультирисков природных катастроф, в том числе и гидрометеорологических (грозы, град, туманы, лавины, заморозки, наводнения, штормовой ветер и др.). Проведено подробное районирование территории Грузии по степени гидрометеорологической опасности, экономическому ущербу и др. [31-35].

Исследованию связи радиолокационных параметров конвективных облаков с режимом осадков из них посвящены работы [36,37]. Эти работы важны для дистанционного определения режима осадков с помощью радиолокатора.

Особо следует отметить, что институты геофизики и гидрометеорологии имеют большой опыт работ по искусственному регулированию осадков. В начале 60-х годов прошлого столетия в Кахетии под научно-методическим руководством института геофизики с применением ракетной технологии начала функционировать первая в мире Служба борьбы с градом, а в Южной Грузии институт гидрометеорологии начал разработку комбинированного метода борьбы с градом с применением артиллерийской техники. Эффективность противоградовых работ составляла в среднем 70%. Одновременно быстро развивались работы по искусственному вызыванию осадков, регулированию грозовой активности облаков, борьбе с лавинами [38].

После распада Советского Союза практические работы по активным воздействиям на атмосферные процессы были прекращены. В последующие годы ущерб, причиненный градом и засухой сельскому хозяйству в Восточной Грузии, заметно возрос. Еще десять лет назад институты геофизики и гидрометеорологии ставили вопрос перед руководством страны о возобновлении работ по искусственному регулированию осадков. Однако ни тогда, ни в последующий период этот вопрос не нашел понимания. В настоящее время на фоне резкого роста стихийных бедствий, в том числе и градобитий, все чаще слышатся требования жителей Кахетии восстановить работу противоградовой службы. К этим требованиям с пониманием относится и руководство страны, в связи с чем перспективы возобновления этих вполне реальны.

В будущем предполагается продолжить указанные совместные исследования, а также объединить усилия для решения новых задач научного и прикладного значения (моделирование атмосферных процессов, разработка рекомендаций по адаптации к ожидаемому изменению климата, активные воздействия на атмосферные процессы, создание биоклиматического паспорта курортных и туристических зон Грузии и др.).

#### ლიტერატურა-REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. Амиранашвили А.Г., Хунджуа Т.Г., Цицкишвили М.С. – Оценка коэффициента турбулентной диффузии по вертикальному распределению продуктов распада радона. Тр. Межд. конф. “Метеорологич. аспекты радиоактивного загрязнения атмосферы”, Тбилиси, 15-20 октября, 1973, Гидрометеоиздат, 1975, с. 40-46.
2. Амиранашвили А.Г., Микашавидзе Б.А., Хунджуа Т.Г., Цицкишвили М.С. – Орографические и фронтальные вертикальные движения в тропосфере и распределение продуктов распада радона. Тр. Ин-та физики и математики АН Лит. ССР, вып. 6, 1976.
3. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Хунджуа Т.Г., Цицкишвили М.С. – К вопросу о связи естественной радиоактивности и атмосферного электричества. Тр. Межд. конф. “Метеорологич. аспекты радиоактивного загрязнения атмосферы”, Тбилиси, 15-20 октября, 1973, Гидрометеоиздат, 1975, с. 92-98.
4. Амиранашвили А.Г., Хунджуа Т.Г., Цицкишвили М.С. – Об эксхалиции радона с территории Грузии. Тр. Межд. конф. “Метеорологич. аспекты радиоактивного загрязнения атмосферы”, Тбилиси, 15-20 октября, 1973, Гидрометеоиздат, 1975, с. 99-103.
5. Амиранашвили А.Г., Вачнадзе Ю.А., Хунджуа Т.Г., Цицкишвили М.С., Чхеидзе Г.С. – Усовершенствованный самолетный заборник аэрозолей. Тр. ГПИ, N 1, (174), 1975, с. 160-164 .
6. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Буачидзе Н.С., Лашхия Л.А., Цицкишвили М.С. – Исследование вертикального распределения аэрозолей в нижней тропосфере и их влияние на некоторые электрические параметры атмосферы, Матер. Докл. 2-го Респ. Семинара по некоторым вопросам физики земли, атмосферы, ионосферы и космических лучей, Тбилиси, 28-30 декабря 1977, 59-59.
7. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Gzirishvili T., Gunia G., Intskirveli L., Kharchilava J.- Variations of the Weight Concentrations of Dust, Nitrogen Oxides, Sulphur Dioxide and Ozone in the Surface Air in Tbilisi. Proc.15th Int.Conf. on Nucleation and Atmospheric Aerosols, Rolla, Missouri, USA, 2000, August, 6-11, AIP, Conference Proc.,vol.535, Melville, New York, 2000, 793-795.
8. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Kharchilava J.F, Buachidze N.S., Intskirveli L.N. -Variations of the Weight Concentrations of Dust, Nitrogen Oxides, Sulphur Dioxide and Ozone in the Surface Air in Tbilisi in 1981-2003. Proc. 16<sup>th</sup> International Conference on Nucleation&Atmospheric Aerosols, Kyoto, Japan, 26-30 July 2004, pp. 678-681.



9. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Chikhladze V., Kharchilava J., Kartvelishvili L. - The statistical analysis of average seasonal, semi-annual and annual values of surface ozone concentration in Tbilisi in 1984-2003. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Spase Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 12B, Tbilisi, 2008, pp. 45 – 48.
10. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Bachiasvili L.L., Bibilashvili T.N., Supatashvili G.D. - Influence of the Anthropogenic Pollution of the Atmosphere and Thunderstorms on the Precipitations Regime and their Chemical Composition in Alazani Valley Conditions. Proc. 14<sup>th</sup>International Conference on Clouds and Precipitation , Bologna , Italy ,18-23 July 2004, pp. 2\_3\_216.1-2\_3\_216.2.
11. Amiranashvili A., Kalaijeva L., Khunjua A., Vachnadze J. – Some Results of Investigations on Air Conductivity in Dusheti, Trans. of the Institute of Hydrometeorology of Acad. of. Sc. of Georgia, Tbilisi, ISSN 1512-0902, vol. 108, 2002, pp. 72-78, ( in Georgian).
12. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A, Kalaijeva L.L., Karauli N.D., Khunjua A.T., Nodia A.G., Vachnadze J.I. – Characteristics of Air Conductivity in Dusheti. Proc. 12<sup>th</sup> Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles,France, 9-13 June , vol.1, 2003, pp. 353-356.
13. Beritashvili B.Sh., Mkurnalidze I.P., Amiranashvili A.G. – Spatial-Temporary Characteristics of the Number of Days with the Thunderstorms in Georgia. Materials of Scientific Conference Dedicated to the 90- anniversary of Acad. F.F.Davitaya’s birth, Tbilisi, 17-19 September, 2001, pp. 73-73, (in Russian).
14. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A, Beritashvili B.Sh., Mkurnalidze I.P., Chumburidze Z.A. – Some Characteristics of a Thunderstorm Activity in Georgia. Proc. 1<sup>2th</sup> Int. Conf. on Atmospheric Electricity, Versailles,France, 9-13 June , vol.1, 2003, pp. 711-714.
15. Amiranashvili A.G., Beritashvili B.Sh., Mkurnalidze I.P. – Long-Term Variation of Days with Thunderstorm in the East Georgia, Trans. of Vakhushiti Bagrationi Institute of Geography Acad. of Sc. of Georgia, vol. 21, USSN 11512-1224, Tbilisi, 2003, pp. 134-149, (in Georgian).
16. Amiranashvili A.G., Beritashvili B.Sh , Mkurnalidze I.P. - Correlation Between Number of Thunder-Days and Duration of Thunderstorm Activity in Eastern Georgia. Proc. 14<sup>th</sup>International Conference on Clouds and Precipitation , Bologna , Italy ,18-23 July 2004, pp. 2\_1\_214.1-2\_1\_214.4.
17. Бериташвили Б.Ш., Мкурналидзе И.П., Амиранашвили А.Г. – Исследование пространственно-временных изменений числа дней с грозой на территории Грузии. Вопросы физики облаков, Облака, осадки и грозовое электричество, Сборник статей, Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 2004, с. 155-168.
18. Amiranashvili A., Varazanashvili O., Nodia A., Tsereteli N., Mkurnalidze I. – Characteristics of Thunderstorm Activity in Georgia. Papers of the Int. Conference International Year of the Planet Earth “Climate, Natural Resources, Disasters in tne South Caucasus”, Trans. of the Institute of Hydrometeorology, vol. No 115, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 18 – 19 November, 2008, pp. 284 – 290 (in Russian).
19. Amiranashvili V., Amiranashvili A.,Bakhsoliani M.,Begalishvili N.,Tavartkiladze K.- The dynamics of hail processes in the Kakheti region of Georgia in 1967-1998. Abstr. IUGG 99, Birmingham, UK , July 26-30, 1999, B280.
20. Amiranashvili A., Nodia A., Khurodze T.,Kartvelishvili L.,Chumburidze Z.,Mkurnalidze I.,Chikhradze N. – Variability of Number of Hail and Thunderstorm Days in the Regions o Georgia with Active Influence on Atmospheric Processes. Bull. of the Georgian Acad. of Sc., 172, N3, 2005, pp. 484-486.
21. Budagashvili T.,Karchava J.,Gunia G.,Intskirveli L.,Kuchava T.,Gurgenidze M., Amiranashvili A.,Chikhladze T.- Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Sinks, Georgia’s Initial National Communication on Under the United Nations Framework Convection on Climate Change, Project GEO/96/G31, Tbilisi, 1999,33-45.
22. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. – Contemporary Climate Change in Georgia. Regime of Some Climate Parameters and their Variability. Georgian Acad. of Sc., Inst. of Geography, Geophysics and Hidrometeorology, Monograph, Tbilisi, ISBN 99928-885-4.7, 2006, pp. 1-177, (in Georgian).
23. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L. – Expected Change of Average Semi-Annual and Annual Values of Air Temperature and Precipitation in Tbilisi. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 50 – 54.

24. Amiranashvili A., Kartvelishvili L., Khurodze T. – Application of Some Statistic Methods for the Prognostication of Long-Term Air Temperature Changes (Tbilisi Case), Transactions of the International Scientific Conference Dedicated to the 90<sup>th</sup> Anniversary of Georgian Technical University “Basic Paradigms in Science and Technology Development for the 21th Century”, Tbilisi, Georgia, September 19-21, 2012, Part 2, ISBN 978-9941-20-098-4, Publishing House “Technical University”, 2012, pp. 331-338, (in Russian).
25. Amiranashvili A., Kartvelishvili L. – Long – Term Variations of Air Effective Temperature in Tbilisi. Papers of the Int. Conference International Year of the Planet Earth “Climate, Natural Resources, Disasters in the South Caucasus”, Trans. of the Institute of Hydrometeorology, vol. No 115, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 18 – 19 November, 2008, pp. 214 – 219 (in Russian).
26. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Saakashvili N.M. , Chikhladze V.A. – Long-Term Variations of Air Effective Temperature in Kutaisi, Modern Problems of Using of Health Resort Resources. Collection of Scientific Works of International Conference, Sairme, Georgia, June 10-13, 2010, ISBN 978-9941-0-2529-7, Tbilisi, 2010, pp. 152-157, (in Russian).
27. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L., Khazaradze K. - Expected Change of the Extremal Air Temperature and its Influence on the Mortality (Based on the Example to Tbilisi City), International Cooperation Network for East European and Central Asian Countries: EECA Conference - October 7-8, 2010, Yerevan, Armenia, <http://be.sci.am/>.
28. Amiranashvili A., Matzarakis A., Kartvelishvili L. - Tourism Climate Index in Tbilisi. Papers of the Int. Conference International Year of the Planet Earth “Climate, Natural Resources, Disasters in the South Caucasus”, Trans. of the Institute of Hydrometeorology, vol. No 115, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 18 – 19 November, 2008, pp. 27 - 30.
29. Amiranashvili A., Matzarakis A., Kartvelishvili L. – Tourism Climate Index in Batumi. Modern Problems of Using of Health Resort Resources, Collection of Scientific Works of International Conference, Sairme, Georgia, June 10-13, 2010, ISBN 978-9941-0-2529-7, Tbilisi, 2010, pp. 116-121.
30. Kartvelishvili L., Matzarakis A., Amiranashvili A., Kutaladze N. - Assessment of Touristical-Recreation Potential of Georgia on Background Regional Climate Change. Proc. of Iist International Scientific-Practical Conference “TOURISM: ECONOMICS AND BUSINESS”, June 4-5, Batumi, Georgia, 2011, pp. 250-252.
31. Elizbarashvili E. Sh. , Varazanashvili O. Sh., Elizbarashvili M. E., Tsereteli N. S. - Light Frosts in the Freeze-free Period in Georgia. Russian Meteorology and Hydrology June 2011, Volume 36, Issue 6, pp 399-402.
32. Elizbarashvili E. Sh., Varazanashvili O. Sh., Tsereteli N. S., Elizbarashvili M. E., Elizbarashvili Sh. E.- Dangerous fogs on the territory of Georgia. Russian Meteorology and Hydrology, February 2012, Volume 37, Issue 2, pp. 106-111.
33. Elizbarashvili E. Sh., Varazanashvili O. Sh., Tsereteli N. S., Elizbarashvili M. E., Kaishauri M. N. - Icing of wires in mountain areas of Georgia. Russian Meteorology and Hydrology, August 2012, Volume 37, Issue 8, pp. 567-569.
34. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. - Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia. Natural Hazards, Vol. 64, Number 3 (2012), 2021-2056, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3, <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>. 2013
35. Tsereteli N., Varazanashvili O., Amiranashvili A. , Tsereteli E., Elizbarashvili E., Saluqvadze M., Dolidze J. - Multi –Risk Assessment at a National Level in Georgia. Abstr. EGU General Assembly, 6 -12 April, 2013.
36. Салуквадзе Т.Г., Хелая Е.И., Капанадзе Н.И., Салуквадзе М.Т., Киладзе Р. И. - Исследования Z – I отношений для жидких конвективных атмосферных осадков Кахетинского региона Грузии. Труды Института геофизики им. М.Нодия, том LX, Тбилиси 2008, с.234-236.
37. Salukvadze T., Khelaia E., Salukvadze M., Kapanadze N. – Relationship Between a Maximal Radar Reflectivity of Frontal Convective Clouds of Kakheti Region of Georgia from Mean Intensity of Atmospheric Precipitation. Trans. Of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, vol. 117, Tbilisi, 2011, pp. 108-109.

38. Begalishvili N., Robitashvili G., Tatishvili M., Amiranashvili A., Chikhladze V. – On the Problem of Fog Artificial Fomation. Trans. of the Institute of Hydrometeorology of Acad. of. Sc. of Georgia, Tbilisi, ISSN 1512-0902, vol. 104, 2001, pp. 64-79, ( in Georgian).
39. Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А., Берадзе Н.И., Бериташвили Б.Ш., Рехвиашвили Р.Г., Цинцадзе Т.Н., Рухадзе Н.П. – О возобновлении работ по регулированию осадков в Восточной Грузии. Тр. Института гидрометеорологии , ISSN 1512-0902, том 108, Тбилиси, 2002, с. 249-260.
40. აივაზიშვილი ი., ამირანაშვილი ა., კაპანაძე ე., კირკიტაძე დ., ნაფეცვარიძე რ., სალუქვაძე თ., ტატიშვილი მ., ხელაია ე. ატმოსფერო და ატმოსფერული მოვლენები, თბილისი, „მეცნიერება“, 1995, 102 გვ.

უკ 551.510

**გეოფიზიკის და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტების ერთობლივი სამუშაოების თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი და განვითარების პერსპექტივები საქართველოში ატმოსფერული გამოკვლევების დარგში** / ღლონტი ნ., ცინცაძე თ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. -ტ. 119. - გვ.159-163- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს. ჩატარებულია გეოფიზიკის და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტების ერთობლივი მრავალწლიანი სამუშაოების ანალიზი საქართველოში ატმოსფერული გამოკვლევების დარგში. აღნიშნულია მნიშვნელოვანი შედეგები, რომლებიც მიღებულია ატმოსფეროს დაბინძურების, ატმოსფეროს ელექტრობის, ელჭექის და სეტყვის პროცესების, კლიმატის ცვლილების, რადიოლოკაციური მეტეოროლოგიის, ატმოსფერულ პროცესებზე აქტიური ზემოქმედების, ბუნებრივი კატასტროფების რისკების, საქართველოს ბიოკლიმატური რესურსების და სხვა კვლევების დროს. გათვალისწინებულია მომავალში აღნიშნული ერთობლივი გამოკვლევების გაგრძელება, აგრეთვე ძალების გაერთიანება ახალი სამეცნიერო და გამოყენებითი ამოცანების გადასატრედად (ატმოსფერული პროცესების მოდელირება, კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილებისადმი ადაპტაციისთვის რეკომენდაციების შემუშავება, ატმოსფერულ პროცესებზე აქტიური ზემოქმედება, საქართველოს საკურორტო და ტურისტული ზონების ბიოკლიმატური პასპორტების შექმნა და სხვა).

UDC 551.510

**ANALYSIS OF CONTEMPORARY STATE AND PROSPECT FOR THE DEVELOPMENT OF THE JOINT OPERATIONS OF THE INSTITUTES OF GEOPHYSICS AND HYDROMETEOROLOGY IN THE FIELD OF ATMOSPHERIC RESEARCH IN GEORGIA** / Ghlonti N., Tsintsadze T./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Tekhnical University. -2013. - т.119. – pp.159-163. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The analysis of the long-standing joint operations of the institutes of Geophysics and Hydrometeorology in the field of atmospheric research in Georgia is represented. The important results, obtained during studies of air pollution, atmospheric electricity, thunderstorm and hail processes, climate change, radar meteorology, active actions on the atmospheric processes, the risks of natural catastrophes, bioclimatic resources of Georgia, etc. are noted. It is intended to continue the indicated joint studies, and to also combine efforts for the solution of the new problems of scientific and applied value (the simulation of atmospheric processes, the development of recommendations on the adaptation to expected climate change, weather modification, the creation of the bioclimatic passport of the health resort and tourist zones of Georgia, etc.).

УДК 551.510

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОВМЕСТНЫХ РАБОТ ИНСТИТУТОВ ГЕОФИЗИКИ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ В ОБЛАСТИ АТМОСФЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГРУЗИИ** / Глонти Н.Я., Цинцадзе Т.Н./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119. – с. 159-163. – Рус. ; Рез. Груз., Анг., Рус.

Представлен анализ многолетних совместных работ институтов геофизики и гидрометеорологии в области атмосферных исследований в Грузии. Отмечены важные результаты, полученные при исследованиях загрязнения воздуха, атмосферного электричества, грозových и градовых процессов, изменения климата, радиолокационной метеорологии, активных воздействий на атмосферные процессы, рисков природных катастроф, биоклиматических ресурсов Грузии и др. Предполагается продолжить указанные совместные исследования, а также объединить усилия для решения новых задач научного и прикладного значения (моделирование атмосферных процессов, разработка рекомендаций по адаптации к ожидаемому изменению климата, активные воздействия на атмосферные процессы, создание биоклиматического паспорта курортных и туристических зон Грузии и др.).

შპს 627.3.215.421

## დასავლეთ საქართველოს მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯები, მათი დინამიკა და დარეგულირება

ბასილაშვილი ც.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

ჩვენს პლანეტაზე კლიმატის ცვლილების შედეგად იმატა კატასტროფულმა წყალდიდობებმა და იზრდება მათგან მიყენებული ზარალი და მსხვერპლი. მეტისმეტად დიდი საშიშროება იქმნება ამ მხრივ მთის მდინარეებზე. ამის მაგალითია დასავლეთ საქართველო, სადაც კავკასიონის მაღალი მთებიდან წამოსული მდინარეები ყოველ გაზაფხულზე მძლავრ ნაკადებად მიედინებიან დაბლობებისაკენ და ჩაედინებიან შავ ზღვაში. აქ წლის ყველა დროს თავსხმა წვიმებით გამოწვეული წყალმოვარდნებიც ხშირად კატასტროფულ ხასიათს ატარებენ. განსაკუთრებით ბოლო პერიოდში, როცა გაიზარდა ზღვის ნოტიო ჰაერის მასების კონდენსაციის ინტენსივობა. ამავე დროს ტემპერატურის მომატებით გაიზარდა მთებში თოვლისა და კავკასიონის მყინვარების დნობის ინტენსივობაც. შედეგად ბოლო ორი ათეული წლის განმავლობაში რამდენჯერმე განმეორდა მასშტაბური კატასტროფები მდინარეებზე, რომლებმაც ქვეყნის ეკონომიკას და გარემოს დიდი ზიანი მიაყენა. [1] ნაშრომში აღწერილია დასავლეთ საქართველოს მდინარეებზე გავლილი წყალდიდობები.

საქართველოში მდინარეთა წყლიანობის აღრიცხვა დაიწყო გასული საუკუნის 30-იანი წლებიდან. მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების დაკვირვებათა რიგის წევრები შემთხვევით სიდიდეებს წარმოადგენენ და მათი საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობიდან ვარირებას განიცდიან. დასავლეთ საქართველოს მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების ვარიაციული რიგის მთავარი მახასიათებლები: საშუალო მნიშვნელობა (ნორმა), მისი ცვალებადობა (ვარიაცია  $C_v$ ) და უდიდესი ( $Q_{max}$ , მ<sup>3</sup>/წმ) მნიშვნელობა მოცემულია 1 ცხრილში. ამ მონაცემებს აქვთ დიდი პრაქტიკული დანიშნულება საპროექტო ორგანიზაციებში წყალსამეურნეო გაანგარიშებების წარმოებისათვის, განსაკუთრებით ეხლა, როცა ძალიან შემცირდა დაკვირვებათა პუნქტები, სადაც ახლა მდინარეთა დონეები იზომება.

სამეურნეო ორგანიზაციებისათვის მეტად მნიშვნელოვანია მდინარეთა ჩამონადენის მოსალოდნელი ცვლილების გაანგარიშება ალბათობის თეორიაში ცნობილი ე.წ. უზრუნველყოფის მრუდებით, რომლებიც უშუალოდ პასუხობენ კითხვას: როგორია ნაგებობის ან სხვა რაიმე ღონისძიების უზრუნველყოფა მდინარის ჩამონადენის გარკვეული მნიშვნელობის დროს. [2] ნაშრომში მოცემულია მდინარეთა 1, 2, 5 და 10%-იანი უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯები, რომლებიც შეესაბამება 100, 80, 20 და 10 წლიანი განმეორებადობის მაქსიმუმებს. განმეორებადობა გვიჩვენებს იმ წელთა რიცხვს, რომელთა განმავლობაში გაივლის შესაბამისი მაქსიმალური ხარჯი საშუალოდ ერთხელ მაინც.

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ადრეული წლების მონაცემებით გამოთვლილი მაქსიმალური ხარჯების ალბათური მნიშვნელობები ნაკლებია შემდგომი წლების მონაცემების დამატებით მიღებულ მნიშვნელობებს. მაგალითად 1%-იანი უზრუნველყოფის ხარჯები 15-20%-ით აჭარბებს 1962 წლამდე გამოთვლილ ხარჯებს, რაც ალბათ კლიმატის ცვლილებითაა გამოწვეული.

პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით ყველა კატეგორიის ჰიდროტექნიკური ნაგებობისათვის მეტად მნიშვნელოვანია აგრეთვე მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების უდიდესი ზღვრული მნიშვნელობები. ამისათვის გამოიყენება ე.წ. წყალმოვარდნის აქტივობის კოეფიციენტები, გამოთვლილი მდინარის უდიდესი მაქსიმალური ხარჯის შეფარდებით მის საშუალო წლიურ ხარჯთან ( $Q_{max}/Q_0$ ), რომლის მნიშვნელობები კავკასიის რეგიონის მდინარეთათვის პირველად გამოთვლილ იქნა 1975 წლამდე არსებული მონაცემებით [3] ნაშრომში.

ჩვენ მიერ გაანგარიშებული ეს კოეფიციენტები 1990 წლამდე არსებული მონაცემებით მოცემულია 1 ცხრილში. წყალმოვარდნის აქტივობის კოეფიციენტები [2] შრომის მიხედვით მცირდება მდინარეთა წყალშემკრები აუზების ფართობების, მათი

საშუალო სიმაღლეების, მდინარის წყლის საშუალო ხარჯისა და ატმოსფერული ნალექების გაზრდის შესაბამისად. ე.ი. ეს კოეფიციენტები მეტია მცირე მდინარეებზე, ვიდრე დიდ მდინარეებზე. ნოტიო ჰავის პირობებში ისინი ნაკლებია, ვიდრე მშრალი ჰავის პირობებში. მთებში სიმაღლის მატებასთან ერთად მცირდება მათი მნიშვნელობები.

სადღეისოდ, წყალდიდობა-წყალმოკარდების შემდგომი განვითარების შეფასებისათვის მეტად აქტუალური გახდა ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების სიდიდეთა ცვალებადობის დინამიკის შესწავლა მათზე ანთროპოგენური ფაქტორებისა და კლიმატის გლობალური ცვლილების ზეგავლენის ფონზე. ამ მხრივ დიდ ინტერესს იწვევს სწორედ მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების მრავალწლიური ცვლილება.

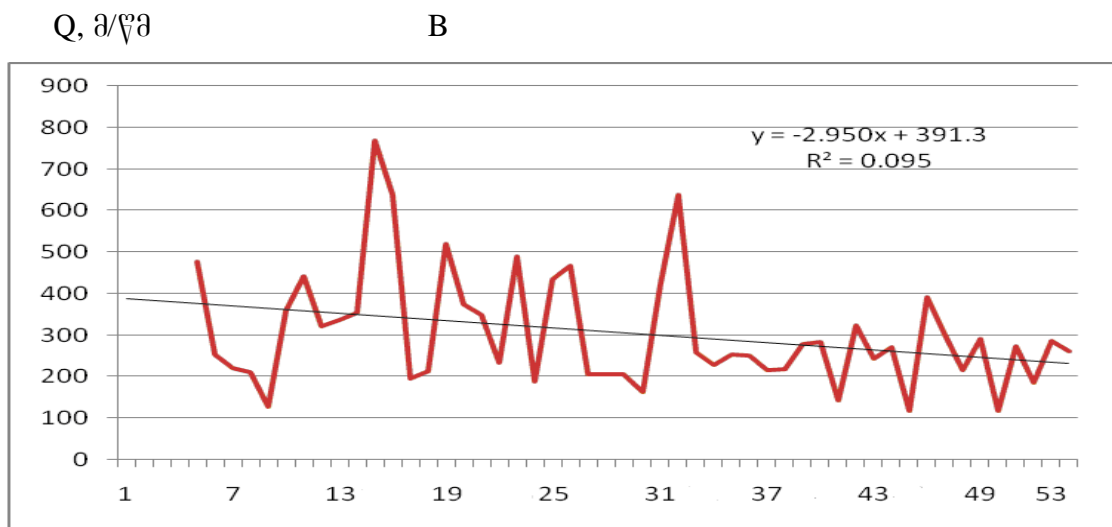
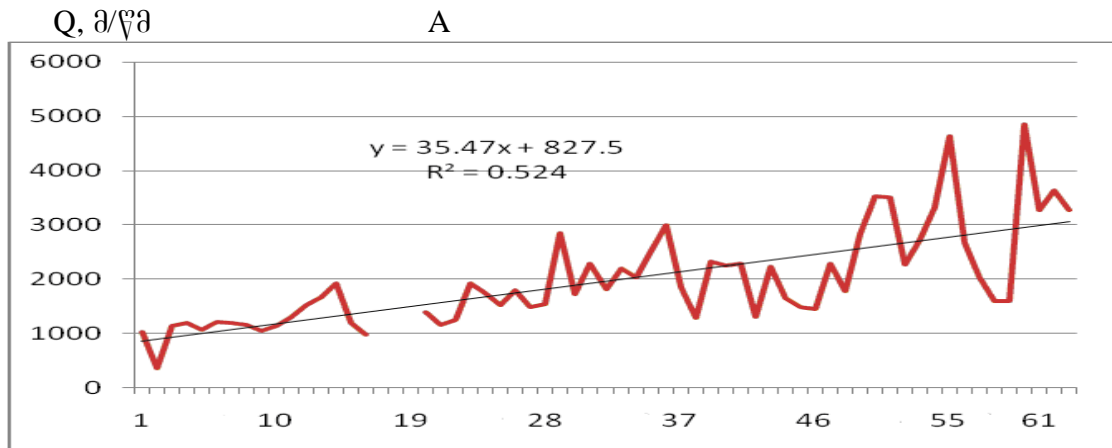
**ცხრილი 1. მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების ( $Q_{\text{მ}}/V_{\text{მ}}$ ) მახასიათებლები.**

| მდინარე - პუნქტი     | აუზის ფართობი (კმ <sup>2</sup> ) | საშ. $Q_{\text{მ}}$ მაქსიმუმი | ვარიაცია $C_v$ | უდიდესი $Q_{\text{max}}$ | $\frac{Q_{\text{max}}}{Q_0}$ |
|----------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------|--------------------------|------------------------------|
| ბზიფი - ჯირხვა       | 1410                             | 502                           | 0.37           | 1890                     | 19.2                         |
| კოდორი - ლათა        | 1420                             | 467                           | 0.40           | 1240                     | 13.4                         |
| ენგური - ხაიში       | 2780                             | 507                           | 0.54           | 1190                     | 10.1                         |
| ნენსკრა - ლახამი     | 468                              | 141                           | 0.25           | 196                      | 6.45                         |
| ხობი - ლეგახარე      | 310                              | 202                           | 0.64           | 536                      | 24.8                         |
| რიონი - ონი          | 1060                             | 178                           | 0.34           | 382                      | 8.93                         |
| რიონი - ალპანა       | 2830                             | 630                           | 0.43           | 1470                     | 14.3                         |
| რიონი - საქონაკიძე   | 13300                            | 1805                          | 0.40           | 5500                     | 13.8                         |
| ყვირილა - ზესტაფონი  | 2490                             | 513                           | 0.34           | 1100                     | 18.1                         |
| ძირულა - წვეა        | 1190                             | 300                           | 0.30           | 595                      | 22.9                         |
| ჩხერიძელა - ხარაგაულ | 398                              | 93.0                          | 0.50           | 215                      | 17.8                         |
| ხანისწყალი - ბაღდათი | 655                              | 118                           | 0.48           | 209                      | 13.1                         |
| ცხენისწყალი - ლუჯი   | 506                              | 115                           | 1.03           | 188                      | 7.70                         |
| ცხენისწყალი - ხიდი   | 1950                             | 361                           | 0.60           | 721                      | 1701                         |
| ტეხური - ნაქალაქევი  | 558                              | 291                           | 0.46           | 574                      | 15.2                         |
| სუფსა - ხიდმაღალა    | 1100                             | 484                           | 0.39           | 692                      | 13.6                         |
| ნატანები - ნატანები  | 469                              | 301                           | 0.62           | 708                      | 28.5                         |
| ჭოროხი - ერგე        | 22000                            | 1382                          | 0.56           | 3840                     | 11.9                         |
| აჭარისწყალი - ხულო   | 251                              | 81.9                          | 0.48           | 189                      | 22.8                         |
| აჭარისწყალი - ქედა   | 1360                             | 342                           | 0.49           | 770                      | 16.7                         |

1 ნახაზზე გამოსახულია მდ. რიონის სოფ. საქონაკიძესთან (A) და მდ. აჭარის-წყლისა სოფ. ქედასთან (B) მაქსიმალური წყლის ხარჯების მრავალწლიური დინამიკა. ნახაზზე მკვეთრად არის გამოხატული მდ. რიონის (რომლის სათავეებში იყო 124 მყინვარი 63 კმ ფართობით [2]) მაქსიმალური ხარჯების ზრდის (აღმავალი) ტენდენცია, მდ. აჭარისწყალზე კი (რომლის აუზში არ არის მყინვარები) პირიქით აღინიშნება მაქსიმალური ხარჯების შემცირების (დაღმავალი) ტენდენცია. ამ ცვლილებათა ამსახველი გასაშუალოებული მნიშვნელობები - ტრენდები რაოდენობრივად შეფასებულია წრფივი რეგრესიით, რომელთა ანალიტიკური გამოსახულებები შესაბამისი დისპერსიებით მოცემულია იმავე 1 ნახაზზე.

აღნიშნულ მდინარეთა წყლის მაქსიმალური ხარჯების ცვლილების ურთიერთ-საწინააღმდეგო ტენდენციები გამოწვეულია იმით, რომ კლიმატის დათბობის შედეგად ინტენსიურად დნება მდ. რიონის აუზში მდებარე მყინვარები და მუდმივი თოვლის საფარი, რის შედეგადაც იზრდება მდინარის ჩამონადენი. ასეთი პროცესი გამოირიცხება მდ. აჭარისწყალზე, სადაც ტემპერატურის მომატებით იზრდება აუზის ზედაპირიდან აორთქლება და შესაბამისად მცირდება მდინარის წყლის ხარჯები.

დღეისათვის, გრძელდება რა გლობალური დათბობა, მოსალოდნელია ტემპერატურის კვლავ მომატება [4], რაც გამოიწვევს მყინვარებისა და თოვლის საფარის დნობის გაძლიერებას და შესაბამისად ამ ზონის მდინარეთა წყალდიდობების მომატებას, ხოლო იქ, სადაც არ არის მყინვარები, იქ გაიზრდება აორთქლება და შემცირდება წყალდიდობები და მათი მაქსიმალური ხარჯები.



**ნახ.1. მაქსიმალური წყლის ხარჯების დინამიკა მდ.რიონზე (A) და აჭარისწყალზე (B)**

ამრიგად დასავლეთ საქართველოში მდ. კოდორზე, ენგურზე, რიონზე და მათ ზოგიერთ შენეკადზე მოსალოდნელია წყალდიდობებისა და მათი მაქსიმალური ხარჯების მატება, მანამ სანამ მათ სათავეებში კავკასიონზე იარსებებს მყინვარები, ხოლო მდინარეებზე, რომელთა აუზებში არ არის მყინვარები და მუდმივი თოვლის საფარი, პირიქით შემცირდება წყალდიდობები და მათი მაქსიმალური ხარჯები.

კლიმატის გლობალური დათბობის შედეგად შესაძლებელია კავკასიონის ქედი მთლიანად განთავისუფლდეს მყინვარებისაგან, რასაც ზოგიერთი სპეციალისტი უკვე 2150-2160 წლებში ვარაუდობს. ასეთი პროცესი რეგიონში გამოიწვევს ალბათ წყლის რესურსების მკვეთრ შემცირებას, წყაროების დაშრობას, მოსავლიანობისა და წყალმომარაგების შემცირებას და სხვა ნეგატიურ მოვლენებს, რაც მეტად უარყოფითად იმოქმედებს გარემოზე, საზოგადოებასა და ქვეყნის განვითარებაზე.

ჯერ-ჯერობით, კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ფონზე ხდება საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების გამძაფრება, იზრდება წყალმოვარდნების სიხშირე და მათგან მიყენებული ზარალი. ამის მიზეზი კლიმატის ცვლილებასთან ერთად, არის მდინარეთა აუზებში ტყეებისა და მცენარეული საფარის შემცირება, მთის ფერდობების ინტენსიური ათვისება, ეროზიული პროცესების გაძლიერება, მდინარეთა კალაპოტების გაუვალობა და სხვა.

ამ პროცესების ნეგატიური შედეგების შერბილებისათვის საჭიროა ჩატარდეს გარკვეული სადაპტაციო ღონისძიებები: რეგულარულად იწმინდებოდეს და ღრმავდებოდეს მდინარეთა კალაპოტები, ამოღებული ქვა-ღორღით კი დაშენდეს ნაპირსამაგრი ნაგებობები. უნდა ხდებოდეს მდინარეთა ხეობის ფერდობების დატერასება და გაყვანილ იქნეს მთისძირა წყალგადამგდები არხები.

წყლის სტიქიისაგან თავდაცვის მიზნით ყველაზე მისაღებია წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების საზღვრების დადგენა და ამ ტერიტორიის საშიშ ზონად გამოცხადება, სადაც აიკრძალება ყოველგვარი სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო საქმიანობა.

მეტად მნიშვნელოვანია მდინარეთა აუზებში ტყის საფარის განახლება და გაფართოება, რომელიც არის დამარეგულირებელი საშუალება წყალდიდობებისა, რადგან ტყის საფარი დიდხანს ინახავს ზამთარში დაგროვილ თოვლის საფარს, მას თანდათანობით გასცემს და ამით მნიშვნელოვნად ამცირებს მდინარის წყლის მაქსიმალურ პიკებს.

მდინარეთა წყლის რეგულირებისათვის მეტად ეფექტური საშუალება არის წყალსაცავები, რადგან მათი საშუალებით შესაძლებელია წყალდიდობის დროს მაღალი წყლის ნაკადის შეკავება და კატასტროფული პროცესების შერბილება. წყალსაცავში აკუმულირებული წყალდიდობის წყალი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს წყალმცირობის დროს ელექტროენერჯის, წყალმომარაგების, მელიორაციისა და სხვა სამეურნეო დანიშნულებით, მაგალითად მეთევზეობის, სპორტული, საკურორტო-ტურისტული ზონის შექმნისა და სხვა საქმიანობისათვის.

ამრიგად წყალდიდობის წყალი წყალსაცავის საშუალებით ხდება წყლის რესურსების ძირითადი წყარო მეურნეობის სხვადასხვა დარგების ფუნქციონირებისათვის. ამის გამო, მთის მდინარეთა ხეობების ხელსაყრელი რელიეფისა და გეოლოგიურად მდგრად პირობებში, მეტად სასარგებლო იქნება მცირე, და არა დიდი, წყალსაცავების აშენება. ამისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მდინარეთა ხეობების ჩაღრმავებები და მშრალი ტბის ქვაბულები.

წყალსაცავის აშენებასთან ერთად აუცილებელია ზუსტი ჰიდროლოგიური გაანგარიშების საფუძველზე შედგეს მათი ავარიული დაცლის საღისეპეტიკერო გრაფიკები ისე, რომ წყალმოვარდნის დროს მისი დაცლა მოხდეს პიკის დადგომამდე თანდათანობით და არა ერთდროულად, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მის ქვევით წყალმოვარდნის გაძლიერება.

წყალდიდობებით გამოწვეული ნეგატიური შედეგების შერბილებისათვის ყველაზე ეფექტური საშუალება არის მდინარეთა ჩამონადენის პროგნოზირება. ამ მიზნით, ჩვენ მიერ დასავლეთ საქართველოს მთავარ მდინარეებზე (ენგური, რიონი, ყვირილა, ხანისწყალი, აჭარისწყალი და სხვა) მოქმედი სამეურნეო ჰიდროობიექტების მომსახურე ჰიდროკვთებისათვის შემუშავებულია წყალდიდობის საშუალო [5] და მაქსიმალური წყლის ხარჯების [6] გრძელვადიანი (2-4 თვის დროულობით) და წყალმოვარდნების მაქსიმალური ხარჯების [7] მოკლევადიანი (12-24 სთ-ის წინსწრებით) ინდივიდუალური საპროგნოზო მეთოდები. გარდა ამისა, შეუსწავლელ მდინარეთა წყალდიდობის ჩამონადენის პროგნოზირებისათვის, შედგენილია საერთო-ტერიტორიული საპროგნოზო მეთოდი [8].

აღნიშნული მეთოდებით განისაზღვრება აქ არსებულ მნიშვნელოვან (ჯვარისა და ვარციხის) წყალსაცავებში ჩამდინარე წყლის ხარჯების პროგნოზები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათ უსაფრთხო და ეფექტურ ექსპლუატაციას.

წყალდიდობისა და მისი მაქსიმალური ხარჯების ოპერატიული პროგნოზები გაიცემა ყოველწლიურად მარტის თვეში. მათი დროულობა საშუალებას იძლევა მოსალოდნელი კატასტროფების უსაფრთხოებისა და მათგან მიყენებული ზარალის შესამცირებლად დროულად ჩატარდეს ყველა საჭირო ღონისძიება.

თუ რომელიმე მდინარეზე პროგნოზით მოსალოდნელი წყლის ხარჯი აჭარბებს მის ნორმას და უახლოვდება მის უდიდეს მნიშვნელობას, უნდა მოხდეს მოსახლეობის გაფრთხილება და საჭიროების შემთხვევაში ოპერატიულად ჩატარდეს მათი და მატერიალური ფასეულობების ევაკუაცია და აგრეთვე გარემოს ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, რისთვისაც აუცილებელია ისეთი პრევენციული ღონისძიებების გატარება, როგორცაა მაგალითად წყალსაცავის დროული, თანდათანობითი დაცლა, შემდგომში წყალდიდობის წყლის დიდი ნაკადის მისაღებად. ჩვენ მიერ უსაფრთხოებისათვის ჩასატარებელ ღონისძიებათა კომპლექსის შესახებ შედგენილი რეკომენდაციები აღწერილია [1] ნაშრომში.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ბასილაშვილი ც., სალუქვაძე მ., ცომაია ვ., ხერხეულიძე გ. - კატასტროფული წყალდიდობები, დვარცოფები და თოვლის ზვავები საქართველოში და მათი უსაფრთხოება. თბილისი, "ტექნიკური უნივერსიტეტი", 2012, 244 გვ.
2. Водные ресурсы Закавказья. Ленинград, Гидрометеиздат, 1988, 264 с.
3. Сванидзе Г.Г., Хмаладзе Г.Н. Паводки и наводнения. В кн.: Опасные Гидромете-орологические явления на Кавказе. Ленинград, Гидрометеиздат, 1983, 194-210.

- საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარხო კონვენციისათვის. თბილისი, 2009.
- Basilashvili Ts. Long-term prognosis of high flows in the mountain rivers of Georgia. Threats to global water security. Springer, published in Cooperation with NATO public diplomacy division, 2009, pp. 207-213.
- Basilashvili Ts., Tabatadze J., Janelidze M. River water regulation under modern climate conditions. Environment and ecology in the Mediterranean region. Book chapter by Cambridge scholars publishing. U.K., 2011, pp. 347-352.
- ბასილაშვილი ც. საქართველოს მდინარეებზე წყალმოვარდნების პროგნოზირება. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები 1998, ტ. 101, გვ. 99-109.
- Басилашвили Ц.З., Мамасахлиси Ж.Г. Прогнозы стока половодья горных рек Западной Грузии. Известия Аграрной Науки, 2004, № 4, с. 75-78.

#### შპს 627.1.3.215.421

**დასავლეთ საქართველოს მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯები, მათი დინამიკა და რეგულირება/ბასილაშვილი ც./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული -2013. -ტ.119. -გვ.164-168. ქართ., რუს. ქართ., ინგლ., რუს.**

წყალდიდობების მრავალწლიურ სტაციონალურ დაკვირვებათა მონაცემების სტატისტიკური დამუშავებით დაზუსტებულია მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების პარამეტრები. მათი დინამიკის ტრენდების მიხედვით გამოვლინდა წყალდიდობების გაძლიერება მყინვარებით მოსაზრდოვე მდინარეებზე, სხვა მდინარეებზე კი, იქ სადაც იზრდება აორთქლება და რიგ რაიონებში აღინიშნება ნალექების შემცირება, პირიქით წყალდიდობები მცირდება. ამ პროცესების ნეგატიური ზემოქმედების შერბილებისათვის შედგენილია პრევენციულ ღონისძიებათა რეკომენდაციები.

#### UDC 627.1.3.215.421

**MAXIMUM STREAM FLOWS ON THE RIVERS OF WEST GEORGIA, THEIR DYNAMICS AND REGULATION./ Basilashvili Ts. Z./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.164-168 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.**

Based on the statistical processing of multiyear stationary observation data the river maximal discharge parameters are specified. According tendency of their dynamics the flooding strengthening has been revealed on rivers nourished by glaciers, on the contrary in other rivers they reduced, in some regions, evaporation has been increased and desertification has been detected. For mitigation, negative impacts of those processes the recommendations of prevention measures are drafted.

#### УДК 627.1.3.215.421

**МАКСИМАЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ РЕК ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ, ИХ ДИНАМИКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ/ Басилашвили Ц.З. / Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Технического Университета Грузии. -2013. -Т.119. -с. 164-168 -Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус.**

На основе статистической обработки многолетних стационарных данных уточнены параметры максимальных расходов рек Западной Грузии. По тенденции динамики максимальных расходов выявлено усиление половодья рек, которые питаются ледниковыми водами, а на других реках, там, где увеличивается испарение и в ряде районов отмечается уменьшение осадков, наоборот уменьшается сток половодья. Для смягчения негативных последствий половодий составлены рекомендации необходимых превенциальных мероприятий.



უა.კ. 551.578.46

## ზვავსაშიში და კოტინციურად ზვავსაშიში რაიონები საქართველოში

მ.სალუქვაძე, ნ. კობახიძე, გ. ჯინჭარაზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

ზვავსაშიშროების კვლევის ძირითადი მიზანი ქვეყნის მთიანი რეგიონების მოსახლეობისა და ეკონომიკის უსაფრთხოების უზრუნველყოფაა. ზვავსაშიშროებად აღიარებული ღონისძიებების შემუშავებისათვის კი აუცილებელია ზვავსაშიში დასახლებული ტერიტორიების თუ ცალკეული ობიექტების გამოვლენა და მათთვის საშიში ზვავშემკრებების მორფომეტრიული და ზვავების დინამიკური მახასიათებლების დადგენა.

ზვავშემკრებების საზღვრის დადგენით ხდება ზვავსაშიში ობიექტების გამოვლენა, რადგან ზვავის გავრცელების არეში მდებარე ყველა ობიექტი ზვავსაშიში იქნება. თუ გვაქვს ინფორმაცია ზვავის მიერ გამოწვეული ნგრევის ან ტყის განადგურების შესახებ ეს მიუთითებს მთლიანად ამ ტერიტორიის ზვავსაშიშროებაზე.

ზვავშემკრებების მორფომეტრიული მახასიათებლებისა (ზვავშემკრების სიგრძე, დასაწყისისა და დასასრულის აბსოლუტური სიმაღლე, ცალკეული მონაკვეთების აბსოლუტური და შეფარდებითი სიმაღლე, სიგრძე, სიგანე, დახრის კუთხე, ზვავის კერის ფართობი) და ზვავის დინამიკური მახასიათებლების (ზვავის სიჩქარე, დარტყმის ძალა, მოძრავი ზვავის სიმაღლე, კონუსის მოცულობა) დადგენით შესაძლებელია ზვავსაშიში ტერიტორიების დადგენა.

ზვავშემკრებების მორფომეტრიული და ზვავების დინამიკური მახასიათებლების დასადგენად, ასევე ზვავსაშიში ტერიტორიების გამოსავლენად, ძირითადად, საველე სამუშაოების შედეგად მიღებული მონაცემები და მათ საფუძველზე ჩატარებული თეორიული გამოთვლები გამოიყენება. უშუალოდ ზვავის ჩამოსვლის შემდეგ ჩატარებული საველე კვლევის დროს, როდესაც სახეზეა ზვავის მიერ მიყენებული მატერიალური ზარალი (დანგრეული და დაზიანებული შენობები, ელექტროგადამცემი და კავშირგაბმულობის ხაზები, დაზიანებული გზები, განადგურებული ტყე, ხეხილი და სხვა) ხდება კონკრეტულად ამ ზვავის მსხვილმასშტაბიანი კარტოგრაფირება ან გეოდეზიური აგეგმვა და მიყენებული ზიანის აღწერა. უტყეო ტერიტორიაზე ზვავშემკრებების გავრცელების საზღვრის დადგენაში განსაკუთრებული როლი გეომორფოლოგიურ ნიშნებს ენიჭება. მაღალმთიან ზონაში ზვავშემკრებებად, ძირითადად, მყინვარული და ნივალურ-ეროზიული, საშუალომთიან ზონაში – ნივალურ-ეროზიული და ეროზიული, ხოლო დაბალმთიან ზონაში – ეროზიული გენეზისის რელიეფის უარყოფითი ფორმები გვევლინება. ზვავის კერას ცირკები, კარები, დენუდაციური ძაბრები, ეროზიული ჭრილები და სხვა რელიეფის უარყოფითი ფორმა წარმოადგენს. დარტყმების, ხეების, რელიეფის სხვა უარყოფითი ფორმების მიდამოებში მცენარეული საფარისაგან თავისუფალი მონაკვეთების არსებობაც - ზვავსაშიშროებაზე მიუთითებს.

ტყის გავრცელების ბუნებრივ საზღვრებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გეობოტანიკურ ნიშნებს. ციცაბო (>15<sup>0</sup>-ზე დახრილობის მქონე) ფერდობებზე უტყეო ტერიტორიის უმეტესი ნაწილი ზვავის კერას წარმოადგენს; დამრეც ტერიტორიაზე განადგურებული ტყე – ზვავის მოქმედების შედეგია. ზვავები ტყის საფარის განადგურებასთან ერთად ცვლის მის შემადგენლობასაც. პირველ რიგში ნადგურდება წიწვოვანი ჯიშები, ფოთლოვანი ჯიშები – შედარებით გამძლეა. წიწვოვანი და შერეული ტყის არსებობა განსაზღვრავს ტერიტორიის არაზვავსაშიშროებას, ხოლო ზვავების შედეგად განადგურებული ტყე არა მარტო ზვავსაშიშროებაზე, არამედ ზვავების განმეორადობაზეც მიუთითებს. ზვავების შედეგად განადგურებული ხეების ხნოვანების განსაზღვრით შესაძლებელია დადგინდეს ზვავის ჩამოსვლის დროც.

ზვავების მახასიათებლების (მოძრავი ზვავის სიჩქარე, დარტყმის ძალა, ზვავის კონუსის მოცულობა) გაანგარიშებისათვის მრავალი ფორმულის ანალიზის საფუძველზე შედგენილი იქნა სპეციალური მითითება, რომელიც გამოვიყენეთ საქართველოში ზვავების პარამეტრების დასადგენად. კერძოდ, ზვავის მოძრაობის სიჩქარის განსაზღვრავად შემდეგი ფორმულებია მიღებული [3]:

$$v = \sqrt{\frac{as}{2}}, \quad a = 9,8(\sin \alpha - f \cos \alpha), \quad (1)$$

$$v = \sqrt{\frac{a(s_0 + s)}{2} + \left(\frac{s_0}{s_0 + s}\right)^3 \left(v_0^2 \cos^2 \Delta\alpha - \frac{as_0}{2}\right)}, \quad (2)$$

$$v = \sqrt{2gz}, \quad z = h - \frac{H-I}{L}, \quad (3)$$

სადაც:  $v$  - ზვავის სიჩქარეა გზის მოცემულ წერტილში, მ/წმ;  $\alpha$  - ფერდობის დახრის კუთხეა, გრადუსებში;  $s$  - ფერდობის სიგრძე მ-ში;  $s_0$  - ზვავის გზის წინა მონაკვეთების სიგრძეთა ჯამი;  $v_0$  - ზვავის სიჩქარეა განვლილი გზის მონაკვეთის ბოლოს;  $\Delta\alpha$  - წინა და მოცემული გზის მონაკვეთების დახრის კუთხეებს შორის სხვაობა, გრად;  $g$  - სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ<sup>2</sup>;  $H$  - ზვავის მოწყვეტისა და გაჩერების ადგილებს შორის სიმაღლითი სხვაობა, მ-ში;  $h$  - იგივე, ზვავის მოძრაობის გრძივი პროფილის იმ წერტილზე, სადაც განისაზღვრება  $v_{ზვ}$ ;  $L$  - ზვავის მოძრაობის გზის ჰორიზონტალური პროექციის სიგრძე, მოწყვეტის ადგილიდან, ზვავის გამოტანის წინა ნაპირამდე, მ;  $I$  - იგივე იმ წერტილამდე, სადაც განისაზღვრება  $v_{ზვ}$ .

ზვავის დარტყმის ძალა უძრავ წინააღმდეგობაზე განისაზღვრება ფორმულით:

$$p = \frac{\gamma_{zv} \sin^2 \beta}{q}, \quad (4)$$

სადაც:  $p$  - ზვავის ზემოქმედება წინააღმდეგობაზე, ტ/მ<sup>2</sup>;  $\gamma_{zv}$  - 0,45 ტ/მ<sup>2</sup>;  $\beta$  - კუთხე ზვავის მოძრაობის მიმართულებასა და ნაგებობის ზედაპირს შორის, გრად.

ზვავის მოცულობა განისაზღვრება ფორმულით:

$$W = 0,4F \cdot h, \quad (5)$$

სადაც:  $W$  - ზვავის მოცულობა, მ<sup>3</sup>;  $F$  - ზვავშემკრების ფართობი, მ<sup>2</sup>;  $h$  - ზვავშემკრებში თოვლის საფარის სიმაღლე, მ.

ამ ფორმულების საშუალებით ხდება ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების გაანგარიშება. ჩვენ გავამარტივეთ ამ ფორმულების გამოყენების მეთოდი. წინასწარ გამოვთვალოთ  $a$  კოეფიციენტი სხვადასხვა დახრილობის მქონე ფერდობისათვის, და ასევე გამოვთვალოთ სხვადასხვა ზვავის სიჩქარისათვის ზვავის დარტყმის ძალა [1].

ზვავის მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარე იცვლება 6მ/წმ-დან (მდ. თეთრი არაგვის და მდ. ქვაბლიანის აუზები) 67 მ/წმ-მდე (მდ. ცხენისწყლის აუზი). შედარებით დაბალი მაქსიმალური სიჩქარეებით (<30 მ/წმ) ხასიათდება დასახლებული პუნქტებისათვის საშიში ზვავების 50% და სხვადასხვა ობიექტებისათვის საშიში ზვავების 40% (ცხრ.1).

### ცხრილი 1. ზვავების განაწილება მაქსიმალური სიჩქარეების მიხედვით

| № | სიჩქარე, მ/წმ | დასახლებული პუნქტებისათვის საშიში |    | სხვადასხვა ობიექტებისათვის საშიში |    | ორივე ერთად |    |
|---|---------------|-----------------------------------|----|-----------------------------------|----|-------------|----|
|   |               | რ-ბა                              | %  | რ-ბა                              | %  | რ-ბა        | %  |
| 1 | <20           | 65                                | 11 | 255                               | 13 | 320         | 12 |
| 2 | 21-30         | 235                               | 39 | 522                               | 27 | 757         | 30 |
| 3 | 31-40         | 194                               | 32 | 644                               | 33 | 838         | 33 |
| 4 | 41-50         | 79                                | 13 | 392                               | 20 | 471         | 19 |
| 5 | >50           | 30                                | 5  | 134                               | 7  | 164         | 6  |

ზვავის წინააღმდეგ დარტყმის ძალა დამოკიდებულია ზვავის მოძრაობის სიჩქარეზე და ბინებრივია, რომ ნაკლები სიჩქარის მქონე ზვავებს არ გააჩნიათ დიდი მაქსიმალური დარტყმის ძალა. ჩვენს მიერ შესწავლილი 2550 ზვავიდან მაქსიმალური დარტყმის ძალა იცვლება 2 ტ/მ<sup>2</sup> (მდ.

თეთრი არაგვის აუზი) 206 ტ/მ<sup>2</sup> (მდ. ცხენისწყლის აუზი). დიდი (>100 ტ/მ<sup>2</sup>) მაქსიმალური დარტყმის ძალით გამოირჩევა ზვავების 12% (ცხრ.2).

**ცხრილი 2. ზვავების განაწილება მაქსიმალური დარტყმის ძალის მიხედვით**

| № | დარტყმის ძალა, ტ/მ <sup>2</sup> | დასახლებული პუნქტებისათვის საშიში |    | სხვადასხვა ობიექტებისათვის საშიში |    | ორივე ერთად |    |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|----|-----------------------------------|----|-------------|----|
|   |                                 | რ-ბა                              | %  | რ-ბა                              | %  | რ-ბა        | %  |
| 1 | <25                             | 120                               | 20 | 380                               | 20 | 500         | 20 |
| 2 | 26-50                           | 245                               | 41 | 623                               | 32 | 868         | 34 |
| 3 | 51-75                           | 128                               | 21 | 422                               | 22 | 550         | 21 |
| 4 | 76-100                          | 60                                | 10 | 238                               | 12 | 298         | 12 |
| 5 | 101-125                         | 27                                | 4  | 202                               | 10 | 229         | 9  |
| 6 | >125                            | 23                                | 4  | 82                                | 4  | 105         | 4  |

საქართველოს ტერიტორიაზე ზვავის კონუსის მოცულობა 0,6 ათასი მ<sup>3</sup>-დან 9800 ათასი მ<sup>3</sup> – მდე იცვლება. ზვავის კონუსის დიდი მოცულობა (> მილიონ მ<sup>3</sup>-ზე) მხოლოდ კავკასიონის მთავარი ქედისა და მისი განშტოებების ფერდობებზე მდებარე ზვავის კერებში წარმოქმნილი ზვავებისთვისაა დამახასიათებელი, ხოლო სამხრეთ საქართველოს მთიანეთში ჩამოსული არც ერთი ზვავის კონუსის მოცულობას არ მიუღწევია მილიონ მ<sup>3</sup>-მდე. დასავლეთ საქართველოში მდებარეობს იმ ზვავის კერების საერთო რაოდენობის 90%, რომლებშიც წარმოქმნილი ზვავის კონუსის მოცულობა მილიონ მ<sup>3</sup>-ს აღემატება. ეს იმითაა განპირობებული, რომ დასავლეთ საქართველოს უხვთოვლიან და განსაკუთრებით უხვთოვლიან რაიონებში გაცილებით მეტი რაოდენობის თოვლი მოდის, ვიდრე აღმოსავლეთ საქართველოს საშუალოთოვლიან და მცირეთოვლიან რაიონებში.

ზემოთ მოყვანილი განტოლებების საშუალებით შესრულებულმა თეორიულმა გამოთვლებმა, ექსპედიციების დროს მოპოვებულმა მასალებმა, ადგილობრივი მოსახლეობისაგან მიღებულმა ინფორმაციამ, საარქივო და გამოქვეყნებულმა წყაროებმა საშუალება მოგვცა გამოგვევლინა 348 ზვავსაშიში და პოტენციურად ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტი და 2550-ზე მეტი ზვავშემკრები, რომელიც საშიშროებას წარმოადგენს სხვადასხვა ობიექტისათვის. დასავლეთ საქართველოში დასახლებული პუნქტების საერთო რაოდენობის 63% (223) ზვავსაშიშია, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში 37% (125). ჩვენ შესაძლებლობა გვქონდა შეგვედარებინა 1980 წლამდე და შემდგომ პერიოდში ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტების რაოდენობა. 1980 წელს შედგენილი “ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტები და სამეურნეო ობიექტების ჩამონათვალი” საქართველოს ტერიტორიაზე 185 ზვავსაშიში პუნქტი მდებარეობდა, რომელთაგან 60 დასახლებულ პუნქტში ზვავების ჩამოსვლას ნგრევა მოჰყვა, 40 – სხვადასხვა სახის დაზიანება იყო, ხოლო 85 პუნქტი პოტენციურად იყო ზვავსაშიში. მდინარეთა აუზების მიხედვით ყველაზე მეტი ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტი აჭარისწყლის (54), ენგურის (30) და არაგვის (21) აუზებში მდებარეობდა. შემდგომმა კვლევებმა, განსაკუთრებით კი 1987 წლის უხვთოვლიანობით გამორჩეული ზამთრის შემდეგ ჩატარებულმა კვლევების შედეგად აღმოჩნდა, რომ 163 პუნქტით გაიზარდა ზვავსაშიში და პოტენციურად ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტების რაოდენობა. ეს სავალალო შედეგი, ძირითადად, ტყის არასწორი ექსპლუატაციით იყო გამოწვეული, ასევე სპორადული ზვავების მასიურმა ჩამოსვლამაც შეუწყო ხელი ამ პროცესს. მხოლოდ ერთი ზამთრის 1986-87 წწ. იანვარში კატასტროფული ზვავების მასიური ჩამოსვლის შედეგად 80 ადამიანი დაიღუპა, დაინგრა 2700 დაზიანდა 3560 საცხოვრებელი სახლი, აღსადგენი გახდა 650 სკოლა, საბავშვო ბაღი, საავადმყოფო, კლუბი, საყოფაცხოვრებო მომსახურების სახლი და სხვა. აღსადგენი გახდა ათას კმ-ზე მეტი გზატკეცილი, ასეულობით კილომეტრზე მეტი კავშირგაბმულობისა და ელექტროგადამცემი ხაზები [2].

348 ზვავსაშიშ დასახლებული პუნქტიდან 69-ში ზვავების ჩამოსვლამ ნგრევა და ადამიანთა მსხერპლი გამოიწვია, 81-ში – ნგრევა, 58-ში – დაზიანება, ხოლო 140 დასახლებული პუნქტი პოტენციურად ზვავსაშიშია. ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტების რაოდენობით განსაკუთრებით გამორჩევა მესტიის (61), ლენტეხის (34), ხულოს (45), შუახევის (21), ჯავის (25) და ღუშეთის (49) რაიონები. დასავლეთ საქართველოში აღმოსავლეთ საქართველოსთან შედარებით ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტებისა და ზვავშემკრებების მეტი რაოდენობა, ძირითადად, განპირობებულია ზვავწარმოქმნელი ფაქტორებით, კერძოდ რელიეფის დახრილობით და ნალექის სიუხვით, გარდა

ამისა აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ბუნებრივი ტყე განსაკუთრებით დიდ ტერიტორიაზე დასავლეთ საქართველოში მდ. აჭარისწყლისა და მდ. ენგურის აუზებშია გაჩენილი.

ზვავსაწინააღმდეგო ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ღონისძიებად მიგვაჩნია ნაკრძალი ტერიტორიების გაზრდა, სადაც აკრძალული იქნება ხე-ტყის ჭრა, გარდა სანიტარული ჭრისა განსაკუთრებით იმ რაიონებში, რომლებიც ზვავაქტიურობით გამოირჩევა. ხეობისა და ფერდობების ნაწილზე, ტყის გაჩენვის შედეგად, იზრდება ეროზიული პროცესები. თავსება ნალექებისა და დიდი თოვლის საფარის გამო იწყება კლდის თხელი ნიადაგის დაცურება, რაც თავისთავად ტყის საფარის განადგურებას იწვევს, შედეგად კი იზრდება ზვავის, მეწყერის, დვარცოფის წარმოქმნის ალბათობა. საუკუნეების განმავლობაში მთიანი რაიონების მოსახლეობა უფროსილდებოდა სასოფლო, სათემო, საგვარეულო, საეკლესიო ტყე-ნაკრძალებს და მათ “ხატის ტყეებს” უწოდებდნენ. აქ ტყის ჭრა სტიქიურად არ ხდებოდა, არამედ ისე ჭრიდნენ, რომ უზრუნველყოფილიყო მისი ბუნებრივი აღდგენა. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ტყის აღდგენას ათეულობით წელი სჭირდება.

#### ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. მ. სალუქვაძე, ნ.კობახიძე, გ. ჯინჭარაძე. ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტები საქართველოში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საელტაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის შრომები, საქართველო, თბილისი, 19-21 სექტემბერი, 2012. გვ. 58-62.
2. ლ.ქაღანი, მ.სალუქვაძე. თოვლის ზვავები საქართველოში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტომი №117,2011, გვ. 27-29.
3. Инструкция по проектированию и строительству противолавинных сооружений .СН-517-80. М., 1980, 16 с.

უაკ. 551.578.46

**ზვავსაშიში და პოტენციურად ზვავსაშიში რაიონები საქართველოში.** /მ.სალუქვაძე, ნ. კობახიძე, გ.ჯინჭარაძე/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 2013. ტ.119, გვ.169-172. ქართ., რეზ. ქართ., ინგლის., რუს.

განხილულია ზვავშემკრებების მორფომეტრიული და ზვავების დინამიკური მახასიათებლების დადგენის მეთოდები. მრავალწლიური საველე კვლევის მასალების საფუძველზე გამოვლენილია 343 ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტი საქართველოში. განსაზღვრულია ზვავსაშიში და პოტენციურად ზვავსაშიში რაიონები.

UDC. 551/578. 46

**AVALANCHE HAZARD AND POTENTIALLY AVALANCHE HAZARD REGIONS IN GEORGIA.** /M.Salukvadze, N. Kobakhidze, G.Jincharadze/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University. 2013, t.119 , pp. 169-172 .Georgia, Summary. Geo. Eng. Rus.

Article discusses determination methods of morphometric parameters of avalanche collectors and avalanche dynamics. Based on years long in-depth field research 343 avalanche hazard settlements in Georgia as well as avalanche hazard and potentially avalanche hazard regions were identified.

УДК. 551.578.46

**ЛАВИНООПАСНЫЕ И ПОТЕНЦИОНАЛЬНО ЛАВИНООПАСНЫЕ РАЙОНЫ В ГРУЗИИ.** / М.Салуквадзе, Н. Кобахидзе, Г.Джинчарадзе/. Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического университета. 2013. т. 119, с.169-172. Груз. Рез. Груз., Англ., Рус.

Рассмотрены методы определения морфометрических показателей лавиносборов и динамических показателей лавин. На основе многолетних полевых исследований выявлено 343 лавиноопасных населенных пункта в Грузии. Определены лавиноопасные и потенциально лавиноопасные районы.

УДК: 551.311.21:627.141.1

## ПРОБЛЕМЫ И ОПЫТ ОЦЕНКИ РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕФОРМИРУЮЩЕГО ВОДНОГО СТОКА

Херхеулидзе Г. И.

Институт Гидрометеорологии Грузинского Технического университета

Источники жидкой составляющей селевых потоков многократно описаны в селевой литературе. В глобальном масштабе они весьма многообразны, а указание на них, на их тип, является неотъемлемой, а иногда главной частью различных (дискуссионных) классификаций. К одной из классификаций, в компактном общем виде охватывающих всё многообразие определений селей и селевых явлений, относится классификация В. Ф. Перова [1], в которой селевые явления подразделены на три класса: 1. - «зонального проявления»; 2. - «регионального проявления» и 3. - «антропогенные», к первому классу отнесены типы: дождевой, снеговой, ледниковый; к второму: вулканогенный, сейсмогенный, лимногенный; в третьем выделены типы: техногенный (обусловленный технологическими процессами) и природный (негативное воздействие на компоненты окружающей среды, препятствующие развитию эрозионных и селевых процессов). В данной классификации, на наш взгляд, следовало бы: а) в первый класс включить 4-ый комплексный (или смешанный) тип, объединяющий три первых типа; во второй включить смерчи, а также акцентировать внимание на обвально-оползневом типе, добавив его в лимногенный в виде - «лимногенный и обвально-оползневой», с причиной и механизмом – «разрушение... обвально-оползневых и естественных озёрных плотин...». В работе [1] большой интерес вызывают описания т.н. квазиселевых потоков высокой (грязекаменные) и низкой (мутьевые) плотности, инициируемые землетрясениями, по мощи и скорости превосходящие селевые потоки суши. На акваториях Евразии такие потоки ранее не наблюдались и в (известной нам) литературе не описывались. Возможность, условия и последствия их образования, интересные с научной точки зрения, могут подлежать обязательному учёту при освоении шельфовой зоны и прокладке подводных коммуникаций. Разумеется, у таких потоков жидкая составляющая – всегда в избытке.

По определению, «селеформирующим» будет водный сток, приводящий (или способный привести) в движение и обеспечить перемещение рыхлообломочных материалов в виде селевого потока. Согласно выборке из классификации [1] или определениям [2,3], источником этого стока могут быть: интенсивные дожди, ливни, и талые воды; интенсивное опорожнение или прорыв различного рода запруд и плотин.

Параметры селеформирующего водного стока – это осадки (слой и интенсивность), расход или (и) объём воды, принимающей или принявшей участие в формировании селевого потока. В это понятие могут входить различные, - минимальные, расчетные, прогнозные или экстремальные качественные или количественные характеристики указанных параметров, приуроченные к регионам, районам, бассейнам рек и их конкретным участкам или створам, которые следует включать в определение при его конкретизации (например: минимальные, расчётные или прогнозируемые селеформирующие осадки, расход или объём воды и т.п.). Расчётными – являются параметры селей, которые определяют возможные (опасные или безопасные) уровни и зоны затопления территорий, воздействия селей на инженерные сооружения.

В таблице 1 приведены данные по относительному вкладу основных источников поверхностного водного стока в образование селевых потоков на территориях Грузии и Кавказа, качественно характерное для большинства регионов мира, свидетельствующее о значительном преобладании в формировании селей дождей и ливней.

Заметим, что параметры весьма редких (вулканогенных и вызванных смерчем) селей, и в том числе их водная составляющая, по-видимому, могут быть приближенно оценены лишь при наличии фактических данных об этих явлениях или по, с большой достоверностью обоснованным, аналогам. Параметры селеформирующего водного стока, образующегося при прорыве искусственных и естественных плотин и завалов устанавливаются на основе оценки возможных размеров и времени образования прорана, объёма воды в ёмкости за преградой, определяющих характеристики прорывной волны и её трансформации (при необходимости, с учетом наложения дождевого стока). Существует ряд теоретических и полуэмпирических методов для определения параметров прорывной волны и их трансформации при продвижении по руслу, в частности, - метод ЗакНИГМИ, приведенный в [4].

Установить количественные параметры талого стока, вызывающего сдвиг значительного объёма переувлажнённых грунтовых или снежных масс, возможно лишь путём организации непрерывных наблюдений за стоком и состоянием устойчивости этих масс.

**Табл. 1. Источники селеформирующего водного стока по данным [2,3]**

| Страна, регион   | Селеформирующего водный сток (%) |            |                  |                |       |
|------------------|----------------------------------|------------|------------------|----------------|-------|
|                  | Дожди, ливни                     | Талые воды | Ледники и морены | Прорыв завалов | Всего |
| Азербайджан      | 96.3                             | 3.7        | -                | -              | 100   |
| Армения          | 99.5                             | 0.5        | -                | -              | 100   |
| Грузия           | 79.1                             | 9.5        | 5.8              | 5.6            | 100   |
| Северный кавказ  | 68.5                             | 10.2       | 14.0             | 7.3            | 100   |
| Всего по Кавказу | 85                               | 5.6        | 5.5              | 3.9            | 100   |

Вместе с тем, на основе статистического, в том числе дискриминантного, анализа случаев прохождения селевых прогнозов и связанных с ними условий и гидрометеорологических факторов, разработаны методы альтернативного прогноза возможного формирования селя в районах селевой опасности (представленных на гидрометеорологических и геологических картах [5-8]) обеспеченных соответствующими данными наблюдений и прогноза. В таблице 2 приводятся прогнозные значения селеопасных осадков, установленные специалистами ЗакНИГМИ и Грузгидромета, используемые для фонового прогноза селевой опасности.

**Таблица 2. Прогнозные значения селеопасных осадков суточный слой (мм)/интенсивность (мм/мин)**

| Предварительное увлажнения грунта |                   | Западная Грузия | Аджария | Восточная Грузия |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------|---------|------------------|
| Перед прогнозом                   | Засушливый период | 50/2            | 40/1    | 30/0.5           |
|                                   | Обложные осадки   | 40/2            | 30/1    | 20/05            |

Районы прогнозируемой угрозы могут уточняться по картам селевой опасности [5-8], а в случае их обеспеченности данными метеорологических наблюдений – по разработанным в ЗакНИГМИ на основе дискриминантного анализа (с просеиванием) прогнозным формулам, типа

$$V = -11.29 + 0.081y + 0.27t_{\min} + 0.051r + 0.111T_{\max} + 0.0003S_y \quad (1)$$

где

$y$  и  $r$  – суточный слой осадков и относительная влажность воздуха;

$t_{\min}$   $T_{\max}$  – суточные минимальная температура грунта и максимальная температура воздуха;

$S_y$  – сумма осадков за предшествующие прогнозу 20 дней.

Прогноз селеопасности даётся когда  $V \geq 0$ . Зависимость проверялась по базе данных метеостанции Кварели за 4992 дня (~30 селевых сезонов) при оценках оправдываемости 86% и предупреждённости 74%. Примечательно, что при введении условия  $S_y \geq 120$  мм предупреждённость прогноза возрастала (правда, за счёт снижения оправдываемости, что указывает на большое влияние фактора предварительной увлажнённости на степень и масштаб селевой опасности, в то время как параметры  $t_{\min}$   $T_{\max}$  – косвенно указывают на влияние вязкости. Т.к. эти предикторы измеримы и прогнозируемы (на 12-24 часа), после подстановки их в прогнозную формулу, получим прогнозное количество селеобразующих осадков, или реальных осадков, если задействована система дистанционного измерения осадков, подобная, разработанной учёными ЗакНИГМИ, системе радиолокационного измерения (или другая эффективная существующая система). Вероятность прогноза оценивается формулой  $P_+ = 100\% V / (1 + e^V)$ . Сель может быть спрогнозирован или пройти и при полном отсутствии осадков, при высоких значениях температурных предикторов, обуславливающих интенсивное таяние снега и льда, однако, наложение осадков на талый сток в значительной мере повышает степень риска образования селя большой мощности.

Наиболее распространены, наиболее часто создают угрозу дорогам, коммуникациям, сельскохозяйственным угодьям, населённым пунктам и их инфраструктуре, - сели дождевого генезиса, которые формируются при наличии (в руслах рек, в селевых очагах и врезках, на склонах и стоковых поверхностях) значительного количества селеобразующего рыхлообломочного материала, а также морфометрических характеристик (прежде всего, уклонов), достаточных для их перемещения. Дождевые осадки, их количество и интенсивность - главные факторы образования поверхностного стока, обеспечивающего увлажнение и перемещение селеобразующего материала (твёрдой составляющей селя) вниз по течению. Решение инженерных задач, связанных с селевыми воздействиями, требует определения максимального расхода (с оценкой вероятности превышения), скорости и плотности селевой массы. Измерить эти три параметра одновременно возможно, разве что, на специально оборудованном гидростворе на единичном водотоке (без вероятностной оценки). Установление расхода по следам прошедших селей (по уровню) требует назначения параметров живого сечения, средней скорости и плотности потока по одной из существующих формул (также без оценки вероятности). Для расчётов максимального селевого стока с инженерных позиций, наиболее действенной оказалась концепция Д. Л. Соколовского («Сель – это паводок, насыщенный большим количеством наносов...»), который, (журнал «Гидрометеорология и гидрология», №5, 1947г [9,10])предложил увязать селевой сток с водным паводковым стоком («Сель – это паводок, насыщенный большим количеством наносов...»). Расход селя (в варианте Д. Л. Соколовского с  $\alpha$ , а в варианте М.Ф.Срибного  $\beta$  и  $K$ )

$$Q_C = \alpha Q_B = (1 + \beta) K_3 Q_B, \quad (2)$$

где  $Q_B$  – водный расход;  $\alpha$  - концентрация твёрдой компоненты;  $\beta$  - объёмное содержание наносов в потоке;  $K_3 = 3 \div 5$  – коэффициент заторности. Автором предложено подразделение селей на три градации: слабо-, средне- и весьма насыщенные, с объёмным содержанием наносов соответственно: 0.03-0.14; 0.14-0.32 ; 0.32-0.50; при плотности: 1.05-1.20; 1.20-1.40; 1.4 -  $\geq 1.6$ .

В дальнейшем различными авторами, было разработано немало модификаций формулы (1) и входящих в неё параметров, в частности, методов и формул расчёта расхода и объёма входящего в формулу (1) водного стока, использовавшихся в различных ведомствах и проектных организациях, перечисленных и проанализированных в работах [9,10 и др.].

Отметим важные (концептуальные) понятия, введённые И. И. Херхеулидзе: а) это понятие о селеактивности бассейна, - осреднённой удельной селеактивности его фрагментов, с ландшафтными характеристиками, отражающими их вклад в твёрдую составляющую селя; б) это понятие о текучести селевой массы в зависимости от концентрации грунта и его физико-механических характеристик (в том числе от содержания коллоидов), влияющих на предел текучести; в) это постановка значений объёмной концентрации в зависимости от уклона и селеактивности, с учётом вероятностного фактора; г) это учёт того, что многократное превышение значения селевого расхода над водным происходит за счёт воды, содержащейся в вовлечённом в поток грунте. последнее утверждение долгое время воспринималось рядом учёных и специалистов [9, и др.], как ошибочное, однако уникальные «Чемолганские» эксперименты КазНИГМИ, в которых сформировавшийся при движении по руслу расход селя многократно превышал расход попуска воды, - развеяли сомнения. Перечисленные в пп «а-г» положения нашли отражение в т.н. методике Закнигми (И. И. Херхеулидзе), положенной в основу утверждённой в 1976 году Главгидрометслужбой и Минтрансстроем СССР, ВСН 03-76 [11]). В ней (в нашей транскрипции) селевой расход  $p\%$ -ной обеспеченности определяется по формуле

$$Q_{CP} = Q_{BP} (K_w)^{1.08}, \quad \text{где} \quad (3)$$

$$Q_{BP} = q_{1\%} m_a \lambda_p = q_{1\%} (H_{1\%} / K_R) \lambda_p. \quad (4)$$

$Q_{BP}$ ,  $q_{1\%}$  и  $\lambda_p$  - водный расход  $p\%$ -ной обеспеченности и модуль максимального дождевого стока  $1\%$ -ной обеспеченности и переходный коэффициент от  $1\%$ -ной к другой обеспеченности.  $m_a$ ,  $H_{1\%}$  - коэффициент, зависящий от гидрологического района (параметр  $K_R$ ) и максимального суточного слоя осадков  $1\%$ -ной обеспеченности  $H_{1\%}$ , который рекомендуется определять по «Указаниям ... (СН 435-72) имея, однако, в виду, что КазНИГМИ разработаны более новые данные и карты этого параметра для всей территории бывшего СССР, в частности, нанесенные на опубликованную нами карту селевой опасности Закавказья и Дагестана (Е. А.Таланов [5]), а также данные М. С. Хвичиа, учитывающие особенности сложного горного рельефа Грузии, нанесенные на карту селевой опасности [6].

В методике ВСН 03-76 выделено всего два гидрологических района: первый ( $K_R=110$ ), куда входят – Восточное Закавказье (без Ленкорани, и второй ( $K_R=250$ ), куда входят все остальные районы бывшего СССР. Вместе с тем, как уже отмечалось выше, существуют и применяются или рекомендуются различными ведомствами, организациями, специалистами другие методы и формулы: усовершенствованные на основе новых данных или моделей, более детально отражающие целевую и региональную специфику решаемых задач и т.п. (например, методы 1-4). Важно иметь в виду: что большинство селевых бассейнов относится к малым водосборам горного типа, для которых на сегодняшний день практически невозможно подобрать аналог, обеспеченный репрезентативными натурными данными; и что к расчёту стока таких водосборов применима не каждая методика. Поэтому целесообразно использовать методы, прошедшие широкую и достаточно длительную апробацию. В таблице 3 приводятся данные расчёта максимальных расходов воды 1%-обеспеченность различными методами (действовавшими на период 1957 года и в 2008 году).

**Табл. 3 Результаты расчётов 1%-го расхода в створе р. Глданула**

| № метода                  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 5   | 7  | 8   | 9          | 10  | 11         | 12  |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|------------|-----|------------|-----|
| Расход, м <sup>3</sup> /с | 281 | 278 | 304 | 168 | 173 | 425 | 71 | 478 | <b>281</b> | 203 | <b>236</b> | 214 |

Примечание: 1 - Типовой гидрограф; 2 – СоюздорНИИ; 3 – НТК; 4, 5 – по аналогии с реками Вере и Иори; 6 – По Протодьякову-Гоникбергу; 7 – по методике ЦНИИС; 8 – по Срибному; 9,11 – рекомендованные; 10 - Ростомов (обобщённый); 11. Ростомов (пред. интенс.); 12. ВСН 03-76.

При значительном, в целом, разбросе расчётных данных, в методах 1957 года практически весьма близкие результаты дали 1, 2 и 3-й методы, а в новых – 10, 11 и 12-й. Объективным критерием могли бы быть расходы определяемые на стационарных фиксированных гидростворах по всем замеренным их характеристикам при синхронном замере поля осадков над бассейном. Это очень дорого, но достижимо современными средствами, хотя бы на ряде характерных (эталонных) бассейнов. Результаты окупались бы в ближайшем будущем за счёт надёжного определения расчётных и катастрофических горизонтов воды и селя. На основании имеющегося опыта, отметим, что на сегодняшний день, в регионе Южного Кавказа, наиболее надёжным представляется определение максимального селеобразующего расхода (и гидрографа) по полной методике Ростомова (или при недостатке исходных данных по обобщённой региональной формуле) [16] с последующим расчётом всех компонентов селевого стока по методике ВСН 03-76 [11], или по её модифицированному варианту [17], (разработанному в ЗакНИГМИ в 1980-х годах и переданному Тбилисскому филиалу ГПИ Союздорпроект и включённому им в макет «Наставления по изысканиям и проектированию мостовых переходов» в 1989-1890 годах). Утверждение ряда специалистов, в частности в [17], о том, что формулы типа  $Q_{CP} = f(Q_{BP})$  правомерны лишь для водосборов с доминированием эрозийных процессов не вполне правильно, особенно для методов типа ВСН 03-76, т.к. мощные паводки (и ливни) охватывают весь бассейн реки и могут лишь способствовать нарушению равновесия грунтовых (снежных, ледовых) масс в любой его точке (накладываясь на связанные с этим нарушением процессы и увеличивая их масштабность). А вклад этих масс учитывается (или может быть дополнительно учтён) в грациях селеактивности методики.

В заключение заметим, что модели формирования селевого стока дают возможность вероятностного предвычисления стоковых и русловых характеристик, необходимых для определения зон затопления и ущерба, а так же *влияния селевых потоков на режим и деформацию речных русел*. Это влияние *весьма существенно и ставит под угрозу нормативную работу гидротехнических сооружений далеко за пределами зоны непосредственного селевого воздействия*. Однако оно практически не изучено и также требует организации необходимых наблюдений в рамках селевого мониторинга. Наблюдение за селевыми процессами должно включать наблюдение как за развитием экзогенных процессов в селевых очагах, так и за сопутствующими им метеорологическими факторами (особенно за осадками) и режимом водного и селевого стока.

### ლიტერატურა- REFERENCES, ЛИТЕРАТУРА

1. Перов В.Ф. Селевые явления. Терминологический словарь. - Изд-во МГУ, 1996, - 45 с.
2. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Под ред. Г. Г. Сванидзе, Я. А. Цуцкиридзе. - Л: Гидрометеиздат, 1980, - с. 251-287.
3. Гидрологические и гидротехнические проблемы противоселевых мероприятий. Под ред. Г. И. Херхеулидзе. Тр. ЗакНИИ Госкомгидромета, 1984, вып. 83(90), с. 10-27.



4. Гидрологические и гидротехнические основы проектирования противоселевых сооружений. Под ред. Г. Н. Хмаладзе. Тр. ЗакНИИ Госкомгидромета, 1984, вып. 83(90), с. 181-206.
5. Карта селевой опасности Закавказья и Дагестана (М 1:1 млн. под ред. Г.И. Херхеулидзе) - М.: ГУГК СССР, 1989.
6. Карта обеспеченности селеопасных районов Грузинской ССР гидрометеорологической информацией (М 1:1 млн., под ред. Г.И. Херхеулидзе) 1968. - М.: ГУГК СССР, 1989.
7. Карта инженерно-геологического районирования территории Грузии по степени селевой опасности и вероятности возникновения селей. (под. ред. Э.Д. Церетели). – Тбилиси: Грузгипрозем, ф-ка №8 ГУГК, 1986.
8. G. Kherkheulidze. №53 Mudflows. Climat and Agro-Climat Atlas of Georgia. Institute of Hydrometeorology at Georgian Technical University. – Tbilisi, 2011. - с. 57.
9. Флейшман С. М. Сели. –Л: Гидрометеиздат, 1970., - с 172-279.
10. Соколовский Д. Д. Речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1968, - с 457-468.
11. Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей. ВСН 03-76. - М.: Гидрометеиздат, 1976. - 30 с.
12. Определение расчётных гидрологических характеристик дождевых селей. СНиП 2.01.14-83. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. - 36 с.
13. И. И. Херхеулидзе. Обобщённая схема расчёта элементов селеформирующего дождевого стока. Гидрологические и гидротехнические проблемы противоселевых мероприятий. Под ред. Г. И. Херхеулидзе. Тр. ЗакНИИ Госкомгидромета, 1984, вып. 83(90), с. 10-27.
14. Перевозников Б.Ф. Справочник инженера-дорожника. Определение объёмов и расходов поверхностных вод на малых водосборах. – М.: «Транспорт», », 1977, с. 448-459.
15. Технические указания по расчёту максимального стока рек в условиях Кавказа (Г.Д. Ростовов). Тбилиси: ЗакНИИ Госкомгидромета СССР, 1980. - 71с.
16. Г. И. Херхеулидзе. Оценка параметров предельного насыщения в методах расчёта максимального селевого стока. Тр. Института гидрометеорологии ГТУ, т. 11, с. 40-43.

უკ: 551.311.21:627.141.1

**ღვარცოფვარმოქმნელი წყლის ჩამონადენის პარამეტრთა შეფასების პრობლემები და მათი შეფასების გამოცდილება/ ხერხეულიძე გ.ი/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული - 2013. - ტ. 119. -გვ.173-177. - რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

არსებული მოდელებისა და მეთოდების განხილვის საფუძველზე ხორციელდება ღვარცოფვარმოქმნელი წყლის ჩამონადენის საანგარიშო პარამეტრთა შეფასების შესაძლებლობის გაანალიზება. მოცემულია საანგარიშო მეთოდების შერჩევის რეკომენდაციები, რისკის კრიტერიუმების და საწყისი ინფორმაციის შექმნის შესაძლებლობის გათვალისწინებით.

UDC: 551.311.21:627.141.1

**PROBLEMS AND EXPERIENCE OF EVALUATING THE DESIGNED MUDFLOW FORMING RUNOFF PARAMETERS/ Kherkheulidze G. / Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. - 2013. - т.119. – pp. 173-177. -Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

Based on consideration of the existing models and methods, the alternative capabilities of estimation mudflow forming runoff designed parameters are analysed. The recommendations on the choice of calculation methods, according to the criteria of risk and the ability to obtain initial information.

УДК: 551.311.21:627.141.1

**ПРОБЛЕМЫ И ОПЫТ ОЦЕНКИ РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЕФОРМИРУЮЩЕГО ВОДНОГО СТОКА/Херхеулидзе Г. И./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета – 2013. – т.119. – с.173-177 - . – Рус.; Рез. Груз., Англ.,Рус.**

Анализируются альтернативные возможности оценки расчётных параметров селеформирующего водного стока на основе существующих моделей и методов. Даются рекомендации по выбору расчётных методов, с учётом критериев риска и возможности получения исходной информации.

УДК 551.509.336+556.16

## СОЛНЕЧНО – ОБУСЛОВЛЕННАЯ КВАЗИДВАДЦАТИЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ В ВОДОСБОРЕ ДУНАЯ И ЕГО СТОКА

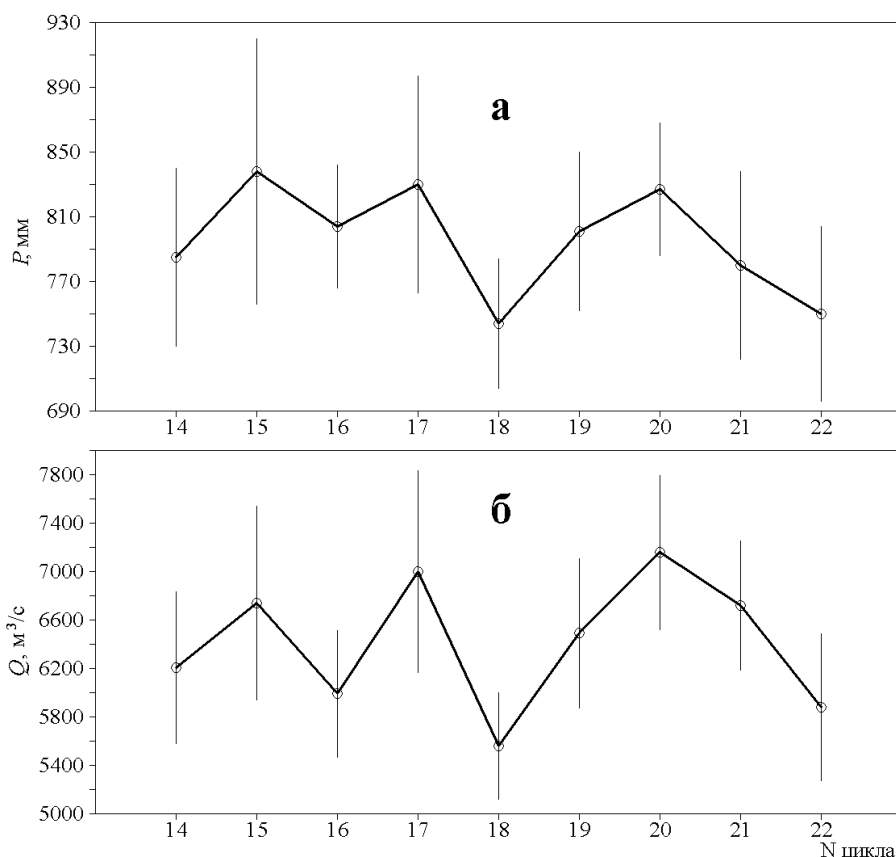
В.А. Иванов, А.В. Прусов, А.А. Сизов  
Морской гидрофизический институт НАН Украины

**Введение.** Значительные колебания годовых сумм осадков и годового стока рек, наблюдающиеся в последние годы в регионе Черного моря [1-3] весьма ощутимо сказываются на хозяйственной деятельности, создавая в ряде случаев аномальные паводковые ситуации [4]. Попытки сделать прогностические оценки вероятности наступления таких экстремальных состояний в стоках рек приводят к осознанию необходимости максимально учитывать все факторы, влияющие на циркуляцию атмосферы, формирующую режим увлажнения в водосборах рек. Одним из таких факторов является солнечная активность, изменяющаяся в широких пределах [5, 6] и влияющая на барическое поле атмосферы [7, 8], т.е. на ее циркуляцию. В работах последних лет удалось показать, что гидрометеорологические поля в приземной атмосфере Атлантико-Европейского сектора весьма чувствительны к изменению солнечной активности на масштабах от квазивекового до квазидвадцатилетнего [9, 10]. Учитывая результаты этих работ, попытаемся оценить изменчивость стока Дуная, связанную с солнечной активностью на разных временных масштабах. Выбор Дуная и его водосбора сделан из тех соображений, что ряды наблюдений за его стоком достаточно длительные, что позволяет получить оценки в широком диапазоне временных масштабов. Учитывая, что водосбор Дуная находится в одной климатической зоне с водосборами рек северного причерноморья, можно ожидать, что оценки колебания его стока в широком временном интервале будут пригодны для оценки стоков рек юга Украины.

Цель настоящей работы заключается в том, что бы исследовать колебания годового стока Дуная в зависимости от увлажнения в его водосборе при разных режимах циркуляции атмосферы в Атлантико-Европейском секторе, формируемой солнечной активностью в широком диапазоне временных масштабов от квазидвадцатилетнего до межгодового.

**Используемый материал и методика обработки.** Для оценок изменчивости увлажненности в южном регионе Европы и стока Дуная использовались массивы данных по месячным суммам осадков в водосборе Дуная и его месячному стоку. Месячный сток Дуная за 1881 – 1996 гг. взят из архива МГИ НАН Украины. Месячные суммы осадков в водосборе Дуная выбирались из климатического массива CRU [11] по территории, ограниченной координатами 42 – 47° с. ш., 15 – 26° в. д. В этом массиве данные по осадкам представлены с шагом 0,5×0,5°. Для оценки изменчивости циркуляции атмосферы в Атлантико-Европейском секторе использовался индекс САК [12]. Временные масштабы флуктуации солнечной активности анализировались по массиву чисел Вольфа, полученному в [13]. Учитывалось, что массивы данных по осадкам и стоку Дуная, используемые в работе, относились к временному интервалу, соответствующему текущему квазивековому циклу солнечной активности (с.а.). Поэтому обработка данных велась по методике, применявшейся в [10]. Исходные ряды сглаживались путем осреднения по 11 годам (средняя продолжительность 11-летнего цикла с.а.), а оценка изменчивости осадков и стока Дуная в четные и нечетные циклы с.а. получалась по выборкам данных за годы, относящихся соответственно к этим циклам. Межгодовая изменчивость анализируемых характеристик в годы четного и нечетного циклов с.а. изучалась с применением методики «наложенных эпох» [6]. Аномалии годовых сумм осадков и годового стока Дуная вычислялись следующим образом:  $P' = P_i - P_{cp}$ ,  $Q' = Q_i - Q_{cp}$ , где  $P_i$  и  $Q_i$  – значения осадков и стока за выбранные годы, относящиеся к четному или нечетному циклам с.а.,  $P_{cp}$  и  $Q_{cp}$  – средние значения осадков и стока по всему временному ряду. Для последующего анализа использовались средние за годы четного и нечетного циклов с.а. значения  $P'$  и  $Q'$ . Статистическая достоверность полученных результатов оценивалась по стандартным процедурам [14].

**Полученные результаты и их анализ.** Известно, что в гидрометеорологических полях наблюдаются флуктуации, связанные с квазидвадцатилетней цикличностью с.а. [5, 6, 15]. Эти флуктуации дают весьма заметный вклад в межгодовую (междесятилетнюю) изменчивость таких характеристик как приземная и поверхностная температуры в регионе Черного моря [16]. Связанные с циркуляцией атмосферы, колебания на квазидвадцатилетних масштабах должны проявляться и в поле осадков, формирующих сток рек. Покажем на примере осадков в водосборе Дуная и его стока изменчивость этих характеристик в текущем квазивековом цикле с.а. Сглаживание исходных рядов проведем путем осреднения по годам 11-л.ц. Полученные таким образом ряды годовых сумм осадков в водосборе Дуная и его годового стока представлены на рис.1.



**რის.1. Годовые суммы осадков в водосборе Дуная и годовой сток Дуная, осредненные по годам 11-л.ц. Обозначения: а – годовые суммы осадков в водосборе Дуная ( $P$ , мм), б – годовой сток Дуная ( $Q$ , м<sup>3</sup>/с). Вертикальные линии на графиках – доверительные интервалы, соответствующие 95% -й доверительной вероятности.**

На оси x рис.1 показаны номера 11-л.ц. В табл.1 даются временные интервалы, соответствующие 11-л.ц.

**Таблица 1. Номера 11-л.ц. и соответствующие им годы**

| № цикла | 14        | 15        | 16        | 17        | 18        | 19        | 20        | 21        | 22        |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| годы    | 1902-1913 | 1914-1923 | 1924-1933 | 1934-1944 | 1945-1954 | 1955-1964 | 1965-1976 | 1977-1986 | 1987-1996 |

Как хорошо видно на рис.1, изменчивость увлажнения в водосборе Дуная весьма эффективно определяет колебание его стока. Коэффициент корреляции между годовыми суммами осадков и годовым стоком Дуная по несглаженным рядам значим на 95% -м доверительном уровне и равен 0,57. Вместе с тем графики рис.1 показывают заметную изменчивость сумм осадков и стока Дуная от цикла к циклу: в четные циклы увлажнение и сток меньше, чем в нечетные. Учитывая, что в годы четных циклов с.а. реализуются в основном ситуации, когда САК  $\geq 1$ , т.е. когда юг Европы, включающий регион Черного моря оказывается в зоне действия антициклонической циркуляции атмосферы, а в годы нечетных циклов с.а. преобладают ситуации с САК  $\leq -1$ , когда над Черным морем преобладают циклонические процессы циркуляции атмосферы [17], результат, показанный на рис.1, вполне закономерен. В годы четных циклов с.а. водосбор Дуная испытывает дефицит увлажнения, а в годы нечетных циклов с.а. – избыток. Это квазидвадцатилетнее чередование режима увлажнения в водосборе Дуная в рассматриваемый временной отрезок с 1902 по 1996гг. нарушалось в 20 и 21 циклах с.а., что связано, по-видимому, с амплитудной модуляцией, возникающей вследствие суперпозиции разномасштабных процессов, формирующих изменчивость режима осадков в южной части Европы. Эта суперпозиция масштабов характерна для всех геофизических рядов, представляющих собой комбинацию разномасштабных процессов [18]. Количественная оценка различия в осадках и стоке Дуная в четные и нечетные циклы с.а. была

сделана по несглаженным рядам этих гидрометеорологических характеристик. Анализируемые ряды включали в себя пять четных (14, 16, 18, 20, 22) и четыре нечетных (15, 17, 19, 21) циклов с.а. В первом случае выборка включала 54 года, во втором – 41 год. По этим выборкам были рассчитаны средние значения аномалий годовых сумм осадков в водосборе Дуная и годового стока Дуная в годы четного и нечетного циклов с.а. (табл. 2). В табл. 2 в скобках показаны доверительные интервалы, соответствующие 95% -й доверительной вероятности.

**Таблица 2**

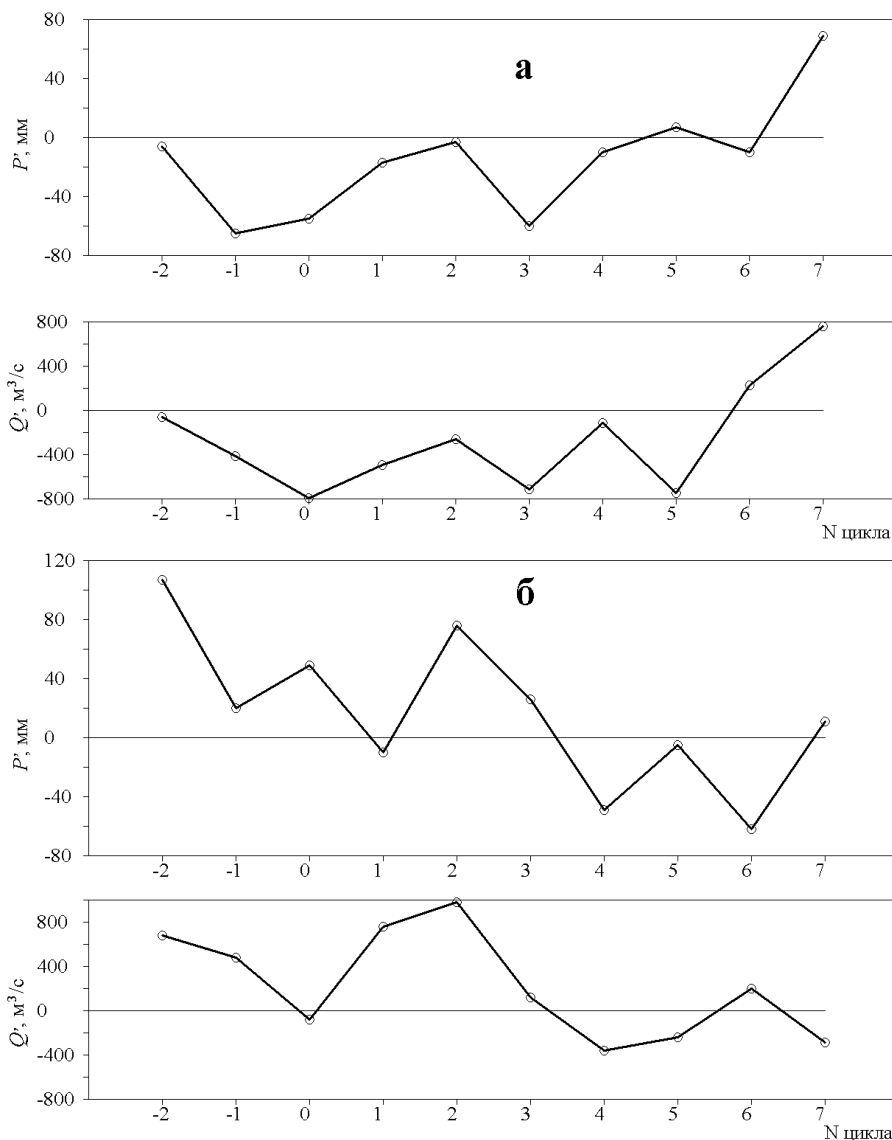
**Средние за годы четных и нечетных циклов с.а. значения индекса САК и аномалий годовых сумм осадков в водосборе Дуная и годового стока Дуная**

| Параметры             | Четный цикл   | Нечетный цикл |
|-----------------------|---------------|---------------|
| САК                   | 0,68 (±0,54)  | -0,19 (±0,6)  |
| P', мм                | -10,8 (±22,3) | 17,4 (±32,4)  |
| Q', м <sup>3</sup> /с | -162 (±298)   | 383 (±350)    |

Как следует из табл. 2, в циркуляции атмосферы (индекс САК), атмосферных осадках и стоке Дуная просматривается хорошо выраженная квазидвадцатилетняя цикличность. В годы четного цикла с.а. (положительная фаза САК) в водосборе Дуная наблюдается минимальное количество осадков, формирующее минимальный сток Дуная. В годы нечетного цикла с.а. (отрицательная фаза САК) повышенная увлажненность в водосборе Дуная создает условие для его максимального стока. Безусловно, комбинация разномасштабных процессов, определяющих атмосферные осадки и сток Дуная способствует появлению высоких значений дисперсии, поэтому доверительные интервалы анализируемых параметров достигают больших величин. Однако устойчивая тенденция формирования положительных аномалий осадков и стока Дуная в нечетные циклы и отрицательных аномалий этих параметров в четные циклы с.а. свидетельствует о существовании квазидвадцатилетней цикличности в смене режима увлажнения и стока рек в этом регионе Атлантико-Европейского сектора.

Наряду с квазидвадцатилетним масштабом изменчивости в циркуляции атмосферы, увлажнения и стока Дуная, эти поля испытывают значительную межгодовую флуктуацию. В работе [19] было найдено, что индекс САК в годы спада четного и нечетного циклов с.а. проявляет тенденцию изменяться в противофазе. Соответственно, зимние осадки в Крыму максимальны в год максимума нечетного цикла с.а. и на третий год после него и минимальны – в год максимума четного цикла с.а. и на третий год после него. Используя данные по осадкам в водосборе Дуная, взятым из массива CRU [11] и данные по стоку Дуная, рассмотрим межгодовую изменчивость этих гидрометеорологических характеристик в годы четного и нечетного циклов с.а. В этом анализе используем материалы по всем годам цикла с.а. как на фазе роста, так и на фазе его спада. Межгодовая изменчивость этих характеристик показана на рис. 2. На этом рис. показаны распределения аномалий годовых сумм осадков в водосборе Дуная и его годового стока относительно года максимума (0-й год) чисел Вольфа. Аномалии осадков осреднены за 14, 16, 18, 20, 22 четные циклы и 15, 17, 19, 21 нечетные циклы с.а. Аномалии годового стока Дуная осреднены за 12, 14, 16, 18, 20, 22 четные циклы и 13, 15, 17, 19, 21 нечетные циклы с.а.

Как показано на рис.2а, в годы четного цикла с.а. преобладают отрицательные аномалии осадков в водосборе Дуная и его стока. Только в последний год цикла отмечаются осадки, превышающие месячную климатическую норму. Сток Дуная в последний год четного цикла может на 10% превышать его среднемноголетние значения. В годы нечетного цикла с.а. преобладают положительные аномалии осадков и стока Дуная. В эти годы заметна тенденция к уменьшению осадков и стока Дуная от начала цикла с.а. к его концу. Особенностью междугодовой изменчивости этих характеристик в нечетные циклы с.а. является рост увлажненности в водосборе Дуная на второй год после максимума с.а. (она может превышать среднемесячные многолетние значения в два раза). Соответственно годовой сток Дуная на второй год после максимума чисел Вольфа может на 15% превышать его климатические значения.



**რის.2. Средние за четные и нечетные циклы с.а. аномалии годовых сумм осадков в водосборе Дуная и его годового стока относительно года максимума чисел Вольфа.  
 а – четный цикл с.а., б – нечетный цикл с.а.**

В настоящее время идет первый год после максимума с.а. в ее 24-м цикле. Как следует из рис. 2а, годовые суммы осадков в водосборе Дуная в текущем году ожидаются близкими к климатической норме. Такие же условия сохранятся, по-видимому, и в следующем году, но в 2015 г. ожидается заметный дефицит увлажнения в водосборе Дуная (осадков выпадет меньше приблизительно на среднемесячную многолетнюю норму), что может привести к снижению годового стока Дуная примерно на 10%.

**Заклучение.** Исследование реакции атмосферных осадков на южном берегу Крыма и в водосборе Дуная, а также его стока на возмущения циркуляции атмосферы в Атлантико-Европейском секторе, связанные с солнечной активностью, позволило получить следующие результаты.

В интервале с 1901 по 1996 гг. выделяется хорошо выраженный квазидвадцатилетний масштаб изменчивости аномалий годовых сумм осадков в водосборе Дуная и в его годовом стоке. При этом в годы четного цикла с.а., когда преобладает положительная фаза САК, годовые суммы осадков в водосборе Дуная и его годовой сток минимальны, а в годы нечетного цикла с.а., когда преобладает отрицательная фаза САК, аномалии этих гидрометеорологических характеристик положительны. Это означает, что в годы четного цикла с.а. существует большая вероятность дефицита увлажнения в водосборе Дуная и, соответственно, отрицательная аномалия его годового стока. В годы нечетного цикла с.а., наоборот, вероятны переувлажнение в водосборе Дуная и его максимальная водность.

В пределах четного и нечетного циклов с.а. существуют особенности в распределении аномалий годовых сумм осадков в водосборе Дуная и его годового стока. В четный цикл с.а. просматривается слабая тенденция в росте осадков и стока Дуная от начала цикла с.а. к его концу. Причем, во все годы четного цикла сохраняется отрицательная аномалия годовых сумм осадков и годового стока Дуная и только в последние годы цикла наблюдается заметное увлажнение водосбора Дуная и увеличение его годового стока на величину, равную приблизительно 10% его климатической нормы. В годы нечетного цикла с.а. просматривается тенденция к уменьшению годовых сумм осадков и годового стока Дуная от начала цикла к его концу. При этом на второй год после наступления максимума с.а. наблюдается заметное возрастание годовых сумм осадков в водосборе Дуная и его годового стока может превысить климатическую норму примерно на 15%. Эти особенности в межгодовой и междесятилетней изменчивости увлажнения и стока Дуная необходимо учитывать при планировании хозяйственной деятельности в рассматриваемом регионе.

### ლიტერატურა- REFERENCES, ЛИТЕРАТУРА

1. Горячкин Ю.Н., Иванов В.А. Вклад баланса пресных вод и его компонентов в изменения уровня Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: – ЭКОСИ – Гидрофизика, 2001. – Вып. 2. – С. 101 – 113.
2. Репетин Л.Н., Долотов В.В., Липченко М.М. Пространственно-временная и климатическая изменчивость атмосферных осадков, выпадающих на поверхность Черного моря // Там же, 2006. – Вып.14. – С. 462 – 476.
3. Репетин Л.Н., Ильин Ю.П., Долотов В.В., Липченко М.М. Современные оценки атмосферных осадков, их вклада в водный баланс Черного моря // там же, 2009. – Вып. 18. – С 193 – 204.
4. Иванов В.А., Овчаренко И.А., Прусов А.В., Шокуров М.В. Моделирование катастрофических паводков в регионе Южного берега Крыма // Доповіді НАН України. – 2012. – № 8. – С. 79 – 84.
5. Витинский Ю.И. Солнечная активность. – М.: Наука, 1983. – 192 с.
6. Герман Дж. Р., Голдберг Р.А. Солнце, погода и климат. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 319 с.
7. Максимов И.В., Слепцов-Шевлевич Б.А. О связи солнечной активности и барического поля северного полушария // ДАН – 1971. – 201, № 2. – С. 339 – 341.
8. Сазонов Б.И., Логинов В.Ф. Солнечно-тропосферные связи. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 114 с.
9. Еремеев В.Н., Жуков А.Н., Крашенинникова М.А., Сизов А.А., Чехлан А.Е. Волновые процессы в изменчивости поверхностной температуры Черного моря // Доклады РАН. – 2012. – 443, № 1. – С. 112 – 115.
10. Еремеев В.Н., Жуков А.Н., Крашенинникова М.А., Сизов А.А., Чехлан А.Е. Климатическая изменчивость индекса САК и связанные с ней процессы в верхнем слое Северной Атлантики // Доповіді НАН України. – 2012. – № 9. – С. 94 – 99.
11. Mitchell T.D. and Jones P.D. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids // Int. J. Climatology. – 2005. – 25. – P. 693 – 712.
12. Hurrell J.W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation and relationships to regional temperature and precipitation // Science. – 1995. – 269. – P. 676 – 679.
13. <http://www.wdcb.ru/stp/data/solar.act/sunspot/>
14. Абезгауз Г.Г., Тронь А.П., Копенкин Ю.Н., Коровина И.А. Справочник по вероятностным расчетам. – М.: Воениздат, 1970. – 530 с.
15. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.Е., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. Климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 567 с.
16. Сизов А.А., Чехлан А.Е., Анисимов А.Е. Аномалии поверхностной температуры Черного моря в годы четного и нечетного циклов солнечной активности // Морской гидрофизический журнал. – 2013. – №3. (в печати)
17. Сизов А.А., Чехлан А.Е. Аномалии температуры воды в Северной Атлантике и осадки в Крыму в годы с экстремальными значениями индекса североатлантического колебания // Метеорология и гидрология. – 2007. – № 1. – С. 80 – 88.
18. Монин А.С. Прогноз погоды как задача физики. – М.: Наука, 1969. – 184 с.
19. Сизов А.А., Чехлан А.Е. Аномалии осадков в Украине в связи с 11-летним циклом солнечной активности // Морской гидрофизический журнал. – 2004. – №1. – С. 41 – 51.

UDC 551.509.336+556.16

**SOLAR – CONDITIONED QUASI-TWENTY-YEAR PRECIPITATION ACTIVITY IN THE DANUBE COLLECTION AREA AND ITS DISCHARGE**/Ivanov V.A., Prusov A.V., Sizov A.A./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. - 2013. - т.119. – pp. 178-183. -Russ.; Summ. Eng.; Russ.

Precipitation activity in the Danube collecting area and its discharge is analyzed for even and odd cycles of solar activity (s.a.). It is shown that during even s.a. cycles, precipitation deficit in the Danube collecting area and its minimum discharge are observed. These phenomena are connected with predominant anticyclonic atmospheric circulation over the southern Europe. During odd s.a. cycles, precipitation in the Danube collecting area and its discharge exceed corresponding multi-year average values that is explained by predominant cyclonic atmospheric circulation over the southern Europe. Thus This is the formation mechanism of a quasi-twenty-year precipitation cycle in the Danube collection area and its discharge. Significant differences in the Danube inter-year precipitation and discharge variability are observed within even and odd s.a. cycles.

УДК 551.509.336+556.16

**СОЛНЕЧНО – ОБУСЛОВЛЕННАЯ КВАЗИДВАДЦАТИЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ В ВОДОСБОРЕ ДУНАЯ И ЕГО СТОКА**/ Иванов В.А., Прусов А.В., Сизов А.А./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета – 2013. – т.119. – с.178-183 . – Рус.; Рез. Англ.,Рус.

Анализируется изменчивость осадков в водосборе Дуная и его сток в годы четного и нечетного циклов солнечной активности (с.а.). Показано, что в годы четного цикла с.а. наблюдается дефицит осадков в водосборе Дуная, связанный с преобладанием антициклонической циркуляции атмосферы над южной частью Европы. В эти годы отмечается минимальный сток Дуная. В годы нечетного цикла с.а. увлажненность в водосборе Дуная выше средней многолетней, что связано с преобладанием в эти годы циклонической циркуляции атмосферы над южной частью Европы. Соответственно сток Дуная в годы нечетного цикла с.а. выше средней многолетней нормы. Таким образом формируется квазидвадцатилетний цикл осадков в водосборе Дуная и его стока. Наблюдаются заметные отличия в межгодовой изменчивости осадков и стока Дуная в годы четного и нечетного циклов с.а.

უაკ 551.495

**მდინარეების წყლიანობის პროგნოზირების შესაძლებლობა ბრუნტის წყლების მარაგის გამომყენების საფუძველზე**

ვ.ცომიაია \*, ლ.ჭარელი \*, მ.ფხაკაძე \*\*, კ.ლაშაური\*\*\*, ნ.ნ. ბეგალიშვილი\*, ნ.ცინცაძე\*  
 \* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
 \*\* საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტო  
 \*\*\* ი.გოგებაშვილის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტის დოქტორანტი, აშშ-კანადა

მდინარეების წყლიანობის პროგნოზირებას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ქვეყნის სამეურნეო საქმიანობაში. ამ მხრივ საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიურ სამსახურის და საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტს შემუშავებული აქვს საფუძვლიანი მეთოდები მდინარეების თხევადი ჩამონადენის პროგნოზირებისათვის. აქედან მნიშვნელოვანია წყალდიდობის პროგნოზი. იგი ემყარება თოვლის საფარის აგეგმვის მასალებს და ეს აგეგმვა ტარდება ყოველწლიურად, მარტის პირველ დეკადაში, სპეციალურად შერჩეულ თოვლის საფარის აგეგმვის 27 მარშრუტზე. თითოეული მარშრუტის სიგრძე 15-20 კმ-ია, ისინი მდებარეობენ 1100-3000 მ სიმაღლის ზონებში. თოვლის საფარის სისქე იზომება ყოველ 100 მ-ზე, სიმკვრივე (წყლიანობა) კი - ყოველ 500 მ-ზე. გაზომვას აწარმოებს თოვლმზომ სპეციალისტებისგან შემდგარი თოვლის საფარის ამგეგმავი 3-5 კაციანი ჯგუფი.

თოვლის საფარის მარშრუტული აგეგმვა არის შრომატევადი სამუშაო. ამიტომ ცდილობენ, თავი აარიდონ გაზომვებს და წარმოადგინონ "მოგონილი" მასალები. ამის გამო შეწყდა თოვლის საფარის მარშრუტული აგეგმვის ცნობარების შედგენა და გამოქვეყნება. ასევე შეწყდა თოვლის საფარის ფიზიკური თავისებურებებისა და მათთან დაკავშირებული საშიში მოვლენების შეფასება. ეს კი უარყოფითად მოქმედებს პროგნოზირების შედეგებზე. ამიტომ გამახვილდა ყურადღება პროგნოზირების ხარისხის გაუმჯობესებაზე ახალი მაფორმირებელი ფაქტორების გამოყენების საფუძველზე. წინამდებარე ნაშრომში ასეთ მახასიათებლად აღებული იქნა მიწისქვეშა წყლის მარაგი. ამ მხრივ შედგენილია მრავალი მდინარის წყლიანობის პროგნოზი ნებისმიერი რეგიონის სხვადასხვა მდინარისათვის.

მინგეჩაურის წყალსაცავი ერთადერთი დიდი ხელოვნური წყალსატევია სამხრეთ კავკასიაში. ის მდებარეობს აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე; მასში ჩაედინება საქართველოს სამი დიდი მდინარე: მტკვარი, იორი და ალაზანი. მათი გრუნტის წყლებისა და წლიური ჩამონადენის მონაცემები ქ. თბილისთან (1), ს. ლელოვანთან (2) და 1,7 კმ-ით ქვემოთ მდ. აგრიჩაის შესართავიდან (3), ოყვანილია ცხრ.1-ში.

**ცხრილი 1. მდინარეების მტკვარი - ქ. თბილისი (1), იორი - ს. ლელოვანი (2) და ალაზანი - 1,7 კმ-ით ქვემოთ მდ. აგრიჩაის შესართავიდან (3) გრუნტის წყლის (Q<sub>გრ</sub>) და წლიური ჩამონადენის (Q<sub>წლ</sub>) მონაცემები 1971-1975 წლების მაგალითზე**

| წელი | მდინარის რიგითი ნომერი   |      |      |      |                           |      |      |      |
|------|--------------------------|------|------|------|---------------------------|------|------|------|
|      | გრუნტის წყლის ჩამონადენი |      |      |      | მთლიანი წლიური ჩამონადენი |      |      |      |
|      | 1                        | 2    | 3    | ჯამი | 1                         | 2    | 3    | ჯამი |
| 1971 | 139                      | 4,56 | 52,0 | 196  | 238                       | 11,0 | 77,9 | 327  |
| 1972 | 130                      | 2,85 | 37,3 | 170  | 196                       | 9,98 | 101  | 307  |
| 1973 | 149                      | 5,68 | 60,3 | 215  | 256                       | 10,7 | 124  | 391  |
| 1974 | 150                      | 4,41 | 88,2 | 243  | 245                       | 11,9 | 132  | 389  |
| 1975 | 138                      | 1,44 | 83,0 | 222  | 267                       | 10,6 | 81,4 | 359  |
| ჯამი |                          |      |      | 1046 |                           |      |      |      |



| წელი  | გამოთვლილი            |                    |      |                    |                    |     |  |
|-------|-----------------------|--------------------|------|--------------------|--------------------|-----|--|
|       | $Q'_{წლ}=1,54 Q_{გრ}$ | $Q''=1,1 \cdot Q'$ |      |                    |                    |     |  |
|       | მ <sup>3</sup> /წმ    | ΔQ                 |      | მ <sup>3</sup> /წმ | ΔQ                 |     |  |
|       |                       | მ <sup>3</sup> /წმ | %    |                    | მ <sup>3</sup> /წმ | %   |  |
| 1     | 10                    | 11                 | 12   | 13                 | 14                 | 15  |  |
| 1971  | 302                   | 25                 | 7,6  | 332                | 5                  | 1,5 |  |
| 1972  | 262                   | 45                 | 14,7 | 288                | 19                 | 5,2 |  |
| 1973  | 331                   | 59                 | 15,9 | 365                | 26                 | 25  |  |
| 1974  | 374                   | 14                 | 3,6  | 411                | 89                 | 5,9 |  |
| 1975  | 342                   | 17                 | 4,7  | 376                | 17                 | 4,8 |  |
| ჯამი  | 1611                  |                    |      | 1772               |                    |     |  |
| $K_p$ | 1,10                  |                    |      |                    |                    |     |  |

ცხრ. 1-დან ჩანს, რომ მეორე გაანგარიშებით ( $Q''$ ) დისპერსიის კორექციის კოეფიციენტის მნიშვნელობაა:

$$K_p = 1772/1611 = 1.1$$

მისი გათვალისწინებით მიღებულ იქნა დამაკმაყოფილებელი შედეგი: ცლომილება 6,6%-ზე ნაკლებია, საშუალოდ შეადგენს 4.9%-ს.

**ცხრილი 2 მოლდავეთის მდინარეთა ზედაპირული და მიწისქვეშა ჩამონადენის მონაცემები**

| წელი | მდ. ბილია -<br>ს. ბალასინეშთი |                                | მდ. დრატიშე -<br>ს. ტრინკა  |                                | მდ. ჩუგური -<br>ს. ბარლანდიანი |                                | მდ. კამენკა -<br>ს. ყუბანი  |                                |
|------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
|      | ზედაპირული ჩამონადენი, მ/წმ   | გრუნტის წყლის ჩამონადენი, მ/წმ | ზედაპირული ჩამონადენი, მ/წმ | გრუნტის წყლის ჩამონადენი, მ/წმ | ზედაპირული ჩამონადენი, მ/წმ    | გრუნტის წყლის ჩამონადენი, მ/წმ | ზედაპირული ჩამონადენი, მ/წმ | გრუნტის წყლის ჩამონადენი, მ/წმ |
| 1947 |                               |                                |                             |                                |                                |                                | 12,1                        | 2,6                            |
| 1948 |                               |                                |                             |                                |                                |                                | 7,1                         | 4,9                            |
| 1949 |                               |                                |                             |                                |                                |                                | 6,9                         | 3,3                            |
| 1950 |                               |                                |                             |                                | 1,6                            | 6,3                            | 8,3                         | 2,3                            |
| 1951 |                               |                                |                             |                                | 1,6                            | 3,0                            | 4,3                         | 1,7                            |
| 1952 |                               |                                |                             |                                | 0,7                            | 2,2                            | 2,2                         | 1,7                            |
| 1953 | 5,9                           | 2,8                            |                             |                                | 1,8                            | 2,7                            | 13,3                        | 1,5                            |
| 1954 | 4,1                           | 2,9                            |                             |                                | 0,7                            | 2,4                            | 3,7                         | 1,1                            |
| 1955 | 8,6                           | 1,9                            |                             |                                | 3,3                            | 3,3                            | 4,2                         | 1,6                            |
| 1956 | 14,2                          | 2,4                            |                             |                                | 3,0                            | 2,3                            | 6,3                         | 1,2                            |
| 1957 | 4,3                           | 0,5                            | 1,7                         | 1,0                            | 1,1                            | 3,3                            | 2,2                         | 0,8                            |
| 1958 | 6,5                           | 1,7                            | 2,6                         | 1,6                            | 1,0                            | 2,8                            | 2,9                         | 0,8                            |
| 1959 | 3,6                           | 1,6                            | 2,9                         | 0,4                            | 0,6                            | 2,5                            | 2,2                         | 1,4                            |
| 1960 | 8,7                           | 2,4                            | 7,7                         | 3,6                            | 3,6                            | 4,4                            | 5,7                         | 1,8                            |
| 1961 | 4,7                           | 3,8                            | 5,6                         | 2,2                            | 2,3                            | 3,8                            | 5,8                         | 1,4                            |
| 1962 | 8,9                           | 3,5                            | 12,3                        | 2,6                            | 3,9                            | 4,0                            | 5,1                         | 2,3                            |
| 1963 | 9,5                           | 3,1                            | 10,2                        | 2,3                            | 3,8                            | 4,1                            | -                           | -                              |
| 1964 | 5,4                           | 1,8                            | 4,8                         | 1,5                            | 1,4                            | 4,6                            | 6,0                         | 2,7                            |
| 1965 | 15,5                          | 9,7                            | 12,7                        | 7,3                            | 3,7                            | 5,0                            | 9,2                         | 4,5                            |
| 1966 | 13,8                          | 6,4                            | 11,0                        | 3,7                            | 3,7                            | 4,0                            | 10,8                        | 2,3                            |
| 1967 | 7,7                           | 5,5                            | 6,9                         | 2,8                            | 2,9                            | 3,3                            | 8,7                         | 2,7                            |
| 1968 | 7,1                           | 2,3                            | 5,7                         | 1,3                            | 1,0                            | 3,7                            | 8,5                         | 1,7                            |
| 1969 | 38,5                          | 13,6                           | 28,9                        | 6,5                            | 3,6                            | 5,2                            | 32,5                        | 6,4                            |

გამოქვეყნებულ მასალათა შორის საინტერესო აღმოჩნდა მოლდავეთის ოთხი პატარა მდინარის გრუნტის წყლების მონაცემები, რომლებიც მიღებულია 72 ჰიდროგრაფის დანაწევრების საფუძველზე (ცხრ. 2).

ცხრ. 2-ში მოყვანილი მასალების საფუძველზე გამოთვლილია რიგების საშუალო სიდიდე, ვარიაციის, ასიმეტრიის, მათი ფარდობისა და სხვა კოეფიციენტები (ცხრ. 3).

სტატისტიკურ მახასიათებელთა მნიშვნელობებიდან ჩანს, რომ  $C_C$  მაღალია, იგი შეადგენს ზედაპირული ჩამონადენისათვის 0,65-0,82-ს, გრუნტის წყლებისათვის - 0,30-0,81-ს,  $C_s$  კი 2,5-6,0  $C_c$  ზედაპირული ჩამონადენისათვის და 2,5-3,5-ს  $C_v$  გრუნტის წყლებისათვის.

მიუხედავად სტატისტიკური პარამეტრების დიდი რყევადობისა, მდინარეების წლიური და გრუნტის წყლების ჩამონადენის ურთიერთკავშირი დამაკმაყოფილებელი აღმოჩნდა. ასევე დამაკმაყოფილებელია წლიურისა და გრუნტის წყლების ჯამური ჩამონადენის ურთიერთდამოკიდებულებაც.

**ცხრილი 3 მდინარეების ჩამონადენის ძირითადი სტატისტიკური პარამეტრები**

| ფარ-<br>თობი,<br>კმ         | წელთა<br>რიცხვი | პარამეტრები           |     |          |     |           |                            |     |           |     |       |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------|-----|----------|-----|-----------|----------------------------|-----|-----------|-----|-------|
|                             |                 | ზედაპირული ჩამონადენი |     |          |     |           | გრუნტის წყლების ჩამონადენი |     |           |     |       |
|                             |                 | Q                     | ε,% | $C_{cn}$ | ε,% | $C_s$     | $Q_{gr}$                   | ε,% | $C_{cgr}$ | ε,% | $C_v$ |
| მდ. ბღაღია - ს. ბაღასინეთი  |                 |                       |     |          |     |           |                            |     |           |     |       |
| 261                         | 17              | 9.80                  | 18  | 0.75     | 15  | $5C_v$    | 3.88                       | 19  | 0.77      | 15  | 2.50  |
| მდ. დრატისუ - ს.ტრინკა      |                 |                       |     |          |     |           |                            |     |           |     |       |
| 225                         | 13              | 8.70                  | 21  | 0.77     | 17  | $2.5 C_v$ | 2.80                       | 22  | 0.81      | 17  | 3.50  |
| მდ. ჩუგური - ს. ბარლანდიანი |                 |                       |     |          |     |           |                            |     |           |     |       |
| 168                         | 20              | 2.26                  | 14  | 0.65     | 14  | $6 C_v$   | 3.64                       | 6.4 | 0.29      | 23  | 3.50  |
| მდ. კამენკა - ს. ყუბანი     |                 |                       |     |          |     |           |                            |     |           |     |       |
| 284                         | 23              | 7.60                  | 14  | 0.82     | 13  | $6 C_v$   | 2.30                       | 12  | 0.60      | 14  | 3.50  |

მათი კავშირებისათვის მიღებულ იქნა ფორმულები:

|                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| მდ.ბღაღია – ს.ბაღასინეთი    | $Q_{gr} = 0,32Q_{წლ}$            |
| მდ.დრატისუ – ს.ტრინკა       | $Q_{gr} = 0,24Q_{წლ}$            |
| მდ. ჩუგური - ს. ბარლანდიანი | $Q_{gr} = 0,62Q_{წლ}$            |
| მდ. კამენკა - ს. ყუბანი     | $Q_{gr} = 0,25Q_{წლ}$            |
| ჯამური ჩამონადენი:          | $\Sigma Q_g = 0,35\Sigma Q_{წლ}$ |

დამოკიდებულებაში შესული კოეფიციენტები ფაქტობრივად წარმოადგენენ გრუნტის წყლების წილს წლიურ ჩამონადენში. ისინი თითქმის ერთგვაროვანია, გარდა მდ. ჩუგურისათვის, სადაც იგი შეადგენს 0.62-ს, ე. ი. მთელი ჩამონადენის 62%-ს. ასეთი დიდი სიდიდე გამოწვეულია აუზის კარსტული აგებულების გავლენით [1]. მაგრამ თუ გამოვიყენებთ [2]-ში მოცემულ გამოთვლის სქემას არაასოცირებული და ასოცირებული რიგების შესახებ და დისპერსიის კორექციის კოეფიციენტს  $K_k$ , მივიღებთ საპროგნოზო მეთოდის მაღალ უზრუნველყოფას - 83-100%.

ამრიგად, წარმოდგენილი მეთოდი შეიძლება გამოიყენებული იქნას არა მარტო საქართველოს პირობებისათვის, არამედ ნებისმიერი ტერიტორიის მდინარეებისათვის. ის შეიძლება საფუძველად დაედოს მიწისქვეშა წყლების მარაგის გამოთვლას, მისი გამოყენების ამოცანების გადაწყვეტას, ასევე, გრუნტის წყლებთან დაკავშირებულ შენობების სარდაფების დატბორვის თავიდან აცილების რეკომენდაციების ტექნიკურ-ეკონომიკურ დასაბუთებას და სხვ.

## ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 9. Вып.3. Под редакцией Алушинской Н.М и др., Гидрометеоиздат.Л., 1966, 299 с.
2. ნ.ა.ბეგალიშვილი, თ.ცინცაძე, ვ.ცომაია, კ. ლაშაური, ნ.ნ.ბეგალიშვილი, ნ.ცინცაძე. საქართველოში მდინარეთა მიწისქვეშა ჩამონადენის გამოკვლევა და გრუნტის წყლების მარაგის შეფასება საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული -2011.-ტ.117.-გვ. 46-51.

უაკ 551.495

**მდინარეების წყლიანობის პრობლემატიკის შესაძლებლობა ბრუნვის წყლების მარაგის გამოყენების საფუძველზე** /ვ.ცომაია, ლ.ჭარელი, მ.ფხაკაძე, კ.ლაშაური, ნ.ნ. ბეგალიშვილი, ნ.ცინცაძე /ჰმი-ს შრომათა კრებული-2013. – ტ.119, გვ.184-187-ქართ; რეზ. ქართ. ინგლ. რუს.

კავკასიის და მოლდავეთის მდინარეების მაგალითზე მოცემულია მდინარეების მთლიანი ჩამონადენის პროგნოზირების შედეგები გრუნტის წყლის მარაგის გამოყენების საფუძველზე. საპროგნოზო მეთოდის უზრუნველყოფა შეადგენს 83-100%.

UDC 551.495

**ON THE POSSIBILITY OF RIVERS' WATER CONTENT FERECASTING ON THE BASIS OF UNDERGROUND WATER RESERVE USE.**/V.Tsomaia, L.Chareli, M.Pkhakadze, M.Lashauri, N.Begalishvili, N.Tsintsadze/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.184-187 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ. The results are given of river discharge projection according to grounwater stocks, carried out in case of rivers in the Caucasus and Moldova. Provision of the method varies in the range of 83-100%.

УДК 551.495

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗА ВОДНОСТИ РЕК НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАПАСОВ ГРУНТОВЫХ ВОД.** /Цомаია В.Ш., Чарели Л.Р., Пхакадзе М.В., Лашаури К.А., Бегалишвили Н.Н., Цинцадзе.Н. Т./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Технического Университета Грузии. -2013. -Т.119. -с.184-187 -Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус.

На примерах рек Кавказа и Молдавии приведены результаты прогноза стока рек по запасам грунтовых вод. Обеспеченность метода прогноза составляет 83-100%.

შპს 632.123.627.51

## 2005 წლის მასშტაბური წყალდიდობები საქართველოში და კატასტროფების შერბილების ბზები

ბასილაშვილი ც.ზ., მესხია რ.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე, როცა გლობალური დათბობის გამო, ჰაერის საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ 0,5-0,7 °C-ით მოიმატა, შესაბამისად გაიზარდა აორთქლება, რომელიც სათანადო პირობებში კონდენსირდება ატმოსფერული ნალექების სახით. საქართველო შავი ზღვის სანაპიროზე მდებარეობს და ამიტომ დასავლეთიდან წამოსული ნოტიო ჰაერის მასები მთის მაღალ ფერდობებზე დაბალი ტემპერატურების გამო იძლევა უხვ ნალექებს. ასეთი შემთხვევები იშვიათია აღმოსავლეთის – კასპიის ზღვის მხრიდან. სამხრეთიდან პირიქით, შემოდის თბილი, მაგრამ მშრალი ჰაერის მასები, რაც ზაფხულში იწვევს გვალვებს. ჩრდილოეთის მხრიდან, ძირითადად, ზამთარში გვევლინება ცივი ჰაერის მასები, რომლებიც ყინვას და დიდი რაოდენობის მყარი ნალექების მოსვლას განაპირობებს. გაზაფხულზე იწვევა მათი დნობა, რომელიც მიმდინარეობს ხანგრძლივად მარტიდან ივლის - აგვისტომდე, ვერტიკალური ზონალობის მიხედვით დაბლობიდან 5000 მ. სიმაღლემდე. ამ დროს აქ მდინარეები მძლავრ ნაკადებად და დიდი სიმძლავრით მიექანებიან დაბლობისაკენ.

მთის მდინარეებზე წყალდიდობებს ყოველ წელს აქვს ადგილი, მაგრამ მათ ყოველთვის არა აქვთ დამანგრეველი ხასიათი. იმ შემთხვევაში, თუ თოვლის ინტენსიურ დნობას თან დაერთო თავსება წვიმები, მაშინ მდინარე ვერ იტევს წყალშემკრები აუზიდან წამოსულ წყალს და გადმოდის ნაპირებიდან, ტბორავს მიმდებარე ტერიტორიას და დიდ ზიანს აყენებს გარემოს და მოსახლეობას. როგორც სტატისტიკა გვიჩვენებს, ბოლო წლებში წყალდიდობების მიზეზით ბევრ ქვეყანაში მრავალი ადამიანი დაიღუპა და მრავალი უსახლკაროდ დარჩა. წყლის სტიქიით მიყენებული ზარალი ყველაზე დიდია სხვა სტიქიურ უბედურებათა შორის.

საქართველოში ყველაზე დიდი მასშტაბურობით გამოირჩეოდა 2005 წლის წყალდიდობა, რომლის დროსაც კატასტროფულმა წყალმოვარდნებმა მოიცვა ქვეყნის მრავალი რეგიონი. დიდი წყალდიდობა განპირობებული იყო ზამთარში დაგროვილი დიდი თოვლის საფარით. აქ ჯერ კიდევ 2004 წლის ოქტომბერში დასავლეთიდან ცივი ფრონტალური ჰაერის მასების შემოჭრის შედეგად მაღალმთიან სარტყელში მოვიდა თოვლი, ხოლო საშუალო და დაბლობ ნაწილში წვიმდა. ნოემბრიდან მაღალმთიან და საშუალომთიან სარტყელში დაიწყო უკვე მდგრადი თოვლის საფარის ფორმირება. დაბალმთიან და დაბლობ ადგილებში (არამდგრადი თოვლის სარტყელში) თოვლი მოვიდა 6 იანვარს, შემდეგ თოვდა თებერვლის პირველ დეკადაში და ასევე განმეორდა 29 მარტს.

1 აპრილისათვის თოვლის საფარის სიმაღლემ მაქსიმუმს მიაღწია და გადააჭარბა მის მრავალწლიურ ნორმას 1,5-ჯერ, ზოგან კი 2-3-ჯერ. დასავლეთ საქართველოში თოვლის სიმაღლე იცვლებოდა 150 სმ-დან (650 მ. სიმაღლეზე) 450 სმ-მდე (2000 მ. სიმაღლეზე). აღმოსავლეთ საქართველოში ის იცვლებოდა 150 სმ-დან (1000 მ. სიმაღლეზე) 280 სმ-მდე (2200 მ. სიმაღლეზე). ზამთარში უხვთოვლიანობის გამო პერიოდულად იკეტებოდა საუღელტეხილო გზის მონაკვეთები. ზოგ მთიან რაიონებში თოვლმა დააზიანა მაღალი და დაბალი ძაბვის გადამცემი ხაზები და ამიტომ ავარიული გამორთვების რიცხვი გაიზარდა. ელექტროენერჯის მიწოდება შეუწყდა აღმოსავლეთ საქართველოს მაღალმთიან სოფლებს.

აპრილის თვეში დაბალ სიმაღლით ზონებში ჰაერის ტემპერატურის მკვეთრმა მომატებამ გამოიწვია თოვლის ინტენსიური დნობა. 2-დან 4 აპრილამდე ადიდდა მდ. ყვირილა, გაარღვია სანაპირო ჯებირი და დატბორა ქ. ზესტაფონთან არსებული სასოფლო-სამეურნეო მიწები.

მაღალი ტემპერატურების გამო 15-20 აპრილისათვის თოვლი მხოლოდ 1500-1600 მ. სიმაღლის ზემოთ იყო შენარჩუნებული, მის ქვემოთ მდებარე ტერიტორიის 60% თოვლისაგან უკვე თავისუფალი იყო. 23-დან 27 აპრილამდე საქართველოს ტერიტორიაზე მოვიდა ინტენსიური, გადაუღებელი ხასიათის წვიმები, რომელთა საერთო ჯამი იყო 20 მმ. (გორში – 600 მ. სიმაღლეზე), ზოგან კი 73 მმ. (გუდაურში – 2200 მ. სიმაღლეზე). ამან ჰაერის მაღალ ტემპერატურულ ფონზე კიდევ უფრო გაააქტიურა თოვლის დნობის პროცესი, ხოლო ნიადაგ-გრუნტის გაჯერებამ მაქსიმალურ ტენტივობამდე, ინფილტრაციასა და აორთქლებაზე დანაკარგების გარეშე გამოიწვია ინტენსიური ზედა-

პირული ჩამონადენის ფორმირება. შედეგად მოხდა თოვლის ნადნობი და წვიმის წყლების სწრაფი კონცენტრაცია მდინარეთა კალაპოტებში, რის შედეგადაც ადგილი ჰქონდა კატასტროფულ წყალმოვარდნებს.

ადიდებულმა მდ. რიონმა ქ. ქუთაისში რამდენიმე ადგილას გაარღვია ნაპირდამცავი ჯებირები, დატბორა სანაპიროსთან განლაგებული სახლები, დაახიანა გზები. მარტო წყალტუბოს რაიონში დაზარალდა 66 ოჯახი. ონის რაიონში მდინარეების: რიონის, ღარულასა და ჭანჭახის ადიდების შედეგად დაიტბორა 100 სახლი, დაინგრა 8 ხიდი და საავტომობილო გზები, რის შედეგად 18 სოფელი მოწყდა რაიონულ ცენტრს. სათავე ნაგებობების მოშლის გამო სასმელი წყლის მიწოდება შეუწყდა ქ. ონს.

ვანის რაიონში მდ. რიონი ჯებირებიდან გადავარდა და სოფ. ჭყვიშში დატბორა საცხოვრებელი სახლები და საკარმიდამო ნაკვეთები. შინაური საქონელი და ფრინველი კი წყალმა წაიღო. ნათესი ფართობები დაიტბორა ქ. სამტრედიასა და

სოფ. ჭალადიდშიც. სულ ამ სტიქიის შედეგად იმერეთში ზარალმა დაახლოებით 10 მლნ. ლარი შეადგინა.

26-27 აპრილს რაჭა-ლეჩხუმში კოკისპირული წვიმების შედეგად მდ. ცხენის-წყლის ადიდებამ გამოიწვია ნაპირდამცავი ჯებირებისა და ხიდების დანგრევა, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების დატბორვა, დაზიანდა წყლის სათავე ნაგებობები და კომუნიკაციები.

აპრილის ბოლოს მესტიის რაიონში მდ. ენგურისა და მისი შენაკადების ადიდების შედეგად წარმოიქმნა ღვარცოფული ნაკადები, რომელთაც დაახიანეს მრავალი სახლი, დაანგრეს ხიდები სოფ. მაზურთან და სოფ. ლენჯურთან. აქ ღვარცოფმა ამოავსო ხიდის ქვეშ გასასვლელი და ამიტომ წყალი შევარდა საცხოვრებელ სახლებში, დაახიანა საავტომობილო გზები და 8 სოფელი მოწყვეტილ იქნა რაიონულ ცენტრს.

ჯვრის წყალსაცავში ჭარბი წყლის ( $\approx 500$  მ) გაშვების შედეგად ქვემო ბიეფში მდ. ენგურის წყლის დონემ აიწია და დატბორა ზუგდიდის რაიონის სოფლების (ორსანტიას, ოტობაიას, განმუხურისა და სხვ.) სავარგულები.

აჭარაში ხანგრძლივი წვიმების შედეგად წყალმა დაანგრია ხიდები და 17 სოფელი მოწყვეტილი იყო რაიონულ ცენტრს. სოფ. დიდ თხინვანში და სოფ. ღურტასთან ჩამოწვა მეწყერები და დაახიანა საავტომობილო გზები.

აღმოსავლეთ საქართველოში 25-დან 27 აპრილამდე მოსული წვიმების შედეგად მდ. მტკვრის დონემ ქ. თბილისთან 565 სმ-ს მიაღწია, რაც 237 სმ-ით აჭარბებდა წყალდიდობების მაქსიმალური დონეების მრავალწლიურ მნიშვნელობას – 328 სმ-ს და მხოლოდ 157 სმ-ით ჩამორჩებოდა 1968 წლის კატასტროფულ დონეს – 722 სმ-ს (ცხრ. 1).

2005 წ. გაზაფხულზე დიდი წყალდიდობა იყო სამცხე-ჯავახეთშიც. აქ 27 აპრილს მდინარეთა დონეები გადასცილდა საშიშ ზღვრებს. კერძოდ მდ. მტკვარზე 70 სმ-ით, მდ. ფარავანზე 55 სმ-ით, მდ. ფოცხოვზე 66 სმ-ით, მდ. ქვაბლიანზე 90 სმ-ით. ამან გამოიწვია ნაპირსამაგრი ჯებირების ნგრევა და 35 ჰა სასოფლო-სამეურნეო ნაკვეთების დატბორვა, ქ. ვალეში მოიშალა წყალმომარაგების სათავე ნაგებობა.

4-5 მაისს კახეთში ხანგრძლივი წვიმების შედეგად ადიდებულმა მდ. ალაზანმა და მისმა შენაკადებმა გაარღვიეს ნაპირდამცავი ჯებირები და დატბორეს ასობით ჰექტარი მიწა, ნათესი ფართობები, სავარგულები და საცხოვრებელი სახლები, წყალმა წაიღო ხიდები. დიდი ზარალი იყო სოფლებში: ბირკიანში, ზემო და ქვემო ალვანში, შახვეტილაში, სანიორეში, შაქრიანში და სხვა.

ალაზანთან ერთად მაისის დასაწყისში ადიდებული იყო აგრეთვე მდინარეები: ლიახვი, ქსანი და არაგვი. მდ. ქსანმა დაბა ახალგორში რამდენიმე ადგილას გაარღვია ჯებირი და დატბორა ნათესები. მდ. ფშავის არაგვმა სოფ. ჩარგალში დაახიანა ვაჟა-ფშაველას სახლ-მუზეუმი.

4-7 ივნისს აღმოსავლეთ საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე კვლავ მოვიდა დიდი ნალექი, რომელთა ჯამი იყო 68 მმ-დან ქ. თბილისში, 100 მმ-ზე მეტი დაბა ფასანაურში, დუშეთსა, თელავსა და ყვარელში. კვლავ ადიდდა მდ. მტკვარი და 7 ივნისს ქ. თბილისში წყლის მაქსიმალური დონე ისევ 565 სმ-ს აღწევდა. მაქსიმალურმა ხარჯმა კი 2250 მ<sup>3</sup>/წმ-ს მიაღწია, რაც მხოლოდ 200 მ<sup>3</sup>/წმ-ით ჩამორჩებოდა 1968 წლის უდიდეს მაქსიმალურ ხარჯს 2450 მ<sup>3</sup>/წმ.

ადიდებულმა არაგვმა წააქცია 110 კვტ-იანი მაღალი ძაბვის ანძა. დაზიანდა ბულაჩაურის, საგურამოსა და ნატახტრის სასმელი წყლის წყალსაცავები, გაჩერდა ბულაჩაურისა და ჭოპორტის საფილტრო სადგურები, რის გამოც ქ. თბილისს სასმელი წყალი დიდი შეზღუდვით მიეწოდებოდა.

6-7 ივნისს უჩხვალის წყალსაცავში მოიმატა დონემ და წყლის მოცულობის მაქსიმუმს მიაღწია, რის გამოც საჭირო გახდა ჭარბი წყლის გაშვება საგანგებო არხით. 600 მ წყლის გაშვებამ კი გა-

მოიწვია ქვემო ბიუფში მდ. არაგვზე და თვით მდ. მტკვარზეც წყლის დონის მკვეთრი მომატება. მას მოჰყვა ახლომდებარე სახლებისა და ნაკვეთების დატბორვა, მაგრამ აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ უინვალის წყალსაცავმა მრავალჯერ შეაკავა აღიდებული არაგვის წყლის მასა და გადაარჩინა მიმდებარე გარემო და თვით ქ. თბილისის უფრო დიდი დაზიანებისაგან.

13-15 ივნისს მდ. არაგვის აუზში მდ. დუშეთის ხეზე მოხდა კატასტროფული წყალმოვარდნა, რის შედეგადაც დაბა დუშეთში დაიღუპა 2 ადამიანი, დაინგრა 50-მდე სახლი, წყალმა გაიტაცა პირუტყვი, ფრინველი, მსუბუქი და მძიმე ტექნიკა, დაინგრა ბოლორნის სასმელი წყლის სათავე ნაგებობა, დაიტბორა და ქვა-ღორღით აივსო საცხოვრებელი სახლების პირველი სართულები.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ 15 ივნისს ჯავახეთის ზეგანზე სოფ. ნინოწმინდასთან ძლიერი ქარბორბალას შედეგად ტრავმირებული იყო 13 ადამიანი.

17 ივნისს კოკისპირული წვიმების შედეგად კვლავ აღიდა მდ. ალაზანი, რასაც მოჰყვა გზებისა და ხიდების ნგრევა, ნათესების დატბორვა და ზარალმა დაახლოებით 100 ათას ლარს მიაღწია. მნიშვნელოვან წყალმოვარდნებს ადგილი ჰქონდა აგრეთვე მდინარეებზე: ლიახვზე, ქსანზე, არაგვზე, თერგზე, თეძამზე, მეჯულაზე, სნოს წყალზე და სხვ.

ამრიგად 2005 წლის გაზაფხულზე, როგორც დასავლეთ ისე აღმოსავლეთ საქართველოში, უხვი თოვლის საფარის დნობისა და მრავალჯერადი ინტენსიური ხასიათის წვიმების თანხვედრის შედეგად წაიღეკა გზები, მრავალი საცხოვრებელი სახლი, ნათესი ფართობები, შინაური პირუტყვი და ფრინველი. მრავალ ოჯახს წყალმა წაუღო როგორც სახლი, ისე ყველაფერი და დარჩა სრულიად ხელცარიელი. ასეთ მდგომარეობაში დაახლოებით 500 ოჯახს შეექმნა ბინის პრობლემა. იყო რამოდენიმე ადამიანის მსხვერპლიც. მთლიანად წყალდიდობით მიყენებულმა ზარალმა საქართველოს ფარგლებში დაახლოებით 300-500 მლნ. ლარი შეადგინა.

2005 წლის წყალდიდობით გამოწვეული ზარალის მიზეზი, გარდა ბუნებრივი სტიქიის მასშტაბისა იყო ის, რომ XX საუკუნის 90-იანი წლებიდან დაწყებული ინტენსიურად ხდებოდა ტყის საფარის გაჩეხვა, რომელიც წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების ბუნებრივი მარეგულირებელი ფაქტორია. ტყე აკავებს წყლის ზედაპირულ ჩამონადენს და რამდენადმე ამცირებს მის მაქსიმალურ პიკებს. ახანგრძლივებს მის ჩადინებას მდინარეთა კალაპოტებში, რადგან ახორციელებს ამ ბუნებრივ მოვლენას ძირითადად მიწისქვეშა ჩამონადენის სახით. რაც მთავარია, ტყის საფარი იცავს და ამაგრებს ნიადაგის საფარს და ხელს უშლის ეროზიას, მეწყერებისა და თოვლის ზვავების ფორმირებას.

ტყის გარდა, წლების განმავლობაში არ ხდებოდა მდინარეთა კალაპოტების გაწმენდა. პირიქით, მოსახლეობას, განსაკუთრებით რაიონებში მდინარეთა ხეობები ნაგავსაყრელად აქვთ გადაქცეული, რაც აკავებს წყლის მასას მდინარის კალაპოტში, ხელს უშლის მის გადინებას და მაღლა სწევს წყლის დონეს. აქედან გამომდინარე ხდება წყლის გადაღინება ნაპირებიდან და გარემოს დატბორვა.

გარდა ამისა, არ ხდებოდა მდინარეთა ნაპირების კაპიტალური დაცვა - დამბების, ჯებირების ან მიწაყრილების მშენებლობა. არ ხდებოდა აგრეთვე მთისძირა არხების მოწობა და ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებები: დატერასება, ფერდობების გარდიგარდმო ხენა-თესვა და მათზე მცენარეული საფარის გამრავლება და სხვა.

წყალდიდობების საშიშროებას მნიშვნელოვნად ამცირებს წყალსაცავები, რომლებიც წყალდაგროვებით აუმჯობესებენ მდინარეთა ჩამონადენის რეგულირების პირობებს. წყალსაცავებს დიდი სარგებლობა მოაქვთ მდინარეთა წყლის რესურსების გამოყენებისათვის ელექტროენერჯის მისაღებად, ასევე ჰიდრომელიორაციისათვის და რაც მთავარია, მოსახლეობისა და მეურნეობის წყალმომარაგებისათვის. მათი საშუალებით დაიძლევა ენერგეტიკული კრიზისი და გაუმჯობესდება მთის მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური პირობები. არანაკლებ მნიშვნელოვანია ისიც, რომ ელექტროენერჯის მოგვარებით მკვეთრად შენელებს ტყეების გაჩეხვის პროცესი.

აღსანიშნავია, რომ ჰიდრორესურსების ხვედრითი წილით საქართველო ერთ-ერთ პირველ ადგილზეა მსოფლიოში. ამიტომ მთის მდინარეთა ხეობებში უმჯობესია განხორციელდეს მცირე წყალსაცავების მშენებლობა, როგორც წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნებისაგან დაცვის ყველაზე საიმედო და ეფექტური საშუალება. ამასთან ერთად უნდა შედგეს წყალსაცავების ავარიული დაცვის სადისპეტჩერო გრაფიკები ისე, რომ ამ დაცვამ არ გამოიწვიოს მის ქვემოთ წყალმოვარდნის გაძლიერება და თანდაზნობითი დაცვის შედეგად ეფექტიანი გახდეს მოდინებული მაღალი წყლის აკუმულირების პირობები. წყლის დიდი ნაკადის შეკავებით კი, თავიდან ავიცილებთ მოსალოდნელ ზარალსა და მსხვერპლს. მცირე წყალსაცავების ქსელი პერსპექტივაში აუცილებლად უნდა გაიზარდოს. მართალია მათი აშენება დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული, მაგრამ რო-

გორც 2005 წლის შემთხვევებმა აჩვენა, მთის მცირე მდინარეების აღიდებამ შეიძლება გაცილებით დიდი მატერიალური დანაკარგი გამოიწვიოს.

წყალდიდობებისაგან მიყენებული ზარალის თავიდან აცილების მიზნით ყველა დასახლებულ ადგილზე და სამეურნეო ობიექტებთან უნდა განისაზღვროს და დადგინდეს მოსალოდნელი წყალდიდობის შედეგად დატბორვის საზღვრები და უნდა აიკრძალოს ამ საზღვრებში სამოსახლო მშენებლობა და მეურნეობის წარმოება.

ყოველი წყალმოვარდნის გავლის შემდეგ უნდა გაიწმინდოს და გადრეკილი მდინარეთა კალაპოტები ქვა-ღორღისაგან, რომელთა გამოყენებით უნდა მოხდეს ნაპირსამაგრი ნაგებობების გამაგრება და მათი დაშენება. გაყვანილ უნდა იქნეს წყალგადამგდები არხები, რომლებიდანაც მოხდება მდინარიდან მაღალი წყლის გადაღინება უსაფრთხო ადგილებში.

ყველაზე მთავარი არის ის, რომ მოსალოდნელი საშიშროებისაგან თავდაცვის მიზნით საჭიროა შემუშავდეს წყალდიდობების გრძელვადიანი და წყალმოვარდნების მოკლევადიანი საპროგნოზო მეთოდები, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლოა სტიქია ვერ აღგვევითოთ, მაგრამ შეიძლება მისი ნეგატიური ზეგავლენის შესუსტება. წყალდიდობის ოპერატიული პროგნოზები გაიცემა ყოველწლიურად მარტის თვეში, მდინარეზე წყლის მაქსიმალური ხარჯები კი გაივლის მაის-ივნისში. პროგნოზების 2-3 თვიანი წინსწრება საშუალებას იძლევა მოსალოდნელი მაღალი პიკების შემთხვევაში დროულად ჩატარდეს ყველა პრევენციული ღონისძიება, რათა დაცულ იქნეს ყველა მნიშვნელოვანი ობიექტი და არ მოხდეს გაუთვალისწინებელი ზარალი და მსხვერპლი. გარდა ამისა ჰიდროლოგიური პროგნოზები აუცილებელია წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების მიზნით ჰიდროელექტროსადგურების, წყალმომარაგებისა და საირიგაციო სისტემების მუშაობის სწორი რეჟიმის შესამუშავებლად და წყალსაცავების უსაფრთხო ექსპლუატაციისათვის.

**ცხრილი მდინარეთა დონეები (სმ) 2005 წლის წყალდიდობების დროს**

| მრავალ-წლიური მაქსიმუმი    |      | 2005 წ. დონეები (სმ) |       |       |      |      |      |      |
|----------------------------|------|----------------------|-------|-------|------|------|------|------|
| სმ.                        | წელი | 25 IV                | 26 IV | 27 IV | 5 VI | 6 VI | 7 VI | 8 VI |
| რიონი – ალპანა F=2830      |      |                      |       |       |      |      |      |      |
| 450                        | 1983 | 468                  | 439   |       |      |      |      |      |
| რიონი –საქონაკიძე F=13300  |      |                      |       |       |      |      |      |      |
| 783                        | 1987 | 670                  | 741   |       |      |      |      |      |
| ცხენისწყ-რცხმელურ F=1450   |      |                      |       |       |      |      |      |      |
| 500                        | 1984 | 645                  | 424   |       |      |      |      |      |
| ტეხური –ნოქალაქევ F=558    |      |                      |       |       |      |      |      |      |
| 615                        | 1983 | 408                  |       |       |      |      |      |      |
| მტკვარი –ხერთვისი F=4980   |      |                      |       |       |      |      |      |      |
| 460                        | 1968 |                      | 250   | 217   |      | 106  | 117  | 112  |
| მტკვარი – მინაძე F=8010    |      |                      |       |       |      |      |      |      |
| 362                        | 1968 |                      | 305   | 273   |      | 135  | 145  | 145  |
| მტკვარი – ლიკანი F=10540   |      |                      |       |       |      |      |      |      |
| 516                        | 1968 |                      | 387   | 400   | 260  | 256  |      |      |
| მტკვარი –თბილისი F=21120   |      |                      |       |       |      |      |      |      |
| 722                        | 1968 |                      | 455   | 565   | 318  | 430  | 500  | 363  |
| ფარავანი –ხერთვისი F=2350  |      |                      |       |       |      |      |      |      |
| 304                        | 1968 |                      | 270   | 251   |      |      |      |      |
| ფოცხოვი –სხვილისი F=1730   |      |                      |       |       |      |      |      |      |
| 605                        | 1968 |                      | 490   | 453   |      | 400  | 399  |      |
| თ. არაგვი –ფასანაური F=335 |      |                      |       |       |      |      |      |      |
| 250                        | 1934 |                      | 218   | 212   | 204  |      |      |      |

პროგნოზებით მოსალოდნელი საშიშროების დროული შეტყობინება, თუნდაც საორიენტაციოდ კონსულტაციის სახით, საშუალებას იძლევა ბუნებრივი სტიქიისაგან მიყენებული ზარალის მნიშვნელოვნად შემცირებას. ეს განსაკუთრებით ეფექტურია მთიან რეგიონებში, სადაც მსგავსი კატასტროფები უცხო არ არის. ჰიდროლოგიური პროგნოზირების განვითარებისათვის საჭიროა ჰიდრომეტეოროლოგიურთან ერთად, რადიოლოკაციური და დისტანციური ზონდირების ქსელის შექმნა.

გარდა ამისა, რეგულარულად უნდა დამუშავდეს თანამგზავრებისა და აეროფოტოგადაღების სურათებიც. მიღებული მასალების სათანადო მეცნიერული ანალიზით შესაძლებელი იქნება ანომალური პროცესების უფრო ზუსტი პროგნოზირება.

შპს 632.123.627.51

**2005 წლის მასშტაბური წყალდიდობები საქართველოში და კატასტროფების შემრიგების ზეგანი.** / ბასილაშვილი ც.ზ., მესხია რ.შ. / საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული -2013. -ტ.119. -გვ.188-192-ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

მოცემულია ოპერატიული მასალები 2005 წლის კატასტროფული წყალდიდობებისა საქართველოს მდინარეებზე. განხილული მაგალითებიდან კარგად ჩანს წყალდიდობებისა და მათ მიერ გამოწვეული მატერიალური ზარალის მასშტაბები. მიღებულია ღონისძიებათა კომპლექსი არსებული და მოსალოდნელი ეკოლოგიური დარღვევების თავიდან აცილებისათვის.

UDC 632.123.627.51

**FLOODS ON THE RIVERS OF GEORGIA IN 2005 FLOOD CONTROL AND MEASURES OF REDUCING THEIR DISASTROUS CONSEQUENCES.** / Basilashvili Ts. Z., Meskhia R.Sh./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.188-192 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.

The present article deals with statistical data of disastrous floods on the rivers of Georgia in 2005. The considered patterns exemplify the magnitude of the floods and the scale of material damages caused by them. Complex measures are given to prevent existing and expected ecological troubles.

УДК 632.123.627.51

**МАСШТАБНЫЕ НАВОДНЕНИЯ 2005 ГОДА НА РЕКАХ ГРУЗИИ И ПУТИ СМЯГЧЕНИЯ ОПАСНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ.** / Басиладшвили Ц.З., Месхия Р.Ш. / Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Технического Университета Грузии. -2013. -Т.119. -с.188-192 -Груз.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Даётся оперативный материал катастрофических наводнений 2005 года на реках Грузии. Рассмотренные примеры хорошо показывают размеры самых паводков и наносимого ими материального ущерба. Дан комплекс мероприятий для предотвращения существующих и ожидаемых экологических неполадок.



UDC 551.50.501.7

## INVESTIGATION OF CAUCASIAN GLACIERS BY SATELLITE DATA

G.Kordzakhia\*, L.Shengelia\*, G.Tvauri\*\*

\* The Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University.

\*\* I. Javakhishvili Tbilisi State University's M. Nodia Institute of Geophysics.

The main objective of present work is the investigation of glaciers melting including significant ecological risks especially in connection with climate change issues. Long term satellite monitoring objectives toward the climate are:

- Determination of the processes related with climate and glaciers interaction.
- Detection of climate and environmental changes provided through glaciers changes;
- Validation of global and regional climate models, sensitivity studies, climate change scenarios specification, etc.

Satellite monitoring of glaciers has the well expressed potential to facilitate measurements that traditionally were performed using field techniques or ground based observations in one or several spots. High resolution space borne data allow glacier length change measurements along the entire glacier tongues, and in that way complement or even replace ground-based measurements.

Using the remote sensing data it can be determined:

- The ice snow border;
- Glaciers movement speed;
- The glacier elevation model and area of contours;
- Glaciers mass balance.

The surface of a glacier can be roughly divided into accumulation and ablation areas, separated by the equilibrium line where accumulation is exactly equal to ablation. The equilibrium line is generally more or less coincident with the snow line. In winter, before any ablation starts, practically the whole glacier is accumulation area and in summer, at the end of the glacier's year; the accumulation area is at its smallest. The end of the glacier's year is the time when the greatest amount of the previous winter's snow has melted (the ablation area is at its maximum) and new snow has not yet fallen. This occurs typically in September or October in the Alps, so that the mass balance year begins on the first of October, by convention in the so called fixed date system. Further north, in Scandinavia and Svalbard, the moment is approximately a month earlier, while on the glaciers in the southern hemisphere it is in March or April according to the geographical location and altitude [1]. Tropical glaciers, such as the glaciers of Mount Kilimanjaro, are defined by the global circulation patterns of the Inter Tropical Convergence Zone (ITCZ) and have low thermal seasonality which leads to ablation all year round, while the occurrence of accumulation varies between the humid inner tropics, the outer tropics and the subtropics. The investigation of glacier zones is typically carried out at the end of the glacier's year at a time when snow cover on the glacier and in the surrounding is at its minimum.

A glacier can be divided (see fig.1) into a number of specific zones (or facies). Starting from upper elevation and using Paterson's [2] nomenclature, the uppermost zone is dry snow zone in which no melting occurs. This zone exists only in the highest elevations of the ice sheets and on the highest (and coldest) mountain glaciers, where the annual average temperature is lower than the threshold value of  $-11^{\circ}\text{C}$ .

Below the snow zone, the dry snow line separates from the percolation zone in which some melting takes place during the summer. The wet snow line separates the percolation zone from the wet snow zone in which all the current year's snow melts. Below this, and separated from it by the snow line, is the superimposed ice zone, in which melt water refreezes onto the colder glacier ice surface. As the superimposed ice is created by melting and refreezing of the current year's snow this zone is still considered to be part of the accumulation area. The equilibrium line (EL) separates the accumulation and ablation areas and is located at the lower boundary of the superimposed ice zone and the bare-ice zone. At the equilibrium line, accumulation is exactly equal to ablation, and the EL is more or less coincident with the snow line. Below the snow line is the firn zone, which represents last year's snow.

The various zones to be detected by remote sensing were first proposed by Ostrem [3] and they have since been mapped with optical sensors, passive microwave sensors and synthetic aperture radar (SAR). The zones can be detected by various remote sensing data based on the surface wetness, grain size and purity of the glacier surface. Some attempts at glacier mapping have been made using multiangular satellite imagery (MISR, Multi-angle Imaging Spectroradiometer).



**Fig. 1. Glacier Zones on example of the Kirtisho Glacier**

The glacier zones can be mapped using radar data from the ablation period using the microwave backscattering properties of the surface. In summer, the accumulation area is in general covered with wet snow, surface scattering is controlled by the water content and surface roughness dominates. Typically the backscattering coefficient is low over a smooth snow surface. Surface scattering is high in ablation areas controlled by surface roughness, which is typically higher than in accumulation areas [4] and increases downward or through-out the summer as a result of melting. Crevassed areas give high backscatter values depending on the orientation of the crevasses relative to the look-direction of the radar. This use of summer SAR data for glacier zone mapping is based on distinguishing areas of contrasting backscatter on glaciers. So called radar glacier zones are defined as follows: the dry snow zone, frozen-percolation radar zone, wet snow radar zone, phase 2 melt radar zones, superimposed radar zone and the bare glacier ice radar zone. However, these zones do not necessarily coincide with the classical glaciological zone described earlier [2]. Winter radar images may be applied to glacier zone mapping as the radar radiation is able to penetrate through dry snow.

A fairly new and promising approach to assessing surface zones is to use laser scanner data. Modern laser scanners also retrieve an intensity signal from the surface, as well as the travel time which is used for elevation determination, and this can be used for mapping surface characteristics. Some preliminary classifications using the intensity signal have been made in Norway.

The mean specific mass balance  $b$  (expressed in metres water equivalent per year) results from averaging the accumulation and ablation of the various glacier locations. Usually  $b$  is averaged over 100 m elevation bands as  $b(z)$ . Multiplying  $b(z)$  by the area of the respective elevation bands  $s(z)$  and adding over all elevations gives the volume balance  $B$  ( $m^3$  w. e. per year). The equilibrium line altitude (ELA) is assessed from glaciological field study as that altitude where  $b(z)$  is equal to zero. The equilibrium line is close to the snow line at the end of glacier's year. However, in this case one has to use term averaged snow line, since the snow line separating snow and firn does not follow the contour lines, so that it does not have a unique altitude.

The accumulation area  $S_c$  is defined not as the area above the EL, but as the area of the glacier surface where  $b > 0$ , and the ablation area is defined correspondingly. The accumulation area ratio (AAR, Equation 3.1) is characteristic of the glacier's status.

$$AAR = S_c / S \quad (1),$$

where  $S_c$  is the accumulation area and  $S$  is whole glacier area.

AAR has values between 0.6 and 0.7 on stationary glaciers. Values above or below are for positive or negative mean specific mass balance values, respectively.

Using remote sensing methods, the AAR can be determined at the end of the glacier year by mapping the glacier zones and dividing the snow covered area of the glacier by the whole glacier area [1]. Imprecision in this method may be caused by the non-optimal data of the remote sensing image (taken before the timing of the maximum ablation area) or inaccuracies in the classification itself. The EL may also be determined by detecting averaged snow line, a border between snow and firn, simply by manual delineation. Based on the high correlation between AAR and mean specific mass balance, classification of glacier surface characteristics into snow, firn and ice calculation of AAR from the re-

sults gives an approximation of the mean specific mass balance for the glacier in certain year. Some uncertainties exist since same AAR can still give values of specific mass balance (b) spreading over several hundred mm of water equivalent as presented for glacier Hintereisferner in Kuhn et al. [3].

The snow line and AAR can be monitored by various optical remote sensing data based on spectral signature differences between snow and firn. In 2007 was applied object oriented classification of snow, firn and ice areas of Landsat TM or ETM+ satellite images at the end of glaciological years. The resulting AAR and snow line altitude were compared with AAR and ELA determined by glaciological method. The results were satisfactory as the correlation between the remote sensing and glaciological methods for AAR was 0.64 and for snow line and ELA was 0.56. Heiskanen et al. (2003) produced AAR by pixel-based classification and studied the location of the snow line using Landsat TM/ETM+ imagery in Engabreen, Norway. The classification produced a measure of AAR that considered spatial variations of ablation better than the one calculated from field measurements. On Engabreen the boundary between firn and snow corresponded well to the equilibrium line derived from mass balance measurements. Also AAR showed a good fit in the mass balance years studied. Another study on Engabreen was performed by Braun et al. (2005), in which unsupervised classification of Landsat TM/ETM+ images was used for mass balance modeling.

Assessing mass balance by AAR is useful for remote glaciers for which mass balance, ELA and AAR are difficult to assess using conventional methods. Aniya et al. (1996) used a Landsat TM mosaic of the Southern Patagonian Ice-field, South America, and supervised classification methods for TM bands 1, 4, and 5, for dividing various glacier drainage basins into accumulation and ablation areas, thereby determining the position of the snow line. It was found that the snow line could be taken as the equilibrium line and by comparing topographic maps the ELA was determined.

Mass balance is most typically determined by the glaciological method, but also using hydrological and geodetic methods. The use of the geodetic method, applying elevation models with greater accuracy than previously available, is gaining popularity especially with the success of airborne laser scanning. The use of remote sensing data for the geodetic method of using the determination of ELA and AAR by classification procedures would increase the number of glaciers for which the mass balance is estimated.

The area of Glacier is a basic property in a glacier inventory that is frequently used for upscaling of only of overall are change or sea level rise). The land surface area covered by glaciers is also important boundary condition for climate models that calculate the energy fluxes according to surface type. As the globally available data sets of glacier covered area are either not complete or very rough, new initiatives like Global Land Ice Measurement from Space (GLIMS) have started to compile a global glacier inventory (location, size, digital outlines) from satellite data.

The area of Glacier is a basic property in a glacier inventory that is frequently used for upscaling of only of overall are change or sea level rise). The land surface area covered by glaciers is also important boundary condition for climate models that calculate the energy fluxes according to surface type. As the globally available data sets of glacier covered area are either not complete or very rough, new initiatives like Global Land Ice Measurement from Space (GLIMS) have started to compile a global glacier inventory (location, size, digital outlines) from satellite data.

Glacier area change (percent per year) could be compared on a global scale to quantify regional climate change effects. However, glacier specific changes could only be determined when the same entities are compared. This is quite troublesome when only point information from the former World Glacier Inventory (WGI) is available. Glacier area changes as obtained from satellite data over large regions do also help to assess representativeness of the sparser sample of field-based length change and mass balance measurements or to identify what else is going on. In South Caucasus such down casting (i.e. stationary thinning) and disintegrating glaciers with little change at the terminus could be observed widely using space borne sensors.

## ლიტერატურა – REFERENCES \_ЛИТЕРАТУРА

1. Past and future mass balance of “Ka Roimata o Hine Hukatere”, Franz Josef Glacier, New Zealand / Anderson, B., W. Lawson, I. Owens and B. Goodsell / Journal of Glaciology. -2006.-52 (179). - pp. 597-607.
2. The physics of Glaciers. Paterson, W.S.B. / 3<sup>rd</sup> ed., Butterworth-Heinemann, Oxford. -1994. -480 p.
3. ERTS data in glaciology, an effort to monitor glacier mass balance from satellite imagery / Ostrem G. / Journal of Glaciology. -1975. -15. - pp.403-415.
4. Find the firn line! The suitability of ERS-1 and ERS-2 SAR data for the analysis of glacier facies on Icelandic ice-caps / Brown, I.A. et al. / International Journal of Remote sensing. -1999. - 20 (15). - pp.3217-3230.

უაკ 551.50.501.7

**კავკასიონის მყინვარების კვლევა თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენებით/გ.კორძახია, ლ.შენგელია, გ.თვაური/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.193-196-ინგლ., რუს. ქართ., ინგლ., რუს.**

სამუშაოს მიზანია განხილული და შესწავლილ იქნას მყინვარების დნობა, რაც მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ საფრთხეებს მოიცავს განსაკუთრებით კლიმატის ცვლილების პრობლემატიკასთან დაკავშირებით. კერძოდ, კლიმატთან დაკავშირებით მყინვარების გრძელვადიანი მონიტორინგის მიზანია: პროცესების დადგენა, რომლებიც დაკავშირებულია მყინვარებისა და კლიმატის ურთიერთმოქმედებასთან; კლიმატისა და გარემოს მოსალოდნელი ცვლილება, განპირობებული მყინვარების ცვლილებით; კლიმატის გლობალური და რეგიონალური მოდელების ვალიდაცია მყინვარების მონიტორინგის შედეგებით; სენსიტიურობის შესწავლა; კლიმატის ცვლილების სცენარების დაზუსტება და სხვა;

მყინვარების თანამგზავრულ მონიტორინგს აქვს ნათლად გამოხატული პოტენციალი იმისა, რომ ემსახუროს იმ საქმეს, რაც ადრე ტრადიციულად წარმოებდა ექსპედიციური გზით, ან მიწისპირა დაკვირვებებით, როგორც წესი ერთ ან რამდენიმე წერტილში. მაღალი გარჩევადობის დისტანციური ზონდირების სივრცითი მონაცემები საშუალებას იძლევა, რათა გაიზომოს მყინვარის სიგრძის ცვლილება მყინვარის მთლიან ენასთან ერთად. ამ გზით შესაძლებელია მიწისპირა დაკვირვებები შეივსოს ან მთლიანად შეიცვალოს დისტანციური ზონდირების ინფორმაციით.

UDC 551.50.501.7

**INVESTIGATION OF CAUCASIAN GLACIERS BY SATELLITE DATE/ G.Kordzakhia, L.Shengelia, G.Tvauri/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.193-196 - Eng.; Summ. Georg., Eng., Russ.**

The main objective of present work is the investigation of glaciers melting including significant ecological risks especially in connection with climate change issues.

Long term satellite monitoring objectives toward the climate are: determination of the processes related with climate and glaciers interaction; detection of climate and environmental changes provided through glaciers changes; validation of global and regional climate models, sensitivity studies, climate change scenarios specification, etc.

Satellite monitoring of glaciers has the well expressed potential to facilitate measurements that traditionally were performed using field techniques or ground based observations in one or several spots. High resolution space borne data allow glacier length change measurements along the entire glacier tongues, and in that way complement or even replace ground-based measurements.

Using the remote sensing data it can be determined: the ice snow border; glaciers movement speed; the glacier elevation model and area of contours.

The final objectives, based on the remote sensing, hydrometeorological network and glaciological observation data are: glacier monitoring technological line improvement and glacier properties determination; river Enguri pilot basin glacier runoff investigation based on determined values: creation of the Caucasian glacier models using the glacier characterizing data and glacier development forecast using these models.

УДК 551.50.501.7

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАВКАЗСКИХ ЛЕДНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ/ Г.И. Кордзахия, Л.Д. Шенгелия, Г.А. Тваური/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.193-196 - Англ., Рез. Груз., Англ., Рус.**

Основной целью работы является рассмотрение и исследование таяния ледников, что включает в себе значительные экологические риски, особенно в связи с проблемами изменения климата. Долгосрочными целями спутникового мониторинга ледников относительно климата, являются: определение процессов, которые связаны с взаимодействием между ледниками и климатом; обнаружение изменений климата и окружающей среды, что обеспечивается за счет изменения ледников; проверка глобальных и региональных климатических моделей; исследования восприимчивости, определение сценариев изменения климата и т.д.

Дистанционное зондирование с помощью спутников применительно к мониторингу ледников имеет хорошо выраженный потенциал, способствующий измерениям, которые традиционно проводились с использованием экспедиционных работ или наземными наблюдениями в одной или нескольких точках. Высокое пространственное разрешение спутниковых данных позволяет измерять изменения длины ледника, и таким образом, дополнять или даже полностью заменять наземные измерения.

შპს 551.324/551.583

**გამყინვარების საუკუნოვანი დინამიკა კავკასიაში და მყინვართა ბაქრობის კლიმატური პრობლემა გლობალური დათბობის ფონზე**

ვ.ცომაია\*, ნ.ა.ბეგალიშვილი\*, თ.ცინცაძე\*, კ.ლაშაური\*\*, ნ.ნ.ბეგალიშვილი\*, ნ.ცინცაძე\*  
 \* - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
 \*\* - ი.გოგებაშვილის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტის დოქტორანტი, აშშ-კანადა

გამყინვარების დღევანდელი მდგომარეობისათვის დამახასიათებელია მყინვარების დეგრადაცია, რაც ადრეც და ახლაც სხვადასხვა სიძლიერით მიმდინარეობს. ეს კარგად ჩანს მყინვარების ფართობების შედარებიდან. ამ მხრივ საყურადღებოა 1850, 1890 და 1965 წლების დაკვირვებათა მასალები კავკასიონის ქედის გამყინვარების მონაცემების მაგალითზე [1,2,3]. მაშინ მყინვარებს შესაბამისად ეკავათ 2300, 2000 და 1442 კმ<sup>2</sup> ფართობი. მათი დინამიკის ტრენდი კლებადობის ტენდენციით გამოისახება, რომელიც შეიძლება გამოვსახოთ მარტივი ფორმულით:

$$F_i = F_0 - \alpha(T_i - T_0) \quad (1)$$

სადაც  $F_0$  და  $F_i$  არის მოცემული პერიოდის საწყისი  $T_0$  და ბოლო  $T_i$  წლების მყინვარების ფართობები (კმ<sup>2</sup>).

1850 და 1890 წლების პერიოდისათვის (1)-დან გვექნება:

$$\alpha_1 = \frac{F_0 - F_i}{T_i - T_0} = \frac{2300 - 2000}{1890 - 1850} = 7.50 \text{ კმ}^2/\text{წელიწადში} \quad (2)$$

1850 და 1965 წლებისათვის:

$$\alpha_2 = \frac{2300 - 1442}{1965 - 1890} = 7.46 \text{ კმ}^2/\text{წელიწადში}, \text{ ხოლო} \quad (3)$$

1890 და 1965 წლებთან მიმართებაში:

$$\alpha_3 = \frac{2000 - 1442}{1965 - 1850} = 7.44 \text{ კმ}^2/\text{წელიწადში} \quad (4)$$

ამრიგად, განხილული პერიოდისათვის გამყინვარების დეგრადაცია კარგად აღიწერება წრფივი კანონით, ხოლო მყინვართა ფართობების შემცირების სიჩქარე სამივე შემთხვევაში თითქმის ერთი და იგივეა - საშუალოდ შეადგენს 7.47 კმ<sup>2</sup>/წელიწადში. ეს ნიშნავს, რომ კავკასიონის ქედის გამყინვარება ყოველწლიურად კარგავს საშუალოდ 7.5 კმ<sup>2</sup> ფართობს.

მიღებული შედეგის თანახმად, XXI საუკუნის ბოლოს, როცა გაეროს კლიმატის ცვლილების სცენარით კავკასიაში მოსალოდნელია ატმოსფერული ნალექების შემცირება 10 - 20%-ით, ჰაერის ტემპერატურის მატება კი 3 - 4°C-ით, რაც გამოიწვევს მყინვარების დეგრადაციის გაგრძელებას, კავკასიონის ქედის გამყინვარების ფართობი შემცირდება:

$$F_{2100} = F_{1850} - 7.47(T_{2100} - T_{1850}) = 2300 - 7.47(2100 - 1850) = 432.5 \text{ კმ}^2 - \text{მდე} \quad (5)$$

მყინვარის დარჩენილი ფართობის მთლიან გადნობას დასჭირდება კიდევ

$$\Delta T = \Delta F / a = 432.5 / 7.47 = 58 \text{ წელი} \quad (6)$$

ამრიგად, გამყინვარების დღევანდელი დეგრადაციის ინტენსივობის შენარჩუნების შემთხვევაში კავკასიონის ქედი განთავისუფლდება მყინვარებისგან 2150-2160 წლებში.

იგივე შედეგებს ვღებულობთ, თუ გამოვიყენებთ შეფარდების მეთოდს:

$$a = F_i / F_o \quad (7)$$

სადაც  $a$  არის გამყინვარების მოცემული პერიოდის საწყისი ( $F_o$ ) და ბოლო ( $F_i$ ) წლების მყინვართა ფართობების შეფარდება. როცა  $F_i = F_o$ , რასაც ადგილი ჰქონდა 1850 წელს და ფართობი შეადგენდა 2300 კმ<sup>2</sup>-ს, მაშინ:

$$\alpha = 2300 / 2300 = 1.0 \quad (8)$$

როცა  $F_i = 2000$  კმ<sup>2</sup>-ს, რასაც ადგილი ჰქონდა 1890 წელს, მაშინ:

$$\alpha_2 = 2000 / 2300 = 0.87 \quad (9)$$

როცა  $F_i = 1442$  კმ<sup>2</sup> -ს, რასაც ადგილი ჰქონდა 1965 წელს, მაშინ

$$\alpha_3 = 1442 / 2300 = 0.63 \quad (10)$$

როგორც ვხედავთ  $a_i$ -ის მნიშვნელობა მცირდება გამყინვარების ფართობის შემცირებასთან ერთად, ე.ი. მისი ტრენდი ხასიათდება კლებადობის ტენდენციით და ის შეიძლება გამოვსახოთ ფორმულით:

$$\alpha_i = b_0 - 0.0033(T_i - T_0) = b_0 - 0.0033 \cdot \Delta n \quad (11)$$

სადაც  $\Delta n = T_i - T_0$  არის პერიოდის ხანგრძლივობა.

(11)-ში: თუ  $T_0 = 1850$ , მაშინ  $b_0 = 1$ ; თუ  $T_0 = 1890$ , მაშინ  $b_0 = 0.87$ ; თუ  $T_0 = 1965$ , მაშინ  $b_0 = 0.63$ ; მართლაც,

როცა  $T_0 = T_i = 1850$ , მაშინ

$$\alpha_1 = 1 - 0.0033(1850 - 1850) = 1.0 \quad (12)$$

როცა  $T_0 = 1850$  და  $T_i = 1890$ , მაშინ

$$\alpha_2 = 1 - 0.0033(1890 - 1850) = 1 - 0.13 = 0.87 \quad (13)$$

როცა  $T_0 = 1850$  და  $T_i = 1965$ , მაშინ

$$\alpha_3 = 1 - 0.0033(1965 - 1850) = 1 - 0.38 = 0.62 \quad (14)$$

როცა  $T_0 = 1850$  და  $T_i = 1965$ , მაშინ

$$\alpha_4 = 0.87 - 0.0033(1965 - 1890) = 0.87 - 0.25 = 0.62 \quad (15)$$

როგორც ვხედავთ, (12) - (14) და (8) - (10) ფორმულებით მიღებული გამოთვლის შედეგები დაემთხვა ერთმანეთს. ამიტომ, (11) შეიძლება გამოვიყენოთ კავკასიონის მყინვარებისაგან განთავისუფლების პროგნოზისთვის.

თუ მყინვარული საფარი მთლიანად მოისპობა, მაშინ დნობის სიჩქარე  $\alpha_i = 0$  და (11)-ის საფუძველზე შეიძლება დავადგინოთ შესაბამისი წლის მნიშვნელობა. გვექნება

$$0 = b_0 - 0.0033(T_i - T_0)$$

და

$$T_i = \frac{b_0 + 0.0033T_0}{0.0033} \quad (16)$$

ფორმულა (16)-ის თანახმად, 1850 წლის მონაცემების გამოყენების საფუძველზე გვქნება:

$$T_1 = \frac{b_0 + 0.0033 \cdot 1850}{0.0033} = \frac{1 + 6.105}{0.0033} = 2153 \text{ წელი;} \quad (17)$$

1890 წლის მონაცემების შესაბამისად

$$T_2 = \frac{b_0 + 0.0033 \cdot 1890}{0.0033} = \frac{0.87 + 6.237}{0.0033} = 2154 \text{ წელი;} \quad (18)$$

1965 წლის მონაცემების გამოყენებით

$$T_3 = \frac{b_0 + 0.0033 \cdot 1965}{0.0033} = \frac{0.62 + 6.485}{0.0033} = 2153 \text{ წელი.} \quad (19)$$

ამრიგად, ამ შემთხვევაშიც ვღებულობთ, რომ კავკასიონის ქედი მთლიანად განთავისუფლდება მყინვარული საფარისგან 2150-2160 წლებში.

მყინვარების კატალოგებში [2,3] შესული 1890 და 1965 წლების სისტემატიზებული მასალები, დიდი მდინარეების აუზების მიხედვით წარმოდგენილია ცხრ.1-ში (გრაფები 3 და 4). მათ საფუძველზე გამოთვლილია მყინვარების ფართობების შემცირების კოეფიციენტი ( $A$ ):

$$a_i = F_{1965} / F_{1890} \quad (20)$$

სადაც  $F$  მყინვარების ფართობებია კმ<sup>2</sup>-ში;  $F$ -ის ინდექსები აღნიშნავენ წლებს, რომელთაც განეკუთვნება მყინვარების ფართობი.

როგორც ვხედავთ მყინვარების ფართობის შემცირების კოეფიციენტი მერყეობს 0.48-დან (მდ.არდონი, ჩრდილოეთი კავკასიონი) 0.87-მდე (მდ.ენგური, სამხრეთი კავკასიონი), საშუალოდ შეადგენს 0.67-ს.

ცხრილი 1. მყინვარების ფართობების ცვლილების შეფასების შედეგები მყინვარების 1890 და 1965 წლების კატალოგების მიხედვით.

| რიგითი № | მდინარე               | მყინვარების                |                 |         |                 |                 |            |                  |                       |         |      |
|----------|-----------------------|----------------------------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|------------|------------------|-----------------------|---------|------|
|          |                       | ფართობი, კმ <sup>2</sup> . |                 |         | რაოდენობა       | ფარდობა         | სიმაღლე მ. |                  |                       |         |      |
|          |                       | 1890წ                      | 1965წ           | სხვაობა |                 |                 | ქვედა      | ზედა             |                       |         |      |
| 1        | 2                     | 3                          | 4               | 5       | 6               | 7               | 8          | 9                |                       |         |      |
| 1        | მზიმთა                | 2.79                       | 1,70            | 1,09    | 7               | 0,61            | 2690       | 2950             |                       |         |      |
| 2        | კოდორი                | 77,0                       | 60,0            | 17,0    | 141             | 0,78            | 2760       | 3160             |                       |         |      |
| 3        | ენგური                | 332.1                      | 288,3           | 43,8    | 250             | 0,87            | 2480       | 3420             |                       |         |      |
| 4        | რიონი                 | 79.4                       | 62,9            | 16,5    | 12,4            | 0,79            | 2970       | 3500             |                       |         |      |
| 5        | კუბანი                | 265.3                      | 196,6           | 68,7    | 356             | 0,74            | 2801       | 3220             |                       |         |      |
| 6        | ჩეგემი                | 93,4                       | 58,1            | 35,3    | 65              | 0,62            | 3340       | 3800             |                       |         |      |
| 7        | ჩერეკი                | 272,0                      | 198,3           | 73,7    | 182             | 0,73            | 3440       | 4060             |                       |         |      |
| 8        | ურუხი                 | 138.4                      | 82,7            | 55,7    | 105             | 0,60            | 3190       | 3560             |                       |         |      |
| 9        | არღონი                | 73.2                       | 35,4            | 37,8    | 79              | 0,48            | 3100       | 373,0            |                       |         |      |
| 10       | თერგის ზემო წელი      | 175.6                      | 121,6           | 54,0    | 191             | 0,69            | 3310       | 3860             |                       |         |      |
| 11       | დაღესტანი აზერბაიჯანი | 85.6                       | 46,9            | 38,7    | 159             | 0,55            | 3670       | 4080             |                       |         |      |
| 12       | ასსა-არგუნი           | 69.4                       | 42,0            | 27,4    | 68              | 0,61            | 3350       | 3950             |                       |         |      |
| 13       | ჯამი                  | 1664                       | 1194,5          | 470,3   | 12,05           | 8,07            |            |                  |                       |         |      |
| 14       | საშუალო               | 138.7                      | 99,5            | 39,2    |                 | 0,67            |            |                  |                       |         |      |
| რიგითი № | მდინარე               | გამოთვლების შედეგები       |                 |         |                 |                 |            |                  |                       |         |      |
|          |                       | არაასოცირებული რიგი        |                 |         |                 |                 |            | ასოცირებული რიგი |                       |         |      |
|          |                       | F' =0,67 F <sub>1</sub>    |                 |         | F'' =1,06 F'    |                 |            | K <sub>k</sub>   | F''=K <sub>k</sub> F' |         |      |
|          |                       | კმ <sup>2</sup>            | სხვაობა         |         | კმ <sup>2</sup> | სხვაობა         |            |                  | კმ <sup>2</sup>       | სხვაობა |      |
|          |                       |                            | კმ <sup>2</sup> | %       |                 | კმ <sup>2</sup> | %          | კმ <sup>2</sup>  |                       | %       |      |
| 1        | 2                     | 10                         | 11              | 12      | 13              | 14              | 15         | 16               | 17                    | 18      | 19   |
| 1        | მზიმთა                | 1,87                       | 0,17            | 10,0    | 1,98            | 0,28            | 16,5       | 0,95             | 1,78                  | 0,04    | 2,3  |
| 2        | კოდორი                | 51,6                       | 8,4             | 14,0    | 54,7            | 5,3             | 8,8        | 1,23             | 69,5                  | 3,5     | 5,8  |
| 3        | ენგური                | 223,0                      | 65,3            | 28,7    | 236,4           | 65,3            | 22,7       | 1,29             | 287,7                 | 0,6     | 0,2  |
| 4        | რიონი                 | 53,2                       | 9,7             | 15,4    | 156,4           | 6,5             | 10,3       | 1,29             | 65,4                  | 2,5     | 4,0  |
| 5        | კუბანი                | 177,8                      | 12,8            | 9,6     | 688,5           | 8,1             | 4,1        | 1,10             | 195,6                 | 1,0     | 0,5  |
| 6        | ჩეგემი                | 62,6                       | 4,5             | 1,7     | 66,4            | 9,5             | 6,0        | 0,96             | 60,1                  | 2,0     | 3,4  |
| 7        | ჩერეკი                | 182,2                      | 16,1            | 8,1     | 193,1           | 5,7             | 2,6        | 1,10             | 200,4                 | 2,1     | 1,1  |
| 8        | ურუხი                 | 92,7                       | 10              | 12,1    | 98,3            | 15,5            | 18,8       | 0,96             | 82,0                  | 6,3     | 7,6  |
| 9        | არღონი                | 49,0                       | 13,6            | 39,3    | 51,9            | 16,5            | 46,7       | 0,81             | 39,7                  | 4,3     | 12,1 |
| 10       | თერგის ზემოწელი       | 117,7                      | 3,9             | 3,2     | 124,8           | 3,2             | 2,6        | 0,96             | 113,0                 | 8,6     | 7,1  |
| 11       | დაღესტანი აზერბაიჯანი | 57,4                       | 10,5            | 22,4    | 60,8            | 16,9            | 28,7       | 0,81             | 46,5                  | 0,4     | 0,9  |
| 12       | ასსა-არგუნი           | 46,5                       | 4,5             | 10,7    | 48,9            | 6,3             | 15,1       | 0,81             | 37,7                  | 4,3     | 10,2 |
| 13       | ჯამი                  | 1121,6                     | 72,9            | 6,1     | 1182,6          |                 |            |                  |                       |         |      |
| 14       | საშუალო               | 93,5                       |                 |         |                 |                 |            |                  |                       |         |      |
| 15       | K <sub>k</sub>        | 1,06                       |                 |         |                 |                 |            |                  |                       |         |      |
| 17       | უზრუნველყოფა          |                            |                 |         |                 |                 |            |                  |                       |         |      |
| 18       | 0-5%                  |                            |                 | 16.6    |                 |                 | 25.0       |                  |                       |         | 58.3 |
| 19       | 0-10%                 |                            |                 | 41.7    |                 |                 | 41.7       |                  |                       |         | 83.3 |
| 20       | 0-15%                 |                            |                 | 66.6    |                 |                 | 50,0       |                  |                       |         | 100  |
| 21       | 0-20%                 |                            |                 | 75.0    |                 |                 | 75,0       |                  |                       |         | 100  |

კოეფიციენტების მნიშვნელობათა გამოყენებით, 1890 წლის მონაცემების საფუძველზე გამოთვლილია მყინვარების ფართობები და მათი გადახრები ფაქტობრივი სიდიდეებიდან (გრაფები

10, 11 და 12). გადახრების უზრუნველყოფა ( $P\%$ ) 5, 10, 15 და 20%-მდე ცდომილების შემთხვევაში შეადგენს შესაბამისად 16.6, 41.7, 66.6 და 75.0%-ს (გრაფა 12) შედეგების გაუმჯობესების მიზნით დადგენილ იქნა ფაქტობრივი ( $\sum F_{\text{ფ}}$ ) და გამოთვლილი ( $\sum F_{\text{გ}}$ ) რიგების ჯამი და მათი საშუალო სიდიდეები, ხოლო მათი შეფარდებით - დისპერსიის კორექციის კოეფიციენტი

$$K_k = \sum F_{\text{ფ}} / \sum F_{\text{გ}} = \bar{F}_{\text{ფ}} / \bar{F}_{\text{გ}} \quad (21)$$

ფორმულა (21)-ის თანახმად ვღებულობთ

$$K_k = 1194.5 / 1121.6 = 1.06 \quad (22)$$

$K_k$  კორექციის კოეფიციენტის გათვალისწინებით პირველი გამოთვლების შედეგები მოყვანილია 13, 14 და 15 გრაფებში. მათი უზრუნველყოფა 5, 10, 15 და 20%-ის ცდომილებათა შემთხვევაში შეადგენს შესაბამისად 25.0, 41.7, 50.0 და 75.0.

უკეთესი შედეგი მიღებული იქნა ასოცირებული რიგების გამოყენების საფუძველზე. არასოცირებული რიგი დაჯგუფდა მაფორმირებელი ფაქტორების სიდიდის მიხედვით. ასოცირებული რიგების დადგენაში დიდ როლს თამაშობს გამყინვარების ფართობი. რაც მეტია ეს ფართობი და რაც უფრო კომპაქტურია მყინვარების მდებარეობა, მით მეტია მათი გამაცივებელი გავლენა გარემოზე და მით ნაკლები ინტენსივობით მიდის მათი დნება. საპირისპირო თვისებებით ხასიათდებიან პატარა ფართობის მქონე, გაფანტულად მდებარე მყინვარები. მათი გამაცივებელი ზემოქმედება გარემოზე ნაკლებია, რაც ხელს უწყობს ამ მყინვარების ინტენსიურ დნობას და მათი ფართობის დანაკარგის ზრდას. შეიძლება ჩამოვთვალოთ სხვა ფაქტორებიც, როგორცაა ზედაპირული მორენული საფარის განლაგების ხასიათი და სისქე, მყინვარის ფარგლებში გაშიშვლებული ფერდობების არსებობა, მყინვარების ექსპოზიცია და სხვ. მაგრამ ჩამოთვლილ ფაქტორთა შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია მაინც მყინვარების ფართობების სიდიდე. არასოცირებული რიგის მიხედვით ასოცირებული რიგის დაჯგუფების კრიტერიუმებს წარმოადგენენ: მყინვარების ფართობების სიდიდეები (გრაფა 3) მეტი 265.3კმ<sup>2</sup>-ზე; ნაკლები 85.6კმ<sup>2</sup>-ზე; ინტერვალიდან 85.6-265.3კმ<sup>2</sup>. გრაფა 16-ში ნაჩვენებია ჯგუფების მიხედვით გამოთვლილი  $K_k$ . იგი ტოლია 1.29, 0.85 და 1.23 -კავკასიონის ქედის სამხრეთ მდინარეთა აუზების მყინვარებისათვის, და უდრის 1.10, 0.81 და 0.96 - კავკასიონის ქედის ჩრდილოეთის მდინარეების აუზების მყინვარებისათვის შესაბამისად. პირველად გამოთვლილი ფართობების ნამრავლი კორექციის კოეფიციენტებზე და მიღებული სიდიდეების ცდომილებები მოცემულია მე-17 და მე-19 გრაფაში. როგორც ვხედავთ, აღინიშნება გაცილებით უკეთესი შედეგი: გამოთვლების უზრუნველყოფა დასაშვები ცდომილებების (5, 10, 15 და 20%) ფარგლებში შეადგენს 58.3, 83.3, 100 და 100%-ს.

ამავე შედეგს ვღებულობთ რიგის დაჯგუფებისას გამყინვარების სიდიდეთა მიხედვით:

- პირველ ჯგუფში გაერთიანდა მყინვარები, რომელთა ჯამური ფართობი 1965 წლის მონაცემებით მეტია 121.6 კმ<sup>2</sup> (№3,5,7, და 10);
- მეორე ჯგუფში შესულია მყინვარები, რომელთა ფართობი ნაკლებია 62.9 კმ<sup>2</sup> (№1, 2, 4, 9, 11, 12);
- მესამე ჯგუფში წარმოდგენილია მყინვარები, რომელთა ფართობები მერყეობენ შუალედში 62.9-121.6 კმ<sup>2</sup>-ს (№ 6 და 8).

მათი კორექციის კოეფიციენტი შესაბამისად ტოლია 1.15, 0.96 და 0.91. კოეფიციენტის გათვალისწინებით გამოთვლილი უზრუნველყოფა 5, 10, 15 და 20%-იან გადახრების შემთხვევისათვის შესაბამისად შეადგენს 33.3, 50.0, 66.7 და 91.7%-ს.

თითქმის ასეთივე შედეგს ვღებულობთ კონკრეტული მყინვარებისათვის, რაც კარგად ჩანს ცხრ.2-ის 6-11 გრაფებიდან.



**ცხრილი 2. მდინარეების ენგურისა და თერგის ცალკეული მყინვარების ფართობების გამოთვლის შედეგები 1890, 1965 და 2002 წლების მონაცემების საფუძველზე**

| რიცხვი № | მყინვარი  | ფართობი |        |        | გამოთვლები                 |                  |      |                               |                   |      |
|----------|-----------|---------|--------|--------|----------------------------|------------------|------|-------------------------------|-------------------|------|
|          |           | 1890წ.  | 1965წ. | 2002წ. | $F' = 0.73 \cdot F_{1890}$ |                  |      | $F'' = K_k \cdot F' = 1.12F'$ |                   |      |
|          |           |         |        |        | კმ <sup>2</sup>            | Δკმ <sup>2</sup> | %    | კმ <sup>2</sup>               | Δ კმ <sup>2</sup> | %    |
| 1        | 2         | 3       | 4      | 5      | 6                          | 7                | 8    | 9                             | 10                | 11   |
| 1        | ტვიბერი   | 43.09   | 35.2   |        | 31.5                       | 3.7              | 10.6 | 35.3                          | 0.1               | 0.3  |
| 2        | ცანერი    | 39.68   | 31.0   |        | 29.0                       | 2.0              | 6.5  | 32.5                          | 1.5               | 4.8  |
| 3        | ლელზირი   | 38.49   | 36.0   |        | 28.2                       | 7.0              | 21.7 | 31.6                          | 3.4               | 9.4  |
| 4        | კვიში     | 21.85   | 14.0   |        | 16.0                       | 2.0              | 14.3 | 17.9                          | 3.9               | 27.9 |
| 5        | ხალდე     | 13.37   | 11.7   |        | 9.8                        | 1.9              | 16.2 | 11.0                          | 0.7               | 6.0  |
| 6        | ჯამი      | 156.28  | 127.9  |        | 114.5                      |                  | 69.2 | 128.3                         |                   | 48.4 |
| 7        | საშუალო   | 31.25   | 25.6   |        | 1.12                       |                  | 13.9 |                               |                   | 9.7  |
| 8        | ჭაჭი      |         | 2.8    | 2.3    | 2.0                        | 0.3              | 13.0 | 2.2                           | 0.1               | 4.3  |
| 9        | დედლორაკი |         | 7.0    | 5.0    | 5.1                        | 0.1              | 2.0  | 5.6                           | 0.6               | 12.0 |
| 10       | აბანო     |         | 2.0    | 1.5    | 1.5                        | 0                | 0.0  | 1.6                           | 0.1               | 6.7  |
| 11       | გერგეთი   |         | 8.3    | 7.2    | 6.1                        | 1.1              | 15.3 | 7.2                           | 0                 | 0    |
| 12       | ჯამი      |         | 20.1   | 16.0   | 14.7                       |                  | 30.3 | 16.6                          |                   | 23.0 |
| 13       | საშუალო   |         | 5.0    | 4.0    | 3.67                       |                  | 7.6  |                               |                   | 5.8  |

აღსანიშნავია შედეგი, რომელიც გამოვლინდა თანამედროვე მონაცემების (1965 და 2002წწ) გამოყენებით მყინვარების - ჭაჭის, დედლორაკის, აბანოსა და გერგეთის მაგალითზე დისპერსიის კორექციის კოეფიციენტის გარეშე (გრაფა 6-8) და მისი გათვალისწინებით (გრაფა 9-11): ცდომილებები შეადგენენ საშუალოდ 7.6 და 5.8%-ს.

დადებითი შედეგი გვიჩვენებს ასევე დამოუკიდებელი მასალების გამოყენებამ მყინვარ ჯანკუატის ფართობის შემცირების მაგალითზე ფერნაუს სტადიიდან ანუ დაწყებული 1850 წლიდან (ცხრ.3)

**ცხრილი 3. მყინვარ ჯანკუატის ფართობის დინამიკა 1850, 1910, 1930, 1963 და 1974 წლების მონაცემების მიხედვით [3] და გამოთვლის შედეგები**

| წლები  | 1850 | 1910 | 1930 | 1963 | 1974 | საშუალო |
|--|------|------|------|------|------|---------|
| მყინვარის ფართობი, (F <sub>წ</sub> ) კმ <sup>2</sup> | 6.1  | 4.6  | 4.4  | 3.7  | 3.7  |         |
| ფარდობა ფაქტობრივი - ფორმულა (7)                     | 1.0  | 0.75 | 0.72 | 0.61 | 0.61 |         |
| ფარდობა გამოთვლილი - ფორმულა (10) და (11)            | 1.0  | 0.80 | 0.74 | 0.63 | 0.59 |         |
| ცდომილება $\frac{f_{წ} - f_{ბ}}{f_{წ}} 100\%$        | 0.0  | 6.3  | 2.8  | 3.2  | 3.30 | 3.9     |

გამოთვლებიდან ჩანს, რომ ცდომილება არ აღემატება 6.3%-ს. საშუალოდ შეადგენს 3.9%-ს. რაც გვიჩვენებს, რომ შედეგები სრულიად მისაღებია პრაქტიკული და თეორიული კვლევის მიზნებისათვის.

ჯანკუატის მყინვარის მთლიანად გაქრობისათვის ვისარგებლებთ გამოსახულებით  $0=1-0.0033(T-T_1)$ , საიდანაც ვღებულობთ:  $T=(1+0.0033x1850)/0.0033=2153$  წელი, ეს შეფასება თანხმობაშია ადრე მიღებულ შედეგთან.

ცხრ.4-ში წარმოდგენილია ასევე დამოუკიდებელი მასალების გამოყენების შედეგები, რომლებსაც საფუძველად უდევს შვეიცარიის მყინვარების მონაცემები 2003/04 და 2004/05 წლების გლაციოლოგიური ანგარიშიდან [6]. ამ შემთხვევაში აღებული იქნა გრასგლეტჩერისა და სილვერგლეტჩერის ფართობები 5-წლიანი ინტერვალით 1965 წლიდან.

გამოთვლილი სიდიდეების ცდომილება არ აღემატება 9.9%-ს (მყინვარი გრასგლეტჩერი) და 4.7%-ს (მყინვარი სილვერგლეტჩერი). საშუალო ცდომილება შეადგენს 2.8 და 2.3%-ს შესაბამისად.

ფორმულები (5) და (6), როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, გვაძლევენ საშუალებას დავადგინოთ მყინვართა მთლიანი გადნობის პროგნოზი კლიმატის მიმდინარე დათბობის ინტენსივობის შენარჩუნების პირობებში. 1985 და 2005 წლებში მათი ფართობების ჯამის საფუძველზე (9.325 და 7.957 კმ<sup>2</sup>) შეიძლება შევავსოთ მყინვართა დნობის სიჩქარე, რაც შეადგენს 0.068 კმ<sup>2</sup> წელიწადში. XXI საუკუნის ბოლოსათვის მყინვართა ჯამური ფართობი გახდება ტოლი 1.5 კმ<sup>2</sup>

**ცხრილი 4. შვეიცარიის მყინვარების გრასგლეტჩერისა და სილვერგლეტჩერის ფართობების დინამიკა 1965-2005 წლებში და ფართობების გამოთვლის შედეგები**

| წელი    | ფართობი (F) კმ <sup>2</sup> |                 | გამოთვლის შედეგები                             |      |  |       |               |                 |
|---------|-----------------------------|-----------------|--|------|--|-------|---------------|-----------------|
|         | გრას-გლეტჩერი               | სილვერ-გლეტჩერი | K <sub>i</sub> =1-                             |      |  |       | ცდომილება. %  |                 |
|         |                             |                 | K <sub>i</sub> =F <sub>i</sub> /F <sub>1</sub> |      | 0.0033(T <sub>i</sub> - T <sub>1</sub> ) |       | გრას-გლეტჩერი | სილვერ-გლეტჩერი |
| 1965    | 6.515                       | 3.216           | 1.00   | 1.00 | 1.00                                     | 1.00  | 0.0           | 0.0             |
| 1970    | 6.415                       | 3.174           | 0.98   | 0.99 | 0.984                                    | 0.984 | 0.4           | 0.6             |
| 1975    | 6.372                       | 3.121           | 0.98   | 0.97 | 0.967                                    | 0.967 | 1.3           | 0.3             |
| 1980    | 6.261                       | 3.126           | 0.96   | 0.97 | 0.951                                    | 0.951 | 0.9           | 2.1             |
| 1985    | 6.194                       | 3.131           | 0.95   | 0.98 | 0.934                                    | 0.934 | 1.7           | 4.7             |
| 1990    | 5.891                       | 3.080           | 0.90   | 0.96 | 0.917                                    | 0.917 | 1.9           | 4.5             |
| 1995    | 5.781                       | 2.975           | 0.89   | 0.93 | 0.901                                    | 0.901 | 1.2           | 3.1             |
| 2000    | 5.315                       | 2.949           | 0.82   | 0.92 | 0.885                                    | 0.885 | 7.9           | 3.8             |
| 2005    | 5.133                       | 2.824           | 0.78   | 0.88 | 0.868                                    | 0.868 | 9.9           | 1.4             |
| საშუალო |                             |                 |  |      |  |       | 2.8           | 2.3             |

შვეიცარიის მყინვარული საფარი მთლიანად გადნება  $T = \frac{1.5+0.068 \cdot 2100}{0.068} = 2122$  წლისათვის.

ანალოგიური შედეგები მიიღება სოფისკის მყინვარებისათვის (ალტაი) [4], რომელთა ფართობი 1850, 1898, 1939, 1951, 1963, 1989 და 2000 წლების მონაცემებით შეადგენს შესაბამისად 18.75, 18.08, 17.33, 17.19, 17.03, 16.85 და 16.81 კმ<sup>2</sup>-ს. როგორც ვხედავთ ამ მონაცემებით მყინვარი სოფისკი კარგავს საშუალოდ 0.015კმ<sup>2</sup> წელიწადში ±0.7%-ის ცდომილებით და არსებული ტრენდის თანახმად ალტაი აღნიშნული მყინვარებისაგან განთავისუფლდება გაცილებით გვიან ვიდრე კავკასია, რადგან იგი უფრო ცივ ზონაშია. მართლაც დღეისათვის არსებული დნობის სიჩქარის შენარჩუნების პირობებში, სოფისკის მყინვარის გაქრობის პირობიდან  $0 = 16.81 - 0.015(T - 2000)$ , ვღებულობთ  $T \approx 3120$  წელს.

ამრიგად, მყინვართა დეგრადაცია კავკასიონის ქედზე გრძელდება და მოსალოდნელია მისი განთავისუფლება მყინვარული საფარისაგან 2150-2160 წლებში. ამის გამო საქართველოს დააკლდება წყლის რესურსების მეორე დიდი კომპონენტი - მყინვარული წარმოშობის მაღალი ხარისხის მტკნარი წყალი და გაქრება მდინარეების საზრდოობის ერთ-ერთი ძირითადი წყარო. სასმელი წყლის დეფიციტის მოსალოდნელი საშიშროების თავიდან აცილების მიზნით განიხილება ჩამონადენის ენულთერმული რეგულირების შესაძლებლობა. ასეთი მეთოდი ჯერ კიდევ დამუშავების პროცესშია. საწყისი შედეგები ბაქოელი მეცნიერის მ.მუსაევას მონაცემებით დადებითია. მყინვარ კუსარჩაის მაგალითზე დამატებით შესაძლებელია მიღებულ იქნას 4.5-5.0 მლრდ ლიტრი წყალი, რაც 450-500-ჯერ მეტია დღევანდელ რესურსზე.

**ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Кавказ. Ледниковые районы. Под редакцией С.В. Колесника. Труды ледниковых экспедиций. Вып.1, Изд. отдел ЦУЕ ГМС. Л., 1936.
2. Каталог ледников СССР. Том 8, части 1 – 12, том 9, части 1 – 7, под редакцией О.Н. Виноградова. Гидрометеиздат, Л., 1967-1975.
3. Ледник «Джанкуат» (Центральный Кавказ). Под редакцией И.Я. Боярского. Гидрометеиздат, Л., 1978.

4. Нарожный Ю.К., Никитин С.Л. и др. Ледник Софийский (Алтай). Динамика, гляциологический режим и распределение запасов льда. МГИ, вып.93, 2002.
5. Подозерский К.И. Ледники Кавказского хребта. Зап. КОРГО. Том 29, вып. 1, 1911.
6. The Swiss glaciers 2003/2004 and 2004/2005. Edited by Andreas Bauder and Roger Ruegg. Zurich. 2009.

შპკ 551.324/551.583

**ბაზილიკის საზღვრებში ღონისძიება კავკასიაში და მდინარეთა ბაზილიკის კლიმატური პრობლემა გლობალური დატბობის ფონზე/**ვ.ცომაია, ნ.ბეგალიშვილი, თ.ცინცაძე, კლაშაური, ნ.ბეგალიშვილი, ნ.ცინცაძე/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული -2013. -ტ.119. -გვ.197-203-ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

გამოკვლევულია კავკასიონის ქედის გამყინვარების დინამიკა დაკვირვებათა 1850-1890, 1910-1930, 1960-1965, 1970-1995 და 2002-2005 წლების პერიოდების მონაცემთა მიხედვით. უმეტეს შემთხვევებში დაფიქსირებულია მყინვართა ფართობის შემცირების წრფივი ტრენდები. შეფასებულია მყინვართა დეგრადაციის სიჩქარეები. მიღებულია კლიმატური პროგნოზი, რომლის თანახმად მიმდინარე გლობალური დატბობის ინტენსივობის შენარჩუნების პირობებში მოსალოდნელია კავკასიონის ქედის განთავისუფლება მყინვარული საფარისგან 2150-2160 წლებში.

UDC 551.324/551.583

**DYNAMICS OF FREEZING OF CAUCASUS RANGE ON THE BACKGROUND OF THE EXPECTED CLIMATIC CHANGE AND FORECAST ABOUT ITS DISENGAGEMENT OFF THE GLACIER'S COVER./**V.Tsomaia, N.A.Begalishvili, T.Tsintsadze, K.Lashuri N.N.Begalishvili, N.Tsintsadze /Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.197-203 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.

The dynamics of glaciers of the Caucasus Range based upon the observational data 1850-1890, 1910-1933, 1960-1965, 1970-1995 and 2002-2005 is studied. In most cases, the linear trend of decreasing the area of glaciers is revealed. The rate of degradation of glaciers is assessed. According to climate forecast in case of maintaining the intensity and the current global warming the Caucasus Range would be completely free of ice to the 2150-2160.

УДК 551.324/551.583

**ВЕКОВАЯ ДИНАМИКА ОЛЕДЕНЕНИЯ НА КАВКАЗЕ И КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ЛЕДНИКОВ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ./**В.Ш.Цомаия, Н.А.Бегалишвили, Т.Н.Цинцадзе, К.Лашаური, Н.Н.Бегалишвили, Н.Т.Цинцадзе /Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Технического Университета Грузии. -2013. -Т.119. -с. 197-203 -Груз.; Рез. Груз., Анг., Рус.

Проведено исследование динамики оледенения Кавказского хребта по данным наблюдений 1850-1890, 1910-1933, 1960-1965, 1970-1995 и 2002-2005 годов. В большинстве случаев зафиксирован линейный тренд уменьшения площади ледников. Выполнена оценка скорости деградации ледников. Составлен климатический прогноз, согласно которому в условиях сохранения интенсивности современного глобального потепления Кавказский хребет будет полностью освобожден от ледникового покрова в 2150-2160 годах.

უაკ 551.50.501.7

## კლიმატის თანამედროვე ცვლილებების ფონზე კავკასიონის ცალკეული მყინვარების არეალის შესწავლა თანამგზავრული მონაცემების საფუძველზე

ლ.შენგელია\*, გ.თვაური\*\*, რ.ჭელიძე\*\*\*, ბ.წიგნაძე\*\*\*,  
ლ.მელაძე\*\*\*, ნ.ხვედელიძე\*\*\*, ნ.მაწკეპლაძე\*\*\*, გ.ბერაძე\*\*\*

\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი.

\*\* ივ. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტი.

\*\*\* ვლადიმერ კომაროვის თბილისის ფიზიკა-მათემატიკის № 199 საჯარო სკოლა.

*(სტატია შესრულებულია სსიპ შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდის სახელმწიფო სამეცნიერო საგრანტო კონკურსის „კვლევები მოსწავლეთა მონაწილეობით“ SC/3/9-101/12 პროექტის ფარგლებში)*

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების რეფორმის სახელმწიფო კომისიის (ხელმძღვანელი გია დვალი) მიერ შემუშავებული კონცეფციის უმნიშვნელოვანესი გზავნილია სასიცოცხლოდ აუცილებელი კავშირი მეცნიერებასა და სკოლას შორის. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის სახელმწიფო სამეცნიერო საგრანტო კონკურსი „კვლევები მოსწავლეთა მონაწილეობით“ სწორედ ამ მიზანს ემსახურება.

ამ კონკურსში გამარჯვებულ პროექტში SC/3/9-101/12 „კლიმატის თანამედროვე ცვლილებების ფონზე კავკასიონის ცალკეული მყინვარების არეალის შესწავლა თანამგზავრული მონაცემების საფუძველზე“ (სამეცნიერო ხელმძღვანელი ფიზიკა-მათემატიკის დოქტორი ლარისა შენგელია, თანახელმძღვანელი ფიზიკის მასწავლებელი რამინ ჭელიძე) ვლადიმერ კომაროვის თბილისის ფიზიკა-მათემატიკის № 199 საჯარო სკოლის მე-10 კლასის ხუთი მოსწავლე მონაწილეობდა. პროექტის ხანგრძლივობა 3 თვე.

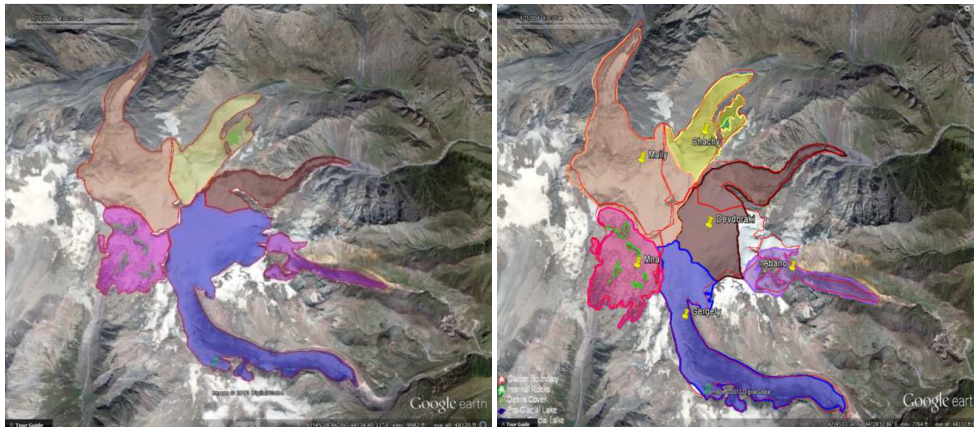
წინამდებარე პროექტის მიზანი იყო თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენებით კავკასიონის ცალკეული მყინვარების არეალისა და კონტურების განსაზღვრა და ვიზუალიზაცია.

პროექტში დასმული ამოცანის გადასაჭრელად გამოვიყენეთ თანამგზავრ TERRA-ს სენსორ ASTER-ის DEM (Digital Elevation Model) რელიეფის ციფრული მოდელი და მყინვარების მონიტორინგის საერთაშორისო პროექტის GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space)-ის მსოფლიოს მყინვარების მონაცემთა ბაზა, რომელიც ინტერნეტით არის ხელმისაწვდომი [1, 2].

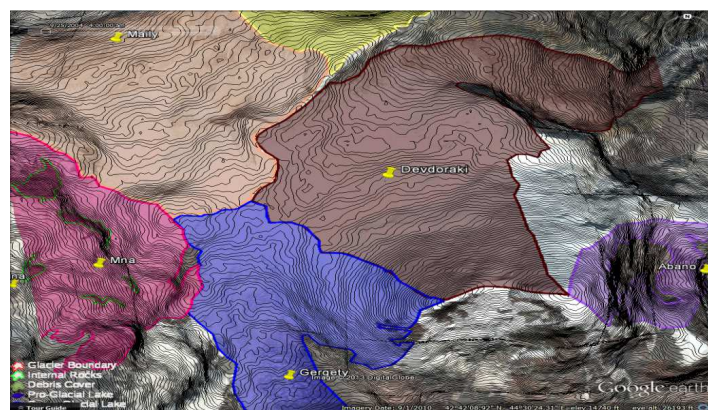
მუშაობის პროცესში მოსწავლე-მკვლევარებმა გამოიყენეს პროგრამები: Google Earth, VISAT BEAM 4.1 [3], გის-პროგრამა GRASS, ხოლო მონაცემთა ანალიზისთვის და გამოთვლებისათვის Microsoft Excel.

GLIMS-ის მონაცემთა ბაზიდან მოვიპოვეთ მყინვარების კონტურების მონაცემები, რომლებიც 2004 წლის 25 სექტემბრითაა დათარიღებული და შედგენილია 15 მ სივრცითი გარჩევითობის სენსორ ASTER-ის თანამგზავრული სურათის საფუძველზე. მყინვარწვერის მყინვარების კონტურები დავაზუსტეთ Google Earth-ის საშუალებით 2010 წლის 1 სექტემბრით დათარიღებული თანამგზავრული სურათის საფუძველზე, რომლის სივრცითი გარჩევადობა 0.6-1 მ-ს შეადგენს. Google Earth-ის თანამგზავრულ სურათს დავაფინეთ თავდაპირველი კონტური. მყინვარწვერის მყინვარების თავდაპირველი და დაზუსტებული სახე წარმოდგენილია სურ.1-ზე. თვალსაჩინოებისათვის მყინვარების არეალები გაფერადებულია.

კონტურების დაზუსტების აუცილებლობა გამოწვეულია არა მარტო მყინვარის ცვლილებით, არამედ იმიტაც, რომ კონტური ვაგებულება ზედხედით. კონტურის დასაზუსტებლად ჩვენ გამოვიყენეთ 3D გამოსახულება. მყინვარწვერის მყინვარების აკუმულაციის ზონა მთლიანად მიკუთვნებული აქვს გერგეთის მყინვარს, მაშინ როცა, ამ ზონიდან გამოდის სულ მცირე ოთხი სხვა მყინვარი. მყინვარების კონტურების დაზუსტების პროცესში გამოვიყენეთ ASTER DEM-ის საფუძველზე გის-პროგრამა GRASS-ის საშუალებით გამოთვლილი სიმაღლის გრაფიკული მოდელები და იზოხაზები, რომელიც დავაფინეთ რუკას (10 მ და 30 მ ბიჯით) და 3D გამოსახულების საშუალებით დავადგინეთ წყალგამყოფები. წყალგამყოფების საშუალებით დავაზუსტეთ მყინვარების კონტურები (სურ.2).



სურ.1. მყინვარწვერის მყინვარების თავდაპირველი და დაზუსტებული სახე



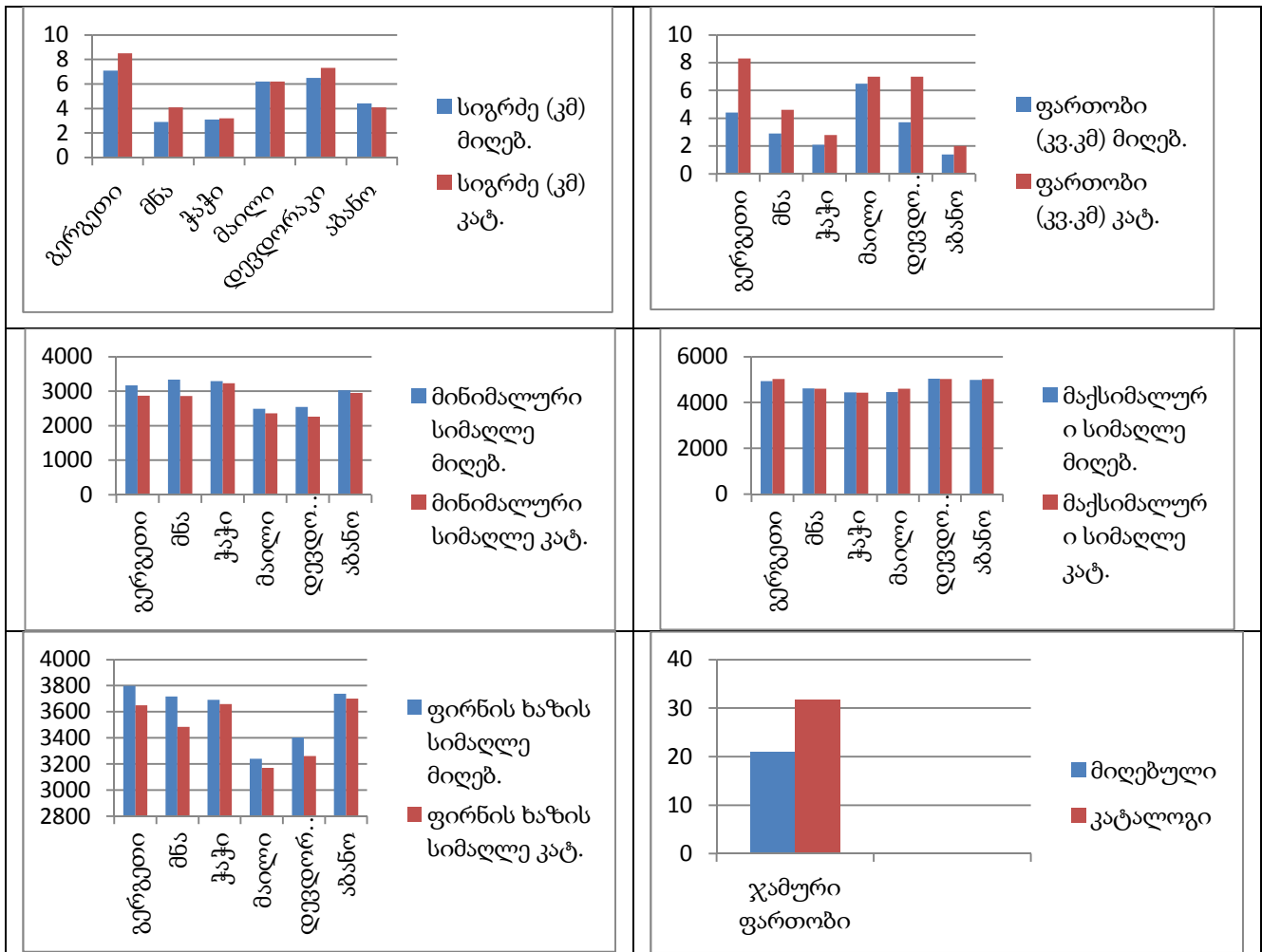
სურ.2. მყინვარწვერის მყინვარების წყალგამყოფების დასადგენად გამოყენებული ASTER DEM-ის სიმაღლის მიხედვით განაწილების იზოხაზები (ბიჯი 10მ.)

მყინვარწვერის კონტურების დაზუსტების შემდეგ VISAT BEAM პროგრამის გამოყენებით გამოვითვალეთ მყინვარების მახასიათებლები. ცალკეული მყინვარის სიმაღლის მიხედვით განაწილების ჰისტოგრამა და ჰიპსომეტრიული მრუდი. მყინვარების კატალოგში ფირნის ხაზის სიმაღლე გამოთვლილია გეფერის მეთოდით. ფირნის ხაზის სიმაღლის დასადგენად ვისარგებლეთ ამავე მეთოდით, სადაც მყინვარების კატალოგის და ჩვენს მიერ მიღებული მონაცემები გამოვიყენეთ.

თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენებით მიღებულ მყინვარწვერის მყინვარების მახასიათებლებს და იგივე პარამეტრებს მყინვარების კატალოგის ძირითადი ცხრილიდან [4] წარმოვიდგინეთ ცხრილ 1-ის სახით. ცხრილში თვალნათლივ ჩანს მყინვარების მახასიათებლების მნიშვნელობებს შორის სხვაობა დაახლოებით 50-წლიანი პერიოდის განმავლობაში.

ცხრილი 1. მყინვარწვერის მყინვარების მახასიათებლები

| მახას. მყინვ. სახ. | სიგრძე (კმ) |      | ფართ. (კვ.კმ) |      | მინ. სიმაღ. (მ) |      | მაქს. სიმაღ. (მ) |      | ფირნის ხაზი(მ) |      |
|--------------------|-------------|------|---------------|------|-----------------|------|------------------|------|----------------|------|
|                    | მილებ.      | კატ. | მილებ.        | კატ. | მილებ.          | კატ. | მილებ.           | კატ. | მილებ.         | კატ. |
| გერგეთი            | 7.1         | 8.5  | 4.4           | 8.3  | 3168            | 2870 | 4934             | 5030 | 3799           | 3650 |
| მნა                | 2.9         | 4.1  | 2.9           | 4.6  | 3335            | 2860 | 4614             | 4600 | 3717           | 3484 |
| ჭაჭი               | 3.1         | 3.2  | 2.1           | 2.8  | 3292            | 3230 | 4444             | 4430 | 3691           | 3660 |
| მაილი              | 6.2         | 6.2  | 6.5           | 7    | 2490            | 2360 | 4452             | 4600 | 3240           | 3170 |
| დევდორაკი          | 6.5         | 7.3  | 3.7           | 7    | 2543            | 2260 | 5039             | 5030 | 3402           | 3260 |
| აბანო              | 4.4         | 4.1  | 1.4           | 2.0  | 3027            | 2950 | 4980             | 5030 | 3739           | 3700 |



სურ.3. მყინვარწყვერის მყინვარების მახასიათებლების ჰისტოგრამები (ღურჯი – თანამგზავრული მონაცემების, წითელი – კატალოგის მონაცემების მიხედვით)

მნიშვნელოვანია, რომ ყველა შესწავლილი მყინვარის ფართობი შემცირებულია. ასევე შემცირებულა ჯამური ფართობი, რომელიც ჩვენი მონაცემებით 21 კვ.კმ-ია, ხოლო მყინვარების კატალოგის მონაცემებით – 31.7 კვ.კმ. სურ.3-ზე წარმოგიდგენთ მყინვარწყვერის მყინვარების მახასიათებლების ჰისტოგრამებს.

ამგვარად, თანამგზავრული და მყინვარების კატალოგის მონაცემების შედარების საფუძველზე ჩვენს მიერ ფიქსირდება, რომ დაახლოებით 50 წლის განმავლობაში:

- მყინვარწყვერის მყინვარების მინიმალური სიმაღლე და ფირნის ხაზის სიმაღლე იზრდება;
- მყინვარწყვერის მყინვარის სიგრძე და ფართობი, მათ შორის ჯამური – მცირდება;
- მყინვარწყვერის მყინვარების მაქსიმალური სიმაღლე გაზომვის ცდომილების ფარგლებში არ იცვლება, რაც ბუნებრივია.

გრანტის ფარგლებში ჩატარებული კვლევის საფუძველზე მიღებული პირველი და მეორე შედეგი კლიმატის ცვლილებას უნდა უკავშირდებოდეს.

მოსწავლე-მკვლევარების მიერ თანამგზავრული მონაცემების დამუშავების შედეგად დადგენილი მყინვართა მახასიათებლები და მათი მიღების მეთოდოლოგია მომავალში გამოყენებული იქნება ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მყინვარების კვლევისა და კლიმატის მოსალოდნელ ცვლილებასთან დაკავშირებულ სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოებში [5].

## ლიტერატურა – REFERENCES –ЛИТЕРАТУРА

1. GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space, <http://www.glims.org/>
2. Remote Sensing of Glaciers/ Petri Pellikka, Gareth Rees W.. Taylor & Francis Group/London, UK. –2010. –Eng.
3. BEAM, Earth Observation Toolbox and Development Platform, <http://www.brockmann-consult.de/cms/web/beam>.
4. Каталог Ледников СССР/ В.Ш. Цома, О.А. Дробышев/ Гидрометеиздат, Ленинград. –1977. –Т. 8, Северный Кавказ, – с. 21-35. – Рус.
5. კავკასიონის მყინვარებზე კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ზემოქმედების შესაფასებლად დისტანციური დაკვირვების ტექნოლოგიების გამოყენების შესაძლებლობები/ ლ. შენგელია, გ. კორძაძე, გ. თვაური, თ. დავითაშვილი, ნ. ბეგალიშვილი/ თბილისი: ჟურნალი „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ –2012. –№4-6. –გვ.24-28. – ქართ.; რეზ. ინგლ., რუს.

უკ 551.50.501.7

**კლიმატის თანამედროვე ცვლილებების ფონზე კავკასიონის ცალკეული მყინვარების არეალის შესწავლა თანამდგრადი მონაცემების საფუძველზე/ ლ. შენგელია, გ. თვაური, რ. ჭელიძე, ბ. წიგნაძე, ლ. მელაძე, ნ. ხვედელიძე, ნ. მაცეკლაძე, გ. ბერაძე/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.204-207-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

წინამდებარე პროექტის მიზანი იყო თანამდგრადი ინფორმაციის გამოყენებით კავკასიონის ცალკეული მყინვარების არეალისა და კონტურების განსაზღვრა, და ვიზუალიზაცია.

პროექტში დასმული ამოცანის გადასაჭრელად გამოიყენეთ თანამდგრადი TERRA-ს სენსორ ASTER-ის რელიეფის ციფრული მოდელი და მყინვარების მონიტორინგის საერთაშორისო პროექტის GLIMS-ის მსოფლიო მყინვარების მონაცემთა ბაზა. მყინვარწვერის მასივის მყინვარების კონტურების დაზუსტება განვახორციელეთ რელიეფის ციფრული მოდელის და მაღალი სივრცითი გარჩევადობის (0.6-1 მ) თანამდგრადი სურათების საფუძველზე.

მყინვარების კონტურების დაზუსტების შემდეგ განსაზღვრეთ მყინვარების მახასიათებლები და შევადარეთ იგივე პარამეტრებს მყინვარების მსოფლიო კატალოგის ძირითადი ცხრილიდან. მყინვარების მახასიათებლების მნიშვნელობებს შორის სხვაობა კლიმატის ცვლილებას უნდა უკავშირდებოდეს.

UDC 551.50.501.7

**STUDY OF THE AREA OF SEPARATE GLACIERS OF THE CAUCASUS USING SATELLITE DATA ON THE BACKGROUND OF CONTEMPORARY CLIMATE CHANGE/L.Shengelia, G.Tvauri, R.Chelidze, B.Cignadze, L.Meladze, N. Khvedelidze, N. Matskepladze, G. Beradze/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp. 204-207 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ**

The purpose of the project was the investigation of properties of individual glacier basins of the Caucasus Mountains using the TERRA Aster DEM and GLIMS database data. The adjustment of Kazbek massive glacier outlines was carried out on the basis of Aster DEM and high spatial resolution (0.6-1 m) satellite remote sensing images.

The glacier characteristics were determined and compared with world glacier inventory data after outline adjustments. It is supposed that the observed difference of glacier characteristics is related with climate change.

УДК 551.50.501.7

**ИЗУЧЕНИЕ АРЕАЛА ОТДЕЛЬНЫХ ЛЕДНИКОВ БОЛЬШОГО КАВКАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ НА ФОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО КЛИМАТА/Л.Д. Шенгелия, Г.А.Тваური, Р.А.Челидзе, Б. Цигнадзе, Л.Меладзе, Н.Хведелидзе, Н.Мацкепладзе, Г.Берадзе/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.204-207 -Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.**

Целью настоящей работы являлось исследование отдельных ледников Большого Кавказского хребта с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

Для решения поставленных в рамках проекта задач были использованы цифровая модель рельефа сенсора TERRA Астер и данные из базы данных международного проекта мониторинга ледников GLIMS. Уточнение контуров отдельных ледников массива проводилось на основании цифровой модели рельефа и спутниковых снимков высокого (0.6-1 м) разрешения.

После уточнения контуров ледников были определены различные характеристики ледников и проводили сравнение с данными основного каталога. Предполагается, что наблюдаемые различия отдельных параметров ледников связаны с изменением климата.

УДК:551.517.31.6

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНОГО КАСПИЯ

З.С. Аллахвердиев, С.А.Рзаева

Гидрометеорологический Научно-Исследовательский Институт при Министерстве Экологии и Природных Ресурсов Азербайджанской Республики

Если принимать во внимание разнообразность теплообмена воды на каждом районе Каспийского моря, то в период климатических изменений (1990-2009 г.г.) создана необходимость переоценки распределения температуры поверхности воды. В статье рассмотрен вопрос, отвечающий на часть создаваемой необходимости. В исследованиях были использованы многолетние (1961-2010 г.г.) данные гидрометеорологических наблюдательных пунктов Ленкоран, Колтук, Сенги-Мугань, Песчаный остров, Хара-Зира, Баку и Чилов, которые действуют на западном побережье Южного Каспия.

Сперва были подсчитаны температурные нормы (1961-1990 гг.) характеризующие поверхность воды морских районов, где расположены указанные наблюдательные пункты.

Во втором этапе были проведены сравнительные со соответствующими нормами анализы рассчитанных среднемесячных, сезонных и годовых температур, характеризующих периоды, в которых продолжается изменение климата (1991-2010 г.г.) для каждого названного морского района.

По проведенным исследованиям можно сделать вывод о том, что в период климатических изменений (1991-2009 г.г.) на западном берегу Южного Каспия средние многолетние температуры поверхности воды на морском районе Чилов была равной норме, на морских районах Баку, Сенги-Мугань, Колтук и Ленкорань ниже и только на морских районах Песчаный остров и Хара-Зире выше нормы.

На Каспийском море температурное пространство формируется в основном в результате теплового обмена между атмосферой и водой. И здесь основной роль играют части с глубиной до 25м. И в этих частях годовая температура воды наблюдается до 24-25°C. А на глубоких частях моря главную роль играет процесс тепловой адвекции воды. В этих пространствах процессы отепления и охлаждения воды идут относительно слабо и температурные изменения незначительны. В формировании температурной условия моря географическая широта также имеет значительное воздействие. Наибольшая разница годовой температуры наблюдается на севере Каспийского моря и к югу эта разница уменьшается.

В теплые времена года на поверхности воды образуется термоклин. В результате смешивания ветра тепло с верхней слои переносится на глубину. На глубине сезонные изменения температуры определяются с процессом развития конвективного вмешательства. В результате испарения водный слой с относительно высшей плотностью спускается и таким образом, происходит зимняя вертикальная циркуляция. Представляемый этот фактор является сезонной особенностью температурного пространства. Таким образом, в результате климатических разниц, образуемых зимой между северной и южной частями Каспийского моря, формируется неоднородное пространство. При этом вертикальная термическая разница является минимальной. Наоборот, летом квазиоднородное климатическое условие и горизонтальная термическая разница уменьшается. Но входящий из атмосферы интенсивный тепловой поток на верхнем слое до 30 м формирует вертикальную неоднородную температуру, здесь образуется термоклин. В результате воздействия ветра и других факторов вертикальная деформация термоклина на верхнем слое по горизонтали формирует неоднородную температуру. На Каспийском море изменение температуры в основном составляет до 200 м. Но при суровой зиме конвекция переходит на наиглубокие слои. А на южной части моря сезонное изменение температуры может достичь глубины до 100 м [2].

Сезонные изменения температуры по 1940-1972 г.г., наблюдения проводимые по 30' квадратам широко анализированы Воропаевым Г.В., Байдином С.С., Бельяевой В.Н. и др. [2]. Здесь представлены интервалы изменения температуры и средние температуры.

На Каспийском море многолетнее изменение температуры воды связано с многолетними колебаниями уровня. Анализы показывают, что в 1930-1940 г.г. интенсивное снижение уровня очень мало воздействовало на среднегодовую температуру воды. Так, многолетняя норма изменилась в пределах 0.1-0.3°C. Но также отметим, что в отдельные месяцы изменение температуры был значительным [2].



В общем, многолетние температурные колебания воды связаны с изменчивостью внутривековых климатических процессов и в настоящее время идёт тепловая тенденция. Суровая зима на Среднем Каспии, также как и на Южном, значительно воздействует на вертикальное распределение температуры воды.

Межгодовая изменчивость температуры воды наиболее ярко выражается в апреле. Этот процесс охватывает глубину до 100 м и с углублением медленно утишается. На глубине 600 м межгодовая изменчивость температуры почти не происходит. Низкие температуры наблюдаются перед суровой зимой (1964/65, 1968/69). Высокие температуры наблюдаются после умеренной зимы (1961/62, 1965/66) и близкие к умеренной зиме годы (1962/63) [2].

Анализы показывают, что межгодовая изменчивость температуры интенсивно уменьшается не только на глубоких слоях Среднего и Южного Каспия, но и на других частях моря. Температура воды колеблется на всех горизонтах. На поверхности воды Среднего Каспия это равно на  $3,5^{\circ}$ , а на Южном  $3^{\circ}$ С. Наибольшая изменчивость температуры происходит на Среднем Каспии в глубине 200 м, а на Южном в глубине 100 м. Экстремально суровые зимы могут полностью охватить среднюю часть Каспия [2].

Если принимать во внимание разнообразность теплообмена воды на каждом районе моря, то в период климатических изменений (1990-2009 г.г.) создана необходимость переоценки распределения температуры поверхности воды на Каспийском море. В статье также рассмотрен вопрос, отвечающий на часть создаваемой необходимости. То есть, режим температуры поверхности воды на западном берегу Южного Каспия отдельно исследовано по гидрометеорологическим пунктам, непрерывно действующим вдоль берега.

На Ленкораньской части Каспийского моря годовая норма температуры поверхности воды (1960-1990 г.г.) составила  $16,2^{\circ}$ С, а температурная норма по месяцам изменилась в интервале  $6,4^{\circ}$  (февраль) –  $26,8^{\circ}$ С (август). А норма по сезонам составила  $7,4^{\circ}$  – зимой,  $13,3^{\circ}$  – весной,  $25,7^{\circ}$  – летом и  $18,6^{\circ}$ С – осенью. В эти годы среднегодовой максимум температуры ( $17,9^{\circ}$ ) наблюден в 1966 г., а минимум температуры ( $14,6^{\circ}$ ) в 1969 г.

Среднемесячная температура поверхности воды за 1991-2009 г.г. изменилась в интервале  $6,3-27,1^{\circ}$ С и средняя многолетняя температура стала равной на  $15,9^{\circ}$ С. В этот период среднегодовая максимальная температура ( $18,1^{\circ}$ ) отмечена в 2005 г., а минимальная температура ( $14,8^{\circ}$ ) в 1969 г. Средние температуры по сезонам составили  $10,0^{\circ}$  – зимой,  $12,7^{\circ}$  – весной,  $25,4^{\circ}$  – летом и  $18,4^{\circ}$ С осенью. Температуры относительно соответствующим нормам снизились осенью, весной и летом, а зимой повысились. В общем, в период глобальных климатических изменений на Ленкоранском берегу средняя многолетняя температура поверхности воды была ниже нормы, характерной для территории, на  $0,3^{\circ}$ С [1].

На территории средняя многолетняя температура составила  $16,1^{\circ}$ С, средняя годовая максимальная температура  $18,1^{\circ}$ С, а минимальная температура  $14,6^{\circ}$ С по 1961-2009 г.г. В 1961-1990 г.г. в среднегодовых температурах наблюдается тенденция снижения, а в 1991-2009 г.г. повышения. В общем, в этот период (1961-2009 г.г.) на среднегодовых температурах продолжала тенденция снижения.

Станция Колтук расположена на юге дельты Кура. На этой территории гидрологическая структура речного стока подвергается значительным изменениям из-за смешивания его с морской водой. Не принимая во внимание воздействия тех или иных факторов подсчитаны температурные нормы поверхности воды (1961-1990 г.г.) на территории. Выявлены, что месячные температурные нормы меняются в интервале  $5,9^{\circ}$  (январь) и  $27,1^{\circ}$ С (июль) и годовая температурная норма равна на  $16,3^{\circ}$ С. В течении этого периода среднегодовая максимальная температура ( $17,5^{\circ}$ ) наблюден в 1966 г., а минимальная ( $14,1^{\circ}$ ) в 1969 г. Температурные нормы по сезонам составили:  $7,1^{\circ}$  – зимой  $14,0^{\circ}$  – весной,  $26,0^{\circ}$  – летом и  $18,0^{\circ}$ С – осенью.

На этом морском районе средняя многолетняя (1991-2009 г.г.) температура поверхности воды составила  $16^{\circ}$ С, а среднемесячные температуры менялись в интервале  $7,5^{\circ}$  (январь) и  $25,8^{\circ}$  (август). В этот период среднегодовая максимальная температура ( $17,4^{\circ}$ ) наблюдалась в 1999 г., а минимальная ( $13,5^{\circ}$ ) в 2008 г. По сезонам средние температуры составили: зимой  $8,1^{\circ}$ , весной  $14,7^{\circ}$ , летом  $24,5^{\circ}$  и осенью  $16,5^{\circ}$ С. В период глобальных климатических изменений зимой и весной средние температуры были выше соответствующих норм, а летом и осенью ниже. В общем, на среднегодовых температурах наблюдаются тенденции снижения в 1961-1978 г.г., повышения в 1979-1991 г.г., и снижения в 1992-2009 г.г.

На Сенги-Муганском морском районе Каспия среднемесячная температурная норма поверхности воды изменилась в интервале  $5,9^{\circ}$  (февраль) и  $25,9^{\circ}$ С (август) и годовая температурная норма составила  $16,5^{\circ}$ С. В этот период средняя годовая максимальная температура ( $17,7^{\circ}$ ) наблюдалась в 1966 г., а минимальная ( $15,5^{\circ}$ ) в 1987 г. Температурные нормы по сезонам составили зимой  $7,4^{\circ}$ , весной  $12,1^{\circ}$ , летом  $24,5^{\circ}$  и  $18,7^{\circ}$ С осенью.

В 1993-2003 г.г. этот пункт приостановил свое функционирование и только с 2004 г. начал действовать. Следовательно, среди годов происхождения климатических изменений проанализированы данные наблюдений только за 2004-2009 г.г. В этот период среднемесячные температуры изменились в интервале  $5,6^{\circ}$  (февраль) и  $28,6^{\circ}$ С (август) и средняя многолетняя температура составила  $16,4^{\circ}$ С, что ниже нормы на  $0,1^{\circ}$ С. В

осенние (14.4<sup>0</sup>) и зимние (6.9<sup>0</sup>) сезоны средняя температура была ниже, а весной (17.7<sup>0</sup>) и летом (26.7<sup>0</sup>) этого периода выше нормы. На Сенги-Муганском морском районе с 1961 г. по 1991 г. на среднегодовых, либо же максимальных и минимальных температурах наблюдается тенденция снижения.

На морском районе Каспии Гум адасы (Песчаный остров) температурные нормы поверхности воды по месяцам менялись в интервале 4.8<sup>0</sup> (февраль) и 25.3<sup>0</sup>С (август) и годовая норма составила 14.9<sup>0</sup>С. В 1961-1990 г.г. средняя годовая максимальная температура (16<sup>0</sup>) наблюдалась в 1981 г., а минимальная (13.4<sup>0</sup>) в 1973 г. По сезонам температурная норма поверхности воды составила 6.3<sup>0</sup> зимой, 11.3<sup>0</sup> весной, 23.9<sup>0</sup> летом и 18.2<sup>0</sup> С осенью.

В 1991-2009 г.г. средняя многолетняя температура поверхности воды составила 15.6<sup>0</sup>С, что выше нормы на 0.7<sup>0</sup>С. В этот период средняя годовая максимальная (16.9<sup>0</sup>С) температура наблюдалась в 2005 г., а минимальная (14.2<sup>0</sup>С) в 1993 г. А распределение температуры по сезонам составило 7.1<sup>0</sup> зимой, 12.0<sup>0</sup> весной, 24.5<sup>0</sup> летом и 19<sup>0</sup>С осенью. А это показывает, что во всех сезонах этого периода температура поверхности воды была выше соответствующей нормы. Такое повышение температуры поверхности воды, можно связывать с повышенной температурой того периода [1].

На морском районе Гум адасы (Песчаный остров) средняя многолетняя (1961-2009) температура поверхности воды составила 15.2<sup>0</sup>С. Несмотря на то, что за эти годы наблюдаются повышения среднегодовых температур, это ярко выражается после 1995 г..

На морском районе Каспии Хара-Зире (1980-1990г.г.) среднемесячные температурные нормы изменились в интервале 5.2<sup>0</sup>С (февраль) и 25.5<sup>0</sup>С (август) и годовая норма составила 15.4<sup>0</sup>С. В этот период средняя годовая максимальная температура (16.3<sup>0</sup>) наблюдалась в 1981г., а средняя годовая минимальная температура (14.6<sup>0</sup>) в 1987г. Температурные нормы поверхности воды по сезонам составили 6.6<sup>0</sup> зимой, 11.8<sup>0</sup> весной, 24.5<sup>0</sup> летом и 18.1<sup>0</sup> осенью (Табл.1).

В этой части моря средняя многолетняя (1991-2009г.г.) температура (15.8<sup>0</sup>С) стала выше нормы на 0.5<sup>0</sup>С. Это можно связывать с высокой температурой воздуха за последнее десятилетие. В этот период среднегодовая максимальная температура составила 16.5<sup>0</sup>С, а минимальная 14.3<sup>0</sup>С. В этой части моря также начиная с 1980 г. наблюдаются среднегодовые повышения температур [1].

На территории пункта Баку температурные нормы поверхности воды (1961-1990г.г.) по месяцам изменились в интервале 6.0<sup>0</sup>С (февраль) и 26.4<sup>0</sup>С (июль) и годовая температурная норма стала равной на 16.1<sup>0</sup>С. На этом кануне среднегодовая максимальная температура (17.7<sup>0</sup>) наблюдалась в 1966 г., а минимальная (14.8<sup>0</sup>) в 1969 г. Температурные нормы поверхности воды по сезонам составили: 7.1<sup>0</sup> зимой, 13.6<sup>0</sup> весной, 25.3<sup>0</sup> летом и 18.3<sup>0</sup>С осенью.

А в периоде, охватывающем 1991-2009 г.г., средняя многолетняя температура составила 15.7<sup>0</sup>С, что ниже нормы, характерной этой территории, на 0.4<sup>0</sup>С. В этот период среднегодовая максимальная температура составила 16.7<sup>0</sup>С (2005 г.), а минимальная 14.3<sup>0</sup> С (1993 г.).

На этой территории только в осеннем сезоне средняя температура поверхности воды стала выше соответствующей нормы на 0.4<sup>0</sup>С. Зимой, весной и летом сезонные температуры стали ниже соответствующих норм. Надо отметить, что на морском районе Баку была хорошая корреляционная зависимость ( $r=0.7$ ) между показателями многолетней температурой воздуха и многолетней температурой поверхности воды [1].

Средняя годовая температура по 1961-2009.г.г. составила 15.9<sup>0</sup>С, а средне сезонные показатели зимой 6.9<sup>0</sup>, весной 13.2<sup>0</sup>, летом 25.1<sup>0</sup> и осенью 18.5<sup>0</sup>С. В пределах этого периода несмотря на то, что в 1961-1990 г.г. произошла тенденция снижения в среднегодовых температурах, а в 1991-2009 г.г. тенденция повышения, в общем, в 1961-2009 г.г. в распределении среднегодовых температур продолжала тенденция снижения.

На морском районе Чилов годовая температурная норма (1961-1990г.г.) составила 14.8<sup>0</sup>С, изменение температуры по месяцам был в интервале 5.2<sup>0</sup>С (февраль) и 25.6<sup>0</sup>С (август). В этот период средняя годовая максимальная температура (16.3<sup>0</sup>) наблюдалась в 1966 г., а средняя годовая минимальная температура (13.6<sup>0</sup>) в 1969 г. Главной причиной образования такой разницы температуры на поверхности воды за короткое время можно объяснить максимальным (15.9<sup>0</sup>) и минимальным (13.3<sup>0</sup>) значениями среднегодовой температуры воздуха в те годы. За эти годы разница между среднегодовыми температурами воздуха стала равной на 2.6<sup>0</sup>С. А это примерно равно на разницу температур поверхности воды. Накануне наблюдается снижение в среднегодовых температурах поверхности воды. Также подсчитаны температурные нормы поверхности воды по сезонам на территории и составили 6.5<sup>0</sup> зимой, 11.5<sup>0</sup> весной, 24.2<sup>0</sup> летом и 17.1<sup>0</sup>С осенью.

В 1991-2009 г.г. среднемесячные температуры поверхности воды изменились в интервале 5.7<sup>0</sup> (февраль) и 26.1<sup>0</sup>С (август) и среднегодовая температура составила 14.8<sup>0</sup>С, что равна норме, характерной территории. В этот период среднегодовая максимальная температура составила 15.6<sup>0</sup>С, а минимальная 13.7<sup>0</sup>С. Средняя температура поверхности воды по сезонам составила 6.8<sup>0</sup> зимой, 11.0<sup>0</sup> весной, 24.1<sup>0</sup> летом 17.5<sup>0</sup>С осенью. В то

время когда температурное повышение было относительно малым осенью и зимой, весной и летом наблюдается снижение температуры.

Среднегодовая температура по 1961-2009 г.г. составила 14.8<sup>0</sup>С, что равна норме. Отметим, что в 1961-1990 г.г. произошли тенденции снижения среднегодовых температур, а в 1991-2009 г.г. повышения. Это результат того, что в 1961-2009 г.г. образовался общий баланс температуры, и не произошла тенденция повышения или снижения среднегодовых температур. Только по сезонам в средних температурах поверхности воды существовали определенные различия.

По проведенным исследованиям можно сделать вывод о том, что в период климатических изменений (1991-2009г.г.) на западном берегу Южного Каспия средние температуры поверхности воды на морском районе Чилова была равной норме, на морских районах Баку, Сенги-Муган, Колтук и Ленкорань ниже и только на морских районах Гум адасы (Песчаный остров) и Хара-Зире выше нормы. Распределение средних температур относительно соответствующим нормам в период климатических изменений на западном берегу Южного Каспия можно увидеть по кривым построенных графиков (рис 1).

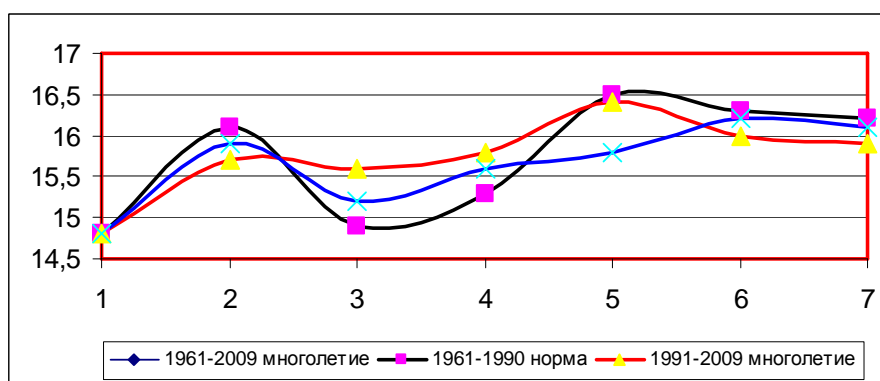


Рис.1. Распределение средних температур по периодам на западном берегу Южного Каспия. 1.Чилов, 2. Баку, 3. Гум адасы (Песчаный остров) , 4. Хара-Зире, 5. Сенги-Муган, 6. Колтук, 7. Ленкорань.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование влияния климатических изменений на гидрометеорологические условия Каспийского моря: Отчет о НИР. Гидрометеорологический НИИ Министерства экологии и природных ресурсов Азербайджанской Республики. – № ГР 0110Az2001, Инвен. №0311Az142 – Баку, 2011, – 106 с. – Отв. исполн. З.С. Аллахвердиев (на азербайджанском языке).
2. Каспийское море: Гидрология и гидрохимия. Под ред. С.С. Байдина, А.Н. Косарева. – М.: Наука, 1986. – 264 с.

UDC:551.517.31.6

**THE ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF CLIMATE CHANGES TO THE TEMPERATURE OF THE SURFACE WATER ON THE WESTERN BANK OF SOUTHERN CASPIAN SEA/** Z.S.Allahverdiyev, S.A.Rzaev/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.208-212 - Russ.; Summ. Eng., Russ.

In the article there has been considered the temperature regime of Caspian Sea's surface waters according to climate changes tendency.

In the researches there have been used multiyear (1961 – 2010 y.y) data of hidrometeorological observation points Lenkoran, Koltuk, Sengi – Mugan, Sundy peninsula, Khara – Zire, Baku and Chilov, which function on western bank of Southern Caspian.

There have been calculated temperature norms (1961 – 1990 y.y), which are characterizing sea regions surface water, also there have been hold comparison analyses of calculated mean monthly, seasonal and annual temperatures, which are characterizing the climate changes continuing periods (1991 – 2010 y.y) for each region.

It is possible to make the result by hold researches that over the climate changes period (1991 – 2009 y.y) on the western bank of Southern Caspian, on the part of Chilov point the mean multiyear temperature of the surface water has been equal to the norm, but in sea regions of Baku, Sengi – Mugan, Koltuk and Lenkoran low than that, and only in Sundy peninsula, Khara – Zire regions it has been higher than the norm.

УДК:551.517.31.6

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНОГО КАСПИЯ/**З.С. Аллахвердиев, С.А.Рзаева/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.208-212 - Рус., Рез. Груз., Англ., Рус.

В статье рассматривается температурный режим поверхностных вод Каспийского моря с учетом тенденции изменения климата. В исследованиях были использованы многолетние (1961-2010г.г.) данные гидрометеорологических наблюдательных пунктов Ленкорань, Колтук, Сенги-Мугань, Песчаный остров, Хара-Зира, Баку и Чилор, которые действуют на западном побережье Южного Каспия.

Были рассчитаны температурные нормы (1961-1990г.г.), характеризующие поверхностные воды морских районов, а также были проведены сравнительные анализы рассчитанных среднемесячных, сезонных и годовых температур, характеризующих периоды, в которых продолжается изменение климата (1991-2010 гг.) для каждого региона.

По проведенным исследованиям можно сделать вывод о том, что в период климатических изменений (1991-2009 гг.) на западном берегу Южного Каспия, на части пункта Чилор средняя многолетняя температура поверхности воды была равна норме, на морских районах Баку, Сенги-Мугань, Колтук и Ленкорань ниже, и только на морских районах Песчаный остров и Хара-Зире выше нормы.

UDC 551.510.42

## ABOUT MONITORING OF METAL IMPURITY IN ENVIRONMENTS OF AREAS OF INTENSIVE ANTHROPOGENOUS INFLUENCE OF GEORGIA

Svanidze Z.\*, Gunia G.\*\*\*, Svanidze L.\*

\*Georgian Technical University,

\*\*\*Institute of Hydrometeorology of the Georgian Technical University

### INTRODUCTION

The work purpose was carrying out of research of pollution of environments of the basic mining areas of Georgia: Madneuli copper-pyrites and barite-polymetallic deposits; the Chiatura manganous deposit; the Luhumi arsenical deposit.

In the course of work the special attention was given to revealing of laws of accumulation of heavy toxic impurity in natural waters and soils, and also working out of methods and recommendations about their clearing of pollution.

In the course of work have been used: field geochemical, hydrogeochemical methods and soil science methods; modern supersensitive analytical equipments; laboratory trials of definition of means of clearing of waters and soils from heavy metals, etc.

### 1. MAINTENANCES OF METAL MICROIMPURITY IN RIVER WATERS OF INVESTIGATED AREAS

According to the received results, in investigated areas the surrounding environment, as a whole, is considerably polluted by heavy toxic metals which basic sources are the mining enterprises located in these areas [1,2].

It has been revealed that all basic investigated waterways – the rivers Kazretula, Mashavera, Kvirila and Luhumi - under average maintenances in their waters of heavy metals considerably exceed average indexes of the rivers of a planet. Depending on structure of ores, the actual maintenance of investigated heavy metals in these rivers from 40 000 to 25 times is exceeded by their maintenances in the rivers of a planet (tab.1).

Results of the analysis of tests from different water points show that the most polluted waters are directly connected with sites of working out of deposits, territories of an arrangement of concentrating factories and places of warehousing of rocks, a waste and tails of processing of ores, etc. where concentration of investigated metals makes from 3 to 10 maximum concentration limits, and 10 maximum concentration limits in certain cases there are more.

Thus, the highest concentration of all studied elements (Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Co, Cd, Ni) are marked in Madneuli area. Here maintenance Ni above 10 maximum concentration limits are found out in 13% of tests, and Pb - in 58% of tests. In Chiatura area concentration Mn from 5 - 10 maximum concentration limits and above 10 maximum concentration limits are revealed in 35%, and Fe, approximately, in 40%.

It is established that except technogenic sources of impurity of heavy metals, their certain share is connected with the natural sources extended in investigated areas.

The actual maintenance ( $C_{act.}$ ) heavy metals in tests was compared with their maximum concentration limit (mcl), established by the International Organization of Public health services and Ministry of Health of Georgia for territory of the country (tab.2).

The material presented in the table gives evident representation about pollution of natural waters of studied areas by defined elements. It is revealed that despite presence of self-cleaning of river waters, transportation of heavy metals in a suspension and the dissolved form occurs on big enough distances. As a result of it ecological danger not only near to the pollution centers, but also more low on a current - in areas of the settlements using these waters for an irrigation of agricultural grounds is created. It is obvious that imperfection of methods of clearing of industrial waters creates conditions of pollution of natural waters heavy metals. For example, concentration of the majority of investigated metals in the tests taken from the pipeline of Madneuli mountain-concentrating industrial complex after filtering, in hundreds and more time exceed their maximum concentration limit. The effect of clearing on filtering installation for Cu and Zn makes about 70-80 %, and for Co, Ni and Pb it is much less. Considering presence of high concentration of investigated microcomponents in these waters, becomes clear that such clearing is rather ineffective. The similar conclusions should be made and in cases of concentrating factories of Chiatura and Luhumi deposits.

**Table 1. Comparisons of average maintenances of microimpurity in the river of Kazretula around settlement with their average Planetary values**

| Impurity | Concentration, mg/l                    |   | Relations<br>C <sub>1</sub> / C <sub>0</sub> |
|----------|--|---|--|
|          | In the river Kazretula, C <sub>1</sub> | In the Planetary rivers, C <sub>0</sub> |  |
| Cu       | 280.0                                  | 0.007                                   | 40000  |
| Zn       | 108.0                                  | 0.02                                    | 5400   |
| Cd       | 0.72                                   | 0.0002                                  | 3600   |
| Fe       | 75.0                                   | 0.07                                    | 1071   |
| Mn       | 9.87                                   | 0.01                                    | 987  |
| Co       | 0.09                                   | 0.0003                                  | 300  |
| Ni       | 0.05                                   | 0.002                                   | 25   |
| Pb       | 3.1                                    | 0.001                                   | 3100   |

**Table 2. Distributions of sizes of concentration of impurity of metals in tests of waters of Madneuli ore region**

| Elements | Quantity of tests on gradation of concentration |         |         |          |          |
|----------|---|---------|---------|----------|----------|
|          | < mcl   | 1-3 mcl | 3-5 mcl | 5-10 mcl | > 10 mcl |
| Cu       | 21  | -       | -       | -        | 10       |
| Zn       | 23  | 1       | 1       | -        | 6        |
| Cd       | 22  | -       | -       | -        | 9        |
| Pb       | 11  | 1       | 1       | -        | 18       |
| Fe       | 14  | 9       | 1       | -        | 7        |
| Mn       | 16  | 2       | 1       | 3        | 9        |
| Co       | 7   | 2       | 3       | 11       | 8        |
| Ni       | 19  | 7       | 1       | -        | 4        |

## 2. RESEARCH OF POLLUTION OF THE SOIL LAYER BY METAL MICROIMPURITY

Studying of pollution of a soil layer in research areas occurred in parallel to studying of a condition of natural waters. Soil sampling covered the areas adjoining the mining and mountain-concentrating enterprises. Besides, the part of tests was taken from the nearest agricultural grounds.

As a result of research it is established that soils of Madneuli, Chiatura and Luhumi mining regions are to some extent polluted by heavy metals. On occasion pollution reaches a critical condition. The most polluted soils are in the places located close to manufactures of working out and enrichment of deposits. Results of the microcomponental analysis of tests of soils of investigated regions show that depending on structure of ores, fiziko-geographical and chemical processes of degree of their pollution by that or other element considerably differ.

For example, in Madneuli area an indicator of pollution of a soil cover heavy metals - Q, received as a result of calculation of the given relation:

$$Q = C_{av} / C_{mcl} ,$$

where C<sub>av</sub> (mg/kg) – average concentration of the given element in investigated tests, and C<sub>mcl</sub> - its maximum concentration limit, shows that it concerns a category of moderately polluted soils.

Besides, it is established that here soils in the highest degree are polluted by the elements connected with working out of a copper pyrites deposit. The maintenance of this group of elements in the majority of tests from 1 to 3 maximum concentration limits. And in them of 25 % - concentration Cu above 10 maximum concentration limits. By the high maintenance it is characterized Co, which concentration in more than 50 % of tests makes from 5 to 10 maximum concentration limits and in 35 % of the selected tests - above 10 maximum concentration limits. It is noted as well high enough maintenance Ni, which concentration in more, than 60 % of tests are from 1 to 5 maximum concentration limits.

In Chiatura area from all analysed tests of soils, only in individual tests the maintenance of heavy metals is below maximum concentration limit.

Researches have revealed that soils of mountain areas of area of research more often and in higher degree are polluted by impurity Mn, Cu, Zn, Co, Ni which concentration repeatedly exceed maximum concentration limit of these elements in soils (tab. 3). Their sources basically are manganous ores and breeds in which their presence is established.

**Table 3. Heavy metals in soils of Chiatura ore area**

| The maintenance of microcomponents, mg/kg |     |    |     |    |     |    |     |
|---|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| Mn  | Fe  | Cu | Zn  | Pb | Cd  | Co | Ni  |
| Uplands Sareki                            |     |    |     |    |     |    |     |
| 1500                                      | 166 | 50 | 37  | 25 | 1.3 | 71 | 55  |
| Uplands Merjevi                           |     |    |     |    |     |    |     |
| 34500                                     | 68  | 40 | 50  | 20 | 1.3 | 64 | 100 |
| Uplands Darkveti                          |     |    |     |    |     |    |     |
| 31250                                     | 75  | 44 | 70  | 19 | 0.8 | 61 | 85  |
| Uplands Itkvisi                           |     |    |     |    |     |    |     |
| 5830                                      | 87  | 41 | 70  | 16 | 0.7 | 41 | 26  |
| Uplands Shukruti                          |     |    |     |    |     |    |     |
| 8700                                      | 35  | 33 | 50  | 14 | 0.8 | 32 | 27  |
| Uplands Mgvimevi                          |     |    |     |    |     |    |     |
| 7700                                      | 60  | 50 | 120 | 31 | 2.0 | 55 | 35  |
| Uplands Zeda Rgani                        |     |    |     |    |     |    |     |
| 9000                                      | 50  | 20 | 50  | 20 | 1.3 | 35 | 22  |
| Uplands Perevisa                          |     |    |     |    |     |    |     |
| 10500                                     | 65  | 32 | 120 | 31 | 1.3 | 45 | 40  |
| Park of the city of Chiatura              |     |    |     |    |     |    |     |
| 16250                                     | 70  | 28 | 68  | 27 | 1.3 | 56 | 60  |
| Uplands Pasiati                           |     |    |     |    |     |    |     |
| 14930                                     | 51  | 18 | 26  | 14 | 0.6 | 27 | 51  |
| Uplands Rgani                             |     |    |     |    |     |    |     |
| 18348                                     | 68  | 28 | 33  | 15 | 0.9 | 40 | 49  |
| Uplands Bunikauri                         |     |    |     |    |     |    |     |
| 7750                                      | 92  | 15 | 29  | 19 | 0.5 | 31 | 35  |
| Uplands Merevi                            |     |    |     |    |     |    |     |
| 126208                                    | 75  | 17 | 35  | 13 | 0.7 | 33 | 29  |
| Uplands Tabagrebi                         |     |    |     |    |     |    |     |
| 17240                                     | 48  | 13 | 31  | 17 | 1.0 | 27 | 28  |
| Uplands Qveda Rgani                       |     |    |     |    |     |    |     |
| 19000                                     | 58  | 40 | 60  | 17 | 1.0 | 52 | 50  |
| Uplands Darkveti                          |     |    |     |    |     |    |     |
| 4000                                      | 92  | 43 | 57  | 17 | 0.9 | 50 | 28  |
| Uplands Sareki                            |     |    |     |    |     |    |     |
| 33000                                     | 93  | 75 | 77  | 36 | 0.5 | 70 | 87  |
| c. of Chiatura                            |     |    |     |    |     |    |     |
| 10000                                     | 80  | 20 | 80  | 28 | 1.0 | 31 | 26  |

It is revealed that in manganous ores and rocks containing them minerals which structure includes impurity of toxic metals, are, basically, in forms insoluble in water. Nevertheless, presence of manganese and some other heavy metals in tests of soils (and also waters) area, allows to assume that their migration occurs in the form of soluble in water of the metallorganic form which is the basic form of migration of manganese, and in certain cases as well other heavy metals.

In Luhumi area the main reason of pollution of soils heavy metals, is imperfection of methods of enrichment and processing of arsenical ores on is mountain-chemical plant (MCP). The basic part of tests of soils has been selected on the areas adjoining to MCP and its shops of roasting of ores. Other part was is taken from agricultural grounds. Results of the microcomponental analysis of tests of soils of the given area are presented to tab.4.

It is necessary to notice that high maintenance Cu noted by us in tests of soils of all region, speaks not only presence of this element at candle ends of arsenical ores and a waste of concentrating factory MCP, but also presence of a mineral of this element ores of the polymetallic deposit located to the north from MCP. Besides source Cu can be and rocks on which region soils were formed.

It is known that in soils with sour and neutral reaction what the soil of Luhumi region is, Cu it is taken out by water in appreciable quantity, but some part of this element in the form of an organic complex is fixed in soil and is a little accessible to plants. This circumstance explain existence of high concentration of copper in soils of the Luhumi area [2]. Thus, in all considered areas in pollution of a soil cover by heavy metals the dominant role is played by the technogenic factors connected with work of the mining and mountain-concentrating enterprises. Besides natural processes, such as aerations and washout of polymetallic and sulphidic ores and the rocks containing heavy metals aren't excluded also.

**Table 4. Maintenances of impurity of heavy metals in soils of Luhumi ore area**

| The maintenance of microcomponents, mg/kg /Place of sampling of soil |      |       |     |      |     |      |      |
|--|------|-------|-----|------|-----|------|------|
| Mn   | Fe   | Cu    | Zn  | Cd   | Pb  | Ni   | Co   |
| Territory of shop of arsenic of preparations                         |      |       |     |      |     |      |      |
| 375  | 2200 | 12000 | 83  | 1,10 | 5,5 | 16,2 | 12,0 |
| Site of manufacture of monocrystals                                  |      |       |     |      |     |      |      |
| 340  | 75   | 100   | 10  | 1,10 | 1,3 | 6,0  | 5,0  |
| Area under crops near to manufacture                                 |      |       |     |      |     |      |      |
| 545  | 2200 | 2000  | 51  | 0,87 | 3,7 | 12,5 | 10,0 |
| Site of electrolysis   |      |       |     |      |     |      |      |
| 300  | 75   | 100   | 3,0 | 0,75 | 0,9 | 40,0 | 3,0  |
| Area under crops of village  |      |       |     |      |     |      |      |
| 375  | 2700 | 16000 | 38  | 0,87 | 2,9 | 12,5 | 10,0 |
| Northern river bank  |      |       |     |      |     |      |      |
| 100  | 1200 | 13500 | 5,0 | 0,30 | -   | 8,0  | 8,2  |
| Corn field   |      |       |     |      |     |      |      |
| 370  | 200  | 5000  | 6,5 | 0,25 | -   | 2,5  | 4,0  |
| Grapes plantation  |      |       |     |      |     |      |      |
| 170  | 350  | 9000  | 6,0 | 0,25 | -   | 4,0  | 6,0  |
| Village pasture  |      |       |     |      |     |      |      |
| 170  | 415  | 7500  | 4,5 | 0,33 | 0,5 | 4,0  | 6,0  |
| Village pasture  |      |       |     |      |     |      |      |
| 280  | 500  | 9000  | 9,5 | 0,32 | 0,5 | 4,0  | 5,7  |
| Between villages   |      |       |     |      |     |      |      |
| 200  | 1250 | 12000 | 4,0 | 0,32 | 0,5 | 7,0  | 8,2  |
| In 300 m above merge of the rivers Luhuni and Rioni                  |      |       |     |      |     |      |      |
| 280  | 150  | 6000  | 6,5 | 0,25 | 2,0 | 2,5  | 4,5  |
| River bank Abarula   |      |       |     |      |     |      |      |
| 238  | 1920 | 12450 | 8,6 | 0,4  | 0,8 | 7,9  | 10,0 |

Along with pollution studying by heavy metals of environment of considered regions, in the given work attempt of working out of methods of improvement of environment is undertaken. Revealing of methods and materials for clearing of waters and soils of heavy toxic metals at a certain stage of technology of working out of deposits was thus provided.

The spent laboratory trials show that for these purposes the modified and activated natural sorbents which deposits are available in Georgia have appeared the most effective. Their absorbing ability for the majority of the studied chemical elements (except Mn and Co) is very high (from 85 % to 100 %). CONCLUSION

Thus, in all considered areas in pollution of a soil cover by heavy metals the dominant role is played by the technogenic factors connected with work of the mining and mountain-concentrating enterprises. Besides aren't excluded both natural factors and processes, such as aerations and washout of polymetallic and sulphidic ores and rocks, содежащих heavy metals.



**ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА**

1. Gunia G., Svanidze Z. Methodical Questions of Research of Time Distribution of Concentration of Microimpurity of Atmosphere and Sources of their Emissions. – In:Proceedings of the nternational Scientific-Technical Conference “Sustainable Development and Protection of Environment”, 10-11 November 2010 – Tbilisi, Georgian Technical University, 2010, pp.429-431.
2. Svanidze Z, Gunia G., Svanidze L., Beruashvili T. Results of research of the maintenance of impurity of heavy metals in river waters of some industrial regions in mountain conditions of Georgia /Proceedings of VI international symposium "Ecology of the person and medical-biologic safety of the population", Greece, Tesseloniki," 24/10-03/11, 2010. - Moscow, 2010, pp.137-143.

უაკ: 551.510.42

**საქართველოს ინტენსიური ანთროპოგენური ზემოქმედების ბუნებრივი გარემოს მეტალური მიკრო-მინარეჰების მონიტორინგის შესახებ**/სვანიძე ზ, გუნია გ, სვანიძე ლ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.213-217-ინგლ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

კვლევის მიზანს საკვლევი რაიონების ბუნებრივ გარემოში მძიმე ტოქსიკური მეტალების დაგროვების კანონზომიერების კომპლექსური კვლევები და მათი ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესების მეთოდებისა და რეკომენდაციების დამუშავება წარმოადგენდა.

კვლევის პროცესში მიღებულია შემდეგი შედეგები: საკვლევი რაიონების ზედაპირულ წყლებში და ნიადაგებში დადგენილია რიგი მძიმე მეტალის, მათ შორის, Cu, Cd, Pb, Zn და Fe, Mn, Co, Ni კონცენტრაციების სიდიდეები; შესწავლილია ამ ნივთიერებათა განაწილება საკვლევი ბუნებრივ გარემოში და შეფასებულია მათი ფაქტობრივი მნიშვნელობების შეფარდება საქართველოს ტერიტორიასათვის დადგენილ ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებთან; შესწავლილია მადნების საბადოების ექსპლუატაციისა და გამდიდრების არელების გავლენის ქვეშ მდებარე რეგიონების ზედაპირულ წყლებში და ნიადაგებში მძიმე მეტალებით დაბინძურების მიზეზები და სიდიდეები; გამოკვლეულია ატმოსფერული ჰაერის ნაკადით საკვლევი მიკრომინარეჰების გადატანის პროცესები; საქართველოში მოპოვებული, მოდიფიცირებული და აქტივიზირებული ბუნებრივი სორბენტების გამოყენებით საკვლევი ბუნებრივი გარემოს რეაბილიტაციისა და გაჯანსაღების მეთოდები და რეკომენდაციები დამუშავებული.

UDC 551.510.42

**ABOUT MONITORING OF METAL IMPURITY IN ENVIRONMENTS OF AREAS OF INTENSIVE ANTHROPOGENOUS INFLUENCE OF GEORGIA.**/Svanidze Z., Gunia G., Svanidze L./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.213-217- Eng ., Summ. Georg., Eng., Russ

The work purpose is complex research of laws of accumulation of heavy toxic metals in surrounding environments of the specified areas and working out of methods and recommendations about improvement of their ecological condition.

In the course of research following results are received:

Concentration of heavy metals (Cu, Cd, Pb, Zn, Fe, Mn, Co, Ni) in waters and soils of investigated areas are established; Their distributions in these environments are revealed and their actual maintenances are compared with maximum permissible concentration for territory of Georgia; The reasons and pollution degrees are established by heavy metals of natural waters and soils of the regions which are in an area of influence of operation of deposits and enrichments of ores; Process of carrying over of investigated microimpurity by air streams of atmosphere is investigated; Methods and recommendations about rehabilitation and improvement of environment with application of the modified and made active natural sorbents which deposits are in Georgia are developed.

УДК 551.510.42

**О МОНИТОРИНГЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ ПРИРОДНЫХ СРЕД РАЙОНОВ ИНТЕНСИВНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРУЗИИ.**/Сванидзе З.С., Гуня Г.С., Сванидзе Л.С./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета.-2013.-т.119.-с.213-217- Англ.,Рез.Груз.,Англ., Рус.

Целью работы является комплексное исследование закономерностей накопления тяжелых токсичных металлов в окружающих природных средах указанных районов и разработка методов и рекомендаций по улучшению их экологического состояния. В процессе исследования получены следующие результаты:установлены концентрации тяжелых халькофильных (Cu, Cd, Pb, Zn) и сидерофильных (Fe, Mn, Co, Ni) элементов в водах и почвах исследуемых районов; выявлены их распределения в этих средах и сопоставлены их фактические содержания с предельно допустимыми концентрациями для территории Грузии; выявлены причины и степени загрязнения тяжелыми металлами природных вод и почв регионов, находящихся в ареале влияния эксплуатации месторождений и обогащения руд; исследован процесс переноса исследуемых микропримесей воздушными потоками атмосферы; разработаны методы и рекомендации по реабилитации и оздоровлению окружающей среды с применением модифицированных и активизированных природных сорбентов, месторождения которых находятся в Грузии.

УДК 551.510.42

## ДИНАМИКА АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ТБИЛИСИ И КИСЛОВОДСКЕ

Амиранашвили А.Г.\*, Таварткиладзе К.А\*\*, Кириленко А.А.\*\*\*, Кортунова З.В.\*\*\*,  
 Поволоцкая Н.П.\*\*\*, Сеник И.А.\*\*\*\*

\*Институт геофизики им. М. Нодиа Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили

\*\*Институт географии им. Вахушти Багратиони Тбилисского государственного университета им И. Джавахишвили

\*\*\*ФГБУ «Пятигорский государственный научно-исследовательский институт курортологии федерального медико-биологического агентства»

\*\*\*\*ФГБУН Институт физики атмосферы им. А.М.Обухова РАН

Одними из важных характеристик аэрозольного загрязнения атмосферы являются аэрозольная оптическая толщина атмосферы (АОТ) и коэффициент прозрачности атмосферы (КП) [1-3]. Коэффициент прозрачности атмосферы определяется по данным актинометрических измерений прямой солнечной радиации [2]. В Грузии в Институте географии им. Вахушти Багратиони проф. Таварткиладзе К.А. была разработана методика определения аэрозольной оптической толщи атмосферы по тем же самым актинометрическим наблюдениям [2]. Существенным преимуществом этих методов является простота измерений и возможность получения длинных временных рядов об уровнях аэрозольного загрязнения атмосферы путем использования реальных и архивных данных.

Так, например, в Грузии была исследована динамика общего аэрозольного загрязнения атмосферы за несколько десятков лет, построены карты распределения АОТ по территории Грузии для различных пятилетних периодов времени [4-9], изучено влияние относительной влажности на уровень аэрозольного загрязнения атмосферы [10-11], исследовано влияние аэрозолей на режим солнечной радиации [12] и др. Особое внимание уделялось изучению долговременных вариация общего аэрозольного загрязнения атмосферы в Тбилиси, эффектам антропогенного воздействия на уровень загрязненности воздуха, определению связей между АОТ и концентрацией аэрозолей в приземном слое атмосферы [13-15].

Ввиду того, что АОТ не является чисто локальной характеристикой загрязненности воздуха (хотя местные эффекты индустриального воздействия и играют важную роль в изменчивости АОТ), между уровнями общего аэрозольного загрязнения атмосферы в различных регионах Грузии имеется достаточно высокая корреляционная связь [8]. Таким образом, даже по одному пункту измерения можно судить об уровнях загрязненности атмосферы на расстоянии нескольких десятков и сотен километров от этого пункта.

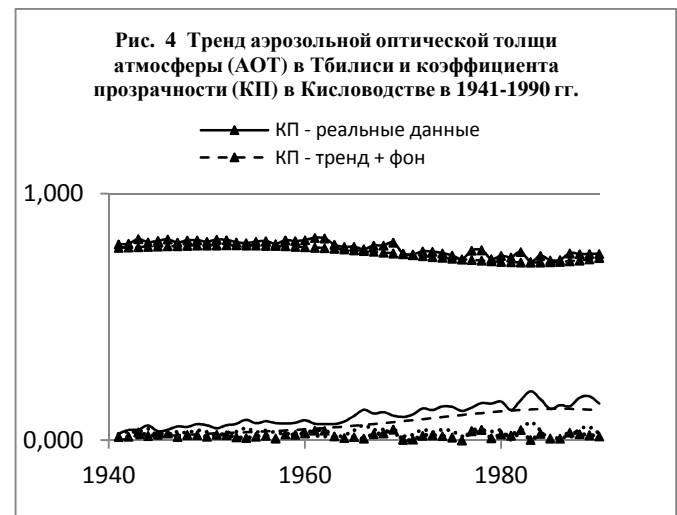
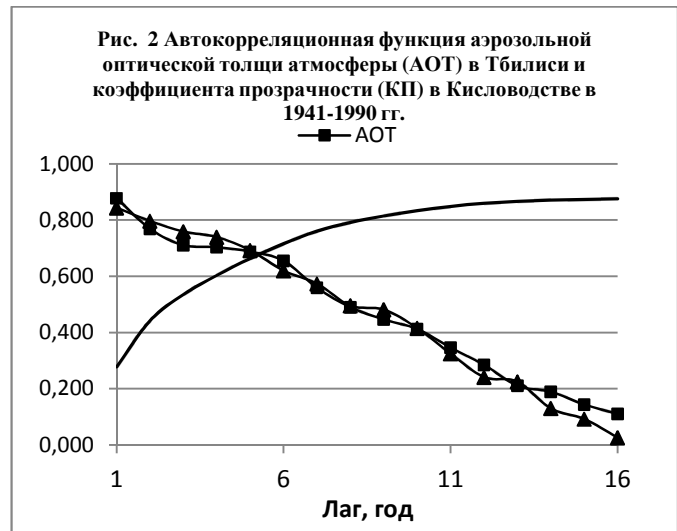
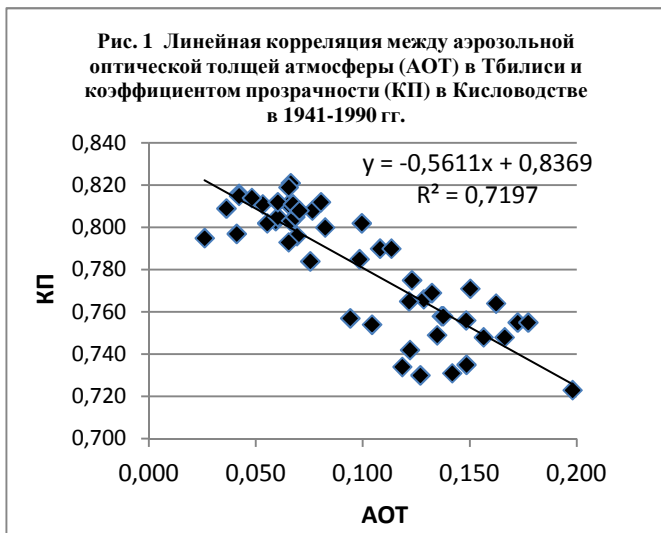
В связи с указанным, представляет интерес исследовать динамику аэрозольного загрязнения атмосферы в Грузии и за пределами Большого Кавказского хребта. Ниже представлены результаты сравнительного анализа изменчивости среднегодовых значений аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и коэффициента прозрачности в Кисловодске за 50-летний период времени с 1941 по 1990 гг. В работе были использованы статистические методы анализа неслучайных временных рядов [16].

Результаты сравнительного анализа представлены в таблице и на рис. 1-4.

Как следует из рис. 1 между измеренными параметрами загрязнения атмосферы в Тбилиси и Кисловодске отмечается высокая отрицательная линейная корреляция, равная – 0.85. Такого-же порядка значение коэффициентов корреляции между наблюдаемыми значениями аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси, Телави, Цалке, Сенаки, Анасеули и Сухуми (пункты актинометрических измерений в Грузии во времена Советского Союза) [8]. Так, например, значения коэффициента корреляции по величинам АОТ между Тбилиси и указанными выше пунктами измерений меняются в диапазоне 0.82-0.92.

**Таблица. Коэффициенты уравнения регрессии тренда аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и коэффициента прозрачности в Кисловодске в 1941-1990 гг.**

| Город          | Уравнение регрессии $Y = a \cdot X^4 + b \cdot X^3 + c \cdot X^2 + d \cdot X + e$ |                          |              |             |          |          |         |
|----------------|---|--------------------------|--------------|-------------|----------|----------|---------|
|                | Коэфф. множ. детерминации   | Критерий Дарбина-Уотсона | a            | b           | c        | d        | e       |
| Тбилиси, АОТ   | 0.9   | 1.54                     | -0.000000145 | 0.0000132   | -0.00036 | 0.005443 | -0.0046 |
| Кисловодск, КП | 0.852   | 1.95                     | 0.000000109  | -0.00000738 | 0.000059 | 0.001088 | 0.780   |



На рис. 2 представлена автокорреляционная функция аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и коэффициента прозрачности в Кисловодске. Как следует из этого рисунка для обоих пунктов автокорреляция в рядах наблюдения проявляется в пяти лагах (лаг=1 году). Это, по всей видимости, связано с тем, что в Тбилиси (город с высоким уровнем индустриального загрязнения атмосферы) и Кисловодске (курортный город с относительно чистой атмосферой) на уровень общего загрязнения атмосферы помимо местных факторов оказывали существенное влияние внешние, из года в год усиливающиеся внешние (глобальные) факторы загрязнения воздуха (интенсивный рост промышленности в бывшем СССР, Европе, Азии и др.).

На рис. 3 представлена периодограмма аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и коэффициента прозрачности атмосферы в Кисловодске. Как видно из рис. 3 пики периодичности общего уровня загрязнения атмосферы для обоих пунктов близки друг к другу и примерно составляют 5 лет.

На рис. 4 изображены данные реальных измерений АОТ в Тбилиси и КП в Кисловодске, а также кривые тренд+фон и случайных составляющих аэрозольной оптической толщи атмосферы и коэффициента прозрачности атмосферы. В таблице представлены значения коэффициентов регрессии тренда для обоих пунктов.

Уравнение регрессии для обоих городов имеет вид полинома четверной степени. Следует отметить, что коэффициент линейной корреляции между случайными компонентами временных рядов АОТ и КП равен примерно 0.06 (незначимая корреляция). В Грузии значения коэффициента корреляции по значениям случайной составляющей временного ряда АОТ между Тбилиси и указанными выше 5 пунктами измерений (Телави и т.д.) менялись в диапазоне 0.46-0.61 (значимая корреляция). То есть, высокая корреляция по уровню аэрозольного загрязнения атмосферы между Тбилиси и Кисловодском главным образом обусловлена переменными составляющими трендов АОТ и КП, имеющими сходную динамику. Здесь же следует отметить, что доля слу-

чайной составляющей от реальных значений АОТ в Тбилиси в среднем составляет 32.4 %, тогда как то же самое в Кисловодске для КП – всего лишь 2.6 %. То есть в Кисловодске, в отличие от Тбилиси, роль случайной составляющей тренда КП в ее изменчивости чрезвычайно мала. В дальнейшем нами предусмотрено провести подобный сравнительный анализ изменчивости КП в Кисловодске и АОТ в остальных пяти указанных выше бывших актинометрических пунктах наблюдений.

Таким образом, в целом динамика аэрозольного загрязнения общей толщи атмосферы в Тбилиси и Кисловодске мало отличается друг от друга. Результаты работы могут найти применение для долговременной прогностической оценки аэрозольного загрязнения атмосферы методами математической статистики. Кроме этого, учитывая, что в отличие от России, с начала девяностых годов прошлого столетия по настоящее время в Грузии Гидрометеорологической службой регулярные актинометрические наблюдения не ведутся (исключением являются не обсерваторские измерения прямой солнечной радиации в Тбилиси в Институте геофизики им. М.Нодия, проводимые с июня 2009 г. по сей день [17]) в будущем по данным о коэффициенте прозрачности в Кисловодске можно будет восстановить значения аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и других бывших актинометрических пунктах наблюдения за последние 20 лет.

### ლიტერატურა-REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. Таваркиладзе К.А. – Моделирование аэрозольного ослабления радиации и методы контроля загрязнения атмосферы. Мецниереба, Тбилиси, 1989, 203 с.
2. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Tavartkiladze K., Laulainen N. – Monitoring of Aerosol Pollution in Georgia. Trans. of the Institute of Hydrometeorology of Acad. of Sc. of Georgia, ISSN 1512-0902, vol. 108, Tbilisi, 2002, pp. 19-23, ( in Georgian).
3. Кортунова З.В., Поволоцкая Н.П. – Многолетний ход оптической прозрачности атмосферы в Кисловодске. Сб. докл. Второй межд. конф. “Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов”, Кисловодск, 8-14 октября, 2000, 92 – 94.
4. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Tavartkiladze K. – Dynamics of the aerosol pollution of the atmosphere in Georgia in 1956-1990. J.Aerosol Sci, Pergamon, vol.30, Suppl.1, 1999, S667-S668.
5. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Khurodze T., Tavartkiladze K., Tsitskishvili M. - Some Characteristics of the Aerosol Pollution of the Atmosphere Over the Territory of Kakheti in the Warm Season. Proc.Int.Conf. Dedicated to Memory of Prof.A.Sutugin, Moscow, Russia, June 26-30, 2000, 128-129.
6. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Tavartkiladze K., Gabedava V. – Spatil-temporary Characteristics of the Aerosol Pollution of the Atmosphere in Georgia. Proc. 1<sup>st</sup> Int. Conf. on Ecology and Environmental Management in Caucasus, Georgia, October 6-7, Tbilisi, 2001, 57-58.
7. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Tavartkiladze K. – Some Characteristics of the Aerosol Pollution of Atmosphere in Eastern Georgia. Proc. 3-rd Int. Conf. "State and the Conservation of Air Pond and Water-Mineral Resources of Health Resort-Recreational Regions", Kislovodsk, 21-24 April 2003, pp. 17-18, (in Russian).
8. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Gzirishvili T.G., Kharchilava J.F., Tavartkiladze K.A. – Modern Climate Change in Georgia. Radiatively Active Small Atmospheric Admixtures. Institute of Geophysics, Monograph, Trans. of M.Nodia Institute of Geophysics of Georgian Acad. of Sci., ISSN 1512-1135, vol. LIX, Tbilisi, 2005, 128 p.
9. Tavartkiladze K., Begalishvili N., Kharchilava J., Mumladze D., Amiranashvili A., Vachnadze J., Shengelia I., Amiranashvili V. – Contemporary Climate Change in Georgia. Regime of Some Climate Parameters and their Variability. Georgian Acad. of Sc., Inst. of Geography, Geophysics and Hidrometeorology, Monograph, ISBN 99928-885-4.7, Tbilisi, 2006, 177 p., (in Georgian).
10. Tavartkiladze K, Shengelia I., Amiranashvili A., Amiranashvili V. – The influence of relative humidity on the optical properties of atmospheric aerosols. J.Aerosol Sci, Pergamon, vol.30, Suppl.1, 1999, S639-S640.
11. Tavartkiladze K.A., Amiranashvili A.G. - The Influence of Relative Humidity on the Changeability of the Atmospheric Aerosol Optical Depth. Proc. 17<sup>th</sup> Int. Conf. on Nucleation & Atmospheric Aerosols, Galway, Ireland, 13-18 August 2007, pp. 761-765.
12. Amiranashvili A., Amiranashvili V., Tavartkiladze K.- Aerosol Pollution of the Atmosphere and Its Influence on Direct Solar Radiation in Some Regions of Georgia. Proc.15th Int. Conf. on Nucleation and Atmospheric Aerosols, Rolla, Missouri, USA, 2000, August, 6-11, AIP, Conference Proc., vol.535, Melville, New York, 2000, pp. 605-607.

13. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Kirkitadze D.D., Tavartkiladze K.A. - Some Results of Investigation of Variations of the Atmospheric Aerosol Optical Depth in Tbilisi. Proc. 16<sup>th</sup> Int. Conf. on Nucleation&Atmospheric Aerosols, Kyoto, Japan, 26-30 July 2004, pp. 416-419.
14. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Kirkitadze D.D., Tavartkiladze K.A. - Connection Between Atmospheric Aerosol Optical Depth and Aerosol Particle Number Concentration in the Air in Tbilisi. Proc. 17<sup>th</sup> Int. Conf. on Nucleation&Atmospheric Aerosols, Galway, Ireland, 13-18 August 2007, pp. 865-870.
15. Amiranashvili A.G., Amiranashvili V.A., Kirkitadze D.D., Tavartkiladze K.A. - Weekly Distribution of the Aerosol Pollution of the Atmosphere in Tbilisi. Proc. 17<sup>th</sup> Int. Conf. on Nucleation&Atmospheric Aerosols, Galway, Ireland, 13-18 August 2007, pp. 756-760.
16. Kendall M.G. - Time-series, Moscow, 1981, 200 p., (in Russian).
17. ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., ჩიხლაძე ვ. – ფოტოქიმიური სმოგი თბილისში. მონოგრაფია, ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ISSN 1512-1135, ტ. LXIII, თბილისი, 2012, 160 გვ.

უაკ 551.510.42

**ატმოსფეროს აეროზოლური ღაბიბაშრბის დინამიკა თბილისში და კისლოვოდსკში** / ამირანაშვილი ა., თავართქილაძე კ., კირილენკო ა., კორტუნოვა ზ., პოვოლოცკაია ნ., სენიკი ი./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. -ტ. 119. - გვ.218-221- რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

შესწავლილია თბილისში ატმოსფეროს აეროზოლური ოპტიკური სისქის და კისლოვოდსკში ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტის მნიშვნელობების დროითი რიგების სტატისტიკური სტრუქტურა 1941-1990 წწ. აღნიშნულ პარამეტრებს შორის აღინიშნება მაღალი წრფივი კორელაცია (-0.85). ატმოსფეროს დაბინძურების სტატისტიკური სტრუქტურა და დინამიკა (მეოთხე ხარისხის პოლინომები) ორივე ქალაქში ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავდება. იმის გათვალისწინებით, რომ საქართველოში გასული საუკუნის 90-ნი წლების შემდეგ რეგულარული აქტინომეტრული დაკვირვებები აღარ წარმოებს, მომავალში შესაძლებელია ატმოსფეროს აეროზოლური ოპტიკური სისქის მნიშვნელობების აღდგენა თბილისში კისლოვოდსკში ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტის მნიშვნელობების მიხედვით ბოლო 20 წლის განმავლობაში.

UDC 551.510.42

**DYNAMICS OF THE AEROSOL POLLUTION OF ATMOSPHERE IN TBILISI AND KISLOVODSK** / Amiranashvili A., Tavartkiladze K., Kirilenko A., Kortunova Z., Povolotskaia N., Senik I./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. - т.119. – pp.218-221. - Russ.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

The statistical structure of time series of the values of the aerosol optical thickness of the atmosphere in Tbilisi and coefficient of transmission of the atmosphere in Kislovodsk in the period from 1941 through 1990 is studied. High linear correlation (-0.85) is noted between the indicated parameters. Statistical structure and dynamics of the pollution of atmosphere in both cities differs little from each other (polynomials of the fourth power). Taking into account that in Georgia after the beginning of the ninetieth years of past century the regular actinometric observations were not conducted, in the future is possible the restoration of the values of the aerosol optical thickness of the atmosphere in Tbilisi in the last 20 years according to the data about the transmission coefficient in Kislovodsk.

УДК 551.510.42

**ДИНАМИКА АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В ТБИЛИСИ И КИСЛОВОДСКЕ** / Амيرانашвили А.Г., Таварткиладзе К.А., Кириленко А.А., Кортунова З.В., Поволоцкая Н.П., Сеник И.А./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. -2013. – т.119. – с.218-221. – Рус.; Рез. Груз., Англ., Рус.

Изучена статистическая структура временных рядов значений аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси и коэффициента прозрачности атмосферы в Кисловодске в период с 1941 по 1990 гг. Между указанными параметрами отмечается высокая линейная корреляция (-0.85). Статистическая структура и динамика загрязнения атмосферы в обоих городах мало отличается друг от друга (полиномы четвертой степени). Учитывая, что в Грузии после начала девяностых годов прошлого столетия регулярные актинометрические наблюдения не проводились, в будущем возможно восстановление значений аэрозольной оптической толщи атмосферы в Тбилиси за последние 20 лет по данным о коэффициенте прозрачности в Кисловодске.

შპს 656.13

## ქალაქ თბილისის ატმოსფერულ ჰაერზე ავტოტრანსპორტის ნაკადის ბავლინის ეკოლოგიური ასპექტი

ნ.ვაშაყმაძე\*, ნ.ნასყიდაშვილი\*, დ.შავლაძე\*\*, ნ.ბეგლარაშვილი\*

\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი

\*\* თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბილისი

თბილისი, როგორც ქვეყნის დედაქალაქი, ყველაზე მჭიდროდ დასახლებული ქალაქია საქართველოში. მისი მოსახლეობა 1.152.500-ია, რაც მთელი ქვეყნის მოსახლეობის 30%-ს შეადგენს. ქალაქის მოსახლეობის ზრდასთან ერთად მნიშვნელოვნად გაიზარდა სატრანსპორტო ნაკადიც.

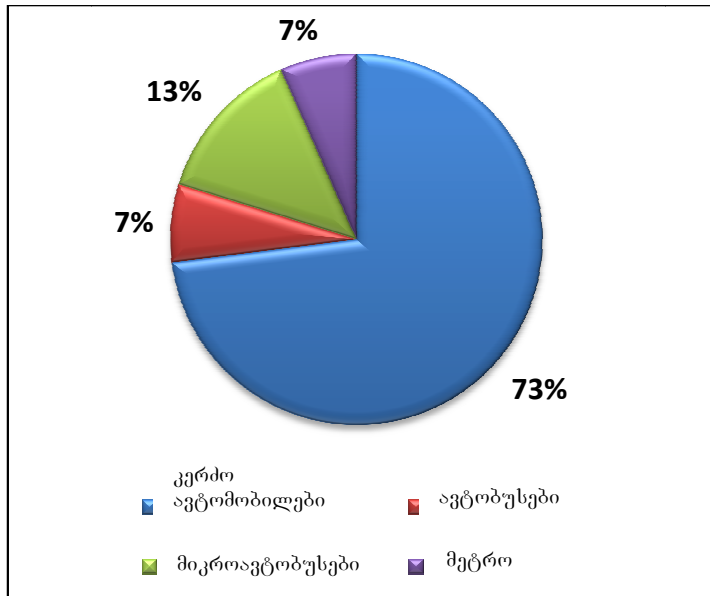
თბილისის სატრანსპორტო სექტორის არსებული და მომავალში შესაძლო პრობლემები ნაწილობრივ ქალაქის ურბანულ მორფოლოგიას უკავშირდება. თბილისს აქვს ზოლისებრი ფორმა გაშლილი გრძივი ვექტორის გასწვრივ ორი პარალელური ბარიერი: ბუნებრივი – მდინარე მტკვარი და ხელოვნური - რკინიგზა. ეს ბარიერები აფერხებენ ავტომობილების მოძრაობას, რამდენადაც მანქანებმა უნდა გადაკვეთონ ამ ბარიერებით შემქმნილი ურბანული საზღვრები და შედეგად ფერხდება ჰაერის დამაბინძურებლების დისპერსია. დედაქალაქი გარშემორტყმულია მთებით, რაც კიდევ ართულებს ტრანსპორტის მოძრაობას.

ტრანსპორტის მოძრაობა ყველაზე ინტენსიური ქალაქის ცენტრშია – ვაკის, ვერის, მთაწმინდის, დიდუბისა და საბურთალოს რაიონებში. ქალაქში რამდენიმე მთავარი გამზირია და მრავალი მეორხარისხოვანი ქუჩა. პარალელური გზების საფარი ჯერ მაინც უხარისხოა და ამასთან ერთად, მათი უმეტესობა ვიწროა, რაც ხშირად აფერხებს მანქანების ნაკადს.

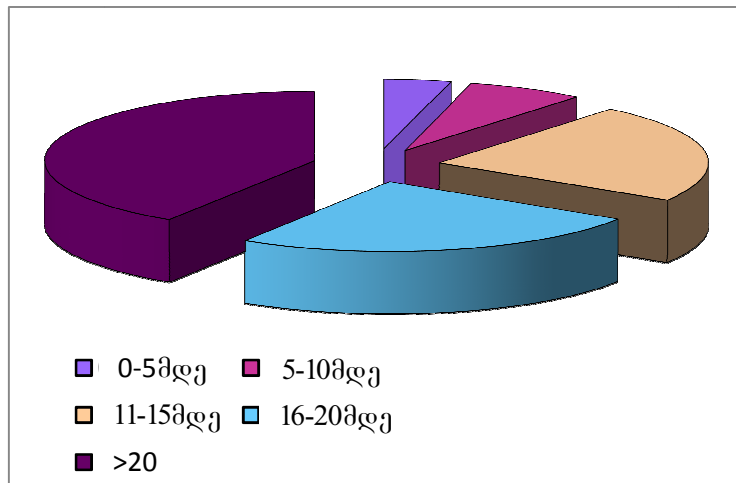
1990-იან წლებში საბჭოთა კავშირის დაშლისა და ეკონომიკური აქტივობის დასუსტების შემდეგ, ტრანსპორტის სექტორის წვლილი ჰაერის დაბინძურებაში მნიშვნელოვნად შემცირდა, თუმცა, 1993 წლიდან ტრანსპორტის სექტორმა აღორძინება დაიწყო და ქალაქებში მდგომარეობა ემისიის მხრივ კვლავ გაუარესდა. თბილისის ტრანსპორტის სექტორის შემადგენლობა მთლიანად შეიცვალა, ქალაქში გაიზარდა კერძო, განსაკუთრებით, უცხოეთიდან შემოტანილი მეორადი მანქანების რიცხვი. ინტენსიური მოძრაობის გამო ქალაქში გახშირდა სატრანსპორტო საცობები და მეტად დაბინძურდა ჰაერი.

თბილისის შიგნით რეგულარული მგზავრების მოძრაობა წელიწადში სულ 7544 მილიონ მგზავრ-კილომეტრს შეადგენდა, აქედან 73% კერძო მანქანებით სრულდება, 27% კი – საზოგადოებრივი ტრანსპორტით. საზოგადოებრივი ტრანსპორტით შესრულებული მგზავრ-კილომეტრების რაოდენობის თითქმის 50.3% მინი-ავტობუსებზე მოდის, 25.1% - ავტობუსებზე და 24.6% - მეტროზე. ქვემოთ მოცემულ გრაფიკზე ნაჩვენებია თბილისის ტრანსპორტის ტიპების დაყოფა 2009 წლის მონაცემებით.

საზოგადოებრივი ტრანსპორტის არაეფექტურობის გამო მოსახლეობისა და მშპ-ს ზრდას შედეგად მოყვა კერძო ავტომობილების პარკის ზრდა. 2000 წელს ყოველ 1000 მცხოვრებზე 80 საკუთარი მანქანა მოდიოდა, 2005 წელს კი ეს რიცხვი 100-მდე გაიზარდა. 2009 წლისთვის კერძო ავტომობილების პარკმა (ტაქსების ჩათვლით) 233,187 შეადგინა [1]. კერძო ავტომობილების პარკის ზრდასთან ერთად ეკოლოგიურ მდგომარეობას კიდევ უფრო ამძიმებს ამ ავტომობილების ასაკი და მათი ტექნიკური მდგომარეობა. მოსახლეობაში განსაკუთრებული პოპულარობით სარგებლობს დიდი ზომის ავტომობილები (ე.წ. ჯიპები). ოფიციალური სტატისტიკა სამგზავრო ავტომობილების მოძრაობასთან დაკავშირებით ხელმისაწვდომი არ არის. ამ სექტორში მგზავრების მობილურობის განსაზღვრის მიზნით გამოიყენებულ იქნა სხვადასხვა დროს ჩატარებული კვლევები და ექსპერტთა მოსაზრებები. SYSTRA-ს მიერ ჩატარებული კვლევა გვიჩვენებს, რომ მანქანების საშუალო დატვირთვა დაახლოებით 1.85 ადამიანია ერთ ავტომობილზე, რაც ძალიან დაბალი მაჩვენებელია. ჭარბი რაოდენობის დიდი წონის მანქანებისა და მოუწესრიგებელი გზების/მოძრაობის ქსელის გათვალისწინებით ჩატარებულმა შეფასებამ აჩვენა, რომ ერთი კერძო მანქანის მიერ საწვავის მოხმარება დაახლოებით 12 ლიტრია 100 კმ-ზე, ხოლო დღის განმავლობაში ერთი მანქანის მიერ გავლილი მანძილი საშუალოდ 35 კმ-ია.



ნახ.1. თბილისში მოძრავი ტრანსპორტის ტიპები. BEI 2009



ნახ.2. 2009 წლისთვის საქართველოს მანქანების პარკის სტრუქტურა ასაკობრივი ჯგუფების მიხედვით.

რადგან ჯერ არ არსებობს შეზღუდვები ავტომობილების ექსპლუატაციის ვადასთან დაკავშირებით, ქალაქში მნიშვნელოვნად გაიზარდა ევროპიდან შემოყვანილი ნახმარი მანქანების რაოდენობა. 2009 წლისთვის მანქანების 41% 20 წელზე მეტი ხნის (ასაკის) იყო. უმეტეს შემთხვევაში უცხოეთიდან შემოყვანილ მანქანებს მავნე გაზების გამანეიტრალბელი კატალიზური გარდამქმნელები დაზიანებული ან ამოცლილი აქვთ, რათა არ შეიზღუდოს მათ მიერ ტყვიანარევი ბენზინის გამოყენება, რომელიც უფრო ფართოდ არის გავრცელებული საქართველოში და ტყვიამოცლილ ბენზინზე გაცილებით იაფია. საბჭოთა მანქანების წილი ჯერ კიდევ დიდია ქართულ ბაზარზე, თუმცა იგი თანდათან კლებულობს.

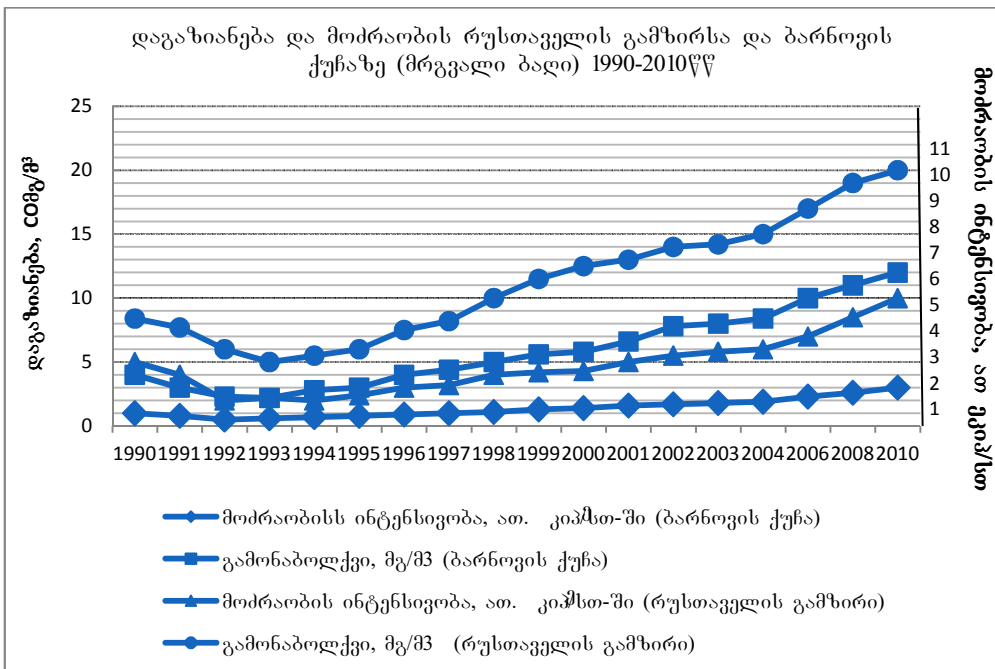
მობილური წყაროების მავნე გამონაბოლქვების მოცულობის განმსაზღვრელი სხვა ფაქტორებიდან მნიშვნელოვანია საწვავის ხარისხი. მიუხედავად იმისა, რომ საქართველოში აკრძალულია ეთილირებული ბენზინის გამოყენება, ოქტანური რიცხვისა და შესაბამისად შემოსავლის გაზრდის მიზნით, მაინც ხდება ტყვიისა და სხვა მავნე მინარეგების დამატება ბენზინებზე, საბითუმო და საცალო გასაღების ადგილებზე.

გაზომვების შედეგად სარეალიზაციო საწვავში ტყვიის შემცველობა, საშუალოდ 50 მგ/ლ-ის ტოლი აღმოჩნდა. ეს მაჩვენებელი თითქმის 4-ჯერ აღემატება კანონით დაშვებულ ნორმას 13 მგ/ლ-ს. ავტოტრანსპორტიდან გაფრქვეული ტყვიის კონცენტრაცია მერყეობს 0,4-2,9 მკგ/მ<sup>3</sup>-ის ფარგლებში 1 კვადრატული კილომეტრის მონაკვეთზე.

ბრიტანული კომპანიის AEA Technology-ის ექსპერტთა მიერ შეფასდა თბილისის ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობა. კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ ქალაქის ზოგიერთ უბნებში მაკვნივითიერებათა შემცველობა საგრძნობლად აღემატება ევროკავშირის ნორმებს, განსაკუთრებით კი მაღალია ბენზოლის კონცენტრაციები.

ექსთვიანი გაზომვების შედეგების მიხედვით აზოტის ორჟანგის მაქსიმალური კონცენტრაციები აღინიშნა სააგრომობილო გზის პირას (აღმაშენებლის გამზირი) და ქალაქის ცენტრალურ უბნებში (ტოვსტონოვოვის ქუჩა). ეს მნიშვნელობები დაახლოებით 2-ჯერ აღემატებოდა ევროკავშირის საშუალო წლიურ ნორმებს. ასევე მაღალი იყო ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების დონე სართიჭაღის მონაკვეთზე, ისნის რაიონში. ვაკე-საბურთალოსა და ნაძალადევის რაიონებში აზოტის ორჟანგის ატმოსფერული კონცენტრაციები ევროკავშირის ნორმებზე დაბალი იყო, რაც შეეხება გოგირდის ორჟანგის კონცენტრაციებს, მისი შემცველობა ჰაერში საკმაოდ დაბალია, რაც მიუთითებს იმაზე რომ მოხმარებული საწვავი არ შეიცავს გოგირდს.

ბენზოლის კონცენტრაცია განისაზღვრა აღმაშენებლის გამზირზე და ქალაქის ცენტრალურ უბნებში. აღმაშენებლის გამზირზე ამ ნივთიერების კონცენტრაცია 7-ჯერ აღემატება ევროკავშირის ნორმას, ხოლო ქალაქის ცენტრალურ უბნებში - ორჯერ. ასევე ევროკავშირის ნორმას აღემატება მტვრის კონცენტრაციაც. ეს მონაცემები სრულად ეთანადება ჰიდრომეტეოპარტამენტის გარემოს ფონური მონიტორინგის ცენტრის წლის მონაცემებს მტვრის საერთო წლიური კონცენტრაციების შესახებ. მოცემული მაჩვენებლების მიხედვით ამ წლებში მტვრის კონცენტრაცია აღემატებოდა ევროკავშირის ნორმებს. ოზონის მაქსიმალური კონცენტრაცია, რომელიც ზოგადად აღემატებოდა ევროკავშირის ნორმას, დაფიქსირდა თბილისის ზღვაზე, მინიმალური ქალაქის ცენტრში (ტოვსტონოვოვის ქუჩა). გარეუბნებში კონცენტრაციები მერყეობდა ექსტრემალურ მნიშვნელობებს შორის, აქედან მაქსიმალური სიდიდე დაფიქსირდა ჩარგალის ქუჩაზე. ამ ნივთიერებების განსაკუთრებით მაღალი შემცველობა აღინიშნა ივნისისა და ივლისის თვეებში, როდესაც დღეების უმრავლესობა იყო მზიანი და ცხელი.



ნახ. 3. დაგაზიანება და მოძრაობის ინტენსივობა რუსთაველის გამზირსა და ბარნოვის ქუჩაზე (მრგვალი ბადი), 1990-2010.



ავტოტრანსპორტის გაფრქვეული მანე ნივთიერებების საერთო რაოდენობა შეადგენდა 168 ათას ტონას, რაც გაანგარიშებულია ქალაქში მოხმარებული საწვავის მიხედვით და რომელშიც არ შედის ისეთი დამატუქიანებელი ნივთიერებები როგორცაა მძიმე ლითონები (Cu, Zn, Cd, Pb), რომელთა კონცენტრაციის მატების ტენდენცია შეინიშნება უკანასკნელ წლებში და დაკავშირებულია ავტოტრანსპორტის ინტენსიურ მოძრაობასთან.

თბილისის ატმოსფერულ ჰაერში ავტომობილის გამონაბოლქვისა და მოძრაობის ინტენსიობას შორის კავშირის დადგენის მიზნით შევისწავლეთ აგრეთვე ნახშირის მონოქსიდის კონცენტრაცია თბილისში ავტოტრანსპორტის მოძრაობის სხვადასხვა ინტენსიობის ქუჩებზე. კერძოდ მაღალი ინტენსიობის ქუჩად ავირჩიეთ რუსთაველის პროსპექტი (ოპერასთან) და დაბალი ინტენსიობის ქუჩად აბაშიძის ქუჩა (მრგვალ ბაღთან). ეს წერტილები შერჩეული იქნა იმის გამო რომ გარემოს დაცვის ინსტიტუტი 1990 წლიდან ახდენდა დაკვირვებებს სწორედ ამ წერტილებში. ჩვენს მიერ შესწავლილია ნახშირის მონოქსიდის კონცენტრაციასა და მოძრაობის ინტენსიობას შორის დამოკიდებულება 2001-2012 წლებში. ჰაერის სინჯებს აღნიშნულ წერტილებში ვიღებდით რეზინის კამერებით და ნახშირის მონოქსიდის კონცენტრაციას ვსაზღვრავდით ქრომატოგრაფიულად, ქრომატოგრამ Gas-xrom 3101-ზე. ნახაზზე 3.6 მოცემულია დაგაზიანებისა და მოძრაობის ინტენსიობას შორის დამოკიდებულების მრუდი. შესადარებლად აღებულია ტრანსპორტის მაღალი ინტენსიობის (რუსთაველის გამზირი 2500-3000 ეკიპ/სთ) და შედარებით დაბალი ინტენსიობის (აბაშიძის ქუჩა 1000 ეკიპ/სთ) ქუჩები. როგორც მრუდიდან ჩანს, ნახშირბადის მონოქსიდის კონცენტრაცია მოძრაობის ინტენსიობის პროპორციულად იზრდება.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ვაშაკმაძე ნ.-თბილისის ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების შემცირება თხევადი საწვავის ციკლითური ფილტრის დამუშავების შედეგად. VI საერთაშორისო კონფერენცია „ჰაერი 2010“, სანკტ-პეტერბურგი, 2010, გვ.16-20.
2. თუშიშვილი მ. -ტრანსპორტის მდგრადი განვითარება, კონფერენცია საქალაქო ტრანსპორტის მდგრადი განვითარება. კიშინოვი, 2008, გვ.29-30.

შპკ 656.13

**ქალაქ თბილისის ატმოსფერულ ჰაერში ავტოტრანსპორტის ნაკადის გავლენის ეკოლოგიური ასპექტი/ნ.ვაშაკმაძე, ნ.ნასკიდაშვილი, დ.შავლაძე, ნ.ბეგლარაშვილი/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული.-2013,-ტ.118. გვ.222-225- ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

შესწავლილია თბილისის ატმოსფერულ ჰაერზე ავტოტრანსპორტის გავლენა მოსახლეობის სიმჭიდროვის, ავტოტრანსპორტის ნაკადის მოხმარებული ბენზინის რაოდენობის და ქალაქის გეოგრაფიული მდებარეობის გათვალისწინებით. ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგენილია კორელაციური კავშირი ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებასა და ავტოტრანსპორტის ნაკადის ინტენსიობასთან.

UDC 656.13

**ENVIRONMENTAL ASPECT OF IMPACT OF ATMOSPHERIC AIR ON THE FLOW OF TRANSPORT IN TBILISI CITY/ Vashakmadze N., Naskidashvili N., Shavladze D., Beglarashvili N./Transaction of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University.-2013,-T.118. pp.222-225- Georg. Summ. Georg., Eng., Russ.**

Investigated the influence of transport of atmosphere in Tbilisi city with consideration population density, traffic flow, amount of fuel consumed and geographical location of the city. Based on the investigation was established the correlation between pollution of the atmospheric air and the intensity of the flow of transport.

УДК 656.13

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ВЛИЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ Г. ТБИЛИСИ/ Вашакмадзе Н.А., Наскидашвили Н.И., Шавладзе Д.М., Бегларашвили Н.Г./Труды Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии.-2013.-т.118.-с.222-225. -Груз., Рез. Груз., Анг., Рус.**

Изучено влияние потока автотранспорта на атмосферный воздух г. Тбилиси с учетом плотности населения, количества потребляемого автотранспортом бензина и географического местоположения города. На основе проведенного исследования установлена корреляционная связь между загрязнением атмосферного воздуха и интенсивностью потока автотранспорта.

შაკ 581.

### სოჭის ფორმაციებში ატმოსფერული ნახშირბადის (C-CO<sub>2</sub>) მარაგების დადგენა (ბორჯომ-ბაკურიანის რეგიონის მაბალითზე)

ნაკაიძე ე.\* ვაჩნაძე გ.\* წერეთელი გ.\*\* ტიგინაშვილი ზ.\*\*\*

\*საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის ვასილ გულისასვილის სატყეო ინსტიტუტი,

\*\*მიხეილ საბაშვილის ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიის და მელიორაციის ინსტიტუტი

\*\*\* საქართველოს დაცული ტერიტორიების სააგენტო

მსოფლიოს მასშტაბით მრეწველობის (განსაკუთრებით ქიმიური), ატომური ელექტრო სადგურების, სოფლის მეურნეობის, ტრანსპორტის და სხვა დარგის ინტენსიურმა განვითარებამ გარემოს მნიშვნელოვანი ტექნოგენური გაბინძურება გამოიწვია. ამ მხრივ განსაკუთრებით აღსანიშნავია ნახშირბადის დიოქსიდის როლი. ეს უკანასკნელი ხელს უწყობს ფრიად საშიში ე.წ. “სათბურის ეფექტის” წარმოქმნას.

გარემოს დაცვისა და განვითარების შესახებ გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კონფერენციამ (UNCED) მნიშვნელოვნად ჩათვალა ყველა სახის ტყის მდგრადი განვითარების აუცილებლობა. იგი მოუწოდებს ღონისძიებების გატარებას, როგორც სასათბურე აირების ანთროპოგენური ამოფრქვევის შემცირების, ასევე CO<sub>2</sub>-ის შთანთქმის გაძლიერების მიმართულებით.

მიუხედავად იმისა, რომ საქართველო ტყით მდიდარი ქვეყანაა და გამოირჩევა თავისი ბიომრავალფეროვნებით, ჩვენში ისეთი მნიშვნელოვანი პრობლემა, როგორცაა ტყის ეკოსისტემების როლი ნახშირბადოვან ციკლში ნაკლებადაა შესწავლილი. საქართველოს ტყის ეკოსისტემებსა და მის ცალკეულ კომპონენტებში ნახშირბადის შთანთქმის პროცესების შესწავლის გარეშე შეუძლებელია მსჯელობა ტყეების როლზე ნახშირბადის გლობალურ ციკლში.

საქართველოს ტყის ეკოსისტემებიდან ჩვენი არჩევანი შევანერეთ კავკასიური სოჭის ტყეებზე. 2006 წლის მონაცემებით მათი საერთო ფართობი 168 589 ჰექტარია, ხოლო მერქნის მარაგი 67220.4 ათასი მ<sup>3</sup> [1].

**კვლევის მეთოდიკა.** მესხეთ-ჯავახეთის სატყეო სამმართველოს ბორჯომ-ბაკურიანის სატყეო უბანზე სოჭნარების მიერ ატმოსფეროდან შთანთქმული ნახშირბადის (C-CO<sub>2</sub>) მარაგების შეფასება მოხდა სატყეო დარგში აპრობირებული კონვერსიულ-მოცულობითი მეთოდით, რომელიც ორიენტირებულია ტყეების აღრიცხვის სახელმწიფო მასალებზე.

საქართველოს ტყის ფონდის ერთიანი აღრიცხვის მასალებში არ არის ქვეტყის, მოზარდისა და ნიადაგის ცოცხალი საფარის ფიტომასის მარაგების მონაცემები. აგრეთვე არ არის ტყის მკვდარი საფარის მარაგებისა და ნიადაგის ჰუმუსის მონაცემები. ტყის ყველა ამ კომპონენტის მარაგების განსაზღვრა აუცილებელია ტყის, როგორც ცენოზის ფიტომასის საერთო მარაგისა და მასში შთანთქმული ნახშირბადის შემცველობის დასადგენად. აღნიშნული ტყის კომპონენტების ფიტომასის დადგენა მოხდა დროებით სანიმუშო ფართობებზე უბნობრივ-ალომეტრიული (ტაქსაციური) აღრიცხვის მეთოდით [2].

სანიმუშო ფართობები (0,25 ჰა) აღებული იყო ყველაზე უფრო დამახასიათებელ ტყის ტიპებში (მკვდარსაფრიან და მჟავიან სოჭნარებში). შესწავლილი იყო კორომის შემადგენლობა, სისშირე, ხნოვანება, საერთო მარაგი. ამიერკავკასიის ძირითადი ტყისშემქმნელი სახეობების უთანრიგო მასობრივი ცხრილების დახმარებით განისაზღვრა კორომის ცალკეული ფრაქციების (ღერო, ტოტი, წიწვი) ბიომასის მარაგები, მათი პროცენტული შემცველობა. მოპოვებული მონაცემები შეჯერებული იქნა კონკრეტული უბნის ტყეთმომწიფობის მასალებთან. ნახშირბადის მარაგი განისაზღვრა მოხდა ზამოლონიკოვისა და სხვ. მიხედვით [3].

ნიადაგში და ტყის მკვდარი საფარის ბიომასა და დეპონირებული ნახშირბადის მარაგი განისაზღვრა სატყეო-ნიადაგმცოდნეობაში მიღებული მოცულობითი მეთოდით [4;5].

საკვლევი ობიექტის შერჩევა და სანიმუშო ფართობების დახასიათება. ბორჯომ-ბაკურიანის რეგიონში კვლევის ობიექტები შერჩეული იყო მუქწიწვოვანების გავრცელების ქვედა (ახალდაბა, ნეძვის ხეობა. მომწიფარ სოჭნარებში (სან. ფარ. №3 და №14) და ზედა (ბაკურიანში მწიფე (სან.ფარ. №4) ზონებში. სანიმუშო ფართობების მოკლე დახასიათება მოტანილია ცხრილი 1-ში.

**სოჭის კორომებსა და მის ცალკეულ კომპონენტებში შთანთქმული ნახშირბადის მარაგები.**  
 ბორჯომ-ბაკურიანის რეგიონის სოჭნარების ბიომასისა და ჰაერიდან შთანთქმული და ფიტომასაში დეკონირებული ნახშირბადის მარაგების განსაზღვრა მოხდა კონვერსიულ - მოცულობითი მეთოდის მიხედვით.

**ცხრილი 1. სანიმუშო ფართობების მოკლე დახასიათება**

| სან. ფარ. № | სანიმუშო ფართობების აღების ადგილი | სიმაღლე ზ.დ. მ-ში | ექსპოზ. დაქანება | შემადგენლობა | სიხშირე | ხნოვანების კლასი | ბონიტეტის კლასი | კორომის საშ. სიმაღლე მ | საშუალო დიამეტრი, სმ | ტყის ტიპი    | მკვლ.სი სქე. სმ |
|-------------|-----------------------------------|-------------------|------------------|--------------|---------|------------------|-----------------|------------------------|----------------------|--------------|-----------------|
| 3           | ნეძვისხეობა, ახალდაბა             | 900               | ჩ.ა. 10-15°      | 7 სჭ. 3. ნძ  | 0.9     | VII              | II-III          | სჭ. 28 ნძ. 25          | 37 29                | მკვდ სფრ.    | 8-9             |
| 4           | ახალდაბა, ნეძვის ხეობა            | 900               | ჩ.დ. 5-10°       | 8 სჭ. 2. ნძ  | 0.5     | VIII             | II              | სჭ. 27 ნძ. 19          | 42 20                | მუავ ელი ანი | 5-6             |
| 14          | ბაკურიანი                         | 1750              | ს.დ. 15-20°      | 10სჭ.+ ნძ.   | 0.9     | VII              | II              | 26                     | 38                   | მკვდ სფრ.    | 9-10            |

**ცხრილი 2. ბორჯომ-ბაკურიანის რეგიონში სოჭნარების ფიტომასისა და შთანთქმული ნახშირბადის მარაგები ცალკეული ფრაქციებისა და ხნოვანების ჯგუფების მიხედვით აბსოლუტურ მშრალ წონაში, ათას ტონებში**  
*ფიტომასა*  
*ნახშირბადი*

| კორომის ხნოვანების ჯგუფი, ფართობი, ჰა | მერქნის მარაგი მ³ | სოჭნარების ფიტომასა და შთანთქმული ნახშირბადის მარაგი |          |          |           |           |                    |                             |
|---------------------------------------|-------------------|--|----------|----------|-----------|-----------|--------------------|-----------------------------|
|                                       |                   | მერქნის ბიომასა                                      |          |          | წიწვი M/C | ფესვი M/C | სულ სოჭნარებში M/C | სა ფიტომასა ნახშირბადი ტ/ჰა |
|                                       |                   | დეკონირებული ნახშირბადი                              | ღერო M/C | ტოტი M/C |           |           |                    |                             |
| ახალგაზრდა 27                         | 4,5               | 1,57   | 0,460    | 2,03     | 0,25      | 0,393     | 2,67               | 98,93                       |
|                                       |                   | 0,79   | 0,23     | 1,02     | 0,110     | 0,196     | 1,33               | 49,11                       |
| შუახნოვანი 315                        | 86,4              | 30,24  | 9,95     | 40,19    | 4,66      | 7,56      | 52,41              | 166,37                      |
|                                       |                   | 15,12  | 4,98     | 20,10    | 2,10      | 3,780     | 25,98              | 82,46                       |
| მომწიფარი 557                         | 250,1             | 87,54  | 28,27    | 115,81   | 13,13     | 21,88     | 150,82             | 270,78                      |
|                                       |                   | 43,77  | 14,14    | 57,91    | 5,91      | 10,943    | 74,76              | 130,22                      |
| მწიფე 2369                            | 1336,0            | 467,60   | 143,55   | 611,15   | 70,14     | 166,90    | 798,19             | 336,93                      |
|                                       |                   | 233,80   | 71,77    | 305,57   | 31,56     | 58,45     | 395,58             | 166,98                      |
| მწიფეზე უხ-ნესი 258                   | 159,4             | 55,79  | 15,34    | 71,13    | 8,37      | 13,95     | 93,45              | 362,19                      |
|                                       |                   | 27,89  | 7,67     | 35,56    | 3,76      | 6,97      | 46,29              | 179,46                      |
| სულ სოჭ-ბი 3526                       | 1836,4            | 642,74   | 197,57   | 840,31   | 96,55     | 160,69    | 1097,55            | 311,24                      |
|                                       |                   | 321,37   | 98,79    | 420,16   | 43,44     | 80,34     | 543,94             | 154,27                      |

ბიომასისა და ნახშირბადის ყველაზე მაღალი მარაგით გამოირჩევა მწიფე სოჭნარები (2369 ჰა) სადაც კორომის ფიტომასაში არსებული ნახშირბადის მარაგი 395.58 ათას ტონას შეადგენს. ფრაქციების მიხედვით იგი შემდეგნაირად ნაწილდება: ნახშირბადის მარაგი მერქანში შეადგენს 305.57ათას ტონას, რაც მთლიანი მარაგის 77.2%-ია; წიწვიში – 31.56 ათასი (8.0%), ფესვთა სისტემაში – 58.45 ათას ტონას (14.8%).

მომწიფარი ხნოვანების ჯგუფის სოჭნარებში (557.0 კა) სულ დეპონირებულია 74.76 ათასი ტონა ნახშირბადი. საიდანაც, ნახშირბადის მარაგი მერქანში 57.91 ათას ტონას შეადგენს (77.5%), წიწვიში – 5.91 ათასს (7.9%) და ფესვთა სისტემაში – 10.94 ათას ტონას (14.7%).

როგორც მოსალოდნელი იყო შთანთქმული ნახშირბადის ყველაზე ნაკლები მარაგით ხასიათდება ახალგაზრდა სოჭნარები, 27 კა ფართობზე ნახშირბადის მარაგი მხოლოდ 1.33 ათასი ტონაა. სოჭნარების ხნოვანების ჯგუფების მიხედვით კორომის ბიომასაში 1 კა ფართობზე დეპონირებულია: ახალგაზრდა სოჭნარებში 49.11 ტონა, შუახნოვანში – 82.46 ტონა, მომწიფარში – 130.22 ტ., მწიფე კორომებში 166.98 ტონა ხოლო მწიფეზე უხნესში 179.46 ტონა ნახშირბადი.

სულ ბორჯომ-ბაკურიანის სატყეო უბანზე სახელმწიფო ნაკრძალის სოჭნარები ატმოსფეროდან შთანთქავენ და ბიომასაში აგროვებენ 1097.55 ათას ტონა ნახშირბადს, რომლის 77.2 % მერქანშია კონცენტრირებული.

**სოჭნარების არსებული მოზარდისა და ქვეტყის ბიომასა და ნახშირბადის მარაგები.**

ბორჯომ-ბაკურიანის სოჭნარებში მოზარდის ფიტომასისა და ნახშირბადის მარაგები განისაზღვრა თითოეულ სანიშნო ფართობზე გამოყოფილ 5-5 სამოდულო ხეზე, წონითი მეთოდით, მოზარდის რაოდენობის გათვალისწინებით. რეგიონის სოჭით გაბატონებულ ტყეებში სულ მოზარდის (ძირითადად სოჭის) ბიომასა შეადგენს 63.43 ათას ტონას, ხოლო ნახშირბადის მარაგი შეადგენს 31.14 ათას ტონას. მონაცემები ტყის ცალკეულ ფორმაციებზე მოტანილია ცხრილ 3-ში.

შესწავლილ ტყეებში ქვეტყის რაოდენობა უმნიშვნელო რაოდენობითაა წარმოდგენილი ამიტომ, მათი ბიომასა და ნახშირბადის მარაგები არ იქნება გათვალისწინებული ტყეების საერთო მარაგების ანგარიშისას.

**ნიადაგის ცოცხალი საფრის ბიომასა და დეპონირებული ნახშირბადის მარაგები.**

ჩვენს მიერ შესწავლილ სოჭნარების ნიადაგის ცოცხალი საფრის ბიომასის ოდენობა შეადგენს 0.33-2.26 ტ/კა, ხოლო ნახშირბადის მარაგი 0.15-1.02 ტ/კა. სულ რეგიონის სოჭნარებში ცოცხალი საფარის ბიომასა და ნახშირბადის საშუალო მაჩვენებლებია შესაბამისად 6.45 ათას ტონას, სადაც შტანთქმულია 2.90 ათასი ტონა ნახშირბადი (იხ. ცხრილი 3).

**ტყის მკვდარი საფარის ბიომასა და ნახშირბადის მარაგი.**

მიმდინარე კვლევების მიხედვით ბორჯომ-ბაკურიანის რეგიონის სოჭნარების ტყის მკვდარი საფარის მარაგის მაჩვენებლები იცვლება მთაში ზღვის დონის მატების შესაბამისად. მთაში სოჭნარების გავრცელების ქვედა ზონაში (900-1200მზ.დ.) ტყის მკვდარი საფარის მარაგი 12.6-16.5 ტ/კა ფარგლებშია. ზედა ზონაში (1500-2000მ) კი 20.3-25.0 ტ/კა. სულ რეგიონში სოჭნარების საერთო ფიტომასა საშუალოდ შეადგენს 1527.0 ათას ტონას, სადაც დეპონირებულია 1037.82 ათასი ტონა ნახშირბადი (იხ. ცხრილი 3).

**ცხრილი 3. ბორჯომ-ბაკურიანის რეგიონის სოჭნარების ფიტომასისა და მათში კონცენტრირებული ნახშირბადის მარაგების საერთო ჯამი, M / C , ათას ტონებში**

| ფიტოცენიზი | ფართობი, კა | ტყის მთავარი სართული |       |        |         | დაქვემდებარებული სართული |        | ნიადაგის საფარი |         | სულ ფიტოცენიზი | სა-ზეტში |
|------------|-------------|----------------------|-------|--------|---------|--------------------------|--------|-----------------|---------|----------------|----------|
|            |             | მერქანი (დერო +ტოტი) | წიწვი | ფესვი  | სულ     | მოზარდი                  | ქვეტყე | ცოცხალი         | მკვდარი |                |          |
| სოჭნარი    | 3526        | 840.31               | 96.55 | 160.69 | 1097.55 | 63.43                    | -      | 6.45            | 65.76   | 1233.19        | 349.7    |
|            |             | 420.16               | 43.44 | 80.34  | 543.94  | 31.08                    | -      | 2.90            | 39.14   | 617.06         | 175.0    |

ცხრილი 3-ში მოტანილი მასალებიდან ჩანს, რომ რეგიონის სოჭნარებში (ფართობით 3526 კა) ტყის მიწისზედა და მიწისქვეშა ბიომასა შეადგენს 1233.19 ათას ტონას, სადაც კონცენტრირებულია 617.06 ათასი ტონა ნახშირბადი. ბიომასა და ნახშირბადის მარაგი ერთ ჰექტარზე სოჭნარებში შეადგენს შესაბამისად 349.7 ტ/კა და 175.0 ტ/კა.

ამრიგად, ბორჯომ-ბაკურიანის რეგიონში არსებული სოჭის ტყის მასივების მიერ ატმოსფეროდან შთანთქმულია და ნახშირბადის სახით მათ ბიომასაში კონცენტრირებულია 2262.8 ათასი ტონა ნახშირორჟანგი (CO<sub>2</sub>). ამჟამად დედამიწაზე მიმდინარე გლობალური დათბობის პირობებში აღნიშნული ტყის მასივები გარკვეულ როლს ასრულებენ ატმოსფეროში ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის აირცვლაზე და სამხრეთ კავკასიის პირობებში დადებითად მოქმედებენ მათ ბალანსზე.

### ლიტერატურა - REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. საქართველოს სატყეო მეურნეობის ყოველწლიური სტატისტიკური ბროშურა, თბილისი, 2006.
2. მირზაშვილი ვ. – სატყეო ტაქსაცია. “ცოდნა”, თბ. 1963.
3. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.Н., Коровин Г.Н. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам. Лесоведение 1998, №3.
4. Treifeld R. - Stock and mass of forest detritus (on example of Leningrad region). Sankt-Petersburg, 2001.
5. Post W.M. III Organic carbon in soil and the global carbon cycle / The Global Carbon Cycle: NATO ASI Ser. 1999. V. 115.

შპპ 581.

**სოჭის ფორმაციებში ატმოსფერული ნახშირბადის (C-CO<sub>2</sub>) მარაგების დადგენა (ბორჯომ-ბაკურიანის რეგიონის მაბალოთხე)** ნაკაიძე ე., ვაჩნაძე გ., წერეთელი გ., ტიგინაშვილი ზ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.226-229-ქართ., რუს. ქართ., ინგლ., რუს.

დედამიწაზე გლობალური დათბობის გაძლიერების საშიშროებამ მნიშვნელოვნად გაზარდა მეცნიერთა ყურადღება ტყის, როგორც ნახშირბადის შთანთქმისა და დეპონირების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი რეზერვუარისა და მისი როლისა ნახშირბადის გლობალურ ციკლში.

ბორჯომ-ბაკურიანის რეგიონის სოჭნარებში (ფართობით 3526 ჰა) ტყის მიწისზედა და მიწისქვეშა ბიომასა შეადგენს 1233.19 ათას ტონას, სადაც კონცენტრირებულია 617.06 ათასი ტონა ნახშირბადი. ბიომასა და ნახშირბადის მარაგი ერთ ჰექტარზე სოჭნარებში შეადგენს შესაბამისად 349.7 ტ/ჰა და 175.0 ტ/ჰა.

რეგიონში არსებული სოჭის ტყის მასივების მიერ ატმოსფეროდან შთანთქმულია და ნახშირბადის სახით მათ ბიომასაში კონცენტრირებულია 2262.8 ათასი ტონა ნახშირორჟანგი (CO<sub>2</sub>).

UDC 581.

**IDENTIFICATION OF CARBON STOCK IN CAUCASIAN FIR FOREST STANDS OF BORJOMI-BAKURIANI REGION**/Nakaidze E.E., Vachnadze G.S, Tsereteli G.V., Tiginashvili Z. T./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.226-229 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.

Fir forest stands of Borjomi-Bakurian region (surface area 3526 ha) comprise around 1233.19 tones of phytomass which is releved to around 617.06 tons carbon absorbed in it. Biomass and carbon stocks per hectare are around 349.7 and 175.0 t/ha. Thus, Fir forest stands accumulate about 2262.8 thousand tone of carbon in their phytomass.

УДК 581

**УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАПАСОВ АТМОСФЕРНОГО УГЛЕРОДА В ДРЕВОСТОЯХ ПИХТЫ КАВКАЗСКОЙ** /Е.Э.Накаидзе, Г.С. Вачнадзе, Г.В. Церетели, З.Т. Тигинашвили./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с. 226-229-Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.

В статье изучено количество запасов поглощенного углерода в Боржомо-Бакурианском регионе в лесах сосны кавказской (3526 га) в различных группах возраста древостоя. Установлены также запасы поглощенного углерода в существующем подросте, подлеске, в живом и мертвом покрове, корневой системе.

უაკ: 504.3.054, 504.054

**ქ. თბილისის დასუშული და მოქმედი ნაბავსაყრელრებიდან მეთანის ემისიის ბანსაზღრა და ბამოყოფილი მეთანის პრაქტიკული ბამოყენების პოტენციალი**

ნ. დვალისიშვილი\*, ნ. ნასყიდაშვილი\*, მ. შვანგირაძე\*\*, ნ. ვაშაყმაძე\*

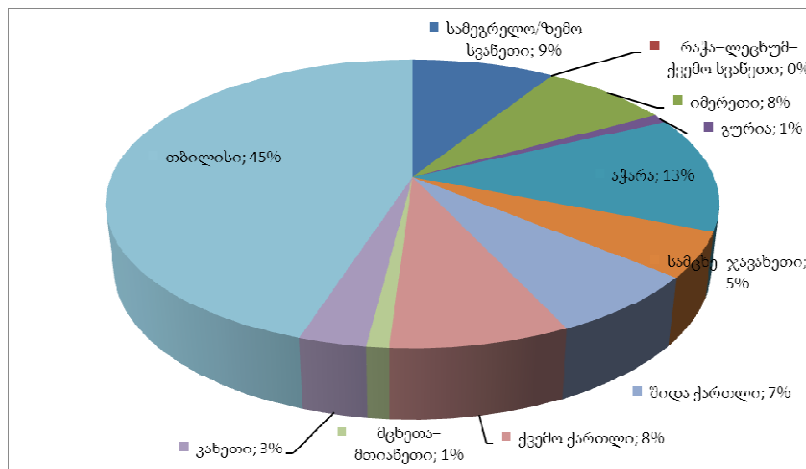
\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიუტეტის  
 ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი,

\*\*საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტრო

დღეისათვის ნარჩენების მართვა წარმოადგენს, როგორც ეკოლოგიური ისე ეკონომიკური კუთხით, ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემას ყველა განვითარებისაკენ მიმავალი ქვეყნებისათვის. 2012 წლის მაისიდან საქართველოში ოპერირება დაიწყო "მყარი ნარჩენების მართვის" სახელმწიფო კომპანია, რომლის მიზანია ნაგავსაყრელების მოწყობა და საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისად ფუნქციონირების უზრუნველყოფა. აღნიშნული კომპანია რეგიონული განვითარებისა და ინფრასტრუქტურის სამინისტროს დაქვემდებარებაშია. მაგრამ ჯერ კიდევ 2010 წლის შემოდგომამდე საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე ფუნქციონირებდა XX საუკუნის 60-80-იან წლებში სტიქიურად მოწყობილი ოფიციალურად რეგისტრირებული, მაგრამ ძირითადად უმართავი (რეგიონალური სამმართველოების ინფორმაციით) 69 ნაგავსაყრელი. დღემდე მოუწესრიგებელია მათი უსაფრთხო განთავსების, უტილიზაციისა და გაუვნებლყოფის პრობლემები. სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენს მოუწესრიგებელი ნაგავსაყრელები, რომელთაგან დიდი ნაწილი მდინარეების ახლოსაა განთავსებული. შედეგად, ატმოსფერული ნალექებისა და წყალდიდობის დროს ნარჩენების დიდი რაოდენობა ასევე ხვდება მდინარეებსა და მათი მეშვეობით წყალსაცავებში. ნარჩენები ნაგავსაყრელებზე გადის ყოველგვარი დახარისხების გარეშე და აქ მოხვედრილი სახიფათო და ტოქსიკური ნარჩენები გარემოს დაბინძურების სერიოზულ კერას წარმოადგენენ. ნაგავსაყრელები არ არის შემოღობილი და დაცული, რის შედეგადაც ადგილი აქვს ნაგავსაყრელების მთელ ტერიტორიაზე პირუტყვისა და ადამიანების თავისუფალ გადაადგილებას.

ქ. თბილისში ყოველწლიურად გროვდება 1,5 მლნ. მ3 საყოფაცხოვრებო და მონახვეტი ნარჩენი. აღნიშნული მოცულობის გატანა 2000-2010 წლებში ხდებოდა ქალაქის შემოგარენში განლაგებულ 2 ნაგავსაყრელზე (გლდანი და იაღლუჯა). გლდანის ნაგავსაყრელთან ფუნქციონირებდა "ბეკერის" ორმო, სადაც ხდებოდა შინაური ცხოველების ლეშების დამარხვა.

ძველი ტიპის უმართავი ნარჩენების განთავსების ადგილები მნიშვნელოვან ზიანს უყენებენ გარემოს. ნაგავსაყრელების ტერიტორიაზე უმთავაღყოფოდ მიტოვებული სახიფათო და ტოქსიკური ნარჩენები გარემოს სათბურის აირებით დაბინძურების სერიოზულ კერას წარმოადგენენ.



**ნახ.1. წარმოქმნილი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების რაოდენობა რეგიონების მიხედვით**

დღესდღეობით მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში მათ შორის საქართველოშიც მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების 96—98% იყრება ნაგავსაყრელებზე. საქართველოში მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების 45% წარმოიქმნება ქ. თბილისში (ნახ. 1).

საქართველოს ქალაქებში ბოლო წლების განმავლობაში საგრძნობლად გაუმჯობესდა ნაგავსაყრელებზე მუნიციპალური ნარჩენების შეგროვებისა და ტრანსპორტირების სისტემა. ამასთან 2011 წელს საქართველოში გადაიდგა პირველი ნაბიჯი ნარჩენების ნაწილობრივი გამოყენებისა, როდესაც ქ. რუსთავში გაიხსნა ნარჩენების დამხარისხებელი ქარხანა, რაც მწელოვნად ამცირებს ნაგავსაყრელზე განთავსებული ნარჩენების რაოდენობას და ზრდის ნაგავსაყრელის ექსპლუატაციის ხანგძლივობას. კიდევ უფრო ეფექტურ და რეალურ შედეგს იძლევა მოსახლეობის მიერ ნარჩენების დახარისხება, რაც წარმატებულად აპრობირებულია ევროპის განვითარებულ ქვეყნებში. ჯერჯერობით საქართველოში ნარჩენების მართვის სისტემა იმყოფება განვითარების დაწყებით სტადიაზე. სანდო მონაცემები მყარი ნარჩენების შედგენილობის და ერთ სულ მოსახლეზე მათი რაოდენობის წარმოქმნის შესახებ ქვეყნის მასშტაბით ამ ეტაპზე არ მოიპოვება. უკანასკნელი 10 წლის განმავლობაში დროის სხვადასხვა მონაკვეთში დედაქალაქში ფუნქციონირებდა 3 მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების (მსნ) განთავსების პოლიგონი [1], რომელთა მახასიათებლები მოყვანილია 1 ცხრილში.

**ცხრილი 1. საქართველოში მოქმედი მსხვილი ნაგავსაყრელების მახასიათებლები 2000-2013წლისათვის**

| № | ნაგავსაყრელი | ამოქმედების წელი | დახურვის წელი | ფართობი კა | დაგროვილი ნარჩენები კმ <sup>3</sup> | ნაგავსაყრელის ტიპი |
|---|--------------|------------------|---------------|------------|-------------------------------------|--------------------|
| 1 | გლდანი       | 1972             | 2010          | 8          | 20000000                            | უმართავი           |
| 2 | იაღლეუჯა     | 1985             | 2010          | 5          | 12000000                            | უმართავი           |
| 3 | ნორიო        | 2010             | მოქმედი       | 94         | 3000000                             | მართავი            |

ამჟამინდელი შეფასებებით თბილისში წარმოიქმნება 850 ტონა მუნიციპალური ნარჩენი დღეში, 350 000 ტონა წელიწადში. ეს შეადგენს დაახლოებით 273.75 კგ-ს ერთ სულ მოსახლეზე წელიწადში, რაც დაბალია ევროპის ქვეყნებში ერთ სულ მოსახლეზე წელიწადში წარმოქმნილი ნარჩენების რაოდენობაზე – 524 კგ ერთ სულზე 2008 წელს საშუალოდ ევროკავშირის წევრ ქვეყნებში. მოსახლეობის და ეკონომიკური განვითარების ზრდის შესაბამისად, ნავარაუდევია ნარჩენების წარმოქმნის ზრდა 2.25%-ით წელიწადში [2].

ქ. თბილისში მონაცემები მუნიციპალური ნარჩენების შემადგენლობის შესახებ ძალიან მწირია (ცხრ. 2) [1].

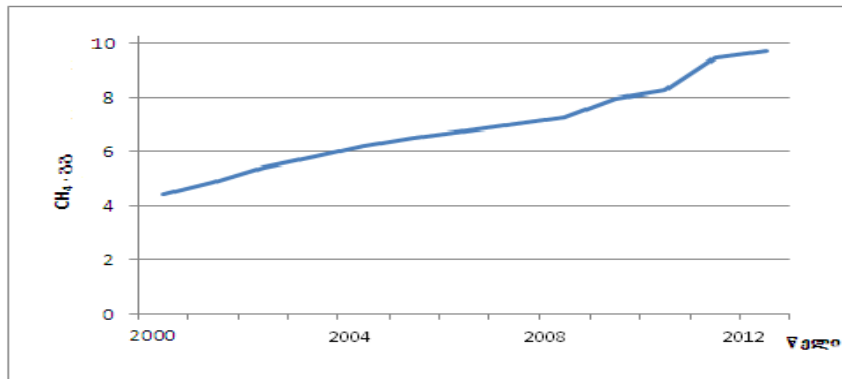
**ცხრილი 2. მუნიციპალური ნარჩენების შემადგენლობა თბილისში**

| ფრაქცია             | ნარჩენების შემადგენლობა |       |
|---------------------|-------------------------|-------|
|                     | 2003წ                   | 2010წ |
| ქალაქი              | 5 %                     | 6 %   |
| პლასტიკური მასალა   | 6 %                     | 6 %   |
| ინერტული მასალები   | 5 %                     | 5 %   |
| ტექსტილი/ტყავი      | 3 %                     | 3 %   |
| ლითონი              | 3 %                     | 3 %   |
| ორგანული ნარჩენები  | 33 %                    | 71 %  |
| ნარჩენი ფრაქცია     | 40 %                    | -     |
| შერეული             | -                       | 1 %   |
| მწვანე ნარჩენები    | 3 %                     | 3 %   |
| ჰიგიენური ნარჩენები | 2 %                     | 2 %   |

2000-2012 წლებში ჩვენს მიერ თანამედროვე, ევროპაში აღიარებული, IPCC მეთოდის გამოყენებით, ოფიციალურად არსებული მონაცემების შეგროვების საფუძველზე, გამოთვლილ იქნა ქ. თბილისის ძირითადი ნაგავსაყრელებიდან მეთანის ემისიები (ცხრ. 3).

**ცხრილი 3. ქ. თბილისის ძირითადი ნაგავსაყრელებიდან მეთანის ემისიები (გგ) 2000-2012 წლებში**

| წელი \ ნაგავსაყრელი | გლდანი | იაღლეჯა | ნორიო  | CH <sub>4</sub> -ის ჯამური ემისიები |
|---------------------|--------|---------|--------|-------------------------------------|
| 2000                | 2,9238 | 1,4917  | -      | 4,4155                              |
| 2001                | 3,1156 | 1,7592  | -      | 4,8748                              |
| 2002                | 3,4060 | 1,9908  | -      | 5,3968                              |
| 2003                | 3,6434 | 2,1814  | -      | 5,8248                              |
| 2004                | 3,8450 | 2,3434  | -      | 6,1884                              |
| 2005                | 4,0176 | 2,4821  | -      | 6,4997                              |
| 2006                | 4,1675 | 2,6022  | -      | 6,7697                              |
| 2007                | 4,3128 | 2,7166  | -      | 7,0294                              |
| 2008                | 4,4372 | 2,8146  | -      | 7,2518                              |
| 2009                | 4,5690 | 2,9155  | -      | 7,4845                              |
| 2010                | 4,6835 | 3,0033  | 0,0000 | 7,6868                              |
| 2011                | 4,7939 | 3,0868  | 1,5907 | 9,4714                              |
| 2012                | 4,1268 | 2,6508  | 2,9503 | 9,7279                              |



**ნახ.2. CH<sub>4</sub>-ის ემისიები (გგ) ქ. თბილისის მოქმედი და დაღუპული ნაგავსაყრელებიდან 2000-2012 წლებში**

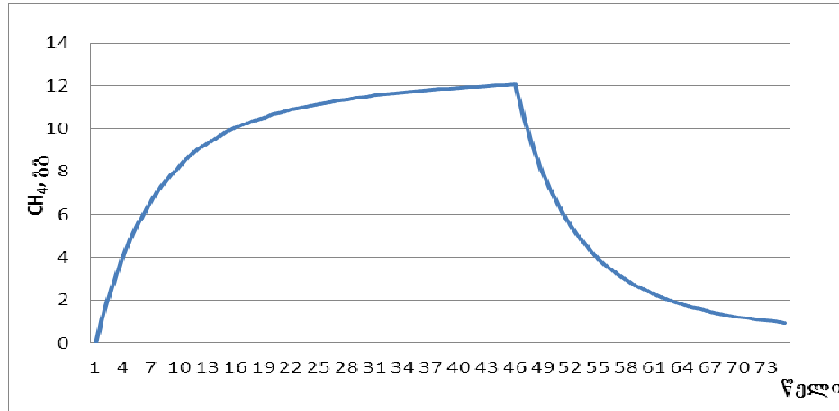
როგორც ნახაზიდან ჩანს, მიუხედავად იმისა, რომ ძველი ტიპის იაღლეჯას და გლდანის ნაგავსაყრელებზე ძირითადად მიმდინარეობდა აერობული პროცესები (უმართავი ნაგავსაყრელები) ატმოსფერულ ჰაერში ემიტირებული მეთანის რაოდენობა ყოველწლიურად იზრდებოდა. ნაგავსაყრელზე განთავსებული ყოველი ტონა ნარჩენიდან გაზის გამოყოფა გაგრძელდება საშუალოდ 45 წლის განმავლობაში. ხოლო თვით ნაგავსაყრელისთვის ეს დრო შევსების პერიოდის გათვალისწინებით გაგრძელდება 75 წლის განმავლობაში. „ნაგავსაყრელის გაზის“ გამოყოფის სრული დრო 4 პერიოდად იყოფა, რომელს დროსაც გაზგამოყოფის პროცესი სხვადასხვა ინტენსიობით მიმდინარეობს და დროში სხვადასხვა ხანგრძლივობა გააჩნიათ (ცხრ.4).

**ცხრილი 4. ნაგავსაყრელის გაზის გამოყოფის დინამიკა მსნ პოლიგონის ოპერირებისას**

| პერიოდის დასახელება | პერიოდის ხანგრძლივობა წელი-წადი | გამოყოფილი გაზის რაოდენობა % |
|---------------------|---------------------------------|------------------------------|
| საწყისი             | 5                               | 8                            |
| პიკური              | 2                               | 4                            |
| სტაბილური           | 20                              | 83                           |
| დაღმავალი           | 18                              | 5                            |
| სულ                 | 45                              | 100                          |



ჩვენს მიერ შეგროვილი ოფიციალური მონაცემების საფუძველზე გამოვთვალეთ ნორიოს მსნ პოლიგონზე წარმოქმნილი მეთანის პრაქტიკული გამოყენების მინიმალური პოტენციალი, რომლის შედეგები მოყვანილია მე-3 ნახაზზე.



**ნახ.3. ნორიოს მსნ პოლიგონზე წარმოქმნილი მეთანის პრაქტიკული გამოყენების მინიმალური პოტენციალი (მოსახლეობის და ნარჩენების რაოდენობის მუდმივი რიცხვის შემთვევაში)**

როგორც მე-3 ნახაზიდან ჩანს, ნაგავსაყრელის მინიმალური დატვირთვისას, ოპერირების მთელ მანძილზე (45 წელი) მეთანის რაოდენობა იზრდება და ჯამში შეადგენს 445 გგ, რაც შეესაბამება 623 მლნ მ<sup>3</sup> მეთანისა.

დღესდღეობით თბილისში ბუნებრივი აირის წლიური დანახარჯი დაახლოებით 500 მლნ მ<sup>3</sup>-ს შეადგენს [1]. დედაქალაქში გაზის მოხმარების ზრდის ტენდენცია შეინიშნება (ცხრ. 5). მთავარ მომხმარებელს საოჯახო სექტორი წარმოადგენს.

**ცხრილი 5. თბილისში ოჯახების მიერ ბუნებრივი აირით სარგებლობა [1]**

| წელი | საოჯახო სექტორის მიერ მოხმარება (მ <sup>3</sup> ) | იმ ოჯახების რაოდენობა რომლებიც ბუნებრივ აირს მოიხმარენ | ერთი ოჯახის მიერ მოხმარება (მ <sup>3</sup> ) |
|------|---|--|--|
| 2001 | 39514988  | 153602   | 257  |
| 2002 | 47202264  | 197551   | 238  |
| 2003 | 66346740  | 234465   | 283  |
| 2004 | 96676967  | 258700   | 374  |
| 2005 | 117577961   | 278139   | 423  |
| 2006 | 167334114   | 296978   | 563  |
| 2007 | 207793483   | 300205   | 672  |
| 2008 | 201876648   | 304852   | 662  |
| 2009 | 203571665   | 311177   | 654  |

ჩვენი გამოთვლებით, ნორიოს ნაგავსაყრელზე წელიწადში საშუალოდ წარმოქმნება 15 მლნ მ<sup>3</sup> მეთანი, რაც მინიმუმ 30000 ოჯახს სრულიად უზრუნველყოფს გაზის წლიურ მარაგს (ცხრ. 5).

უკვე 2013 წელს მეთანის მიღების მინიმალური პოტენციალი შეადგენს 6 მლნ მ<sup>3</sup>-მდე (ნახ. 3). „ნაგავსაყრელის გაზი“, საერთო ჯამში, გამოიყოფა 85 წლის განმავლობაში (800 მლნ მ<sup>3</sup>), რაც ეკონომიკური თვალსაზრისით საკმაოდ ძვირადღირებულ იმპორტირებული საწვავიდან მიღებულ ელექტროენერჯიას ხანგძლივი პერიოდის განმავლობაში ნაწილობრივ ჩაანაცვლებს იაფი და ეკოლოგიურად მისაღები ელექტროენერჯია.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. GEO-ქალაქები: ანგარიში თბილისის შესახებ, 2010.
2. თბილისის ნარჩენების მართვის კონცეფცია, 2006წ, გერმანიის ტექნიკური თანამშრომლობის საზოგადოება (GTZ), გვ. 63.

უაკ 504.3.054, 504.054

**მ. თბილისის დახურული და მოქმედი ნაგავსაყრელებიდან მეთანის ემისიის განსაზღვრა და გამოყოფილი მეთანის პრაქტიკული გამოყენების პოტენციალი**/ნ.დვალიშვილი, ნ.ნასყიდაშვილი, მ.შვანგირაძე, ნ.ვაშაკმაძე/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.230-234-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

შესწავლილია გლდანის და იაღლუჯას დახურული ნაგავსაყრელებიდან ატმოსფეროში ემიტირებული მეთანის რაოდენობის დინამიკა 2000-2012 წწ. გამოთვლილია ნორიოს თანამედროვე ტექნოლოგიით მოწყობილი ნაგავსაყრელიდან მეთანის ემისია. შეფასებულია ნაგავსაყრელის აირის ენერგეტიკაში გამოყენების პერსპექტივები.

UDC: 504.3.054, 504.054:

**DETERMINATION OF METHANE EMISSION FROM CLOSED AND OPEN LANDFILLS AND PRACTICAL USAGE OF ISOLATED METHANE** / N. Dvalishvili, N. Naskidashvili, M. Shvangiradze, N. Vashakmadze/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.230-234 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ

The dynamic of emitted methane from closed landfills of Gldani and Ialghuja is studied in the period 2000-2012. The methane emission is calculated from Norio landfill, which is equipped with modern technology. The prospects of usage of landfill gas for energy is analyzed and evaluated.

УДК: 504.3.054, 504.054

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭМИССИИ МЕТАНА С ДЕЙСТВУЮЩЕЙ И НЕДЕЙСТВУЮЩИХ СВАЛОК Г. ТБИЛИСИ И ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**/ Н.Двалишвили, Н. Наскидашвили, М.Швангирадзе, Н.Вашакмадзе/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с. 230-234-Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.

Изучена динамика 2000-2012 гг. количества эмитированного в атмосферу метана со свалок Глдани и Иаглуджа. Вычислена эмиссия метана со свалки Норие построенной по современной технологии. Оценена перспектива использования свалочного газа в энергетике.

УДК 551.5

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОСОСТАВА ДОЖДЕЙ ВЫПАДАЮЩИХ НА РАЗЛИЧНЫЕ РЕГИОНЫ АЗЕРБАЙДЖАНА

Байрамов Ш. П., Дадашова Ф.С.

Гидрометеорологический Научно-Исследовательский Институт при  
 Министерстве Экологии и Природных Ресурсов Азербайджанской Республики

Силы, созданной человеком техникой, в настоящее время стали главным фактором усиленного антропогенного воздействия на природу, и сама техника приобрела абсолютно неуправляемый, анархический и господствующий характер [1]. Достижения техники, улучшая жизнь человека, привели к происхождению глобальных проблем, среди которых есть и проблема кислотных дождей. Кислотные дожди являются глобальным экологическим явлением, волнующим ученых развитых стран и соответствующих международных организаций [1-4]. В образовании и выпадении кислотных дождей основную роль играют диоксид серы и диоксид азота, в основном антропогенного происхождения, выбрасываемые различными источниками в атмосферу. Эти химические соединения и их продукты превращений в атмосфере, попадая в дождевые капли, выпадают на постилающую поверхность в виде кислотных дождей и оказывают на нее вредное воздействие., т.к. такие дожди являются носителями свободных ионов водорода, которые в прямом контакте с элементами постилающей поверхности приводят к их закислению. Выпадение кислотных дождей охватывает огромные территории в мировом масштабе. Из этого следует, что в этом отношении наш регион не является исключением. Обращая внимание простым взглядом на памятники из бронзы, можно обнаружить на них следы высохших солей разного цвета соответствующих металлов, составляющих состав бронзы, из которой отливаются памятники. Этот простой пример показывает, что в наших крупных городах и промышленных центрах выпадают дожди кислотного характера.

С этой точки зрения проведение соответствующих исследований по сравнительному изучению состава выпадающих на территорию нашей Республики дождей представляем определенный научно-практический интерес.

Эти исследования нами были начаты еще в конце прошлого века и продолжаются в настоящее время [5,6]. Исследования проводятся на основе данных, представленных нам Национальным Департаментом мониторинга по окружающей среде нашего Министерства. Эти данные отражают концентрации сульфат – и нитрат ионов в составах проб дождевых вод, собранных в наблюдательных пунктах, охватывающих разные регионы нашей республики.

**Таблица 1. Концентрация сульфат иона в составе дождей, выпадающих на территорию различных регионов Азербайджана.**

| №  | Территории | Количество дождей, мм | Количество SO <sub>4</sub> в составе дождей, мг/л |                 |                 |                    |        |        |
|----|------------|-----------------------|---|-----------------|-----------------|--------------------|--------|--------|
|    |            |                       | средне годовое                                    | средне месячное | сумма за 15 лет | В каждой пятилетке |        |        |
|    |            |                       |   |                 |                 | I                  | II     | III    |
| 1  | 2          | 3                     | 4   | 5               | 6               | 7                  | 8      | 9      |
| 1  | Баку       | 198                   | 348.4   | 41.7            | 5225.3          | 1460.5             | 1527.9 | 2410.9 |
| 2  | Сумгайыт   | 160                   | 753.3   | 87.8            | 10547.1         | 3303.6             | 2690.4 | 3552.6 |
| 3  | Лянкаран   | 1280                  | 86.1  | 9.4             | 1292.1          | 425.4              | 351.6  | 515.1  |
| 4  | Хачмас     | 301                   | 199.6   | 19.6            | 1197.8          | -                  | -      | -      |
| 5  | Акстафа    | 360                   | 180.8   | 20.5            | 2712.7          | 603.5              | 586.2  | 1897.5 |
| 6  | Гянджа     | 248                   | 158.2   | 15.9            | 2373.3          | 808.9              | 390.1  | 874.4  |
| 7  | Мингячевир | 309                   | 71.6  | 7.6             | 1074.2          | 431.7              | 255.4  | 387.1  |
| 8  | Нефтчала   | 294                   | 150.6   | 16.8            | 2260.3          | 935.6              | 594    | 730.7  |
| 9  | Губа       | 510                   | 256.9   | 25.3            | 3853.7          | 997.7              | 770.7  | 2085.3 |
| 10 | Габала     | 948                   | 226.3   | 21.8            | 3394.6          | 1469.3             | 1462.8 | 462.6  |
| 11 | Шеки       | 405                   | 154.7   | 15.1            | 2320.8          | 1017.3             | 1108.7 | 193.8  |
| 12 | Нахчыван   | 160                   | 151.8   | 30.7            | 1214.8          | 771.8              | 443.0  | 0.0    |

Данная статья посвящена сравнительному изучению динамики изменений состава дождей по концентрациям сульфат – и нитрат ионов в зависимости от загрязненной характеристики территорий различных регионов Азербайджана. С этой целью нами были рассчитаны среднемесячные, годовые, пятилетние и суммы за 15 лет количеств сульфат – и нитрат ионов в составе дождей. Полученные данные расчетов проводятся в таблице 1 и 2.

Данные, приведенные в таблице 1, показывают, что в составе дождей выпадающих на территории различных регионов Азербайджана, концентрации сульфат-иона приобретают различные значения. Так, например, на территорию Сумгайыта выпадают дожди, в составе которых среднемесячные концентрации этого иона за 15 лет составляет ~90 мг/л, тогда на территории Лянкаран наблюдаются дожди, в составе которых среднемесячная концентрация остатка серной кислоты за 15 лет доходит до 10-15 мг/л.

В составе дождей, пробы которых отобраны на территориях различных пунктах наблюдений, среднегодовая концентрация на высоких уровнях наблюдалась на территории Сумгайыта (~800 мг/л), а на низкие уровни концентраций наблюдались в составе выпадающих на территорию Мингечевира дождей (~72 мг/л). Суммы за 15 лет и по пятилеткам содержащихся в составе дождей концентрации сульфат-иона самые высокие значения приобретают опять-таки на территории Сумгайыта. Все это показывает, что на территорию Сумгайыта выпадают значительно сильно загрязненные сульфат-ионами дождей.

Из данных таблицы 2 ясно видно, что высокие уровни среднегодовых, среднемесячных, суммы за 15 лет и по пятилеткам за 15 лет концентраций остатка азотной кислоты, т.е. нитрат-иона, наблюдаются в составе дождей, выпадающих на территории Сумгайыта, Хачмаса, Акстафы и Губы, а низкие уровни обнаруживаются в составе дождей, выпадающих на территории Мингечевира и Шеки.

**Таблица 2. Концентрация нитрат-иона в составе дождей, выпадающих на территорию различных регионов Азербайджана**

| №  | Территории  | Количество дождей, мм | Количество NO в составе дождей, мг/л |                 |                 |                    |       |        |
|----|-------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-------|--------|
|    |             |                       | средне годовое                       | средне месячное | сумма за 15 лет | В каждой пятилетке |       |        |
|    |             |                       |                                      |                 |                 | I                  | II    | III    |
| 1  | 2           | 3                     | 4                                    | 5               | 6               | 7                  | 8     | 9      |
| 1  | Баку        | 198                   | 81.1                                 | 9.2             | 1217.2          | 176.2              | 196.2 | 844.9  |
| 2  | Сумгайыт    | 160                   | 148.8                                | 16.0            | 2083.7          | 435.5              | 491.2 | 1157.0 |
| 3  | Лянкаран    | 1280                  | 47.0                                 | 12.6            | 705.3           | 60.8               | 69.7  | 574.4  |
| 4  | Хачмас      | 301                   | 136.3                                | 13.1            | 817.8           |                    |       |        |
| 5  | Акстафа     | 360                   | 133.7                                | 17.1            | 2005.8          | 468.4              | 704.8 | 832.6  |
| 6  | Гянджа      | 248                   | 90.3                                 | 9.2             | 1354.7          | 194                | 260.5 | 870.23 |
| 7  | Мингечевира | 309                   | 76.9                                 | 8.4             | 1153.9          | 149.2              | 119.6 | 884.1  |
| 8  | Нефгчала    | 294                   | 69.1                                 | 7.8             | 1036.6          | 260.9              | 194.9 | 580.8  |
| 9  | Губа        | 510                   | 123.1                                | 11.8            | 1846.6          | 404                | 516.9 | 925.7  |
| 10 | Габала      | 948                   | 73.0                                 | 6.7             | 1096.3          | 220.0              | 337.3 | 610.1  |
| 11 | Шеки        | 405                   | 61.4                                 | 6.0             | 922.1           | 199.0              | 223.1 | 500.1  |
| 12 | Нахчыван    | 160                   | 23.6                                 | 3.3             | 142.1           | 111.4              | 30.7  | 0.0    |

Результаты проведенных нами исследований показывают, что в составе выпадающих на различные регионы Азербайджана дождей динамика изменений концентраций загрязнителей, т.е. кислотных остатков, состоящих из сульфат–и нитрат ионов зависит не только от трансграничных переносов, но также зависит от степени местной загрязненности атмосферного воздуха различных регионов кислотообразующими химическими веществами антропогенного происхождения.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Ю. А. Израель. Кислотные дожди. Л. Гидрометиздат, 1989.
2. Дж. Х. Гибсон. Кислотные выпадения. Л. Гидрометиздат, 1990.
3. Т. Котедзи. Кислотные дожди, их образования и влияние. Пер. с японского. ВЦП № Г-38205 1982.
4. Global Acid deposition Assessment (Edited by D. M. Vhelpdale and M. S. Kaiser) WMO-TD № 777 1996.

5. Ш.П.Байрамов, Ф.С.Дадашева. Об исследовании экосостава выпадающих на территорию Азербайджана дождей. Материалы научно-технической конференции «Актуальные проблемы гидрометеорологии и экологии». Тбилиси, 2011. стр.
6. Ш.П.Байрамов, Ф.С.Дадашева. Об исследовании экосостава дождей, выпадающих на территорию различных регионов Азербайджана. Материалы научной конференции «Почвы Азербайджана». Баку-Габала, 2012, стр. 174-177.

UDC 551.5

**COMPARATIVE RESEARCH OF THE RAINS.ECOCOM POSITION OF RAINS, FALLING ON DIFFERENT REGIONS OF AZERBAIJAN/**Bayramov SH. P., Dadashova F.S./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.235-237 - Russ.; Summ. Eng., Russ

Today the falling of acid rains on Earth's surface has become hugely distributed negative event, which results in essential acidification of the environment and important ecological changes on the territory of many world countries. Reasons of the forming of acid rains are the sulphureous gas and nitrogen dioxide, which are emitted into the atmosphere by different industry enterprise, heat power stations and auto transport means. Exactly, regarding to this reason acid rains as a hazard appearance for the ecosystem have been distinguished in the range of global problems and it is on the center of ecologists attention.

Basing on abovementioned it is possible to assume that the acid rains falling problem exists in our region, too, they can remain hydrogen ions on Earth's surface, which are characteristic to acid rains.

Therefore we consider the holding of scientific research works to study the ecomposition of rains, falling on our territory, is expedient.

In the report, which will be presented in the conference, there will be reflected our obtained results on researches over last years. Dedicated to the comparative study of the change dynamics of the change dynamics of the sulphate- and nitrate-ions concentration in the composition of rains, falling on different regions of Azerbaijan.

On the base of these researches there have been defined that in rains, falling on different regions of the country mean monthly, mean annual, total of 15 years and five-year concentrations of sulphate and nitrate –ions are importantly discerned. Consequently, the change dynamic of the concentration of these ions in rains differs depend on polluted atmosphere air of regions.

The report will be accompanied by corresponding tables and schedules.

УДК 551.5

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОСОСТАВА ДОЖДЕЙ ВЫПАДАЮЩИХ НА РАЗЛИЧНЫЕ РЕГИОНЫ АЗЕРБАЙДЖАНА/**Байрамов Ш. П., Дадашова Ф.С./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.235-237 - Рус., Рез. Англ., Рус.

Выпадение кислотных дождей на постилающую поверхность Земли, причины образования которых являются выбрасываемые различными промышленными предприятиями, теплоэлектроцентрами, а также автотранспортными средствами в атмосферу сернистый газ и диоксид азота в настоящее время стало широко распространенным негативным явлением, приводящим существенному закислению природной среды и значительным экологическим изменениям на территории многих стран мира. Именно в этой связи кислотные дожди как опасное явление для экосистем, входит в ряды глобальных проблем, и находятся в центре внимания экологов.

В представленном на Конференцию докладе будут отражены полученные результаты проведенных нами в последние годы исследований, посвященных сравнительному изучению динамики изменений концентраций сульфат и нитрат ионов в составах дождей, выпадающих на различные регионы Азербайджана.

На основании этих исследований были определены, что в дождях, выпадающих на различные регионы страны, среднемесячные, среднегодовые, суммы за 15 лет и пятилетние концентрации сульфат и нитрат ионов значительно различаются. Следовательно, динамики изменений концентрации этих ионов в дождях отличаются в зависимости от загрязнения атмосферного воздуха регионов.

უღკ 552.482.14

### საქართველოს ძირითადი ტრანსსასაზღვრო მდინარეების ეკოლოგიური მდგომარეობა და მათი კლასიფიკაცია

ნ.ბუაჩიძე\*, ლ.ინწკირველი\*, გ.კუჭავა\*, ე.ბაქრაძე\*\*,  
ნ.ბეგლარაშვილი\*, ლ.გვერდწითელი\*\*\*

\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი

\*\* გარემოს ეროვნული სააგენტო, თბილისი

\*\*\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი

ზედაპირული წყლების ეკოქიმიური და ბიოლოგიური მონიტორინგი და წყლის ხარისხის კონტროლი ერთადერთი საშუალებაა, რომლითაც მოწმდება ეკოსისტემის რეალურად არსებული ეკოლოგიური მდგომარეობა. ეს პრობლემა განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია ჩვენი ქვეყნისათვის დღეს, რადგან საქართველოში შეიცვალა ეკოსისტემებზე ანთროპოგენული ზემოქმედების ინტენსიურობა და ხასიათიც.

დაკვირვების ობიექტად შერჩეულია მდ.მტკვარი და მისი ზოგიერთი შენაკადი (ლიახვი, იორი, ალაზანი, ხრამი), რადგან ისინი წარმოადგენენ აღმოსავლეთ საქართველოს წყლის ძირითად არტერიას, მიედინებიან მჭიდროდ დასახლებულ ეკონომიკურად განვითარებულ რეგიონებში და ამავე დროს წარმოადგენენ ტრანსსასაზღვრო მდინარეებს. მდ. მტკვარზე ჩატარებულია მრავალი კვლევა სხვადასხვა საერთაშორისო პროექტების მეშვეობით, რომელთა საშუალებით ჩვენს ხელთ აღმოჩნდა მრავალწლიანი მონაცემები, რამაც საშუალება მოგვცა გაგვეკეთებინა ღრმა ანალიზი და მიგვეღო საინტერესო შედეგები.

აუზის სრული ჰიდროეკოქიმიური დახასიათების მიზნით შესწავლილია მდინარეთა წყლები, მათი ტიპიკა ნატანი, ფსკერული ნალექები, მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგები. ძირითადი აქცენტი კეთდებოდა ბიოგენურ ნაერთებსა და მძიმე ლითონებზე. ამავედროულად ზედაპირული წყლების ყოველ სინჯში ლაბორატორიულ პირობებში ისაზღვრებოდა წყლის ხარისხის განმსაზღვრელი 30-მდე ინგრედიენტი. წყლის სინჯებში ჩატარებულია მიკრობიოლოგიური ანალიზიც (ეშერისულ ნაწლავურ ჩხირებზე, მიკრობთა საერთო რაოდენობაზე, ფეკალური სტრეპტოკოკებისა და მიკრობთა საერთო რაოდენობაზე). საანალიზო სინჯების აღების წერტილები წარმოდგენილია ნახაზზე 1.



ნახ.1. დაკვირვების პუნქტების განაწილების სქემა მდ.მტკვარსა და მის შენაკადებზე

წყლის ყოველ ნიმუშში მობილური აპარატით “HORIBA” ვზომავდით ფიზიკო-ქიმიურ მაჩვენებლებს (ტემპერატურა ( $^{\circ}\text{C}$ ); მარილიანობა (%); კონდუქტივითი (მსმ/სმ); pH (წყალბადი-ონთა კონცენტრაცია); გახსნილი ჟანგბადი (მგ/ლ, %); ტურბიდიმეტრია (NTU); TDS (მგ/ლ); პოტენციომეტრია (mv).

ზედაპირული წყლების ნიმუშებს ვიღებდით და ვინახავდით ჰიდროქიმიურ ლიტერატურაში მითითებული მეთოდების შესაბამისად. ნიმუშებში ყველა ტიპის ქიმიური თუ მიკრობიოლოგიური ანალიზები ჩატარებულია თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით, რომლებიც პასუხობენ და შესაბამისობაში მოდიან ევროპულ სტანდარტებთან [1,2,3]. ცხრ.1-ში წარმოდგენილია მდ.მტკვრის აუზის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების სიდიდეები.

**ცხრილი 1. მდ.მტკვრის და მისი ზოგიერთი შენაკადის წყლის საშუალოწლიური ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებლები (2010–2012წ.წ.)**

| დასახელება                      | მტკვარი (ხერთვისი) | მტკვარი (ბორჯომი) | სურამულა (ხაშური) | მტკვარი (გორი) | ლიახვი (გორი) | ქურა (კასპი) | არაგვი (ყინვალდი) | მტკვარი (თბილისი) | მტკვარი (გაჩიანი) | მტკვარი (რუსთავი) | ხრამი (წითელი ხიდი) | იორი (თიანეთი ზედა) | ალაზანი (შაქრიანი) | იორი (სართი-ჭალა ქვედა) |
|---------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|---------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| გამჭვირვა-ლობა, სმ              | 22                 | 13                | 33                | 15             | 30            | 34           | 36                | 4                 | 8                 | 7                 | 16                  | 20                  | 25                 | 21                      |
| pH                              | 8.50               | 7.99              | 7.65              | 8.76           | 8.14          | 8.36         | 8.68              | 8.01              | 8.00              | 7.90              | 8.53                | 8.29                | 7.90               | 8.55                    |
| ტემპერატურა, $^{\circ}\text{C}$ | 6.7                | 6.6               | 7.0               | 7.5            | 8.5           | 9.6          | 9.9               | 26.5              | 26.4              | 26.7              | 25.5                | 23.3                | 20.0               | 21.0                    |
| გახსნილი ჟანგბადი, მგ/ლ         | 6.2                | 7.0               | 6.8               | 6.9            | 7.9           | 6.5          | 6.8               | 6.70              | 6.20              | 7.50              | 8.55                | 8.61                | 9.93               | 9.07                    |
| ელექტრო-გამტარობა, სმ/სმ        | 320                | 310               | 280               | 214            | 198           | 208          | 220               | 403.2             | 470.7             | 520.4             | 587.0               | 120.0               | 34.0               | 88.0                    |

მიღებული მონაცემების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ჩვენს მიერ შესწავლილ რეგიონში, წყლის ხარისხი ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით, დამაკმაყოფილებელია (ცხრ.1).

ჩატარებული სრული ჰიდროქიმიური ანალიზის შედეგები კი გვჩვენებს, რომ მდ.მტკვრის წყალში დინების მიმართულებით (ხერთვისი-რუსთავი) მთავარი კათიონების შემცველობები მატულობს, პრაქტიკულად არ აჭარბებს შესაბამის ზღა-ს და შესაბამისად მერყეობს დიაპაზონში:

- $\text{K}^+$ -სთვის 0.9 (ბორჯომი) – 2.1 (წითელი ხიდი) მგ/ლ;
- $\text{Na}^+$ -სთვის 4.0 (გორი) – 29.4 (წითელი ხიდი) მგ/ლ;
- $\text{Mg}^{++}$ -სთვის 5.0 (ბორჯომი) – 8.4 (გაჩიანი) მგ/ლ;
- $\text{Ca}^{++}$ -თვის 23.0 (ბორჯომი) – 59.0 (გაჩიანი) მგ/ლ.

წყალში  $\text{Na}^+$ -ის მაღალი კონცენტრაციები  $\text{K}^+$ -ის შემცველობებთან შედარებით (თითქმის 10-ჯერ აღემატება) აიხსნება იმით, რომ  $\text{K}^+$  არის მეტად აუცილებელი პროდუქტი მცენარეთა საფარისათვის და იგი აითვისება უფრო დიდი ინტენსივობით ვიდრე  $\text{Na}^+$ , ასევე  $\text{K}^+$  უფრო მტკიცეაა შთანთქმული ნიადაგში არსებულ კომპლექსებში. ხოლო, რაც შეეხება  $\text{Ca}^{++}$ -ის შემცველობის მატებას წყალში დინების მიმართულებით, აიხსნება საქართველოს ნიადაგების სპეციფიკურობით (ანუ ნიადაგში  $\text{Ca}^{++}$ -ის მაღალი შემცველობით) და შესაბამისად მათი წყალში გახსნისას იზრდება კონცენტრაციებიც.

ანიონთაგან  $\text{SO}_4^{2-}$ -ისა და  $\text{Cl}^-$ -ის იონების შემცველობებიც მდ.მტკვრის წყალში ნაკლებია მათ ზღა-ზე, თუმცა მათი კონცენტრაციები მდინარის დინების მიმართულებით (ხერთვისი-წითელი ხიდი) საკმაოდ იზრდება (განსაკუთრების ეს ითქმის სულფატონებზე).

მნიშვნელოვან კომპონენტებს წარმოადგენენ ბიოგენური ელემენტები (აზოტი, ფოსფორი), რომლებიც ასახავენ ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხს და არიან მათი ინდიკატორები. განსაკუთრებით საინტერესოა მათი ცალკეული ფორმების ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) შემცველობების კონტროლი წყალში, რომლებიც ახასიათებენ ისეთი პროცესების გაძლიერებას, როგორცაა ფეკალური დაბინძურება, ევტროფიკაცია, გამოწვეული კომუნალური და სასოფლო-

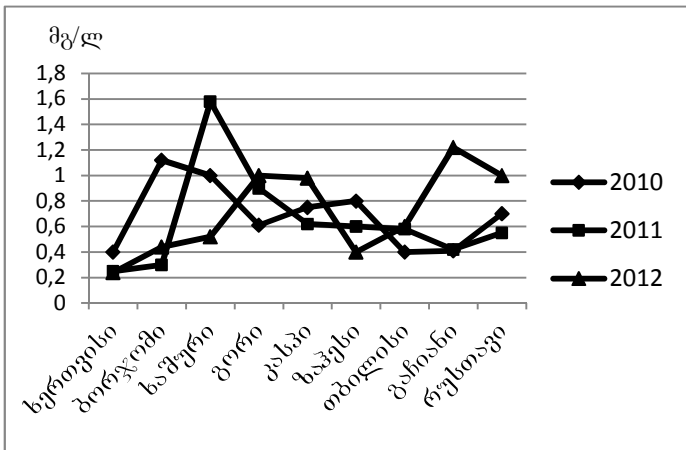
სამეურნეო ჩამდინარე წყლების ჩაშვებებით მდინარეში. საქართველოს ფონზე ამ კომპონენტების კონტროლი იძენს განსაკუთრებულ მნიშვნელობას, რადგან მდ.მტკვარში ჩამდინარე კომუნალური წყლების 80-90% აღარ ექვემდებარება როგორც მექანიკურ, ასევე ბიოქიმიურ გაწმენდას

ნახაზზე 2 გრაფიკულად გამოსახულია ამონიუმის იონის შემცველობების ცვლილების დინამიკა მდ.მტკვრის წყალში (რომლითაც მდ.მტკვრის აუზი აღმოჩნდა ყველაზე მეტად დაბინძურებული).

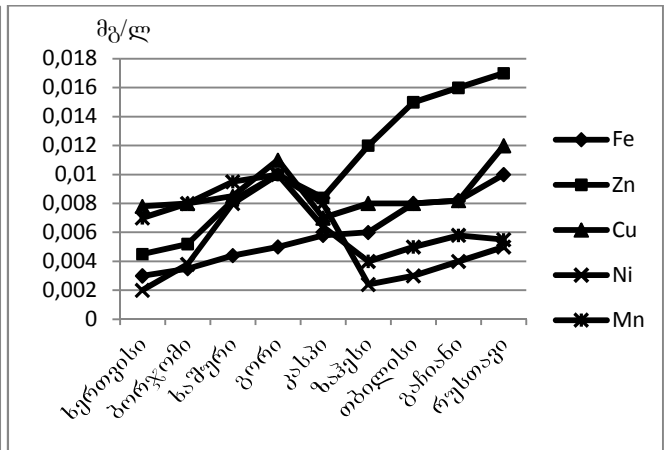
როგორც ვხედავთ (ნახ.2), აზოტის ფორმებიდან მხოლოდ ამონიუმის იონის შემცველობა აჭარბებს შესაბამის ზღვ-ს. ეს ტენდენცია განსაკუთრებით აღინიშნება ზაფხულის წყალმცირობის პერიოდში, როცა ამ იონის კონცენტრაციის მატება იწყება უკვე ქბორჯომიდან და მაქსიმუმს აღწევს თბილისი-რუსთავის მონაკვეთში. კერძოდ, თუ მისი შემცველობა გაზაფხულზე (აპრილი-მაისი) აღწევს 1,5 ზღვ-ს, წყალმცირობის პერიოდში (ზაფხული-შემოდგომის დასაწყისი) ის უკვე აჭარბებს 2-6 ზღვ-ც კი, რაც იმის მანიშნებელია, რომ მდ.მტკვარი მის ქვედა კვეთაში გზადაგზა ჭუჭყიანდება ფეკალიებით.

რაც შეეხება მძიმე ლითონებს, მათი ხსნადი ფორმების შემცველობები წყალში წლების მიხედვით იცვლება, თუმცა აქვე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ მათი კონცენტრაციები მცირეა და ვერ აღწევს მათ ზღვ-ს, რასაც განაპირობებს წყლის pH (6,5-8,5). ამ დიაპაზონში მიმდინარეობს მათი ჰიდროლიზი და ისინი ჰიდროქსიდების სახით ილექებიან ფსკერულ ნალექებში, ანუ გადანაწილდებიან წყალში შეტივნარებულ ნაწილაკებზე და სელიმენტებში.

ზოგიერთი მძიმე ლითონების კონცენტრაციების ცვლილების დინამიკა წყალში, მდინარის დინების მიმართულების მიხედვით მოცემულია ნახ.3-ზე.



**ნახ.2. ამონიუმის იონის საშუალო წლიური შემცველობები მდ.მტკვრის წყალში (2010-2012)**



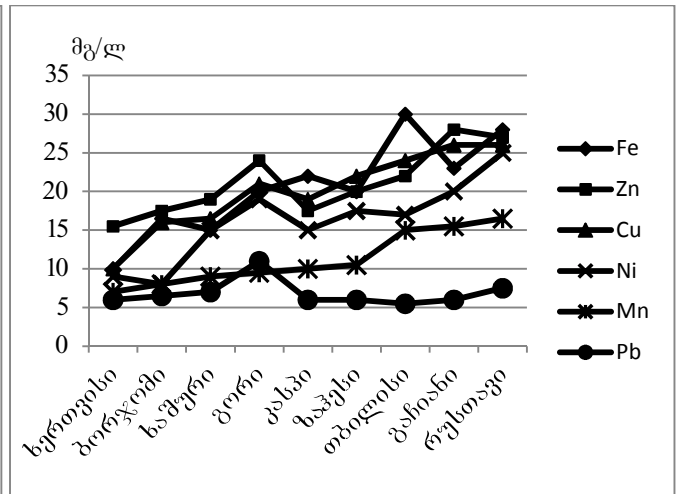
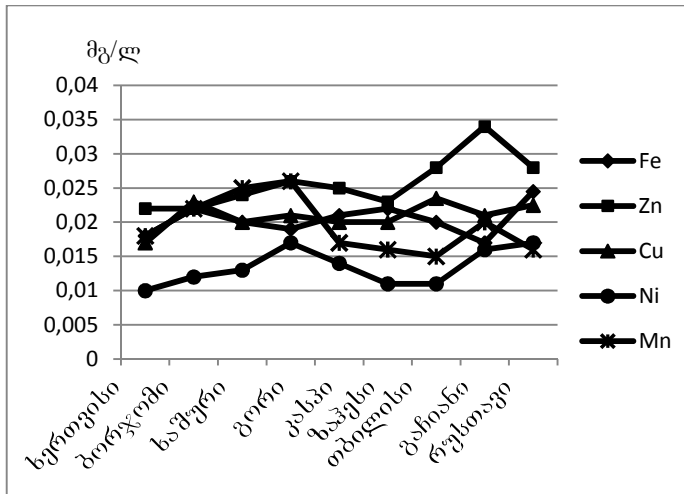
**ნახ.3. მძიმე ლითონების საშუალო წლიური შემცველობები მდ.მტკვრის წყალში (2010-2012)**

თვალნათლივ ჩანს, რომ ლითონების შემცველობები წყალში მატულობს დინების მიმართულების პარალელურად და განსაკუთრებით ეს ტენდენცია მკვეთრად გამოიხატება თუთიისა და სპილენძის შემთხვევაში.

გაცილებით მეტია მძიმე ლითონების შემცველობა ტივტივა ნატანში, წყლის ამ ფაზისათვის ზღვ-ს მნიშვნელობები არ არის შემუშავებული, ამიტომ ჩვენ შესაძარებლად ავირჩიეთ მათი კონცენტრაციები ხერთვისთან მიმართებაში და უნდა ითქვას, რომ ტივტივა ნატანზე აღსორბირებული მძიმე ლითონების კონცენტრაციები მცირედ მატულობს მდინარის დინების მიმართულებით. თუმცა მათი შემცველობა საგრძნობლად მეტია ტივტივა ნატანზე (50-70%) გახსნილ ფორმებთან შედარებით (ნახ.4).

მდინარის ფსკერულ ნალექებში მძიმე ლითონთა შემცველობა გაცილებით მეტია წყლის ფაზასთან შედარებით. მკვეთრად არის გამოხატული მდინარის დინების მიმართულებით მატების ტენდენცია, ყველა შემთხვევაში მათი მინიმალური კონცენტრაციები აღინიშნება დაბა ხერთვისში, მაქსიმუმები კი – ურბანიზაციის ცენტრებში (ნახ.5).

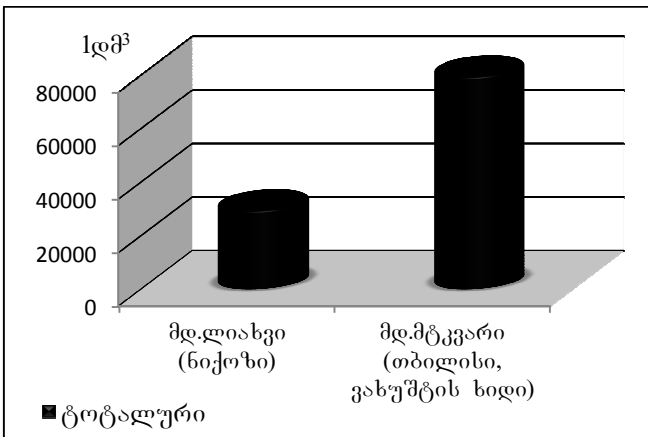




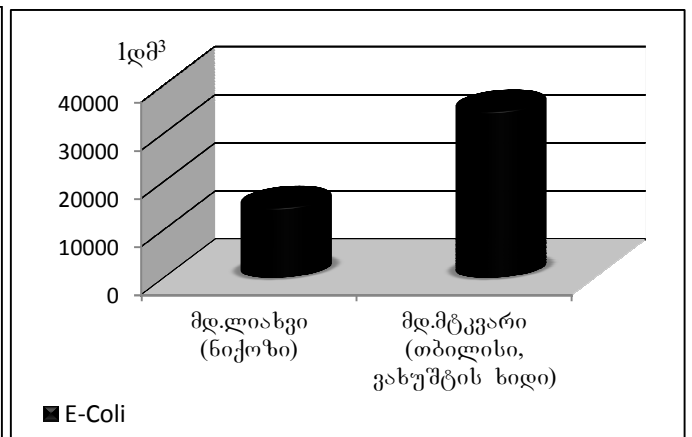
ნახ.4. მძიმე ლითონების საშუალო წლიური შემცველობები მდ.მტკვრის ნატანში, 2010-2012.

ნახ.5. მძიმე ლითონების საშუალო წლიური შემცველობები მდ.მტკვრის ფსკერულ ნალექში, 2010-2012.

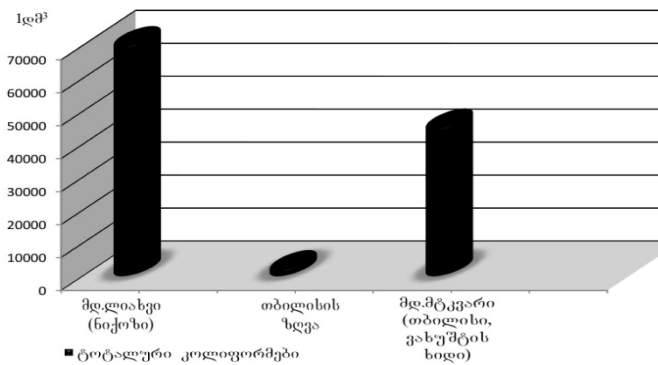
მდ.ლიახვისა და მდ.მტკვრის წყლის საანალიზო ნიმუშებში მემბრანულ-ფილტრაციის მეთოდის მეშვეობით შესრულებულ იქნა მიკრობიოლოგიური ანალიზი, ხოლო შესადარებლად (ფონური წერტილი) ასევე თბილისის ზღვის ნიმუშშიც. მიღებული შედეგები მოცემულია ნახაზზე 6-9.



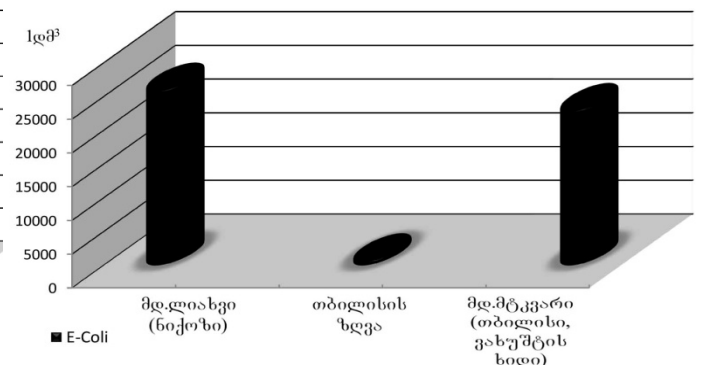
ნახ.6. ტოტალური კოლიფორმები (2010-2012)



ნახ.7. E-Coli (2010-2012)



ნახ.8. ტოტალური კოლიფორმები (2010-2012)



ნახ.9. E-Coli (2010-2012)

როგორც ვხედავთ, მდ.ლიახვის ზედა კვეთში, სადაც არის უკონტროლო ტერიტორია და გადმოდის ნიქოზის ტერიტორიაზე მდინარის წყალი, აღინიშნება ცხინვალის გავლენა რაც გამოიხატება იმაში, რომ მდინარე ბინძურდება ფეკალიებით. ანალოგიური სურათი იკვეთება ქ.თბილისში მდ.მტკვრის ერთ-ერთ დაკვირვების პუნქტთან ქალაქის ცენტრალურ ნაწილში (ვახუშტის ხიდის მისაღლოში).

ევროკავშირის ქვეყნების წყლის ჩარჩო დირექტივების (2000/60/EC) რეკომენდაციის [4-6] მიხედვით მდ.მტკვრის და მისი ზოგიერთი შენაკადის კლასიფიკაციის მინიჭების თვალსაზრისით, თვითოეული მათგანის მიმართ გამოანგარიშებულ იქნა ე.წ. წყლის დაბინძურების ინდექსი (S) არანაკლებ 6 ან 7 ჰიდროქიმიური მაჩვენებლის (ინდიკატორის) გამოყენებით. დაბინძურების ინდექსი გამოითვლება შემდეგი განტოლებით:

$$s = \sum_{i=1}^N \frac{z_i}{N} \quad (1)$$

შერჩეული ინდიკატორების ნუსხა მოცემულია ცხრილში 2 და 3:

| ცხრ.2. მდ.მტკვრის და მისი შენაკადების შერჩეული ინდიკატორები |         | ცხრ.3. მდ. ხრამისა და მაშავერას შერჩეული ინდიკატორები |            |
|---|---------|---|------------|
| ინდიკატორი  | ზღვ     | ინდიკატორი  | ძღვ (მგ/ლ) |
| PH  | 7.5-8.5 | PH  | 7.5-8.5    |
| DO  | 4-6     | DO  | 4-6        |
| უბმ <sub>5</sub>  | 3       | უბმ <sub>5</sub>                                      | 3          |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                                | 1.1     | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                          | 1.1        |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                                | 10      | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                          | 10         |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                                | 0.39    | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                          | 0.39       |
| NH <sub>3</sub>   | 0.05    | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>                         | 3.5        |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>                               | 3.5     | Fe  | 0.3        |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                               | 500     | Zn  | 1          |
| Cl  | 350     | Cu  | 1          |

ცხრ.4. მდ.მტკვრის სეგმენტებისათვის მინიჭებული ხარისხის კლასიფიკაციები

| მდ.მტკვარი       | დაბინძურების ინდექსი | წყლის ხარისხის კლასი |
|------------------|----------------------|----------------------|
| სათავე-ხერთვისი  | 0.42                 | 1                    |
| ხერთვისი-ბორჯომი | 0.54                 | 1                    |
| ბორჯომი-გორი     | 0.61                 | 1                    |
| გორი-ზაპესი      | 0.64                 | 1                    |
| ძაპესი-გაჩიანი   | 0.67                 | 1                    |
| გაჩიანი-რუსთავი  | 0.70                 | 1                    |

ცხრ.5. მდ.მტკვრის ზოგიერთი შენაკადებისათვის წყლის ხარისხის კლასიფიკაციები

| მდინარე                | დაბინძურების ინდექსი | წყლის ხარისხის კლასი | ფერადი კოდი                    |
|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| მაშავერა (ზედა კვეთი)  | 0.64                 | 1                    | სუფთა (მწვანე)                 |
| მაშავერა (ქვედა კვეთი) | 2.18                 | 3                    | დაბინძურებული (ნარინჯისფერი)   |
| ხრამი                  | 0.76                 | 1                    | სუფთა (მწვანე)                 |
| შურამელა               | 1.30                 | 2                    | მცირედ დაბინძურებული (ყვითელი) |
| ლიახვი (ზედა კვეთი)    | 1.66                 | 2                    | მცირედ დაბინძურებული (ყვითელი) |
| ლიახვი (ქვედა კვეთი)   | 0.82                 | 1                    | სუფთა (მწვანე)                 |
| ალაზანი (შაქრიანი)     | 0.52                 | 1                    | სუფთა (მწვანე)                 |
| არაგვი                 | 0.47                 | 1                    | სუფთა                          |

ჩატარებული გამოკვლევის შედეგად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მდ.მტკვრის და მისი შენაკადების წყლების ხარისხი უარესდება მათი დინების მიმართულებით და ეს ტენდენცია გამორჩეულად თავს იჩენს წყალმცირობის პერიოდში. მდ.მტკვრის აუზის ზოგიერთი სეგმენტი იმყოფება ფეკალური დაბინძურების ქვეშ. იდენტიფიცირებულია მდ. მტკვრის „სუფთა“, „მცირედ დაბინძურებული“ და „დაბინძურებული“ შენაკადები. შეგვიძლია ვთქვათ, რომ საქართველოს ძირითადი ტრანსსასაზღვრო მდინარეების ეკოქიმიური მდგომარეობა დღეს შედარებით ნორმის ფარგლებშია, მაგრამ აუცილებელია მათზე ანთროპოგენური დატვირთვის მკაცრი კონტროლი.

### ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. Г.С. Фомин. Вода: Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник, «Протектор», М., 2010.
2. Г.С. Фомин. Почва: Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. Справочник. «ВНИИстандарт», М., 2000.
3. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Под ред. А.Д. Семёнова. »Гидрометеиздат», Л., 1997.
4. წყლის ჩარხო დირექტივის (2000/60/EC) განხორციელების ერთიანი სტრატეგია. (TACIS/2007/134-398).
5. ევრიკავშირი. წყლის ჩარხო დირექტივა (2000/60/EC). (TACIS/2007/134-398).
6. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. /Под ред. Т.В. Гусевой/- М.: ФОРУМ: ИНФРА- М, 2010.

უაკ: 552.482.14

**საქართველოს ძირითადი ტრანსსასაზღვრო მდინარეების ეკოქიმიური მდგომარეობა და მათი კლასიფიკაცია/ნ.ბუაჩიძე, ლ.ინტსკირველი, გ.კუჩავა, ე.ბაკრადე, ნ.ბეგლარაშვილი/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული. -2013,-ტ.118. გვ.238-243- ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

გამოკვლეულია მდ. მტკვრის, იორის, ალაზნისა და ხრამის მიკრობიოლოგიური და ჰიდროქიმიური შეფასებები. ანალიზები ინგრედიენტებზე ჩატარებულია როგორც ხსნად ფორმაში ასევე ფსკერულ ნალექებში და ტივტივა ნატანში. დადგენილია ზოგიერთი დამაბინძურებელი კომპონენტის შემცველობის მატების დინამიკა მდინარეების დინების მიმართულებით. მინიჭებულია თითოეულ მდინარისთვის შესაბამისი კლასიფიკაცია ჰიდროქიმიური ინდექსების გამოყენებით.

UDC 552.482.14

**GEORGIAN MAJOR TRANSBOUNDARY RIVERS ECO-BIO-CHEMICAL CONDITIONS AND THEIR CLASSIFICATION/Buachidze N., Intskirveli I., Kuchava G., Bakradze E., Beglarashvili N. /Transaction of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University.-2013,-T.118. pp.238-243- Georg. Summ. Georg., Eng., Russ.**

Were Investigated the river. Kura, Iori, Alazani and Khrami was made microbiological and hydrochemical evaluations. The analysis on ingredients was done as in salvation form in bottom sediments and float. Were established some growth dynamics of the pollutant concentrations of the component in the direction of flow of the rivers. Was conferred appropriate classification for each river using hydro-chemical indexes.

УДК 552.482.14

**КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭКОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОСНОВНЫХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК ГРУЗИИ/Буачидзе Н., Интскирвели И., Кучава Г., Бакрадзе Е., Бегларашвили Н./Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии.-2013.-т.118.-с.238-243 -Груз., Рез. Груз., Анг., Рус.**

Проведена микробиологическая и гидрохимическая оценка рек Мтквари, Иори и Алазани. Анализ на ингредиенты проведены как в растворенных, так и в донных отложениях и взвешенных формах. Установлена тенденция увлечения некоторых загрязняющих компонентов вдоль течения рек. Изучаемым рекам присвоена соответствующая классификация с использованием гидрохимических индексов.

უაკ 543.3:628.19

## საქართველოს ტერიტორიაზე მდ. მტკვრის ანთროპოგენული დატვირთვის შეფასება

მდივანი ს.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

მდ. მტკვრის თანამედროვე ჰიდროქიმიურ მდგომარებას განაპირობებს როგორც ბუნებრივი, ისე ანთროპოგენული პროცესები. დროთა განმავლობაში იცვლება როგორც ბუნებრივი, ისე ანთროპოგენული ფაქტორების ინტენსივობა და სახე. მიუხედავად იმისა რომ საქართველოს ფარგლებში მდ. მტკვრის წყალი სასმელად არ გამოიყენება, იგი ფართოდ მოიხმარება როგორც სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების მოსარწყავად, თევზსაშენ მეურნეობაში და მრეწველობაში (ქიმიურ და მეტალურგიულ საწარმოებში). ამიტომ დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს მდ. მტკვრის წყლის ხარისხის კონტროლს. ეს უკანასკნელი კი ფასდება სხვადასხვა ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით, რომელთა დინამიკა წლების მიხედვით გარკვეულწილად გვიჩვენებს წყლის ხარისხის ცვლილების დინამიკასაც. ამიტომ აუცილებელია მდინარე მტკვრის ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების სისტემატიური შესწავლა.

მდ. მტკვარი ხასიათდება საშუალო მინერალიზაციითა და სუსტი ტუტე არით. ძირითად იონებს წარმოადგენენ ჰიდროკარბონატები ( $\text{HCO}_3^-$ ) და კალციუმი ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ხანდახან იზრდება სულფატ-იონების ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) შემცველობაც. გარდა ამისა გვხვდება ქლორის ( $\text{Cl}^-$ ), მაგნიუმის ( $\text{Mg}^{2+}$ ), ნატრიუმის ( $\text{Na}^+$ ) და კალიუმის ( $\text{K}^+$ ) იონებიც, რომელთა ჯამი მდინარის დინების მიმართულებით იზრდება და თავის მაქსიმუმს საქართველოში, სახელმწიფო საზღვართან აღწევს. ცვლილების დიაპაზონი საშუალოდ 130-დან 350 მგ/ლ-მდე ფარგლებში მერყეობს, მაგრამ არის გამონაკლისებიც, როცა იონთა ჯამი 440 მგ/ლ-საც აღწევს, რაც აიხსნება სხვადასხვა მინერალიზაციის მქონე შენაკადების ჩადინებით. განსაკუთრებით მკვეთრად იონთა ჯამი იზრდება ქ. თბილისის შემდეგ, რაც უდავოდ ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგია. ბიოგენურ ნაერთთაგან აზოტის არაორგანული ნაერთები: ამონიუმის ( $\text{NH}_4^+$ ), ნიტრატ ( $\text{NO}_3^-$ ) და ნიტრიტ ( $\text{NO}_2^-$ ) იონები ზედაპირული წლების, მათ შორის მტკვრის ხარისხის განმსაზღვრელი უმთავრესი კომპონენტებია.[1,2]

ჩვენს მთავარ ამოცანას წარმოადგენდა მდ. მტკვრის წყლის დამაბინძურებელ ნივთიერებათა თვისობრივი და რაოდენობრივი ცვლილებების გამოვლენა. შესწავლილ იქნა აგრეთვე მისი ყველაზე დაბინძურებული შენაკადი – სურამულა, რომელიც ბინძურდება ჩამდინარე კომუნალური წყლებით და პრობლემურია. კერძოდ, მდ. სურამულას არა მარტო მდ. მტკვრის წყლის ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესებაზე აქვს გავლენა, არამედ საკუთარი კალაპოტის მიმდებარე ჭაღისთვისაც, განსაკუთრებით კი შესართავთან არსებულ ტერიტორიებზე.

საანალიზო სინჯების აღება ხდებოდა დაკვირვების შემდეგ პუნქტებში: დაბა ხერთვისი, ხაშური (მდ.სურამულა), რუსთავი, წითელი ხიდი (მდ.ხრამი). აღებულ ნიმუშებში ისაზღვრებოდა წყლის ძირითადი ფიზიკო-ქიმიური მახასიათებლები[3,4] რომელთა გასაშუალოებული მნიშვნელობები წარმოდგენილია ცხრილში 1.

მდ.მტკვრის აუზის დაბინძურების ხარისხის დასახასიათებლად ჩვენს მიერ გამოყოფილ იქნა დამაბინძურებელ ინგრედიენტთა შემდეგი ჯგუფები: მთავარი კათიონები, მთავარი ანიონები, ბიოგენური ელემენტები, მძიმე ლითონები. ცხრილში 1 მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ მდ.მტკვრის წყალში დინების მიმართულებით (ხერთვისი-რუსთავი) 2009-2012 წლების განმავლობაში შესწავლილ მთავარი კათიონებისა და ანიონების შემცველობები მატულობდა, მაგრამ პრაქტიკულად არ აჭარბებდა შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს. თუ გადავხედავთ სტატისტიკურ მონაცემებს ბოლო 20 წლის განმავლობაში, აღმოვაჩინეთ, რომ მთავარი კათიონების შემცველობები მდ.მტკვრის წყალში ბოლო წლების განმავლობაში შედარებით მცირდება.

ძირითად პარამეტრებს წყლის ხარისხის დადგენის პროცესებში კათიონებთან ერთად წარმოადგენენ მთავარი ანიონებიც ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ) მათი კონცენტრაციების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ  $\text{SO}_4^{2-}$ -ისა და  $\text{Cl}^-$ -ის იონების შემცველობები მდ.მტკვრის წყალში ნაკლებია მათ ზდკ-ზე, თუმცა მათი კონცენტრაციები მდინარის დინების მიმართულებით (ხერთვისი-წითელი ხიდი) საკმაოდ იზრდება (განსაკუთრებით ეს ითქმის სულფატ-იონებზე). მიუხედავად იმისა, რომ ამ ორი ინგრედიენტის არსებობა წყალში მიუთითებს ზედაპირულ წყლებში ანთროპოგენულ დატვირთვაზე,

ჩვენ ვთვლით, რომ სულფატი-ონების კონცენტრაციის მატება მდ.მტკვარში მაჩვენებელია იმ ბუნებრივი ფონისა, რომელიც მდ.მტკვარს ახასიათებს მოცემულ ტერიტორიაზე. კერძოდ, მდინარის ქვედა წელში მიმდებარე ნიადაგის 70-80%-ს შეადგენს თაბაშირს –  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . მთავარი კათიონებისა და ანიონების შემცველობების მიხედვით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მდ.მტკვარი არის ჰიდროკარბონატული,  $Ca^{++}$ ის გამოკვეთილი შემცველობით, რაც შეესაბამება საქართველოს მოცემულ ტერიტორიაზე გრუნტის შემადგენლობას.

**ცხრილი 1. მდ. მტკვრის გასაშუალოებული ძირითადი ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებლები პუნქტების მიხედვით (2009-2012)**

| №  | პუნქტი<br>მახასბათებელი               | სოფ.<br>ხროვისი | ხაშური | რუსთავი | წითელი<br>ხიდი | საშუალო  | ზღკ  |
|----|---------------------------------------|-----------------|--------|---------|----------------|----------|------|
| 1  | ph                                    | 8,3             | 8,4    | 8,2     | 8,56           | 8,365    | ---  |
| 2  | ტემპერატურა, °C                       | 16,2            | 18,6   | 18,3    | 18,9           | 18       | ---  |
| 3  | გაზსნილი ჟანგბადი, მგ/ლ               | 6,8             | 6,7    | 7,7     | 7,5            | 7,175    | 4-6  |
| 4  | ელექტროგამტარობა, სმ/სმ               | 154             | 202    | 228     | 229            | 203,25   | ---  |
| 5  | ჟანგვა-აღდგენითი პოტენ-<br>ციალი, მ/ვ | 161             | 208    | 188     | 185            | 185,5    | ---  |
| 6  | ჟებმ, მგ/ლ                            | 1,61            | 5,3    | 3,26    | 1,99           | 3,04     | 3,0  |
| 7  | სიხისტე, მგ/ელექტ                     | 1,72            | 2,62   | 3,20    | 3,10           | 2,66     | ---  |
| 8  | კარბონატი, მგ/ლ                       | 4,2             | 5,14   | 4,6     | 4,4            | 4,585    | ---  |
| 9  | $O^2$ -გაჯერების ხარისხი, %           | 80,5            | 73,6   | 86,6    | 87,8           | 82,125   | ---  |
| 10 | ნიტრიტის აზოტი, მგ/ლ                  | 0,032           | 0,23   | 0,246   | 0,095          | 0,15075  | 1,0  |
| 11 | ნიტრატის აზოტი, მგ/ლ                  | 0,819           | 2,388  | 0,814   | 2,058          | 1,51975  | 10   |
| 12 | ამონიუმის აზოტი, მგ/ლ                 | 0,320           | 3,611  | 0,721   | 1,31           | 1,4905   | 0,39 |
| 13 | ფოსფატი, მგ/ლ                         | 0,101           | 0,336  | 0,229   | 0,079          | 0,18625  | 3,5  |
| 14 | სულფიტი, მგ/ლ                         | 13,19           | 26,1   | 65,34   | 78,51          | 45,785   | 500  |
| 15 | ქლორიდი, მგ/ლ                         | 5,02            | 10,02  | 7,0     | 8,7            | 7,685    | 350  |
| 16 | ჰიდროკარბონატები, მგ/ლ                | 118,2           | 182,3  | 191,9   | 199,5          | 172,975  | ---  |
| 17 | კალიუმი, მგ/ლ                         | 1,5             | 2,2    | 1,6     | 1,8            | 1,775    | 50   |
| 18 | ნატრიუმი, მგ/ლ                        | 12,4            | 19,3   | 20,7    | 22,1           | 18,625   | 200  |
| 19 | კალციუმი, მგ/ლ                        | 23,5            | 34,8   | 46,1    | 44,4           | 37,2     | 180  |
| 20 | მაგნიუმი, მგ/ლ                        | 6,5             | 9,1    | 10,1    | 9,2            | 8,725    | 40   |
| 21 | მინერალიზაცია, %                      | 0,2             | 0,3    | 0,3     | 0,3            | 0,275    | ---  |
| 22 | ზასნ, მგ/ლ                            | 0,008           | 0,071  | 0,075   | 0,021          | 0,04375  | 0,1  |
| 23 | რკინა, მგ/ლ                           | 0,0024          | 0,0508 | 0,0066  | 0,0168         | 0,01915  | 0,3  |
| 24 | თუთია, მგ/ლ                           | 0,0076          | 2,6431 | 0,0158  | 0,0250         | 0,672875 | 1,0  |
| 25 | სპილენძი, მგ/ლ                        | 0,0065          | 1,6598 | 0,0090  | 0,1376         | 0,453225 | 1,0  |
| 26 | ნიკელი, მგ/ლ                          | 0,0023          | 0,7394 | 0,0037  | 0,0061         | 0,187875 | 0,1  |
| 27 | ტყვია, მგ/ლ                           | 0,0013          | 1,6013 | 0,0036  | 0,0049         | 0,402775 | 0,03 |
| 28 | მანგანუმი, მგ/ლ                       | 0,0072          | 2,3444 | 0,0091  | 0,0098         | 0,592625 | 0,1  |

მნიშვნელოვან კომპონენტებს წარმოადგენენ ბიოგენური ელემენტები (აზოტი, ფოსფორი), რომლებიც ასახავენ ზედაპირული წყლების დაბინძურების ხარისხს და არიან ანთროპოგენული დატვირთვის ინდიკატორები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მათი ცალკეული ფორმების ( $NO^2-$ ,  $NO^3-$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^3-$ ) შემცველობების კონტროლი წყალში, რომლებიც ახასიათებენ ისეთი პროცესების გაძლიერებას, როგორცაა ფეკალური დაბინძურება, ევტროფიკაცია, გამოწვეული კომუნალური და სასოფლო-სამეურნეო ჩამდინარე წყლების ჩაშვებით მდინარეში. საქართველოში ამ კომპონენტების კონტროლი განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს, რადგან მდ.მტკვარში ჩამდინარე კომუნალური წყლების 80-90% აღარ ექვემდებარება როგორც მექანიკურ, ასევე ბიოქიმიურ გაწმენდას.

როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, ნიტრიტ-იონის კონცენტრაციები მდ.მტკვრის წყალში იზრდება დინების მიმართულებით, განსაკუთრებით მკვეთრად ქქ.თბილისისა და რუსთავის მონაკვეთში. კერძოდ, მათი კონცენტრაციები მოცემულ წერტილებში შესაბამის ზღკ-ს (0,02 მგ/ლ) აღე-

მატება 3-4-ჯერ. აღსანიშნავია, რომ ნიტრიტ-ინების საგანგაშოდ მაღალი კონცენტრაციები აღინიშნება მდ.სურამულას წყლებშიც, სადაც მათი შემცველობა აღემატება შესაბამის ზღვ-ს 10-20-ჯერ.

აუცილებელია აღვნიშნოთ, რომ ამონიუმის იონის კონცენტრაციები დაკვირვების პუნქტების უმეტეს ნაწილში აღემატება შესაბამის ზღვ-ს (0,39 მგ/ლ) 1,5-5-ჯერ. მათი მატება იწყება უკვე ბორჯომიდან და პიკს აღწევს თბილისსა და რუსთავში. განხილულ პერიოდში აზოტის ფორმების კონცენტრაციები მდ.მტკვრის წყალში ვარიირებდა შემდეგ დიაპაზონებში:

$\text{NO}_2^-$  - 0.006 (ხერთვისი) – 0.157 მგ/ლ (თბილისი) (ზღვ – 1,0 მგ/ლ);

$\text{NO}_3^-$  - 0.007 (ხერთვისი) – 0.208 მგ/ლ (თბილისი) (ზღვ – 10 მგ/ლ);

$\text{NH}_4^+$  - 0.184 (ხერთვისი) – 2.33 მგ/ლ (ხაშური) (ზღვ – 0,39 მგ/ლ).

მონაცემთა ანალიზი გვიჩვენებს, რომ დინების მიმართულებით მდ. მტკვრის წყლის ხარისხი მცირედ უარესდება.

**დასკვნა:** მრავალწიანი მასხალის ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მდ. მტკვრის წყლის ხარისხი დინების მიმართულებით უარესდება ყველა მაჩვენებლის მიხედვით, რაც მიგვითითებს რომ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ურბანიზაციის ცენტრებიდან ჩამდინარე წყლების ხარისხს და მათ გაწმენდას.

### ლიტერატურა–REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. Супаташвили Г.Д. - Гидрохимия Грузии (Пресные воды). Издательство Тбилисского Государственного Университета, Тбилиси, 2003.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. т.9. Закавказье и Дагестан. Вып.1. Западное Закавказье. Под редакцией В.Ш.Цома. Гидрометеиздат, Ленинград, 1974.
3. Унифицированные методы анализа вод. Москва, Химия, 1973.
4. Фомин Г.С., Фомин А.Г. – Вода. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. Справочник. Москва, 2001

#### შპკ 543.3:628.19

**საქართველოს ტერიტორიაზე მდ. მტკვრის ანთროპოგენული დატვირთვის შეფასება/ს.მდივანი/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.244-246-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.**

შესწავლილია მდ. მტკვრის ანთროპოგენული დატვირთვა სოფ. ხერთვისიდან წითელ ხიდამდე. გამოკვლეულია მდინარის ხსნადი, ატივარებული და ფსკერული ნალექების ფაზაში ზოგიერთი მძიმე ლითონის აგრეთვე ბიოგენური ნაერთების განაწილება. შეფასებულია წყლის ხარისხი ძირითადი ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებლების მიხედვით. დადგენილია, რომ მდ. მტკვრის წყლის ხარისხი მცირედ უარესდება დინების მიმართულებით.

#### UDC 543.3:628.19

**ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC LOADING ON THE R. KURA AT THE TERRITORY OF GEORGIA/ S. Mdivani/ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.244-246-Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ**

Anthropogenic loading on the R. Kura from vil. Khertvisi to the “Red Bridge” is examined. The content and distribution of some heavy metals and biogenic substances both in dissolved state and in suspended and bottom sediment form is studied. The quality of water is assessed according to main physical and chemical indices. It is derived that the quality of water in R. Kura significantly worsens downstream.

#### УДК 543.3:628.19

**ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА Р. КУРА НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ/ МДИВАНИ С.Г./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.244-246 -Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.**

Изучена антропогенная нагрузка на р. Кура от с. Хертвиси до п. Красный Мост. Исследовано содержание и распределение некоторых тяжёлых металлов и биогенных веществ как в растворённом состоянии, также во взвешях и донных отложениях. Оценено качество вод по основным физико-химическим показателям. Установлено, что качество воды в р. Кура заметно ухудшается вдоль течения.

უაკ: 504.4.054, 504.453

**ქ. თბილისის ტერიტორიაზე მდ.მტკვრის ძირითადი შენაკადების თანამედროვე ეკოქიმიური მდგომარეობის შეფასება**

მ. ტაბატაძე, ნ. დვალიშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

დღეისათვის საქართველოს მდინარეთა თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება მნიშვნელოვანია, რადგან ძირეულად შეიცვალა მოქმედ საწარმოთა სიმძლავრეები, ამასთან გაიხსნა ახალი სამრეწველო საწარმოებიც, ინტენსიურად იცვლება ქალაქის ინფრასტრუქტურა, რის შედეგად შეიცვალა საქართველოში ეკოსისტემებზე ანთროპოგენული ზემოქმედების ხასიათი. ამავე დროს, არსებული ეკონომიკური მდგომარეობის გამო, შემცირდა ჰიდროლოგიური და ჰიდროქიმიური მონიტორინგის ქსელში დაკვირვების წერტილები. ამ თვალსაზრისით, მეტად მნიშვნელოვანია ჩვენი დედაქალაქის ჰიდროლოგიური ქსელი.

ქ. თბილისის მიდამოებში მიედინება რამოდენიმე მცირე მდინარე, რომლებიც კვებავენ დედაქალაქის მთავარ წყლის არტერიას - მდ. მტკვარს და უშუალოდ იღებენ მონაწილეობას მის მარილოვან ბალანსში. ეკოქიმიური თვალსაზრისით, მცირე მდინარეები წარმოადგენენ გარემოს მნიშვნელოვან ობიექტებს, რადგან ანთროპოგენული გავლენის ინდიკატორია მით მეტია, რაც უფრო მცირეა წყლის ხარჯი. მიუხედავად მცირე ხარჯისა მათი გამოყენების ხარისხი და წილი მდ. მტკვრის წყლის ბალანსში საკმაოდ მაღალია. მდ. მტკვრის შენაკადების მორფომეტრული მახასიათებლები მოყვანილია ცხრილი 1-ში.

დღეისათვის კარგად არის შესწავლილი მდ. მტკვრის თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობა ქ. თბილისის მიდამოებში, მაგრამ სამწუხაროდ ძალზე დარიბი ინფორმაცია მოიპოვება მცირე მდინარეების შესახებ. ჩვენი სამუშაოს მიზანი იყო ქ. თბილისის წყლის მთავარი არტერიის მდ. მტკვრის შენაკადების დიდმისწყალი, ვერე, წავკისისწყალი, გლდანისხევი და ლოჭინი თანამედროვე ეკოქიმიური მდგომარეობის შეფასება მათზე ანთროპოგენული დატვირთვის გათვალისწინებით (ნახ. 1). ქ. თბილისის ტერიტორიები, სადაც ჩამოედინება მცირე მდინარეები, უყურადღებოდ არის მიტოვებული, ხშირად უშუალოდ მდინარეების ნაპირებზე განლაგებულია არალეგალური ნაგავსაყრელები. საწარმოთა უმრავლესობას და საყოფაცხოვრებო კოლექტორებს არ გააჩნიათ დაჭუჭყიანებული ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობები. ძირითადად არსებული გამწმენდი ნაგებობები აშენებული იქნა 1972-1986 წლებში და ამჟამად არ ფუნქციონირებენ.

**ცხრილი 1. მდ. მტკვრის შენაკადების მორფომეტრული მახასიათებლები [1]**

| მდინარე     | სიგრძე (კმ) | აუზის ფართობი (კმ <sup>2</sup> ) | შენაკადების რაოდენობა | წლიური ხარჯი მ <sup>3</sup> /წმ |
|-------------|-------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| ლოჭინი      | 30          | 207                              | 10                    | -                               |
| ვერე        | 34          | 200                              | 42                    | 0.98                            |
| დიდმისწყალი | 22          | 73                               | 17                    | 0.25                            |
| გლდანისხევი | 17          | 63                               | 9                     | 0.2                             |
| წავკისწყალი | 9           | 21                               | -                     | -                               |

საცხოვრებელი და სამრეწველო ობიექტები ქმნიან მძიმე ეკოლოგიურ პირობებს თბილისში ჩამოდინებული მცირე მდინარეებისათვის. დაჭუჭყიანების ძირითადი წყაროებია: კომუნალური კანალიზაცია, საწარმოო და სამედიცინო დაწესებულებების ჩამდინარე წყლები. დაჭუჭყიანების დიფუზიური წყაროებია: ჩამონადენები სასოფლო-სამეურნეო და საგზაო ფართობებიდან, საყოფაცხოვრებო პოლიგონებიდან და ნაგავსაყრელებიდან.

2013 წლის დასაწყისში ჩვენს მიერ განხორციელდა ზემოაღნიშნული მცირე მდინარეების ფიზიკურ-ქიმიური და ქიმიური პარამეტრების კონტროლი მდინარეების თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობის განსაზღვრის მიზნით [2]. მონიტორინგის გასაშუალოებული შედეგები მოყვანილია ცხრილებში 2-3.



ნახ. 1. ქ. თბილისში მდ. მტკვრის ძირითადი შენაკადები.

ცხრილი 2. ქ. თბილისის მცირე მდინარეების ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები (2013 წლის იანვარი-თებერვალი)

| მდინარე     | pH   | Cond, $\mu\text{S}/\text{სმ}$ | Sal, % | TDS, მგ/ლ | t°C  |
|-------------|------|-------------------------------|--------|-----------|------|
| ლოჭინი      | 7.75 | 1210                          | 0.6    | 720       | 10.5 |
| ვერე        | 7.35 | 983                           | 0.5    | 584       | 11.2 |
| დიდმისწყალი | 6.95 | 908                           | 0.5    | 540       | 10.8 |
| გლდანისხევი | 7.75 | 619                           | 0.3    | 368       | 9.8  |
| წავეისწყალი | 7.98 | 1063                          | 0.6    | 632       | 8.9  |

ცხრილი 3. ქ. თბილისის მცირე მდინარეების ზოგიერთი ჰიდროქიმიური მახასიათებელი (2013 წლის იანვარი-თებერვალი)

| მდინარე     | მგ/ლ                         |                              |                              |      | მგO <sub>2</sub> /ლ |      | უბმე მგO <sub>2</sub> /ლ |
|-------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------|---------------------|------|--------------------------|
|             | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | სორბ | PD                  | ქქმ  |                          |
| ლოჭინი      | 0.24                         | 14.6                         | 2.0                          | 2.05 | 2.3                 | 5.45 | 2.7                      |
| ვერე        | 0.4                          | 4.2                          | 20.2                         | 2.32 | 2.6                 | 6.2  | 3.1                      |
| დიდმისწყალი | 0.6                          | 5.2                          | 14.0                         | 2.5  | 2.4                 | 6.65 | 3.3                      |
| გლდანისხევი | 0.3                          | 5.0                          | 4.2                          | 2.1  | 2.2                 | 5.5  | 2.75                     |
| წავეისწყალი | 0.14                         | 18.6                         | 2.0                          | 2.85 | 3.2                 | 7.6  | 3.8                      |
| ზდკ         | 3.3                          | 45                           | 1.5                          | -    | 5                   | 15   | 4                        |

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ pH-ის მნიშვნელობა ყველა მდინარეში მერყეობს 6.9-8 ფარგლებში (ცხრ.2). ყველაზე ნაკლებად მინერალიზირებულია გლდანისხევის მდინარის წყალი (ცხრ.2), ხოლო ორგანული ნაერთებით ყველაზე მეტად გამდიდრებულია - წავეისწყალი (ცხრ.3). აზოტის ნაერთებიდან, ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის (ზდკ) გადაჭარბება შეინიშნება მხოლოდ ამონიუმის იონის შემთხვევაში. ამონიუმის მაქსიმალური მნიშვნელობები, მდ. ვერეს და დიდმისწყალის წყლის სინჯებში 10-ჯერ აღემატება ზდკ-ს (ცხრ.2), რაც ლოგიკურია, რადგან ამ ორი მდინარის ტერიტორია ყველაზე მეტად დატვირთულია საკანალიზაციო წყლებით და არაღეუგალური ნაგავსაყრელებით.



წყლის ობიექტების მონიტორინგის სისტემაში წყლების ხარისხის შეფასების ყველაზე ხშირად გამოყენებულ მაჩვენებელს მიეკუთვნება წყლის დაბინძურების ჰიდროქიმიურ ინდექსი (წდი) [3]:

$$\text{წდი} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ზდკ}_i}$$

სადაც  $C_i$  - კომპონენტის კონცენტრაცია, ხოლო  $N$  - მაჩვენებლების რიცხვი (რომელიც  $\geq 5$ ).

წდი-ის გამოთვლისათვის აუცილებელია გახსნილი ჟანგბადის და უბმ-ის მაჩვენებლები, დანარჩენი მინიმუმ 3 კომპონენტის ზდკ-ს გადაჭარბების ხარისხის განსაზღვრისათვის უპირატესობა ენიჭებათ ნივთიერებებს, რომელთაც გააჩნიათ მაკრობიოლოგიური სანიტარულ-ტოქსიკური მაჩვენებელი.

წყლების ხარისხის შესადაარებლად მათი დაბინძურების ხარისხის რანჟირებას წდი სიდიდის შესაბამისად აწარმოებენ მე-4 ცხრილის მიხედვით [3].

**ცხრილი 4. წყლის ხარისხის კლასიფიკაცია წდი სიდიდის შესაბამისად**

| წყლის დაბინძურების კლასი | აღწერილობა             | წდი სიდიდე |
|--------------------------|------------------------|------------|
| I                        | ძალიან სუფთა           | <0.2       |
| II                       | სუფთა                  | 0.2-1.0    |
| III                      | ნაკლებად დაბინძურებული | 1.0-2.0    |
| IV                       | დაბინძურებული          | 2.0-4.0    |
| V                        | ბინძური                | 4.0-6.0    |
| VI                       | ძალიან ბინძური         | 6.0-10.0   |
| VII                      | ძალზე ბინძური          | >10        |

გამოთვლების მიხედვით ლოჭინი, წავეისწყალი და გლდანისხევი მიეკუთვნებიან მე-IV კლასს - ნაკლებად დაბინძურებული, ვერე და დიდმისწყალი მე-V კლასს - დაბინძურებული, ხოლო მე-5 ცხრილში მოყვანილ პარამეტრზე დაყრდნობით ნათელია, რომ ქ. თბილისის მცირე მდინარეები ამონიუმის იონის შემცველობაზე დაყრდნობით მიეკუთვნებიან ბინძური და ძალიან ბინძური წყლების კლასს.

**ცხრილი 5. ამონიუმის იონის, ექმ და უბმ-ის შემცველობა სხვადასხვა დაბინძურების ხარისხის ზედაპირულ წყლებში**

| დაბინძურების ხარისხი (ზედაპირულ წყლების კლასები) | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , მგ/ლ | ექმ, მგO/ლ | უბმ, მგO <sub>2</sub> /ლ |
|--|-------------------------------------|------------|--------------------------|
| ძალიან სუფთა                                     | 0.05                                | 1          | 0.5-1.0                  |
| სუფთა  | 0.1                                 | 2          | 1.1-1.9                  |
| ზომიერად დაბინძურებული                           | 0.2-0.3                             | 3          | 2.0-2.9                  |
| დაბინძურებული                                    | 0.4-1.0                             | 4          | 3.0-3.9                  |
| ბინძური  | 1.0-3.0                             | 5-15       | 4.0-10.0                 |
| ძალიან ბინძური                                   | >3.0                                | >15        | 10.0                     |

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. მ. ტაბატაძე. აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეების თანამედროვე ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება მათზე ანტროპოგენული დატვირთვის გათვალისწინებით. თბილისი, 2009;
2. Фомин Г. С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. 4-е издание, переработанное и дополненное, М., 2010;
3. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды /Под ред. Т.В.Гусевой/ М.: Форум-Инфра-М, 2010.

უაკ:504.4.054, 504.453

**ქ. თბილისის ტერიტორიაზე მდ. მტკვრის ძირითადი შენაკადების თანამედროვე ეკოქიმიური მდგომარეობის შეფასება.** /მ. ტაბატაძე, ნ. დვალისვილი/ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, -2013,ტ.119-გვ.247-250-ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.

შესწავლილია მდ. მტკვრის 5 შენაკადების (ვერე, დიღმისწყალი, წავკისისწყალი, გლდანისხევი და ლოჭინი) ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები. გამოთვლილია თითოეული მდინარის წყლის დაბინძურების კოეფიციენტები. შეფასებულია ქ. თბილისის მცირე მდინარეების ტექნოგენური დატვირთვის ხარისხი.

UAC: 504.4.054, 504.453

**EVALUATION OF THE ECO-CHEMICAL STATUS OF MAIN TRIBUTARIES OF RIVER MTKVARI IN THE CITY TBILISI.** / M. Tabatadze, N.Dvalishvili/Transactions of Institute of Hydrometeorology at Georgian Technical University, , - 2013,v.119,pp.247-250 - Geo., Summ.: /Geo., Eng., Rus.

The major five tributaries of river Mtkvari (rivers: Vere, Digmiskali, Cavkis kali, Gldanis xevi and Lochini) have been evaluated and analyzed. The main hydrochemical parameters are determined in water samples of each river and calculated the level of pollution. The quality of anthropogenic load on small rivers is estimated as well.

УДК: 504.4.054, 504.453,

**ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ЭКОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОСНОВНЫХ ПРИТОКОВ Р. КУРА НА ТЕРРИТОРИИ Г. ТБИЛИСИ.** /М. Табатадзе, Н.Двалишвили/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета, -2013,т.119, с.247-250 - Груз., Рез.: /Груз., Англ., Рус.

Изучены основные гидрохимические параметры 5 притоков р. Кура (Вере, Дигмисцкали, Глданисхеви, Цавкисцкали и Лочини). Вычислены индексы загрязнения вод (ИЗВ) каждой из исследуемых рек. Оценена степень техногенного загрязнения малых рек г. Тбилиси.

უაკ. 502.631.574

## მდ. ყოროლისწყლის ღაბინძურების წყაროების შესწავლა

ვარშალომიძე ჯ.,\* მუმლაძე ნ.,\* მუმლაძე ქ.\*\*

\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

\*\*საქართველოს მყარი ნარჩენების მართვის კომპანია

თანამედროვეობის აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს მოსახლეობის მტკნარი წყლით უზრუნველყოფა, რამდენადაც წყლის დეფიციტი ხდება ლიმიტირებადი ფაქტორი ტექნიკური პროგრესის პროცესში და მისი გადაწყვეტისაგან მნიშვნელოვნწილად არის დამოკიდებული კაცობრიობის მომავალი. მოსახლეობის რიცხოვნობის სწრაფ ზრდასთან დაკავშირებით, მიუხედავად წყლის რესურსების მოხმარების განუხრელი ზრდისა, მთავარ პრობლემას მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში წარმოადგენს არა სასმელი წყლის უკმარისობა, არამედ წყალსატევების პროგრესირებადი დაბინძურება. ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის ინფორმაციით დაავადებათა 80% პლანეტაზე გამოწვეულია უხარისხო სასმელი წყლის მოხმარებით.

წყალსატევების დაბინძურების ძირითად წყაროებს წარმოადგენენ:

- სამრეწველო წარმოშობის დამაბინძურებელი ნივთიერებების შემცველი ატმოსფერული ნალექები;
- ქალაქების ჩამდინარე წყლები – საყოფაცხოვრებო, საკანალიზაციო ჩანადენები, რომლებიც შეიცავენ ჯანმრთელობისათვის საშიშ დამაბინძურებელ ნივთიერებებს და სხვა;
- სამრეწველო ჩამდინარე წყლები;
- სასოფლო-სამეურნეო ჩამდინარე წყლები – მეცხოველეობის კომპლექსების ნარჩენები, წვიმისა და საგაზაფხულო მდნარი წყლების ჩამონადენი სასუქებისა და პესტიციდების შემცველი მინდვრებიდან.

წყლების უმეტესობა წყალსატევებში ჩაედინება საერთოდ გაწმენდის გარეშე ან არასაკმარისად გაწმენდილი. ამიტომ თითქმის ყველა მდინარე დაბინძურებულია მძიმე მეტალებით, ნავთობპროდუქტებით, ორგანული და მინერალური ნივთიერებებით და სხვა. ჩამდინარე წყლების წყალსატევებში ჩაშვებას თან ახლავს დამაბინძურებელ ნივთიერებათა დაგროვება ფსკერულ დანალექებში, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ადიდებულ წყლებში დაბინძურების დონის მკვეთრი ზრდა და მეორადი დაბინძურების წარმოქმნა, დაკავშირებული ახალი ქიმიური ნივთიერებების (ზოგჯერ უფრო ტოქსიკური, ვიდრე საწყისები) წარმოქმნასთან.

ხმელეთის წყლების დაცვა წარმოადგენს კომპლექსურ ღონისძიებას მიმართულს ადამიანის საქმიანობის ნეგატიური შედეგების აცილებაზე ან აღმოფხვრაზე წყლის ობიექტზე, რომელიც იმყოფება მოცემულ რეგიონში, რაიონში ან წყალდენის ან წყალსატევის ტერიტორიის მონაკვეთზე [1].

მუდმივად მზარდი წყალმოხმარება ან წყალსარგებლობა განაპირობებს წყლის ობიექტების დაცვის გაძლიერების აუცილებლობას დაბინძურების, დანაგვიანებისა და გამოღვევისაგან, რომლებსაც შეუძლიათ ძალიან ძლიერ შეცვალონ არა მარტო წყლის ხარისხი, არამედ მისი რაოდენობაც. ამასთან წყლის ხარისხის და მისი რაოდენობის მახასიათებლები ხშირად ურთიერთდაკავშირებულია[2].

მდ. ყოროლისწყლის დაბინძურების ბუნებრივი და ანთროპოგენური წყაროების გამოვლენას დიდი მნიშვნელობა აქვს, როგორც ქბათუმის სასმელი წყლით მომარაგების, ასევე შავი ზღვის სანაპირო ზოლში ჩადინების თვალსაზრისით.

მდ. ყოროლისწყალი სათავეს იღებს აჭარაში მესხეთის ქედის ჩრდილოეთ კალთებიდან, ზღვის დონიდან 1160 მეტრი ნიშნულიდან და ჩაედინება შავ ზღვაში ბარცხანის ჩრდილოეთით, მდინარის სიგრძე 13.8 კმ-ია. წყალშემკრები აუზის ფართობი 52 კვ.კმ. აუზის ზედა ნაწილი მთიანია, რომელიც იკვეთება მცირე შენაკადების ხეობებით. მდინარის სივანე არ არის მუდმივი და მერყეობს 8 მ-დან 62 მ-მდე. მდინარე საზრდოობს წვიმის, მიწისქვეშა და თოვლის წყლებით. მდ. ყოროლისწყალის საშუალო მრავალწლიური ხარჯია 3.3 კუბ. მეტრი წამში, ხოლო წყლის მინიმალური ხარჯი 0.95 კუბ. მეტრი წამში. მთავარი შენაკადებია: ხალვაშების წყალი, სიგრძე – 3.0 კმ, მდ. ღუჩის წყალი, სიგრძე – 4.2 კმ და კაპრეშუმის წყალი, სიგრძე – 2,8 კმ. მდინარისათვის დამახასიათებელია წყალმოვარდნის რეჟიმი, განსაკუთრებით შემოდგომა – ზამთარში[3].

ბათუმის წყალსადენის მდ. ყოროლისწყლის კაშხლისა და წყალმიღები ნაგებობის ზემოთ, სანიტრული ზონის მარჯვენა სანაპიროს მიმდებარე მთის ტერიტორია ათეული წლებების განმავლობაში სათანადოდ არ იყო დაცული. სანიტარულ ზონაში აკრძალული ქმედებისაგან ადგილი ჰქონდა, როგორც ხე-ტყის გაჩეხვის, გზების გაყვანის, ყანა-ბოსტნების მოწყობის, ასევე მოსახლეობის დასახლების ფაქტებს.

1985 წლამდე სხვადასხვა დროს ამ ტერიტორიაზე დასახლებული იქნა 5 ოჯახი, შემდეგ წლებში მოსახლეობის დასახლების ტენდენცია გრძელდებოდა და მიმდინარე წელს მოსახლეობა საერთო რაოდენობა შეადგენს 11 ოჯახს.



აღნიშნულ ტერიტორიაზე მცხოვრები მოსახლეობა მათ მფლობელობაში არსებულ საკარმიდამო ნაკვეთებში ახორციელებს სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოებს; ციტრუსების ბაღებისა და ყანაბოსტნებში მოსავლიანობის გაზრდის მიზნით იყენებენ სხვადასხვა მინერალურ და ორგანულ სასუქებსა და შხამქიმიკატებს; მოწყობილი აქვთ საპირფარეშოები კანალიზაციის გარეშე, ხოლო მსხვილფეხა პირუტყვისათვის ბოსლები და სხვა ნაგებობები. მდინარის პირებს იყენებენ ნაგავსაყრელად, საძოვრებად. სურათებზე წარმოდგენილია მდ.ყოროლისწყლის სანაპიროების დაბინძურება საყოფაცხოვრებო ნაგავით (1) და ჩანადენით (2). აღსანიშნავია, რომ მსგავსი სურათები

საკმაოდ ბევრია.

უამინდობის დროს, განსაკუთრებით ხანგრძლივი ინტენსიური წვიმების პერიოდში, წვიმის წყალს ამ ტერიტორიიდან მდ.ყოროლისწყალში ჩამოაქვს საყოფაცხოვრებო წყლებთან ერთად სხვადასხვა ორგანული და არაორგანული ნივთიერებები, რომლის მდინარეში ჩაშვება სანიტარული ნორმების თანახმად დაუშვებელია, რადგან მდინარის წყალი იმდენად ბინძურდება სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებებით, რომ მისი სრულყოფილი დამუშავება-გაწმენდა არსებულ გამწმენდ ნაგებობებში მეტად რთულია.



ყოროლისწყლის სათავე ნაგებობის წყალმიღების ქვემოთ ზღვის შესართავამდე ხდება მდინარის დაბინძურება სოფელ ყოროლისთავის, ს. მასაურის, ს. აგარისა და ს. ორთაბათუმის მცხოვრები მოსახლეობის მიერ ზემოდ აღნიშნული მიზეზების ანალოგიურად. გარდა ამისა, სოფ. კაპრეშუმის მიმდებარე ტერიტორიაზე მდებარეობს ნავთობის ტერმინალი, სადაც ექსპლოატაციაში მყოფი რეზერვუარები წარმოადგენს ნავთობის გაჟონვისა და მდინარის დაბინძურების პოტენციურ საფრთხეს.

აჭარის სოფლების მოსახლეობა მოსავლიანობის გაზრდის მიზნით, განსაკუთრებით საშუალოდ და ძლიერ ეროზირებულ ნაკვეთებზე, ხშირად თავისი შეხედულებისამებრ იყენებს აზოტოვანი, ფოსფოროვანი და კალიუმის სასუქების დაუშვებლად გაზრდილ ნორმებსა და დოზებს. აღნიშნულ სასუქებთან ერთად ნიადაგში ხვდება მძიმე ლითონები, რადიოაქტიური ნივთიერებები, ფთორიდები, ქლორი, რომლებსაც ისინი გარკვეული რაოდენობით შეიცავენ. მინერალური სასუქების მხოლოდ 40-50% იხარჯება დაბინძურებისამებრ, დანარჩენი ირეცხება ატმოსფერული, საირიგაციო და გრუნტის წყლებით და ხვდება მდინარეში, შემდგომ კი ზღვაში[4].

მცენარეთა დაცვისა და მავნებლების წინააღმდეგ ბრძოლის საშუალებები – პესტიციდები გარემოს მნიშვნელოვანი დამაბინძურებლებია. მოქმედების ტიპის მიხედვით განსხვავებული პესტიციდებიდან საქართველოში მოიხმარება ფუნგიციდები, ჰერბიციდები, ინსექტიციდები, აკარიციდები და თესლის შესაწამლი პრეპარატები.

2006 წლის მონაცემებით აჭარაში პესტიციდებით დამუშავდა სახნავი მიწების 2800 ჰა და მრავალწლიანი ნარგავების 8800 ჰა. ყოფილ სასაწყობე მეურნეობებში აღმოჩენილი ვადაგასული პესტიციდების რაოდენობა კი 15 ტონას შეადგენს[5].

ციტრუსოვანთა და ხეხილოვანთა ბაღებში, თამბაქოს, ბოსტნეულის და სხვა ფართობებზე ყოველწლიურად გამოიყენება 16-მდე დასახელების კონტაქტური და სისტემური მოქმედების შხამქიმიკატი. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ზოგიერთ სოფელში ჯერ კიდევ ისეთ პესტიციდებს იყენებენ, რომლებიც 20 წელზე მეტია რაც ხმარებიდან არის ამოღებული[6].

ამგვარად, მდ.ყოროლისწყლის მიმდებარე ფართობების დიდი დახრილობა, ნალექების საშუალო წლიური მაღალი მანქვებელი (1200-3000 მმ-მდე), წლის თითქმის ყველა პერიოდში თავსხმა ხასიათის გახანგრძლივებული წვიმები, რასაც ემატება ზამთრობით მოსული თოვლის ინტენსიური დნობა გაზაფხულზე, განაპირობებს ნიადაგის ჩამორეცხვის გააქტიურებას და მთავარ ეკოლოგიურ რისკს წარმოადგენს საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით და ფერმერული მეურნეობის ფართობების ჩანადრებით მდინარისა და ზღვის სანაპირო ზოლის მინერალური და ორგანული დაბინძურების. ზემო აღნიშნულიდან გამომდინარე, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია მუდმივი მონიტორინგის განხორციელება მდ.ყოროლისწყლის წყლის ხარისხზე, ვინაიდან განაკუთრებით უხედალექიანობის პერიოდებში მდინარის ადიდებისას ხშირად აღინიშნება ბაქტერიალური დაბინძურება.

### ლიტერატურა-REFERENCES- ЛИТЕРАТУРА

1. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод.Основные определения. ГОСТ 17.1.1.01-77.
2. Владимирова А.М., Орлов В.Г. Охрана и мониторинг поверхностных вод суши. Учебник. СПб.:РГГМУ, 2009. - 220 с.
3. ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია. ტომი 10. თბილისი. 1986. გვ 659.
4. ა.თხელიძე, რ.ლიპარტელიანი, ნ.მუმლაძე, ხ.ხომასურიძე, გ.დანელია. სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და გარემოს დაცვა. თბილისი. 2009. გვ 134.
5. საქართველოს ქიმიური პროფილი. 2009.
6. ო.შაინიძე, ა.მურვანიძე, შ.ლამპარაძე. ეკოლოგიური წონასწორობა და სანიტარულ-ჰიგიენური მდგომარეობა აჭარაში. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე. 2009. №24. გვ.271-274.

უკ 502.631.574

**მდ. ყოროლისწყლის დაბინძურების წყაროების შესწავლა**/ვარშალომიძე დ.ზ., მუმლაძე ნ.გ., მუმლაძე კ.მ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.251-253-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ეკოლოგიურად სუფთა მაღალხარისხოვანი სასმელი წყლით მოსახლეობის უზრუნველყოფა თანამედროვეობის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს. მიუხედავად საქართველოს ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლებით სიმდიდრისა, დღეს ბევრი ქალაქი განიცდის ხარისხიანი სასმელი წყლის ნაკლებობას. მდ. ყოროლისწყალი მნიშვნელოვანია, როგორც ქბათუმის სასმელი წყლით მომარაგების, ასევე შავი ზღვის სანაპირო ზოლში ჩადინების თვალსაზრისით. ნაშრომში განხილულია აღნიშნული მდინარის დაბინძურების სხვადასხვა წყაროები მისი ზედა წელიდან ზღვასთან შეერთებამდე.

**UDC 504.631.574**

**STUDY OF POLLUTION SOURCES OF THE RIVER KOROLISTKALI**/Varshalomidze D.Z., Mumladze N.G., Mumladze K.M./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013.-V.119.-pp.251-253-Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ

One of the major tasks of the contemporaneity is provision of the population with high quality drinking water. Notwithstanding, rich capacity of surface and groundwater sources of Georgia, nowadays, lots of cities are not provided with qualitative drinking water. Korolistkali River serves as a drinking water source for city Batumi and water source for coastal zone of the Black Sea. The study describes different river pollution sources from the beginning of the river till the connection to the Sea.

УДК 504.631.574

**ИЗУЧЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ КОРОЛИСЦКАЛИ**/ВАРШАЛОМИДЗЕ Д.З., МУМЛАДЗЕ Н.Г., МУМЛАДЗЕ К.М./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с. 251-253-Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.

Одной из важнейших задач современности является снабжение населения чистой высококачественной питьевой водой. Несмотря на богатые возможности Грузии наземными и подземными источниками, сегодня многие города испытывают недостаток подачи качественной питьевой воды. Река Королистскали значима как поставщик питьевой воды г. Батуми, а также с точки зрения снабжения водой прибрежной полосы Черного моря. В работе рассмотрены различные источники загрязнения данной реки в верхней ее части, до слияния с морем.

УДК 551.48(479.24)

## ОСОБЕННОСТИ ВЫНОСА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ РЕКАМИ АЗЕРБАЙДЖАНА

Абдуев М.А.

Институт Географии Национальная Академия Наук Азербайджана, г.Баку

Сток растворенных веществ рек представляет собой интегральную характеристику процессов формирования химического состава поверхностных вод. В естественных условиях он определяется интенсивностью физико-химических и биологических процессов, активно протекающих в зоне контакте водной массы и коры выветривания; в условиях техногенеза фоновые значения претерпевают изменения под влиянием техногенеза. Дополнительное привнесение человеком в агроландшафты биогенных компонентов способствует усилению выноса азота и в меньшей степени фосфора с поверхностной и подземной составляющей стока. Биогенные элементы привносятся также со стоками животноводства. В итоге величина биогенного стока рек выступает одним из показателей агрохозяйственного освоения водосбора.

В данной статье приведены результаты анализа гидрохимических данных по рекам Азербайджана [3,4] за 1975-2009 гг. Произведена систематизация данных и выявлена связи концентраций биогенных элементов с расходами воды. На примере рек Азербайджана показано, что источники антропогенного воздействия оказывают сильное влияние на гидрохимический режим.

Для решения поставленной задачи на территории Азербайджана выбрано 39 пунктов с наиболее длительными (от 14 до 38 лет) рядами наблюдений за концентрациями биогенных веществ. Эти пункты расположены на основных реках республики и относительно равномерно распределены по территории Азербайджана.

Целью работы является описание характера и величины среднемноголетних внутригодовых изменений концентраций биогенных элементов и биогенного стока рек Азербайджана, а также их изменчивости во времени.

Для анализа тенденций в изменении гидрохимических параметров использовалось уравнение линейного тренда, которое имеет вид:

$$Y_t = Y_{cp} + \alpha(t - t_{cp}), \quad (1)$$

где  $Y_t$  – расчетное значение среднегодовой величины минерализации воды в момент времени  $t$ ,  $Y_{cp}$  – средняя величина минерализации за период наблюдений,  $\alpha$  – угловой коэффициент, отражающий наклон линии тренда,  $t$  – порядковый номер члена ряда (для первого члена ряда  $t=1$ ),  $t_{cp}$  – среднее значение срединного члена ряда. Коэффициент  $\alpha$  определяется по формуле [5]:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^N (t - \bar{t})(Y - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^N (t - \bar{t})^2}. \quad (2)$$

При оценке выноса биогенных веществ с сельскохозяйственных угодий следует иметь в виду, что основная их часть поступает в составе склонового стока с площадей, непосредственно примыкающих к руслам водотоков, что связано с тяготением сельскохозяйственного производства и поселений к речным долинам. Поскольку поверхностный сток с сельскохозяйственных земель не контролируется, он рассматривался нами как диффузный источник загрязнения, а животноводческие комплексы, воды которых частично подвергаются очистке, – в качестве точечных. Использование удобрений на полях и их смыв, наряду со сбросом нормативно-чистых вод ЖКХ, приводят к постепенной смене естественного гидрохимического фона в пределах гидрокарбонатно-кальциевого класса вод [2]. Для оценки этих изменений и факторов динамики биогенного выноса помимо водности рек, концентрации химических веществ, распаханности территорий нами привлекались данные о количестве вносимых удобрений, размерах поголовья скота и птицы в пересчете на кормовые единицы, плотности сельских жителей, доле осушенных земель водосборов. Данные о внесении минеральных удобрений и плотности условных голов скота переведены в удельные единицы в расчете на 1 км<sup>2</sup> площади водосбора, а плотность сельского населения рассчитана на 1 км<sup>2</sup> пашни в пределах водосбора.

В зимний период в реках Азербайджана отмечают высокий уровень содержания нитратов и фосфатов, что обусловлено распадом накопившегося за лето органического вещества (фито и зоопланкто-

на). На подъеме и пике половодья содержание нитратов и фосфатов увеличивается и достигает максимума, что связано с поступлением значительного количества этих биогенных веществ с тальми водами. В мае на спаде половодья концентрации нитратов и фосфатов снижаются. Летом в период интенсивной вегетации водорослей происходит дальнейшее снижение содержаний нитратов и фосфатов. В этот период в поверхностных водах Азербайджана наблюдаются минимальные содержания этих веществ.

Осенью с началом массового распада (разложения) органических веществ и в результате дополнительного поступления с дождевыми паводковыми водами на реках наблюдается второй максимум содержания нитратов и фосфатов. В ноябре-декабре, когда расходы воды достигают максимума на реках Азербайджана, концентрации биогенных веществ (фосфатов, иногда нитратов) резко возрастают, достигая весеннего уровня, а в некоторых случаях даже превышают его. Этот рост концентраций, по-видимому, связан с увеличением роли смыва растворенных веществ с поверхности водосбора.

Нитриты являются промежуточным и наиболее неустойчивым звеном в цикле соединений азота. Их содержание в поверхностных водах Азербайджана регулируется совокупностью весьма динамичных биохимических процессов (нитрификация, денитрификация, потребление фитопланктоном и др.) и поэтому внутригодовое распределение нитритного азота не имеет четкой закономерности. Тем не менее, во внутригодовой динамике нитритов по многолетним данным можно отметить зимний максимум. В остальные месяцы содержание нитритов обычно ниже.

В реках республики по материалам наблюдений за весь период исследования наблюдается сильная зависимость концентрации биогенных веществ от расходов воды (корреляционное отношение  $r$ , как правило, более 0,5). Для нитратов в реках Катехчай, Белоканчай, Гудиалчай, Велвеличай, имеющих повышенную естественную зарегулированность (лесистость), наблюдаются прямые связи, в остальных реках - обратные. Интересно, что в этих же реках, как правило, наблюдается отсутствие связи между содержанием нитритов, фосфатов и расходом воды. Для рек с длинными рядами наблюдения представляет интерес изучение трансформации типа и тесноты связи по периодам. Изменяются во времени также связи концентраций ионов с расходами воды. В современный период наблюдается ослабление тесноты связей  $C=f(Q)$  и преобразование вида функций, аппроксимирующих зависимость  $C=f(Q)$ . Трансформация вида функции  $C=f(Q)$  по периодам представлена в табл. 1.

**Таблица 1. Оценки связи среднемесячных концентраций биогенных элементов (мг/л) и с расходом реки  $Q$  ( $m^3/c$ ) для периодов наблюдений 1975-1990 гг. и 1991-2009 гг. (на примере р. Велвеличай у с.Тянгиалты)**

| Биогенные элементы (мг/л) | Связь $C=f(Q)$ за 1975-1990 гг. | Коэффициент корреляции ( $r$ ) | Связь $C=f(Q)$ за 1991-2009 гг. | Коэффициент корреляции ( $r$ ) |
|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| $PO_4^{3-}$               | $PO_4^{3-}=13,7+0,0168Q$        | 0.89                           | $PO_4^{3-}=1,94-42,7/Q$         | 0.76                           |
| $NO_2^-$                  | $NO_2^-=1,77-2,03Q$             | 0.62                           | $NO_2^-=2,87-0,000184Q$         | 0.67                           |
| $NO_3^-$                  | $NO_3^-=15,8+0,254Q$            | 0.91                           | $NO_3^-=8,7Q^{-0,2883}$         | 0.80                           |

Для всех рек Азербайджана, кроме Ленкоранских рек, максимальный вынос биогенных веществ наблюдается в весенний период, когда в течение двух месяцев тальми водами с водосбора выносятся до 63% годового стока фосфора и азота. Причем только в апреле во время пика половодья выносятся более 35% годового выноса. Минимальный вынос веществ наблюдается в июне-сентябре (1-5%). Для рек Ленкоранской природной области наибольший сток биогенных веществ приурочен к ноябрю-декабрю (по 13-20%), а также к марту (16-22%), минимальные его значения наблюдаются в июне-августе (1-4%).

Внутригодовые изменения концентраций биогенных веществ не являются постоянными во времени. Проведенное нами [1] на реках Азербайджана изучение внутригодовых изменений концентраций биогенных веществ по периодам выявили наличие существенных отличий в их величине при неизменном характере. Примеры трансформации по периодам представлены в табл. 2.

Прежде всего, необходимо отметить значительное увеличение концентраций биогенных веществ во времени. Анализ материалов за весь период наблюдений показал, что в современный период во всех реках возросла амплитуда внутригодовых колебаний биогенных веществ, особенно нитратов. Для внутригодовой динамики биогенных элементов характерно увеличение среднемесячных концентраций во все сезоны года. Для большинства рек Азербайджана наименьший рост уровня содержания биогенных веществ

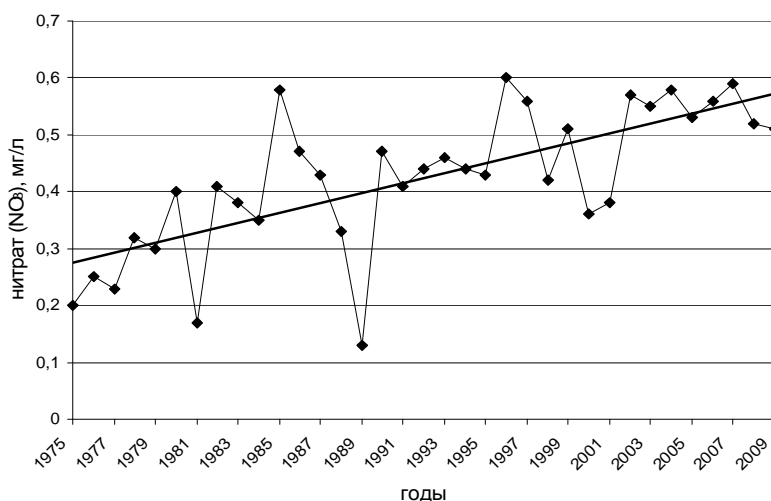
наблюдается в холодной период. Исключением являются реки Ленкоранской природной области, где холодной период наблюдаются паводки.

**Таблица 2. Внутригодовая изменчивость концентраций биогенных веществ по периодам**

| Река-пункт            | Период  | $PO_4^{3-}$ , мг/л | $C_v$ | $NO_2^-$ , мг/л | $C_v$ | $NO_3^-$ , мг/л | $C_v$ |
|-----------------------|---------|--------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| Белоканчай-Белокан    | 1975-84 | 0,032              | 0,32  | 0,002           | 0,48  | 0,32            | 0,54  |
|                       | 1985-94 | 0,028              | 0,34  | 0,003           | 0,39  | 0,34            | 0,48  |
|                       | 1995-04 | 0,034              | 0,67  | 0,0034          | 0,51  | 0,43            | 0,65  |
|                       | 2005-09 | 0,041              | 0,69  | 0,004           | 0,46  | 0,58            | 0,56  |
| Геокчай-Геокчай       | 1975-84 | 0,056              | 0,39  | 0,0325          | 0,37  | 0,39            | 0,38  |
|                       | 1985-94 | 0,063              | 0,41  | 0,0364          | 0,45  | 0,44            | 0,41  |
|                       | 1995-04 | 0,066              | 0,48  | 0,0374          | 0,46  | 0,51            | 0,42  |
|                       | 2005-09 | 0,065              | 0,59  | 0,0518          | 0,71  | 0,68            | 0,57  |
| Кудиалчай-Куба        | 1975-84 | 0,055              | 0,49  | 0,0329          | 0,32  | 0,56            | 0,48  |
|                       | 1985-94 | 0,060              | 0,52  | 0,0381          | 0,36  | 0,59            | 0,52  |
|                       | 1995-04 | 0,061              | 0,55  | 0,0387          | 0,39  | 0,62            | 0,59  |
|                       | 2005-09 | 0,067              | 0,60  | 0,0511          | 0,47  | 0,67            | 0,62  |
| Гошгарчай-Дашкесан    | 1975-84 | 0,040              | 0,30  | 0,0320          | 0,46  | 0,44            | 0,39  |
|                       | 1985-94 | 0,050              | 0,31  | 0,0544          | 0,52  | 0,55            | 0,45  |
|                       | 1995-04 | 0,097              | 0,71  | 0,0696          | 0,82  | 0,63            | 0,55  |
|                       | 2005-09 | 0,064              | 0,71  | 0,0732          | 0,88  | 0,82            | 0,60  |
| Нахичеванчай-Нахчыван | 1975-84 | 0,053              | 0,52  | 0,0403          | 0,64  | 0,41            | 0,42  |
|                       | 1985-94 | 0,055              | 0,56  | 0,0428          | 0,67  | 0,45            | 0,46  |
|                       | 1995-04 | 0,057              | 0,59  | 0,0447          | 0,70  | 0,66            | 0,75  |
|                       | 2005-09 | 0,058              | 0,61  | 0,0478          | 0,76  | 0,67            | 0,77  |
| Виляшчай-Шыхлар       | 1975-84 | 0,070              | 0,61  | 0,0648          | 0,82  | 0,57            | 0,51  |
|                       | 1985-94 | 0,072              | 0,66  | 0,0725          | 0,88  | 0,70            | 0,52  |
|                       | 1995-04 | 0,079              | 0,86  | 0,0800          | 1,09  | 0,66            | 0,81  |
|                       | 2005-09 | 0,082              | 0,10  | 0,0120          | 1,40  | 0,50            | 0,86  |

В вегетационный (летний) период заметное снижение концентраций в последние годы наблюдается только для нитратов, которые из всех форм азота наиболее интенсивно поглощаются фитопланктоном.

Ускоренное увеличение концентрации биогенных веществ, особенно нитратов, в месяцы с повышенным водным стоком свидетельствует о том, что источник дополнительного поступления биогенных веществ в речные воды Азербайджана имеет преимущественно поверхностный генезис. Наибольшее загрязнение поверхностных вод в весенний период биогенными элементами наблюдается при вывозе удобрений на поверхность снега или весной на неоттаявшую почву, а также в случае, когда после внесения удобрений проходит сильный ливень.



**Рис. Изменения нитратов за период 1975-2009 гг. в р. Белоканчай у г. Белокан**



Таким образом, наблюдающееся увеличение амплитуды внутригодовых изменений концентраций биогенных веществ обусловлено ростом их содержания в сточных водах, а также их поступлением с сельскохозяйственных угодий и от животноводческих комплексов.

Оценка изменения режима концентраций биогенных веществ рек Азербайджана за многолетний период проводилась с помощью метода линейного тренда. Анализ многолетних рядов биогенных веществ воды показал, что ее изменения во времени имеют неоднозначный характер.

На реках Малого Кавказа наблюдаются разнонаправленные изменения биогенных элементов. Положительные тренды отмечаются на реках Акстафачай, Таузчай, Шамкирчай, Гяджачай, Гошгарчай, Кендаланчай и Каркарчай. Слабый отрицательный тренд в изменении биогенных веществ отмечается на реках Кюрракчай, Тертерчай, Ахохчай и Акерачай.

На реках Ленкоранской природной области и Нахчыванской АР обнаруживаются слабые положительные тренды в многолетних изменениях биогенных веществ. Основной причиной изменения химического состава речных вод являются антропогенные факторы. Характер многолетних изменений концентраций представлен на рис, где показано изменение годовых взвешенных по стоку концентраций нитратов для рек Азербайджана с наиболее продолжительными периодами наблюдений.

**Таблица 3. Среднемноголетний биогенный сток рек Азербайджана**

| <i>Река-пункт</i>        | <i>Водный сток,<br/>млн. м<sup>3</sup></i> | <i>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>,<br/>тон</i> | <i>NO<sub>2</sub><sup>-</sup>,<br/>тон</i> | <i>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>,<br/>тон</i> |
|--------------------------|--|--|--|---|
| Гусарчай-с.Кузун         | 115  | 40,3                                       | 0,81                                       | 3,2   |
| Гудиалчай-г.Губа         | 172  | 61,9                                       | 1,38                                       | 5,8   |
| Гудиалчай-г.Хачмас       | 64   | 18,6                                       | 0,38                                       | 1,9   |
| Гарачай-с.Рюк            | 57   | 18,8                                       | 0,40                                       | 1,8   |
| Чагаджукчай-с.Рустов     | 11   | 3,9  | 0,08                                       | 0,3   |
| Велвелечай-с.Тянгиалты   | 53   | 18,0                                       | 0,32                                       | 1,8   |
| Белоканчай-г.Белокан     | 121  | 339  | 0,61                                       | 4,1   |
| Катехчай-с.Гэбиздара     | 100  | 34   | 0,6  | 3,1   |
| Талачай-г.Загатала       | 119  | 35,7                                       | 0,71                                       | 4,0   |
| Курмухчай-г.Гах          | 96   | 36,5                                       | 0,58                                       | 3,2   |
| Агричай-устье            | 305  | 110  | 1,83                                       | 11,3  |
| Алиджанчай-с.Халдан      | 71   | 19,9                                       | 0,43                                       | 2,6   |
| Турианчай-г.Агдаш        | 311  | 112  | 2,18                                       | 10,6  |
| Демирапаранчай-г.Габала  | 147  | 42,6                                       | 0,74                                       | 5,3   |
| Геокчай-г.Геокчай        | 337  | 98   | 2,36                                       | 9,8   |
| Акстафачай-г.Казах       | 21   | 17,6                                       | 0,06                                       | 0,7   |
| Таузчай-г.Тауз           | 11   | 9,3  | 0,04                                       | 0,55  |
| Шамкирчай-г.Шамкир       | 18   | 5,6  | 0,14                                       | 0,6   |
| Гошгарчай-г.Дашкесан     | 7  | 6,2  | 0,04                                       | 0,5   |
| Кюрракчай-с.Чайкенд      | 59   | 21   | 0,35                                       | 1,9   |
| Тертерчай-пгт.Келбаджар  | 144  | 47,5                                       | 1,15                                       | 5,4   |
| Каркарчай-г.Ханкенди     | 46   | 12,4                                       | 0,41                                       | 1,4   |
| Охчучай-с.Шайыфлы        | 306  | 367  | 2,45                                       | 11,9  |
| Акерачай-пгт.Лачын       | 353  | 120  | 2,47                                       | 12,4  |
| Куручай-с.Туг            | 51   | 16,8                                       | 0,31                                       | 1,7   |
| Кендаланчай-пгт.Кр.Базар | 15   | 5,3  | 0,11                                       | 0,59  |
| Нахичеванчай-г.Нахичеван | 296  | 97,7                                       | 2,66                                       | 10,6  |
| Гиланчай-с.Нургут        | 56   | 16,8                                       | 0,45                                       | 1,6   |
| Парагачай-с.Парага       | 21   | 6,1  | 0,17                                       | 0,6   |
| Виляшчай-с.Шыхлар        | 75   | 21,8                                       | 0,45                                       | 2,8   |
| Ленкоранчай-с.Сифидор    | 198  | 53,5                                       | 1,78                                       | 6,9   |
| Тенгеручай-с.Ваго        | 61   | 16,5                                       | 0,55                                       | 2,0   |
| Истисучай-с.Алаша        | 42   | 10,5                                       | 0,34                                       | 1,3   |

Для экологической оценки водных объектов особенно важное значение имеет изучение стока биогенных элементов. В настоящей работе произведена оценка выноса реками Азербайджана фосфатов, нитратов и нитритов (табл.3). На реках Азербайджана, имеющих наиболее длинные ряды наблюдений, зафиксированы значительные изменения стока биогенных веществ. Следовательно, в настоящее время дополнительное поступление этих веществ в речную сеть из антропогенных источников уже в несколько раз превышает их поступление из природных источников.

В этих условиях основными становятся неточечные источники изменения химического воды – смыл удобрений с сельскохозяйственных территорий. Примерно больше половина территории Азербайджана используется для производства сельскохозяйственной продукции. Рост поголовья крупного рогатого скота на комплексах возрос за 20 лет в 2 раза. Больших масштабов на территории республики достигло применение минеральных удобрений на полях. Внесение фосфатных удобрений в почву после 1985 г. увеличилось в 3 раза [6]. Хорошо растворимы и сравнительно легко выносятся из почвы азотные удобрения в форме нитратов и нитритов. Их внесение по сравнению с началом 90-х годов возросло в 3,3 раза [6]. Дополнительным источником поступления нитратов и нитритов в поверхностные воды могут быть загрязненные соединениями азота атмосферные осадки. Имеется сравнительно небольшое количество данных по химическому составу атмосферных осадков на территории Азербайджана, однако они дают основание говорить об увеличении содержания нитратов во времени.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуев М.А. Изменение режима биогенных веществ и их выноса реками Азербайджанской Республики. //Географический вестник. Пермь, 2011. №3(18). С.14-22
2. Гаджиев Г.А. Химический сток и загрязнение рек Большого Кавказа в пределах Азербайджанской ССР. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. Баку, 1984. 24 с.
3. Гидрохимический бюллетень ГГМ по окружающей среды. Баку, 1995-2009 гг. 116 с.
4. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Часть 1. Реки. Баку, 1950-1994 гг. 221 с.
5. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 166 с.
6. Салманов М.А. Экология и биологическая продуктивность Каспийского моря. Баку, 1999. 400 с.

UDC 551.583

**FEATURES REMOVAL NUTRIENTS RIVERS OF AZERBAIJAN.**/Abduyev MA / Transactions of the Institute of Hydro-meteorology at the, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.254-258- Russ., Summ. Eng., Russ.

The results of the analysis of hydrochemical data on the rivers of Azerbaijan for 1975-2009 years. Systematization of the data produced and detected concentrations of nutrients due to the cost of water. On the example of the rivers of Azerbaijan shows that the sources of human impact have a strong influence on the hydrochemical regime. To solve the problem in Azerbaijan selected 39 items with the greatest number (14 to 38 years) series of observed concentrations of nutrients. These points are located on the main rivers of the Republic and are relatively evenly distributed on the territory of Azerbaijan. For the analysis of trends in the hydrochemistry use the equation of a linear trend. Analysis of long-term series of nutrient water showed that it changes over time have been mixed. The estimation of the removal rivers Azerbaijan phosphate, nitrate and nitrite.

УДК 551.583

**ОСОБЕННОСТИ ВЫНОСА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ РЕКАМИ АЗЕРБАЙДЖАНА.**/Абдуев М.А./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.254-258 - Рус., Рез. Англ., Рус.

В статье приведены результаты анализа гидрохимических данных по рекам Азербайджана за 1975-2009 гг. Произведена систематизация данных и выявлена связи концентраций биогенных элементов с расходами воды. На примере рек Азербайджана показано, что источники антропогенного воздействия оказывают сильное влияние на гидрохимический режим. Для решения поставленной задачи на территории Азербайджана выбрано 39 пунктов с наиболее длительными (от 14 до 38 лет) рядами наблюдений за концентрациями биогенных веществ. Эти пункты расположены на основных реках республики и относительно равномерно распределены по территории Азербайджана. Для анализа тенденций в изменении гидрохимических параметров использовалось уравнение линейного тренда. Анализ многолетних рядов биогенных веществ воды показал, что ее изменения во времени имеют неоднозначный характер. Произведена оценка выноса реками Азербайджана фосфатов, нитратов и нитритов.

უაკ: 631.4/42.551.583

## ალახნის ველის დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგების ქიმიური შეფენილობა კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე

ლ.შავლიაშვილი\*, ნ.ქარდავა\*\*, დ.მეტრეველი\*\*, ნ.ხარხელი\*\*, ს.ქუბრიაშვილი\*, გ.როგავა\*  
\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
\*\*ილია ვეკუას სახ. თბილისის ფიზიკა-მათემატიკის №42 საჯარო სკოლა

(სტატია შესრულებულია სსიპ შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდის სახელმწიფო სამეცნიერო  
საგრანტო კონკურსის „კვლევები მოსწავლეთა მონაწილეობით“ №19/10 პროექტის ფარგლებში)

საქართველოში დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგების საერთო ფართობი 205 ათას ჰექტარზე მეტია. კახეთის რეგიონის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები შეადგენს 605 683 ჰა-ს, ხოლო დამლაშებული ნიადაგების ფართობი – 133 000 ჰა-ს, რაც შეადგენს სავარგულების ფართობის 22%-ს. სიღნაღის რაიონში დამლაშებული ნიადაგების ფართობი შეადგენს 54 000 ჰა-ს, დედოფლისწყაროს რაიონში 48 000 ჰა-ს, საგარეჯოს რაიონში – 23 000 ჰა-ს, გურჯაანისა და ლაგოდეხის რაიონებში ორივეში – 8 000 ჰა-ს [1].

დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგები ხასიათდებიან აგრონომიულად არახელსაყრელი თვისებებით: მიმე მექანიკურ (თიხიანობით), ნიადაგურუნტში ადვილად ხსნადი მარილების შემცველობით (ძირითადად ქლორიდულ-სულფატური ტიპის), მშთანთქავ კომპლექსში ნატრიუმის დიდი შემცველობით (ე.ი. ბიცობიანობით), მაღალი ტუტე რეაქციით, დაწიდულობით, რაც განაპირობებს მშრალ მდგომარეობაში ნიადაგის ძლიერ სიმკვრივეს, ხოლო ტენიან მდგომარეობაში გაჯირჯვებას და უსტრუქტურობას. იზრდება დისპერსიულობა, ასევე ღამის ფრაქციის რაოდენობა და ნიადაგი ხდება წყალგაუმტარი ან სუსტად წყალგაუმტარი. ამრიგად, დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგები მედიორაციის გარეშე დაბალ პროდუქტიულ ნიადაგებად ითვლებიან.

სოფლის მეურნეობის აღმავლობისათვის მითუმეტეს ისეთი მცირემიწიანი ქვეყნისათვის, როგორცაა საქართველო ერთადერთი რეზერვი დეგრადირებული მიწების აღდგენასა და გამოყენებაში მდგომარეობს.

კლიმატის მიმდინარე გლობალური ცვლილება მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს საქართველოში სოფლის მეურნეობის განვითარებაზე. კერძოდ, გახშირებული და გაზრდილი ინტენსიურობის სტიქიური მოვლენები (წყალდიდობა, წყალმოვარდნები) იწვევენ სახნავი მიწების პროდუქტიულობის შემცირებას და მიწის რესურსების დეგრადაციის ზრდას. აღმოსავლეთ საქართველოს ლანდშაფტები განსაკუთრებით მგრძობიარენი არიან თანამედროვე კლიმატის ცვლილების მიმართ. აღმოსავლეთ საქართველოს უმეტეს ნაწილზე აღინიშნება ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მატება 0,6°C-მდე. ამასთან გახშირდა გვალვები. სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში აქ მოსული ნალექების რაოდენობა არ აღემატება 200-250 მმ-ს, რაც 1 მ სისქის ნიადაგის ფენაში არსებული პროდუქტიული ტენის მარაგის მხოლოდ 50-200 მმ-ს შეადგენს. გლობალური დათბობის ფონზე გახშირებული გვალვების შედეგად აღინიშნება ბუნებრივი ლანდშაფტების ტრანსფორმაციის პროცესი [2,3]. საქართველოს სამხრეთ-აღმოსავლეთში თითქმის 3 000 კვ.კმ ფართობის ტერიტორია, რომელიც მოქცეულია ნახევრადუდაბნოს ზონაში, განუწყვეტლივ ზიანდება გვალვებისა და ქარისმიერი ეროზიისაგან, განიცდის დეგრადაცია-გაუდაბნობებს. გაუდაბნობის პროცესი კარგად არის გამოხატული ქიზიყის, გარე კახეთის და ქვემო ქართლის რიგ რეგიონებში.

ჩვენი კვლევის ობიექტია სიღნაღის რაიონი, რომელიც ღარბია წყლის რესურსებითა და ატმოსფერული ნალექებით. ზაფხულის თვეებში ჰაერის ტემპერატურა აქ აღწევს 35-40°C-ს, რაც ხანგრძლივ უნალექო პერიოდებთან ერთად ხშირად იწვევს გვალვებს. ყოველივე ეს აქტუალურია გლობალური დათბობის პირობებში, როდესაც მოსალოდნელია გვალვიანი რეგიონის არიალის გადიდება, აორთქლების ხარჯზე ტენის დეფიციტის გაზრდა, აორთქლების ინტენსივობის ზრდასთან ერთად ნიადაგის დამლაშების პროცესების გაძლიერება, ნიადაგის ორგანული მასის სწრაფი მინერალიზაცია და გამოფიტვა, სახნავიფართობების შემცირება, რაც დაკავშირებულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის შემცირებასა და დანაკარგებთან. ყოველივე ეს

განაპირობებს ამ რეგიონში სოფლის მეურნეობის მოწყვლადობის მაღალ ხარისხს კლიმატის ამჟამად მიმდინარე ცვლილების მიმართ და აქტუალურს ხდის საადაპტაციო ღონისძიებათა შემუშავებას და მათ განხორციელებას, რათა სათანადო პირობები შეიქმნას მიწის დეგრადაციის შემცირებისათვის, ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებისათვის და მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობის გაუმჯობესებისათვის.

მარტის თვეში ნიადაგისა და წყლის ნიმუშების აღება მოხდა სოფ.ძველი ანაგის ექსპერიმენტალური ბაზის მიმდებარე ტერიტორიაზე. ძველ ანაგაში შერჩეულ იქნა დრენაჟიანი სარწყავი ნაკვეთი ნაკვ.2-ვენახი და ნაკვ.3-ბალახი. ეს ნაკვეთები მდებარეობენ ქვემო ალაზნის სარწყავი არხის მარცხენა სანაპიროზე, ბაზის ტერიტორიიდან დაახლოებით 500 და 1500 მ-ში. მარტის თვეში საკვლევი ობიექტების ნიადაგის საანალიზო ნიმუშების აღება მოხდა 0-20, 20-40, 40-60, 60-80სმ სიღრმეზე. გარდა ამისა შერჩეულ იქნა გრუნტის წყლის და კოლექტორულ-დრენაჟული წყლების აღების წერტილები, რომლებშიც აღვიღებ მობილური იონომეტრის საშუალებით განისაზღვრა შემდეგი ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები: pH, ტემპერატურა და მარილიანობა.

აღებული ნიადაგის ნიმუშები ჩამოტანილ იქნა ლაბორატორიაში, სადაც ნიმუშები გაიშალა გასაშრობად, შემდეგ ისინი გაიწმინდა სხვადასხვა ჩანართებისაგან (მცენარეთა ფესვები, კენჭები), დაიფქვა ფაიფურის როდინში, გაიცრა 1 მმ დიამეტრის საცერში და აიწონა წყლით გამონაწურის მოსამზადებლად, რომელშიც განისაზღვრა შემდეგი კომპონენტები: pH, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, საერთო მინერალიზაცია [4].

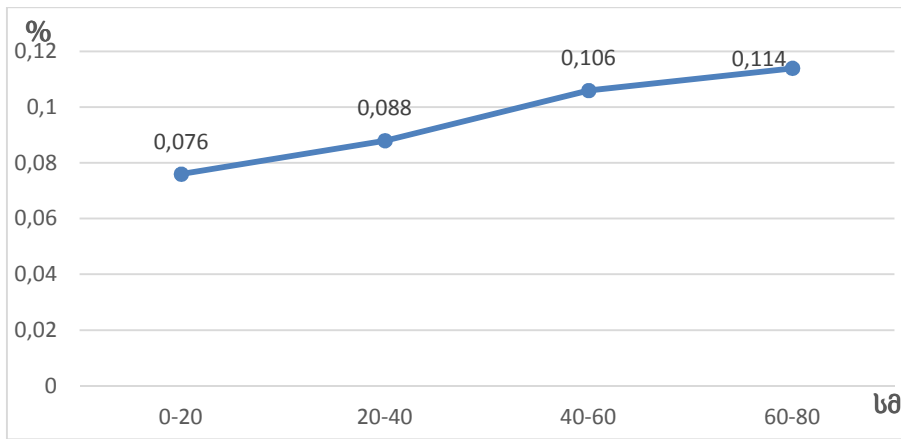
როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, ძველი ანაგის №2 ნაკვეთის ვენახის ნიადაგები არიან დაუმლაშებელი. მშრალი ნაშთი მერყეობს 0.076-0.114 %-ის ფარგლებში. მშრალი ნაშთის მაქსიმალური რაოდენობა აღინიშნება 40-60 და 60-80 სმ სიღრმეებზე, შესაბამისად 0.106-0.114 %-ს ოდენობით. ზედა ჰორიზონტებში 0-20 და 20-40 სმ სიღრმეებზე მშრალი ნაშთი შეადგენს შესაბამისად 0.076-0.088 %-ს. ჩვენი მოსაზრებით მშრალი ნაშთის ზრდა ნიადაგის პროფილში განპირობებულია მოსული ატმოსფერული ნალექებით, მარილების ხსნადობით და მიგრაციით ნიადაგის ღრმა ფენებში. აღსანიშნავია HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-ის იონების სიჭარბე ქლორიდებთან და სულფატებთან შედარებით. რაც შეეხება SO<sub>4</sub><sup>-</sup>-ის იონებს, მათი რაოდენობა აღემატება ქლორიდების რაოდენობას, ხოლო კათიონებიდან Ca<sup>++</sup> და Mg<sup>++</sup>-ის იონების რაოდენობა აღემატება Na<sup>+</sup>-ის იონების რაოდენობას.

ცხრილი 1. ძველი ანაგის ნიადაგების წყლით გამონაწურის ანალიზის შედეგები (03.2013წ.)

| №  | სიღრმე, სმ | PH   | %            |                              |                               |                 |                              |                  |                  |                 |                                 | მგრ.ექვ                      |                               |                 |                              |                  |                  |                 |
|--|------------|------|--------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
|  |            |      | მშრალი ნაშთი | CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | Ca <sup>++</sup> | Mg <sup>++</sup> | Na <sup>+</sup> | ΣA <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> | Ca <sup>++</sup> | Mg <sup>++</sup> | Na <sup>+</sup> |
| ნაკ. 2<br>ვენახი<br>დრენაჟიანი<br>სარწყავი | 0-20       | 7.10 | 0.124        | -                            | 0.062                         | 0.011           | 0.037                        | 0.024            | 0.002            | 0.017           | 0.122                           | -                            | 1.02                          | 0.31            | 0.77                         | 1.20             | 0.16             | 0.74            |
|  | 20-40      | 7.20 | 0.120        | -                            | 0.065                         | 0.012           | 0.034                        | 0.016            | 0.006            | 0.018           | 0.118                           | -                            | 1.06                          | 0.34            | 0.71                         | 0.80             | 0.49             | 0.82            |
|  | 40-60      | 7.20 | 0.122        | -                            | 0.060                         | 0.010           | 0.036                        | 0.020            | 0.003            | 0.018           | 0.117                           | -                            | 0.98                          | 0.28            | 0.75                         | 0.99             | 0.25             | 0.77            |
|  | 60-80      | 7.10 | 0.110        | -                            | 0.048                         | 0.011           | 0.034                        | 0.018            | 0.004            | 0.013           | 0.104                           | -                            | 0.79                          | 0.31            | 0.71                         | 0.90             | 0.33             | 0.58            |
|  | 80-100     | 7.20 | 0.116        | -                            | 0.060                         | 0.003           | 0.030                        | 0.018            | 0.003            | 0.010           | 0.094                           | -                            | 0.98                          | 0.008           | 0.62                         | 0.90             | 0.25             | 0.45            |
| ნაკ 3.<br>ბალახი<br>დრენაჟიანი             | 0-20       | 7.80 | 0.860        | -                            | 0.084                         | 0.013           | 0.523                        | 0.050            | 0.011            | 0.212           | 0.857                           | -                            | 1.38                          | 0.37            | 10.88                        | 2.49             | 0.90             | 9.24            |
|  | 20-40      | 7.40 | 0.864        | -                            | 0.076                         | 0.009           | 0.540                        | 0.048            | 0.012            | 0.216           | 0.863                           | -                            | 1.25                          | 0.25            | 11.29                        | 2.39             | 0.99             | 9.41            |
|  | 40-60      | 7.60 | 0.898        | -                            | 0.081                         | 0.015           | 0.551                        | 0.058            | 0.011            | 0.216           | 0.891                           | -                            | 1.33                          | 0.42            | 11.46                        | 2.89             | 0.90             | 9.42            |
|  | 60-80      | 7.80 | 0.548        | -                            | 0.070                         | 0.010           | 0.325                        | 0.036            | 0.011            | 0.127           | 0.544                           | -                            | 1.15                          | 0.28            | 6.76                         | 1.80             | 0.90             | 5.49            |
|  | 80-100     | 7.80 | 1.044        | -                            | 0.070                         | 0.014           | 0.593                        | 0.072            | 0.016            | 0.206           | 0.936                           | -                            | 1.15                          | 0.39            | 12.35                        | 3.59             | 1.31             | 8.99            |

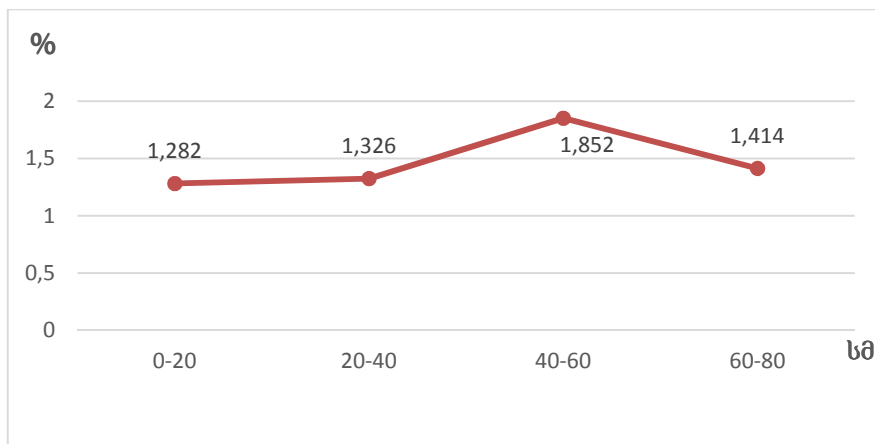
განსხვავებული მდგომარეობაა ნაკვეთ №3-ში, სადაც ბუნებრივი ბალახი-საძოვარია. ეს ნიადაგები ეკუთვნიან დამლაშებულ ნიადაგების კატეგორიას. მასში მშრალი ნაშთისრაოდენობა იცვლება 1.282-1.852 %-ის ფარგლებში. 40-60 სმ სიღრმეზე შეადგენს მაქსიმალურ რაოდენობას და ეკუთვნის ძლიერ დამლაშებულ ნიადაგებს. ანიონებიდან  $SO_4$ -ის შემცველობა მნიშვნელოვნად აღემატება ქლორიდებს და  $HCO_3$ -ის რაოდენობას.  $SO_4$ -ის მაქსიმალური მნიშვნელობა აღინიშნება 40-60 სმ სიღრმეზე და შეადგენს 24.06 მგ/ეკვ-ს. საერთოდ  $SO_4$ -ის შემცველობა სიღრმის ზრდის შესაბამისად იზრდება. ასე, რომ დამლაშება სულფატური ტიპისაა. კათიონებიდან დომინირებს Na-ის იონები. ეს ნიადაგები ხასიათდებიან კალციუმის და ნატრიუმის სულფატების პროფილში გადაადგილებითა და დაგროვებით. აღნიშნული ნიადაგები განიცდიან ბუნებრივი ჰიდრომეტეოროლოგიური ფაქტორების გავლენას. განსაკუთრებით ნალექებისა და აორთქლების, ვინაიდან ძლიერი დამლაშების გამო ისინი არ განიცდიან ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედებას (დამუშავება, მორწყვა და სხვა).

ნახ.1-ზე მოცემულია მშრალი ნაშთის შემცველობა ძველი ანაგის ვენახის ნიადაგში, სადაც ნათლად ჩანს, თუ მშრალი ნაშთი როგორ იზრდება ნიადაგის პროფილში 60-80 სმ სიღრმეზე.



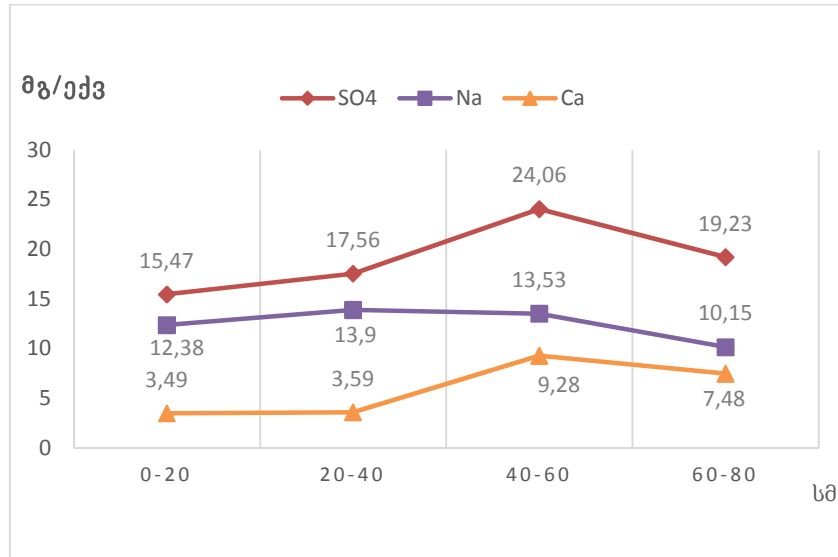
ნახ.1. მშრალი ნაშთის შემცველობა ძველი ანაგის ვენახის ნიადაგში, 03.2013

ნახ.2-ზე მოცემულია მშრალი ნაშთის გრაფიკული მაჩვენებელი ძველი ანაგის ბალახის ნიადაგში, სადაც ნათლად ჩანს, რომ დამლაშება იზრდება 40-60 სმ სიღრმეზე.



ნახ.2. მშრალი ნაშთის შემცველობა ძველი ანაგის ბალახის ნიადაგში, 03.2013

ხოლო ნახ.3-ზე მოცემულია ძველი ანაგის ბალახის ნიადაგში კათიონებისა და ანიონების შემცველობა. დამლაშების ხარისხის მიხედვით დომინირებს  $SO_4^-$ -ის იონი, შემდეგ  $Na^+$ -ის იონი და ბოლოს  $Ca^{++}$ -ის იონები.



**ნახ. 3. კათიონებისა და ანიონების შემცველობა ძველი ანაგის ბალახის ნიადაგში, 03.2013**

ნიადაგის ქიმიური შედგენილობის ცვალებადობაზე ჰიდრომეტეოროლოგიურ ფაქტორებთან ერთად მონაწილეობას იღებენ დრენაჟული და გრუნტის წყლები. რაც უფრო მაღალია დგას მინერალიზებული გრუნტის წყალი, მით უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს მისი კაპილარულად ამოწევა. ალაზნის ველზე გრუნტის წყლები ახლო მდებარეობენ, ზოგ ადგილას 2-2,2 მ-მდეა ამოსული. მათ ადვილად ხსნადი მარილები ამოაქვთ ნიადაგის ზედა ფენებში, აქ სხვადასხვა რაოდენობით აგროვებს და იწვევს ნიადაგის დამლაშებას. ეს პროცესი გამოწვეულია კლიმატური პირობებით, როდესაც წყლის ბალანსი უარყოფითი ხდება (იზრდება აორთქლება, კლებულობს ნალექები) და წყალში და გრუნტში იზრდება მარილების რაოდენობა.

გრუნტის წყლების მინერალიზაცია მარტის თვეში მერყეობს 3630.4-4530.5 მგ/ლ ფარგლებში. კოლექტორულ-დრენაჟულ წყლებში მინერალიზაცია მაღალია ძველი ანაგის №3 ნაკვეთის ქვემოთ და შეადგენს 2250.0 მგ/ლ. მაღალი მინერალიზაცია №3 ნაკვეთზე არსებული დამლაშებული ნიადაგიდან გამოსული დრენაჟული წყლების შერევით კოლექტორში, სადაც ხდება ზედაპირული ჩამდინარე წყლებთან შერევა და რაც იწვევს მათში მინერალიზაციის აწევას.

ანალიზებზე დაყრდნობით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ბუნებრივი ბალახის ნიადაგებისათვის დამახასიათებელია მარილების გადაადგილება და განაწილება ნიადაგში. ჰიდრომეტეოროლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური ფაქტორების პირობებში პროფილის სხვადასხვა ნაწილებში ხდება მორიგეობითი დამლაშება და განმლაშება. ამავ დროს მარილების შემადგენლობა ძირითადად იცვლება ზედა ნახევრმეტრიანი ნიადაგის პროფილში.

ნიადაგის ბუნებრივი ბალახის ქვეშ მორიგეობით ცვლადი დამლაშების და განმლაშების პროცესების დროს ჭარბობს დამლაშების პროცესი, სადაც ბუნებრივი ნიადაგების გარეცხვა არ წარმოებს, რასაც განაპირობებს მასივის ბუნებრივი არადრენირება.

ვენახის ქვეშ ნიადაგები მიეკუთვნებიან არადამლაშებულს, მხოლოდ ცალკეულ შემთხვევებში აღინიშნება პერიოდულად მარილების მოკლე დროით დაგროვება სუსტად დამლაშების დონემდე. იმის გამო, რომ ეს ნიადაგები შეიცავენ მცირე რაოდენობის მარილებს, ამიტომ მორიგეობით ნიადაგში მარილების გადაადგილება და გავრცელება ნიადაგის პროფილში გამოსატულია გაცილებით სუსტად ვიდრე ბუნებრივი ბალახის ქვეშ.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ი.გოგობერიძე. - აღმოსავლეთ საქართველოს დამლაშებული ნიადაგები. - “ცოდნა”, თბილისი, 24 გვ., 1984.
2. Э.Ш. Элизбарашвили, М.Э. Элизбарашвили. - О возможной трансформации природных ландшафтов Кавказа в связи с глобальным потеплением. - “Метеорология и Гидрология”. №10, ст. 53-58, 2005.
3. Э.Ш. Элизбарашвили, М.Э. Элизбарашвили. - Реакция различных типов ландшафтов Закавказья на глобальное потепление. - Известия РАН, серия географическая, №5, ст.52-56, 2002.
4. Фомин Г.С. Фомин А.Г. - Почва, контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. - Москва ВНИИ стандарт 300 ст, 2001.

უაკ 631.4-631.42-551.583

**ალაზნის ველის დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგების ქიმიური შედგენილობა კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე/ლ.შავლიაშვილი, ნ.ქარდავა, ბ.კირტავა, ნ.ხარხელი, ს.კუბრიაშვილი, გ.როგავა/საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის შრომათა კრებული,-2013-ტ.119, გვ.259-263.ქართ.; რეზიუმე: ქართ., ინგლ., რუს.**

ნაშრომში განხილულია ალაზნის ველის (სოფ.ძველი ანაგა) დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგების ქიმიური შედგენილობა. გამოველეულია გრუნტის და კოლექტორულ-დრენაჸული წყლების გავლენა ამ ნიადაგების ქიმიური შედგენილობის ცვალეობაზე.

UDC 631.4-631.42-551.583

**THE CHEMICAL COMPOSITION OF SALINE AND ALKALINE SOILS OF ALAZANI VALLEY AMID THE MODERN CLIMATE CHANGE./L. Shavliashvili, N.Kardava, B.Kirtava, N.Kharkheli, S.Kubriashvili, G.Rogava./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.259-263-Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ. In the article with the chemical composition of saline and alkaline soils of Alazani Valley (s.Dzveli Anaga) are considered. Impact of groundwater and drainage water on the chemical composition of the soi is investigated. .**

УДК 631.4-631.42-551.583

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗАСОЛЕННЫХ И СОЛОНЦЕВАТЫХ ПОЧВ АЛАЗАНСКОЙ ДОЛИНЫ НА ФОНЕ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА./Шавлиашвили Л.У., Н.Л.Кардава, Б.З.Киртава, Н.Е.Хархели, С.В.,Кубриашвили, ГГ..Рогавა/Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. - 2013.-т.119.-с.259-263 -Груз., Рез. Груз., Анг., Рус**

В работе рассматривается химический состав засоленных и солонцеватых почв Алазанской долины (с.Дзвели Анага). Исследуется влияние грунтовых и коллекторно-дренажных вод на изменение химического состава этих почв.

უაკ. 551.535.6.574

**მტკნარი წყლების, განსაკუთრებით სასმელი წყლის ხარისხის  
დაცვა ზოგიერთი მავნე ფაქტორებისაგან**

დიაკონიძე რ.\*, მამასახლისი ე.\*\*,\*სუპატაშვილი თ.\*, ლორთქიფანიძე ფ.\*  
\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი  
\*\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

დღეს, გლობალური დაბობის ეპოქაში, ისე როგორც არასდროს, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების, ხარისხის შენარჩუნებისა და მართვის საკითხები. წყლის რესურსებიდან განსაკუთრებული ყურადღება მტკნარი წყლის მარაგის შენარჩუნებისა და ხარისხის დაცვისკენაა მიმართული. არ ახალია და ყველასთვის ცნობილია, რომ დედამიწაზე არსებული ცოცხალი ორგანიზმების აგებულების 2/3 ნაწილი წყლისგან შედგება. სწორედ აღნიშნავდა ცნობილი გერმანელი მეცნიერ-ფიზიოლოგი ემილ დიუბუა რაიმანი, როცა ამბობდა: „სიცოცხლე გასულიერებული წყალია.“ [1]

როგორც ცნობილია, დედამიწის ხმელეთის ფართობი 149 მლნ. კმ<sup>2</sup>-ია, ხოლო მტკნარი წყლის რესურსების მარაგი მთელ პლანეტაზე 35,029 მლნ. კმ<sup>3</sup>-ს შეადგენს [2]. აქვე აუცილებელია აღინიშნოს ისიც, რომ მტკნარი წყლის რესურსები არათანაბრადაა განაწილებული დედამიწაზე და მისი მარაგის მნიშვნელოვანი ნაწილი ხელმიუწვდომელია პრაქტიკული გამოყენებისთვის. ამის გამო დედამიწის ზოგიერთ რეგიონში დღესაც შეინიშნება მტკნარი წყლის რესურსების გარკვეული დეფიციტი. გაეროს ექსპერტთა ვარაუდით, უახლოესი 50 წლის განმავლობაში, როცა დედამიწის მოსახლეობა დაახლოებით 7 მილიარდს მიაღწევს, მოსალოდნელი იქნება წყლის დეფიციტის ზრდა. მტკნარი წყლის რესურსების შესანარჩუნებლად საჭიროა ყველა აუცილებელი ღონისძიების დაუყოვნებლივ გატარება. ამ პრობლემის გადაჭრას უკვე აქვს მინიჭებული ზოგადსაკაცობრიო მნიშვნელობა.

საბედნიეროდ, საქართველო ნამდვილად არ განიცდის მტკნარი წყლის რესურსების ნაკლებობას. თუკი ამ მარაგს რაციონალურად გამოვიყენებთ და შევინარჩუნებთ დამაკმაყოფილებელ ხარისხს, ახლო მომავალშიც არ იარსებებს მისი დეფიციტის საშიშროება.

წყლების, მათ შორის მტკნარი წყლის რესურსების მსოფლიო მარაგის მნიშვნელობები XX საუკუნის ბოლო წლების მიხედვით მოცემულია ცხრ. № 1 [3].

საქართველოში დაახლოებით 26 ათასი დიდი და პატარა მდინარეა და მთლიანობაში წყლის სხვა რესურსებთან ერთად დაახლოებით 107კმ<sup>3</sup>-ს შეადგენს. ცნობილია, რომ საქართველოს ტერიტორია დაახლოებით 70000 კმ<sup>2</sup>-ია. გამოდის, რომ მტკნარი წყლის რესურსის მარაგი 1 კმ<sup>2</sup>-ზე დაახლოებით 0.0015კმ<sup>3</sup>-ს უდრის [4]; თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ დედამიწაზე მტკნარი წყლის რესურსების მნიშვნელოვანი ნაწილი მიუწვდომელია (ანტარქტიდა, გრენლანდია და სხვა.), მაშინ გამოდის, რომ პრაქტიკულად გამოსაყენებელი წყლის რესურსების მარაგით საქართველო მსოფლიოში ერთ-ერთ მოწინავე პოზიციაზეა.

საქართველოში მტკნარი წყლის რესურსების 65 % მდინარეების წყალზე მოდის. თუ ჩვენ რაციონალურად და გეგმაზომიერად გამოვიყენებთ ამ მარაგს, შეგვიძლია მათი ექსპორტიც განვახორციელოთ. აქედან გამომდინარე, ქვეყნის სხვა სტრატეგიული მნიშვნელობის ბუნებრივ სიმდიდრეებთან ერთად, საჭიროა მკაცრად გაუფრთხილდეთ წყლის რესურსების მარაგს და დავიცვათ მისი ეკოლოგიური უსაფრთხოება. როგორც სისხლძარღვთა სისტემაში სისხლის მიმოქცევას ერთადერთი ორგანო - გული განაგებს, ასევე სჭირდება ერთი პატრონი წყლის რესურსების მართვას, რასაც სახელმწიფო უნდა აკეთებდეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში წყლის რესურსების მართვაში შეიძლება წარმოიშვას უამრავი გადაუჭრელი პრობლემა, ხოლო ამ პრობლემების შემქმნელის დადგენა ძნელი იქნება. ასეთმა პრობლემებმა არა მარტო ერთ, არამედ რამდენიმე სახელმწიფოს შორისაც კი შეიძლება გამოიწვიოს კონფლიქტური გარემოებები.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ადვილი წარმოსადგენია თუ რა დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქვეყანაში მტკნარი, პირველ რიგში, სასმელი წყლის რესურსების ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვას.

წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილი იქნება, ჩვენი აზრით, მეტად აქტუალური პრობლემის - მტკნარი წყლის რესურსების, უპირველესად კი, სასმელი წყლის ხარისხზე გახრწნილი გვამების ზემოქმედების კვლევა.

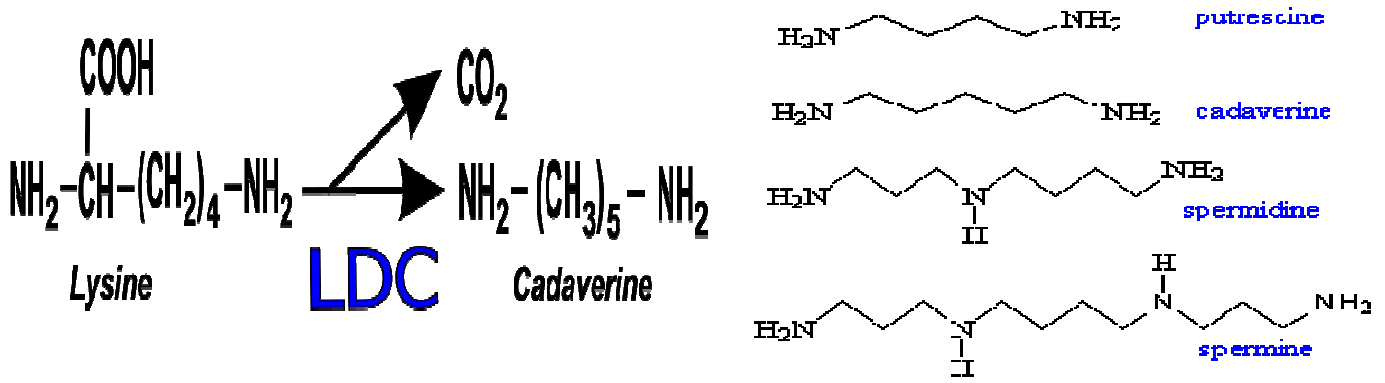


ცხრილი. 1. წყლის მსოფლიო მარაგების რაოდენობები

| წყლის სახეობა   | გავრცელების ფართობი მლნ კმ <sup>2</sup> | მოცულობა მლნ კმ <sup>3</sup> | მსოფლიო მარაგის წილი, % |                           |
|---|---|------------------------------|-------------------------|---------------------------|
|   |   |                              | საერთო მარაგებიდან      | მტკნარი წყლის მარაგებიდან |
| მსოფლიო ოკეანე  | 361.3                                   | 1338.0                       | 96.5                    | -                         |
| მიწისქვეშა წყლები                                       | 134.8                                   | 23.4                         | 1.7                     | -                         |
| უფრომეტად მტკნარი მიწისქვეშა წყლები                     | 134.8                                   | 10.53                        | 0.76                    | 30.1                      |
| ნიადაგის წყლები   | 82.0                                    | 0.0165                       | 0.001                   | 0.05                      |
| მყინვარები და მუდმივი თოვლის საფარი                     | 16.227                                  | 24.064                       | 1.74                    | 68.7                      |
| ანტარტიდა   | 13.98                                   | 21.6                         | 1.56                    | 61.7                      |
| გრელანდია   | 1.8024                                  | 2.34                         | 0.17                    | 6.68                      |
| არქტიკული კუნძულები                                     | 0.2261                                  | 0.0835                       | 0.006                   | 0.24                      |
| მთიანი რაიონები   | 0.224                                   | 0.0406                       | 0.003                   | 0.12                      |
| მიწისქვეშა ყინულები, მრავალწლიანი გამყინვარებული ქანები | 21.0                                    | 0.3                          | 0.022                   | 0.86                      |
| ტბის წყლები:  | 2.058                                   | 0.176                        | 0.13                    | -                         |
| მტკნარი   | 1.236                                   | 0.091                        | 0.007                   | 0.26                      |
| მლაშე   | 0.822                                   | 0.085                        | 0.006                   | -                         |
| ჰაობის წყალი  | 2.682                                   | 0.0114                       | 0.0008                  | 0.03                      |
| მდინარის წყლები   | 148.8                                   | 0.00212                      | 0.0002                  | 0.006                     |
| ბიოლოგიური წყალი  | 510.0                                   | 0.0112                       | 0.0001                  | 0.003                     |
| წყალი ატმოსფეროში                                       | 510.0                                   | 0.0129                       | 0.001                   | 0.04                      |
| წყლის საერთო მარაგი                                     | 510.0                                   | 1385.984                     | 100                     | -                         |
| მტკნარი წყლები  | 148.8                                   | 35.029                       | 2.53                    | 100                       |

როგორც ცნობილია, გახრწნილი გვამებიდან გამოიყოფა ძლიერ მომწამლავი ნივთიერებები (შხამები): კადავერინი, პუდრესცინი, სპერმიდინი და სპერმინი. ისინი წარმოადგენენ გვამების ლპობის პროდუქტს და მათ ბიოგენურ დიამინებს ანუ სტომაიდებს უწოდებენ. კადავერინი და პუდრესცინი გაერთიანებულია ერთ ჯგუფში, ხოლო სპერმიდინი და სპერმინი მეორეში. პუდრესცინი (ბუტან-1, 4 დიამინი) წარმოიქმნება ორნიტინისა და არგინინის დეკარბოქსილირებით, ხოლო კადავერინი (პენტა -1, 5 დიამინი) ლიზინის დეკარბოქსილირებით. ორივე ეს ნაერთი ლ. ბიეგემ და ო. ბოკლინმა გამოყო 1885 წელს, ლადენბურგმა კი ისინი მალე დაამზადა.

ზემოაღნიშნული ნივთიერებებიდან კადავერინი ითვლება ერთ-ერთ ამოუცნობ, ძლიერმოქმედ შხამად, რომლის ორი სახეობა არსებობს: მსუბუქი კადავერინი და მძიმე კადავერინი. ეს სახეულოდებები გამომდინარეობს მათში შემავალი შხამის სიძლიერის მიხედვით. აქედან გამომდინარე, ჩვენი კვლევის საგანს წარმოადგენს კადავერინი.



კადავერინის შემადგენლობა ძალიან რთულია და დღემდე არ არის სრულყოფილად შესწავლილი. ცნობილია, რომ ის შედგება სხვადასხვა ცილოვანი ნივთიერებებისაგან, რომლებიც წარმოიქმნება გვამების გახრწნის შედეგად. ის ბლანტი სითხეა, არასასიამოვნო მკვეთრი სუნით. კადავერინი მომაკვდინებლად მოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმებზე, მათ შორის ადამიანებზე, იწვევს სისხლის საერთო დაავადებას, ნერვიულ პარალიზურ მოვლენებს. კადავერინის შხამის ორგანიზმში მოხვედრიდან სულ მცირე დროში იწვება ანთებითი პროცესი, მატულობს ტემპერატურა, მოწამლული განიცდის ძლიერ ტკივილებს მთელს ორგანიზმში. ერთი დღე-ღამის შემდეგ იწვება ტვინის შეშუპება, ფუნქციონირებას წყვეტს თირკმლები და ღვიძლი. ავადმყოფი საშინელი წამებით კვდება.

ძველი რუსები მას მტრებისაგან თავის დასაცავად იყენებდნენ. ამ მიზნით ისინი „მსუბუქ კადავერინს“ საბრძოლო ისრებს აცხებდნენ და ისე ესროდნენ მოწინააღმდეგეს. ასეთმა მოქმედებამ კოლოსალური ეფექტი გამოიწვია. მებრძოლები ერთი მეორის მიყოლებით კვდებოდნენ საშინელი წამებით. როგორც ცნობილია, დღეისათვის „მსუბუქი კადავერინით“ მოწამლულების გადარჩენა შესაძლებელია, მაგრამ ჯანმრთელობის არასასურველი შედეგები თითქმის მთელი ცხოვრების მანძილზე რჩება. გაცილებით ტრაგიკული შედეგები მოაქვს „მძიმე კადავერინით“ მოწამვლას.

მეცნიერებისთვის ცნობილია, რომ გახრწნილი გვამებიდან გამოყოფილი ზემოაღნიშნული ნივთიერებები, რომელთა შორის აღსანიშნავია კადავერინი, მომაკვდინებლად მოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმებზე, მათ შორის, რა თქმა უნდა, ადამიანის ჯანმრთელობაზეც. თუმცა, რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია, გახრწნილი გვამებიდან გამოყოფილი მომწამლავი ნივთიერების წყლის ხარისხზე ზემოქმედების მეცნიერულ-ფუნდამენტალური კვლევა დღემდე საქართველოში, და არა მარტო საქართველოში, არ ჩატარებულა.

გამომდინარე იქიდან, რომ გახრწნილი გვამებიდან გამოყოფილი მომწამლავი ნივთიერებების (კადავერინი, პუდრესცინი, სტერმიდინი და სტერმინი) შესწავლა სპეციფიკური კვლევის საგანია, ხშირად გასაიდუმლოებულია და სამედიცინო მეცნიერების სფეროს განეკუთვნება, ამიტომ ხაზგასმით ავლნიშნავთ, რომ აღნიშნული მომწამლავი შხამების კვლევა ჩვენ მხოლოდ იმ მიზნით გვინტერესებს, რათა დავადგინოთ მოსალოდნელია თუ არა გახრწნილი გვამებიდან გაჟონილი მომწამლავი ნივთიერებების მოხვედრა წყალში, კერძოდ, მტკნარი წყლის ობიექტებში.

საკითხის კვლევის იდეა იქიდან წარმოიშვა, რომ საქართველოს რთული რელიეფის გამო სასაფლაოები ხშირად ისეთ ადგილზეა გაშენებული (მთის ფერდობზე ან მაღლობებზე), საიდანაც ყოველთვის არსებობს იმის დიდი რისკი, რომ გახრწნილი გვამებიდან გამოყოფილი მომწამლავი ნივთიერებები (შხამები) გაჟონვის შედეგად მოხვდეს წყლის, განსაკუთრებით სასმელი წყლის ობიექტებში (სასმელი წყლის ჭები), რომლებიც ხშირად მთის ფერდობებზე გაშენებული სასაფლაოების ძირში მდებარეობს და, აქედან გამომდინარე პოტენციურ საფრთხეს წარმოადგენს მოსახლეობის ჯანმრთელობისათვის.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, მტკნარი წყლის რესურსების (სასმელი, სარწყავი, სათევზე მეურნეობისათვის და სხვა) ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვა გახრწნილი გვამებიდან გამოყოფილი ძლიერმოქმედი მომწამლავი ნივთიერებების (კადავერინი, პუდრესცინი, სტერმიდინი და სტერმინი) ზემოქმედებისაგან ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს. დასმული საკითხის შესწავლა საშუალებას მოგვცემს დამუშავდეს სასაფლაოების უსაფრთხო განაშენიანების სპეციალური ღონისძიებები. არ არის გამორიცხული, საზოგადოების (ჭირისუფლების) სურვილის შემთხვევაში, რეკომენდაცია გაეწიოს გარდაცვლილების სასაფლაოებზე დაკრძალვის ალტერნატიულ ვარიანტს - კრემაციას.

აუცილებელია აღინიშნოს ისიც, რომ ზედაპირული წყალშემკრები აუზების საზღვრები ხშირად არ ემთხვევა მიწისქვეშა წყალშემკრები აუზების საზღვრებს. გამომდინარე აღნიშნულიდან, ცნება საინტარული ზონის შესახებ, ზოგ შემთხვევაში, კარგავს თავის მნიშვნელობას. სასაფლაოების შემთხვევაში აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული მიწისქვეშა წყალშემკრები აუზების საზღვრები, რადგანაც გახრწნილი გვამებიდან გამოყოფილი შხამები (სამწამლავი ნივთიერებები) სწორედ ფილტრაციული წყლების შედეგადაა მოსალოდნელი მოხდეს მტკნარი წყლის, კერძოდ სასმელი წყლის ობიექტში.

მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ თბილისის ზღვის წყალსაცავი, საიდანაც სასმელი წყლით მარაგდება ქ.თბილისის მოსახლეობის გარკვეული ნაწილი. მართალია, თბილისის საკრებულოს გადაწყვეტილებაში წერია, რომ „სასაფლაოების მოწყობა დაუშვებელია:

ა) წყალმომარაგების სათავეების, მინერალური წყლების სანიტარული დაცვის პირველ და მეორე ზონებში, კურორტების პირველ და მეორე ზონებში;

ბ) ტბების, მდინარეების, ხელოვნური წყალსაცავების და სხვა ღია წყალსაცავების სანაპიროებზე, რომლებსაც მოსახლეობა სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო დანიშნულებით და სხვა კულტურულ-გამაჯანსაღებელი მიზნით იყენებს;

გ) ქალაქის სასმელი და სამეურნეო დანიშნულების წყლით მომარაგების ცენტრალიზებული სისტემებით დაკავებულ ტერიტორიებზე...“, თუმცა თბილისის ზღვასთან მდებარე სასაფლაო წყალსაცავისკენ მიიწევს. ჩვენი ვარაუდით, მერია არ, ან ვერ აკონტროლებს ამ პროცესს.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ქვაბური ტიპის ტერიტორიებისათვის, სადაც მტკნარი წყლის ობიექტები მდებარეობენ, პირველ სანიტარული ზონის საზღვრად ზემოაღნიშნული ტერიტორიის მთლიანი აკვატორიის წყალგამყოფი ხაზი ითვლება. აქედან გამომდინარე, ყოველად დაუშვებელია სასაფლაოს არსებობა ასეთ ზონებში.

მსგავსი მდგომარეობაა შექმნილი საქართველოში არსებული მრავალი სასაფლაოს ირგვლივ, სადაც ისინი განლაგებულია მაღლობ ზონებში, ხოლო სასმელი წყლის ობიექტები, განსაკუთრებით ჭის წყლები, ქვედა ჰორიზონტებში მდებარეობს და ყოველთვის არსებობს გვამებიდან გამოყოფილი შხამებით მათი დაბინძურების რისკი.

ზემოაღნიშნული პრობლემის გარდა არსებობს თბილისის ზღვის დაბინძურების სხვა ფაქტორებიც, კერძოდ ზღვის გარშემო გაშენებული რესტორნები, კაფე-ბარები და სხვა საზოგადოებრივი კვების ობიექტები, აგრეთვე საცხოვრებელი პანსიონატები, საცხოვრებელი სახლები და სხვადასხვა დანიშნულების საყოფაცხოვრებო მომსახურების ობიექტები, საიდანაც დაბინძურებული წყალი პირდაპირ ჩაედინება ზღვაში, რაც მის დაბინძურებას იწვევს. ზღვის ზედაპირზე ნაპირებთან ახლოს შეიმჩნევა მცირე ზომის მცენარეულობა, რაც მისი დაბინძურების ერთ-ერთი მანკენებელია და უკვე საგანგაშოა აუცილებელია ისიც, რომ ჩვენს ქვეყანაში ზერელედ და უპასუხისმგებლოდ ეკიდებიან გარემოს დაცვის საკითხებს, რასაც ნათლად ადასტურებს 2012 წლის 20 მარტს დაქარბებული ტემპით პარლამენტის მიერ დამტკიცებული კანონი "გარემოს დაცვის შესახებ", რომელსაც ყველაფერი შეიძლება ეწოდოს გარდა გარემოს დაცვისა. ექსპერტთა აზრით, კანონში შესული ცვლილებები სად აზრს სცილდება და ვერაფერს უწოდებ მას, თუ არა ქვეყნის დალატს. სწორედ ასეთი კანონებისა და დაუდევრობის ბრალია საქართველოს ტერიტორიაზე მდ. მტკვრის წყალშემკრები აუზის დაბინძურება, რაც გამოწვეულია მრავალი სხვადასხვა მიზეზით, მათ შორის მდ. მაშავერის ხეობაში არსებული ოქროს მომაპოვებელი საბადოსა და გარდაბნის "გრესი"-ს ფუნქციონირებით.

### **ყოველივე ზემოაღნიშნული საშუალებას გვაძლევს გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:**

1. აუცილებელია ქვეყნის მასშტაბით განხორციელდეს სასაფლაოების მიმდებარე არსებული მტკნარი წყლის ობიექტების (განსაკუთრებით სასმელი წყლის ობიექტები) ქიმიური და ბაქტერიოლოგიური მახასიათებლების გამოკვლევა და დადგინდეს არსებობს თუ არა მათი დაბინძურების რისკი, გვამებიდან გამოყოფილი შხამებით.
2. დადგინდეს არსებობს თუ არა გვამების ღპობის (გახრწნის) შედეგად გამოყოფილი ბიოგენური დიამინების (კადავერინი, პუდრესცინი, სტერმიდინი ან სტერმინი) გავრცელების რისკი მტკნარი წყლის, განსაკუთრებით სასმელი წყლის ობიექტებში.
3. შემუშავდეს სასაფლაოების განაშენიანების თანამედროვე რეკომენდაციები ტერიტორიების მორფომეტრული მახასიათებლების გათვალისწინებითა და სანიტარული ზონების დაცვის აუცილებელი დაცვით.
4. სანიტარული ზონების განსაზღვრის დროს, აუცილებლად იქნეს გათვალისწინებული მიწისქვეშა და ზედაპირული წყალშემკრები აუზების წყალგამყოფი ხაზების საზღვრები.
5. მოსახლეობის სურვილისა და რელიგიური მრწამსის გათვალისწინებით, ისეთ ადგილებში, სადაც სასაფლაოების განაშენიანება ადამიანის ჯანმრთელობისათვის შეიცავს განსაკუთრებულ რისკს, შესაძლებელია რეკომენდაცია გაეწიოს გვამების კრემაციას.
6. აუცილებელია განხორციელდეს თბილისის ზღვის წყლის ხარისხის თანამედროვე მდგომარეობის შეფასება და მისი ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვის პრევენციული ღონისძიებების დამუშავება.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Дерпгольц В. Ф. Мир воды. Изд. „Недра”, 1979, Л., 255 с.
2. დიაკონიძე რ., ლაბარტყავა ნ., ფირცხალაიშვილი ი. - წყლის რესურსების ხარისხის დაცვა ღვარცოფულ რეგიონებში. საქ. განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული, №63, თბილისი, 2007, გვ. 40-45.
3. Яковенко П. И., Рисунов О.А., Яковенко И. П. «Первое из чудес природы» . изд. «Уражай» Киев, 1989, 160с.
4. დიაკონიძე რ -გარემოს ეკოლოგიური პრობლემები (ღვარცოფული მოვლენები და მათი პროგნოზირება). საქ. მეცნ. აკადემიის წყალთა მეურნეობისა და საინჟინრო ეკოლოგიის ინსტიტუტის (საქჰიდროეკოლოგია) სამეცნ.შრომ. კრებული, თბილისი, 2005, გვ. 24-31.

უაკ. 551.535.6.574

**მტკნარი წყლების, განსაკუთრებით სასმელი წყლის ხარისხის დაცვა ზოგიერთი მავნე ფაქტორებისა-ბან/** დიაკონიძე რ.,მამასახლისი ჟ.,სუპატაშვილი თ.,ლორთქიფანიძე ფ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013. ტ.119 გვ.264-268, ქართ.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ნაშრომში წარმოდგენილია მსოფლიოს, მათ შორის საქართველოს წყლის რესურსების რაოდენობრივი მახასიათებლების შეფასება. განხილულია მტკნარი წყლების, კერძოდ სასმელი წყლის რესურსების დაბინძურების რისკი სასაფლაოზე დაკრძალული გვამების გახრწნის შედეგად გამოყოფილი მომწამლავი ნივთიერებებით, ე.წ. ბიოგენური დიამინებით (კადავერინი, პუდრესცინი, სპერმიდინი, სპერმინი), რომლებიც სასმელ წყალში შესაძლებელია აღმოჩნდეს მიწისქვეშა წყლების ფილტრაციის შედეგად. წარმოდგენილია შესაბამისი დასკვნები და რეკომენდაციები. შეფასებულია თბილისის ზღვის წყლის ზოგიერთი დამაბინძურებელი ფაქტორები.

UDC. 551.535.6.574

**PROTECTION OF FRESH WATER, ESPECIALLY DRINKING WATER QUALITY FROM SOME HARMFUL FACTORS./**Diakonidze R, Mamasakhlishi J., Supatashvili T., Lortkifanidze F./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. - v.119, – pp.264-268, -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

In the work has been presented evolution of quantity characteristic of the water supply of Georgia and World. has been considered risk of pollution of fresh water, particularly drinking water objects with substances secreted from decomposition corpses as they called biogenic diamines (cadaverine, putrescine, spermidine, spermine), which can be found in drinking water as a result of groundwater filtration. The appropriate conclusions and recommendations. Evaluated some of the polluting factors of Tbilisi sea water.

უაკ. 551.535.6.574

**ЗАЩИТА КАЧЕСТВА ПРЭСНЫХ ВОД, В ОСОБЕННОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, ОТ НЕКОТОРЫХ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ./** Диаконидзе Р.В., . Мамасакхлиси Ж. Г, Супаташвили Т.Л., Лорткипанидзе П. Н./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. - т.119, – с.264-268, – Груз .; Рез. Груз., Англ., Рус. В данной работе дана оценка количественных показателей мировых водных ресурсов, в том числе водных ресурсов Грузии, рассмотрен риск загрязнения пресных вод, в частности питьевой воды, отравляющими веществами, образующимися в результате разложения захороненных на кладбище трупов, т.н. биогенными диаминами (кадаверин, пудресцин, спермидин, спермин), которые могут проникать в питьевую воду вследствие фильтрации подземных вод; представлены соответствующие выводы и рекомендации, приведена оценка некоторых факторов загрязнения воды Тбилисского моря.

УДК 551.464.6

## ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ АММОНИЯ И БАЛАНС БИОГЕНОВ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Е. А. Кубрякова

Морской гидрофизический институт Национальной академии наук Украины, г. Севастополь

Функционирование морской экосистемы возможно благодаря многочисленным взаимосвязям между ее компонентами, которые осуществляются за счет потоков различных веществ. Исследование распределения неорганических форм азота и изучение их потоков в бассейне является актуальным, поскольку эти вещества являются лимитирующим фактором процесса роста и развития живых организмов. Известно, что в процессе их жизнедеятельности образуется органическое вещество, которое оседает и минерализуется в эвфотическом слое. В процессе минерализации органического вещества образуется аммоний, который наряду с нитратами является источником пищи для фитопланктона. Кроме того, в процессе нитрификации аммонийный азот переходит в азот нитратов, пополняя запасы последних. По примерным оценкам [1] около 10 % органического вещества безвозвратно оседает в анаэробную зону, однако баланс нитратов не нарушается, следовательно, существует такой источник нитратов, который позволяет компенсировать потери органического вещества. Нитраты поступают в море с речными водами в прибрежные районы, а затем переносятся в центральную часть моря из-за сезонной изменчивости экмановского переноса [2] и мезомасштабными вихрями в летний период [3]. Преобладающая в центральной части Черного моря циклоническая циркуляция вызывает подъем вод, который приводит к возникновению другого источника – поступлению глубинного аммония из анаэробной зоны. Часть аммония окисляется на границе субкислородной – анаэробной зон, а оставшийся аммоний в процессе нитрификации переходит в нитраты (через промежуточную стадию – образование нитритов). Также питательные вещества поступают в море с осадками.

В настоящей работе на основе расчетов по одномерной физико-биогеохимической модели для глубоководной части моря оценены вклады всех слагаемых в уравнения переноса аммония и нитратов и определен вклад поступающего снизу аммония на продукцию нитратов в эвфотическом слое.

**Одномерная модель** включает в себя гидродинамическую и биогеохимическую подмодели. Подмодели связаны через коэффициент вертикальной турбулентной диффузии и поля температуры, которые рассчитываются в гидродинамической части и затем используются для расчета биогеохимических параметров.

**Гидродинамическая подмодель** построена на основе модели POM [4]. Эта модель была адаптирована для Черного моря в [5], однако модель [5] не учитывает влияния вертикальных движений на динамику жидкости. Как было показано в [6], вертикальные движения необходимы для корректного воспроизведения термохалинной структуры моря. В данной модели с целью учета вертикальных движений задаются поля вертикальной скорости, полученные в результате параметризации. Подробное описание параметризации, а также уравнения модели и граничные условия приводятся в [2, 6].

По вертикали расчет проводится при  $z$ , равной 0; 0,5; ...; 50; 52; ...; 150; 170; ...; 590; 592; ...; 600,0 м. Нижняя граница области моделирования  $H$  составляет 600 м. Система уравнений для всех компонентов модели численно решалась методом прогонки с временным шагом 10 минут. Расчет проводился на 10 лет до установления периодического решения. Затем, используя полученные значения физических и биогеохимических параметров, расчет был проведен на один год. Сезонная изменчивость атмосферных параметров задается по данным реанализа ERA-40<sup>1</sup>, проведенного в Европейском центре среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF<sup>2</sup>) с временной дискретностью 6 ч [7] и осредненного по глубоководной части Черного моря за период 1971 – 2001 гг.

**Биогеохимическая подмодель** основана на модели [8]. Она состоит из биологического, азотного и окислительно-восстановительного блоков. Временная изменчивость всех биогеохимических параметров описывается уравнениями переноса диффузии, которые имеют общий вид:

$$\frac{\partial F}{\partial t} + (W + w_v) \frac{\partial F}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ (K_H + v_b) \frac{\partial F}{\partial z} \right] + R(F),$$

<sup>1</sup> 40 Year Re-analysis Data Archive. (ECMWF Re-Analysis) – проект повторного анализа данных о параметрах глобальной атмосферы и условиях на поверхности за 45-летний период с сентября 1957 по август 2002 гг.

<sup>2</sup> European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (г. Рединг, Великобритания).

где  $F$  – концентрация компоненты биогеохимической подмодели, мкМ;  $W$  – вертикальная скорость, м/с;  $w_s$  – скорость оседания параметра (отлична от нуля только для диатомовых водорослей, растворенного органического вещества и взвешенного марганца), м/с;  $K_H$  – коэффициент вертикальной турбулентной диффузии, м/с<sup>2</sup>;  $v_b$  – фоновое значение турбулентной диффузии, м/с<sup>2</sup>;  $R(F)$  – слагаемое типа источников-стоков, описывающее взаимодействие компоненты  $F$  биогеохимической подмодели с другими.

В отличие от [8, 9], где рассматривался 150-метровый слой, в настоящей работе описываются верхние 600 м, следовательно, рассматриваются также процессы, протекающие в анаэробной зоне. Для корректного описания цикла марганца на границе субкислородной – анаэробной зон и внутри последней система химических уравнений была дополнена. Подробно о выборе уравнений в [10].

В модели представлены два компонента фитопланктона, микро- и мезозоопланктоном, бактериопланктоном, *динофлагеллятой Noctiluca scintillans*, растворенное и взвешенное органические вещества, аммоний, нитриты, нитраты, кислород, сероводород, растворенный и взвешенный марганец, элементная сера.

В качестве начальных условий принимаются равные малые концентрации всех компонент биологического блока и используются начальные профили аммония и нитратов, кислорода, сероводорода, растворенного марганца [8, 11]. Граничные условия в общем виде задаются следующим образом:

$$\left[ (K_H + v_b) \frac{\partial F}{\partial z} \right] + (W + w_s) F = 0, \text{ при } z = 0, H$$

Для уравнения кислорода граничные условия на поверхности моря задаются следующим образом:

$$\left[ (K_H + v_b) \frac{\partial O_2}{\partial z} \right]_{z=0} = V_p [O_2^{sat} - O_2|_{z=0}]$$

где  $V_p = 3$  м/день – скорость поступления кислорода из атмосферы в море;  $O_2^{sat}$  – концентрация насыщения кислородом, рассчитывается по уравнения UNESCO через значения температуры и солености.

На нижней границе области моделирования задаются концентрации аммония, сероводорода, растворенного марганца, равные 44, 152,0 и 6,27 мкМ, соответственно Эти величины взяты как значения концентраций данных веществ на нижней границе начального профиля.

Параметризация взаимодействия биологических компонент содержит безразмерные параметры, которые выбирались согласно данным, приведенным в [9]. Слагаемые типа источников-стоков для биологического и азотного блоков описываются выражениями аналогичным тем, что и в [8].

Учет сезонной изменчивости атмосферных параметров и вертикальной скорости течений позволил получить корректное периодическое воспроизведение как физических, так и биогеохимических параметров, однако в данной работе не приведены из-за ограниченного объема статьи.

Оценка вклада различных процессов на поддержание баланса нитратов. Нитраты являются основным источником пищи для фитопланктона. Для поддержания равновесия в экосистеме необходимо сохранять баланс питательных веществ.

Рассмотрим уравнение переноса нитрата и аммония:

$$\frac{\partial Na}{\partial t} + W \frac{\partial Na}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ (K_H + v_b) \frac{\partial Na}{\partial z} \right] + R_{N_2} + R_{ND} + R_{NPh} + R_{NMn}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial NH_4}{\partial t} + W \frac{\partial NH_4}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ (K_H + v_b) \frac{\partial NH_4}{\partial z} \right] + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9, \quad (2)$$

Первые слагаемые описывают изменение концентрации нитратов и аммония, соответственно, во времени; вторые слагаемые – перенос веществ за счет вертикальной скорости; третьи слагаемые – перенос веществ под действием диффузионного процесса;  $R_{N_2}$  – II ступень нитрификации;  $R_{ND}$  – процесс денитрификации;  $R_{NPh}$  – потребление нитратов фитопланктоном;  $R_{NMn}$  – окисление растворенного марганца нитратами;  $R_A$  – аммонификация;  $R_{ARe}$  – реминерализация;  $R_{Aph}$  – потребление аммония фитопланктоном;  $R_{ANI}$  – I ступень нитрификации;  $R_{AO}$  – окисление кислородом.

На рис.1 изображены средние профили каждого слагаемого в (1) на глубинах 0-115 м, где присутствуют нитраты. Основной вклад в поступление нитратов вносит процесс нитрификации, в результате которого происходит образование нитратов из аммония через промежуточную стадию – образование нитрита. Профиль соответствующего слагаемого  $R_{N_2}$  имеет два максимума: на глубине 20 м и 70 м. На обеих глубинах источником нитратов является аммоний, однако увеличение концентрации аммония на этих глубинах происходит по разным причинам.

Как видно на рис. 2, а, где изображены средние профили каждого слагаемого в (2), в пределах 0 – 60 м источниками аммония являются процессы аммонификации и реминерализации, т.е. разложение органического

вещества. В зоне 60 – 115 м (рис. 2, б) основным источником аммония является процесс адвекции, поставляющий вещество из богатой им анаэробной зоны наверх. На глубине 70 м, где наблюдается максимум адвекционного слагаемого, находится и максимум стока аммония. Аммоний на этой глубине переходит в нитриты в результате первой стадии нитрификации. Нитриты в свою очередь переходят в нитраты во время второй стадии нитрификации (рис. 1), что таким образом «подпитывает» слой максимального содержания нитратов в нижней части нитроклина.

Оценим вклад различных слагаемых в образование и поглощение нитратов и аммония на глубинах 0 – 115 м.

Процентные вклады слагаемых типа источников и стоков (1) – (2) рассматриваются отдельно для двух слоев: 0 – 60 и 60 – 115. Основное потребление нитратов в слое 0 – 60 м (99,45 %) происходит в результате его поедания фитопланктоном. В слое 60 – 115 м нитраты расходуются в процессе денитрификации (31,34 %), незначительное истощение их запасов происходит в результате потребления фитопланктоном (4,34 %) и окисления растворенного марганца нитратами (0,76 %), кроме того, значительная часть нитратов переносится (63,16 %) с глубин 70 м под действием направленной вверх вертикальной скорости. Основным, а в верхних 60 м, и единственным источником образования нитратов, является процесс нитрификации. Таким образом, источником нитратов является аммоний, а преобладающим способом сокращения содержания нитратов является его потребление фитопланктоном.

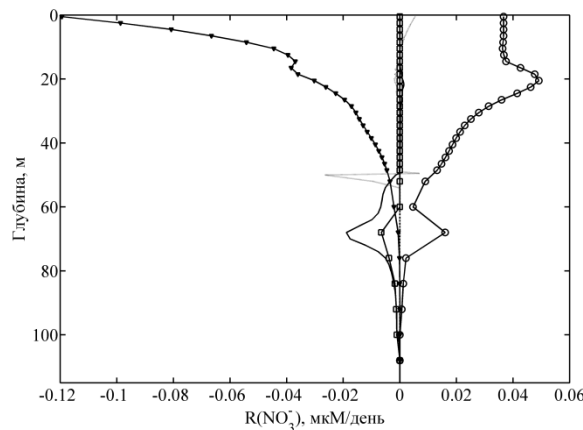


Рис.1. Профили адвективных (сплошная линия) и диффузионных (штрих-пунктирная) слагаемых, слагаемых правой части уравнения переноса нитратов, описывающих процессы: II ступень нитрификации (—○—), денитрификации (—□—), потребление фитопланктоном (—▼—), взаимодействие с растворенным марганцем (II) (штриховая).

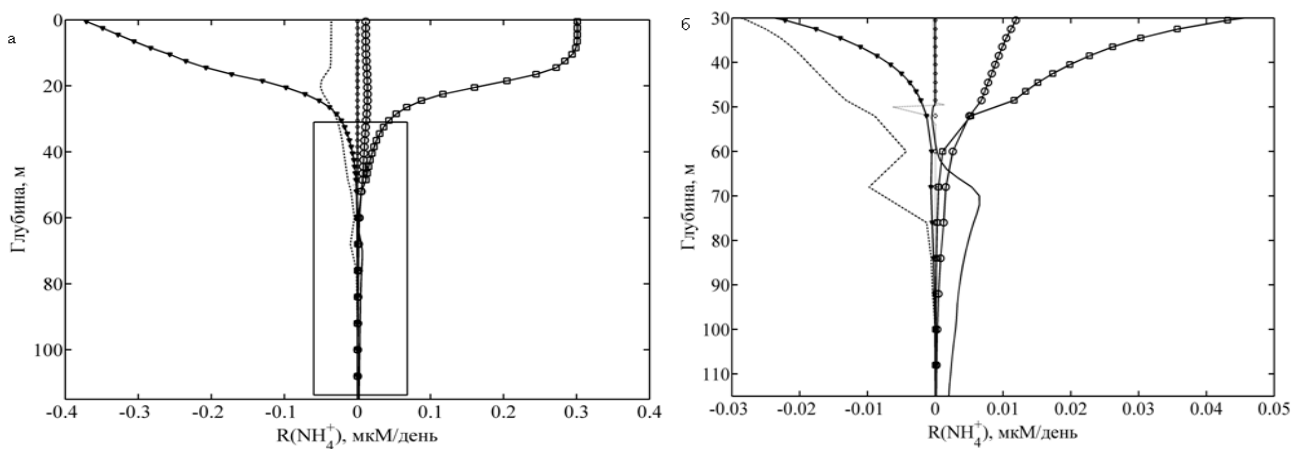


Рис.2. Профили адвективных (сплошная линия) и диффузионных (штриховая) слагаемых, слагаемых правой части уравнения переноса аммония, описывающих процессы: аммонификации (—○—), реминерализации (—□—), потребления аммония фитопланктоном (—▼—), I ступень нитрификации (штрих-пунктирная), окисления кислородом (◇)

Рассмотрим источник и стоки аммония на соответствующих глубинах. В верхних 60 м основным источником появления аммония является процесс реминерализации (92,09 %), также способствует образованию аммония процесс аммонификации (7,91 %). Большая часть аммония в верхнем рассматриваемом слое тратится на питание фитопланктона (78,24 %), на процесс нитрификации (21,64 %) и малая часть аммония переносится за счет диффузионных и адвекционных процессов (0,1 и 0,02 %, соответственно). В слое 60 – 115 м преобладающим источником аммония является поступление аммония за счет вертикальных движений (76,38 %), остальная часть образуется в результате аммонификации (18,58 %), реминерализации (5,02 %) и поступает с диффузионными процессами (0,02 %). Потери аммония в этом слое связаны в первую очередь с процессом нитрификации, т.е. аммоний переходит в нитриты, затем в нитраты, и лишь меньшая доля потребляется фитопланктоном (12,48 %) и окисляется кислородом (0,3 %). Таким образом, основным способом поступления аммония в слой 0 – 60 м является процесс реминерализации, а в слое 60 – 115 м – вертикальные движения вод, поднимающие аммоний из богатой аммонийной зоны. Эти различные по своей природе процессы обеспечивают постоянство концентрации аммония, необходимого для пополнения запасов нитратов на этих глубинах.

Интегральное количество нитратов, которое поступает в слой 0 – 115 м, составляет  $2,1 \cdot 10^{-5}$  мкМ/день, из них  $1,90 \cdot 10^{-6}$  мкМ/день поступает в слой 60 – 115 м за счет преобразования аммония, поднимающегося снизу в эвфотическую зону, это примерно 9%.

**Заключение.** Было показано, что вертикальные движения, которые переносят аммоний из анаэробной зоны, могут обеспечить поддержание баланса нитратов в верхнем слое, компенсируя потери нитратов вследствие оседания детрита и перехода нитратов в  $N_2$ . По примерным оценкам [1] из эвфотической зоны теряется 10% органического вещества, эти оценки согласуются с тем количеством нитрата, который вновь поступает в эвфотическую зону за счет подъема аммония по нашим расчетам.

#### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Brewer P.G., Murray J.W. Carbon, nitrogen and phosphorus in the Black Sea // Deep-Sea Res. 1973. Vol. 20. P. 803 – 818.
2. Кубрякова Е.А., Коротаев Г.К. Сезонная изменчивость циркуляции и формирование солёности поверхностных вод Черного моря // Морской гидрофизический журнал. – 2013 (в печати).
3. Shapiro G.I., Stanichny S.V., Stanichna R.R. Anatomy of shelf-deep sea exchanges by a mesoscale eddy in the North West Black Sea as derived from remotely sensed data // Remote Sensing of Environment. 2010. V. 114. № 4. P. 867 – 875.
4. Mellor G.L. One-dimensional, ocean surface layer modeling: a problem and a solution // J. Phys. Oceanogr. 2001. V. 31. P. 790 – 809.
5. Oguz T., Ducklow H., Malanotte-Rizzoli P. et al. Simulation of annual plankton productivity cycle in the Black Sea by a one-dimensional physical-biological model // J. Geophys. Res. 1996. V. 101. № C7. P. 16585 – 16599.
6. Кубрякова Е.А., Коротаев Г.К. Влияние вертикальной скорости на воспроизведение изменчивости термомонолитной структуры верхнего слоя морского бассейна // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2011. Вып. 25. Т. 2. С. 220-239.
7. Uppala S.M., Kallberg P.W., Simmons A.J. et al. The ERA-40 re-analysis // Quart. J. Roy. Meteorol. Soc. 2005. T. 131. № 612. P. 2961 – 3012.
8. Oguz T., Ducklow H., Malanotte-Rizzoli P. Modeling distinct vertical biogeochemical structure of the Black Sea: Dynamical coupling of the oxic, suboxic, and anoxic layers // Global Biogeochemical Cycles. 2000. Vol. 14, № 4. P. 1331-1352.
9. Oguz T., Murray J.W., Callahan A. Modeling redox cycling across the suboxic-anoxic interface zone in the Black Sea // Deep-Sea Res. I. 2001. Vol. 48. P. 761-787.
10. Кубрякова Е.А., Коротаев Г.К. Моделирование марганцевого цикла в рамках одномерной биогеохимической модели Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2013. Вып. 26. Т. 2. С. 272-286.
11. Konovalov S.K., Murray J.W., Luther G.W. et al. Processes controlling the redox budget for the oxic/anoxic water column of the Black Sea // Deep-Sea Res. Part II. 2006. Vol. 53. P. 1817-1841.



UDC 551.465

**UPWARD FLUX OF AMMONIUM AND BALANCE OF NUTRIENTS IN THE UPPER LAYER OF THE DEEP PART OF THE BLACK SEA/Kubryakova E.A./** Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. - 2013. -V.119. -pp. 269-273 - Russ.; Summ. Eng., Russ.

The influence of upward flux of ammonium on the nitrate balance in the euphotic layer of the deep part of the Black Sea is investigated on the basis of a one-dimensional physical-biogeochemical model. The model includes physical, biological and redox blocks for 600 meters of the upper layer. Physical block is connected with others due to the fields of temperature, salinity, vertical diffusion coefficient and the vertical velocity, which is given by the parameterization. Upward ammonium fluxes and production of nitrate and nitrite by nitrification are estimated as a result of numerical calculations. It is shown that upward ammonium fluxes have significant impact on maintaining the balance of nitrate in the upper layer for the deep part of the Black Sea.

УДК 551.465

**ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ АММОНИЯ И БАЛАНС БИОГЕНОВ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ГЛУБОКОВОДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ./Кубрякова Е.А./** Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.269-273 - Рус., Рез. Англ., Рус.

В настоящей работе на основе одномерной физико-биогеохимической модели проводится исследование влияния восходящих потоков аммония на поддержание баланса нитратов в эвфотическом слое глубоководной части Черного моря. Модель охватывает верхний 600-метровый слой и представлена физическим, биологическим и окислительно-восстановительным блоками. Связь физического блока с остальными происходит через поля температуры, солености, коэффициента вертикальной диффузии и вертикальной скорости, которая задается в модели путем параметризации. В результате численных расчетов оценены восходящие потоки аммония и производство нитратов и нитритов в результате реакции нитрификации. Показано, что для глубоководной части Черного моря существенное влияние на сохранение баланса нитратов в верхнем слое оказывают восходящие потоки глубинного аммония.

UDC 504 + 551. 465

## THE BALAKLAVSKAYA BAY WATERS' POLLUTION ASSESSMENT ON THE BASIS OF HYDROOPTICAL RESEARCH METHODS

P.D.Lomakin \*, M.A.Popov \*\*, A.A.Chepyzhenko \*

\* Marine Hydrophysical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Sevastopol, Ukraine

\*\* Institute of Biology of the Southern Seas of the National Academy of Sciences of Ukraine, Sevastopol, Ukraine

### INTRODUCTION

The purpose of presented article – the Balaklavskaya bay waters' pollution assessment by total suspended matter (TSM) and dissolved organic matter (CDOM).

### BASIC DATA AND RESEARCH METHODS

The materials of five hydrooptical expeditions, realized on the Balaklavskaya bay waters on September 21, 2004; September 11, 2005; August 23, 2006; October 6, 2007 and July 21-23, 2010 according to the stations' scheme shown on fig. 1 were used as the basic data. The series of cuts along the axial line of the bay were executed during the specified period, where the turbidity field structure was investigated.

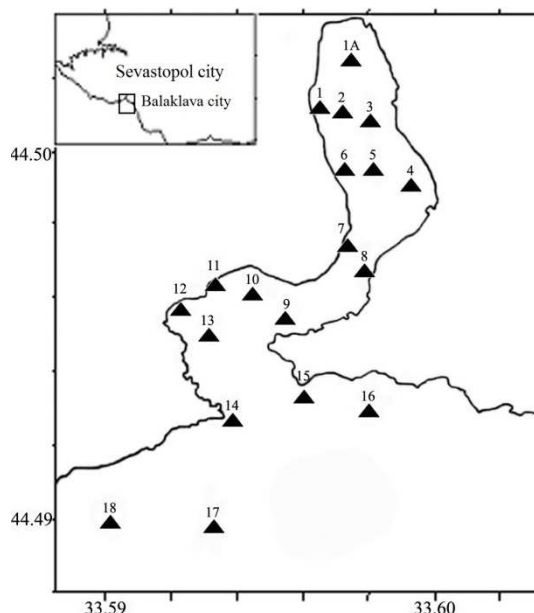


Fig. 1. The stations' scheme of hydrooptical research

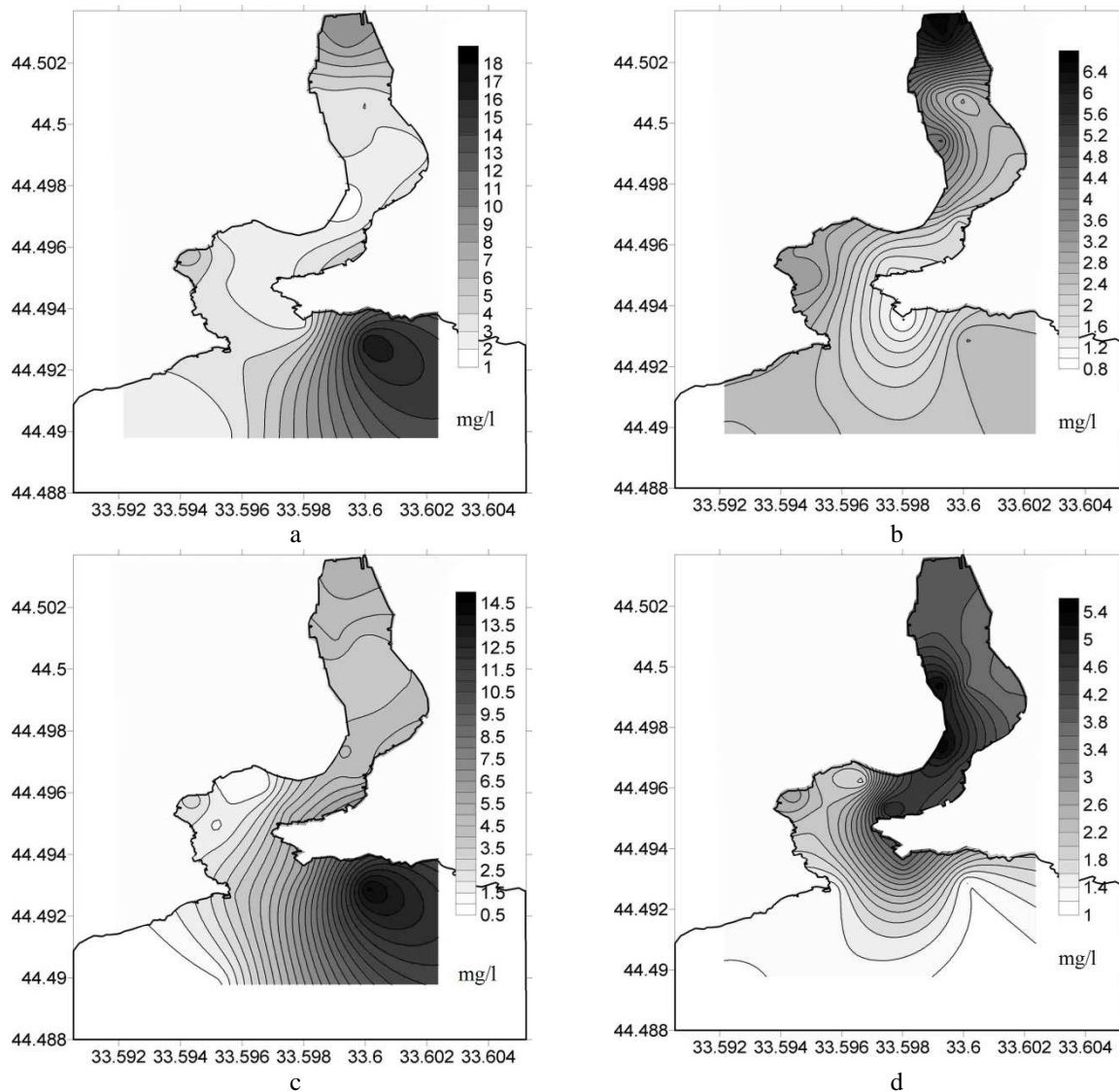
Initial data used in this article was received by biophysical complex «Condor» [1]. All of vertical profiles were executed with a depth frequency of 0.1 m.

For the polluted local areas' identification, the concentrations of considered parameters were compared with concentrations observed in the open Black Sea waters. The last ones, borrowed from [2], and, equal to 0.2 mg/l for TSM, 2 mg/l for CDOM, were accepted as conditional natural norm.

### DISCUSSION OF RESULTS

The considered identifying environment state parameters fields' analysis has shown that their structure from sensing to sensing didn't change qualitatively, the revealed distinctions had, mainly, the quantitative character. Therefore the result of one shooting, executed in August, 2006 (fig. 2) when the studied parameters' concentrations were the maximum ones, is illustrated below.

On the schemes of analyzed horizontal water environment state parameters' distribution the two main maxima identify two areas of extreme water pollution - the most remote internal part of the bay and the area of waters near the entrance of the bay where the main household sewers output pipe of the Balaklava city is located (fig. 2).



**Fig. 2. The TSM, mg/l (a, b) and CDOM, mg/l (c, d) distribution on the surface and bottom layers on August 23, 2006.**

The TSM distribution on the surface layer had well expressed maximum (18.1mg/l, that is 90 times higher than a conditional norm) in the local water area of the main household waters’ output. The raised TSM concentrations were observed in the most internal part of the bay and the local area of Georgiyevsky fresh waters source – 8.8 and 5.5 mg/l. The lowest TSM concentrations - 1.2 mg/l, - were found in the central and the narrowest parts of the bay (fig. 2a).

At the bottom horizon the TSM concentration was lower in comparison with the surface layer. The maximum concentration - 6.4 mg/l (what is 32 times higher than a conditional norm) was found in the most remote internal part of the bay and the minimum one - 1.0-1.1 mg/l was identified in the entrance of the bay. This parameter distribution had rather uniform character here with the less expressed extrema than on the surface layer (fig. 2b).

The CDOM concentration maximum (14.2 mg/l, that is 7 times higher than a conditional norm) on the surface layer was observed in the local area of the main household waters output. Its local maxima were found in the very internal part of the bay (5.3 mg/l, 2,6 times higher than a conditional norm) and in the central narrowest part of the bay (4,3-4.5 mg/l) (fig. 2c).

At the bottom layer the maximum CDOM content (5.2 mg/l, that is 2.6 times higher than a conditional norm) was recorded in the waters of the central narrowest part of the bay (fig. 2d).

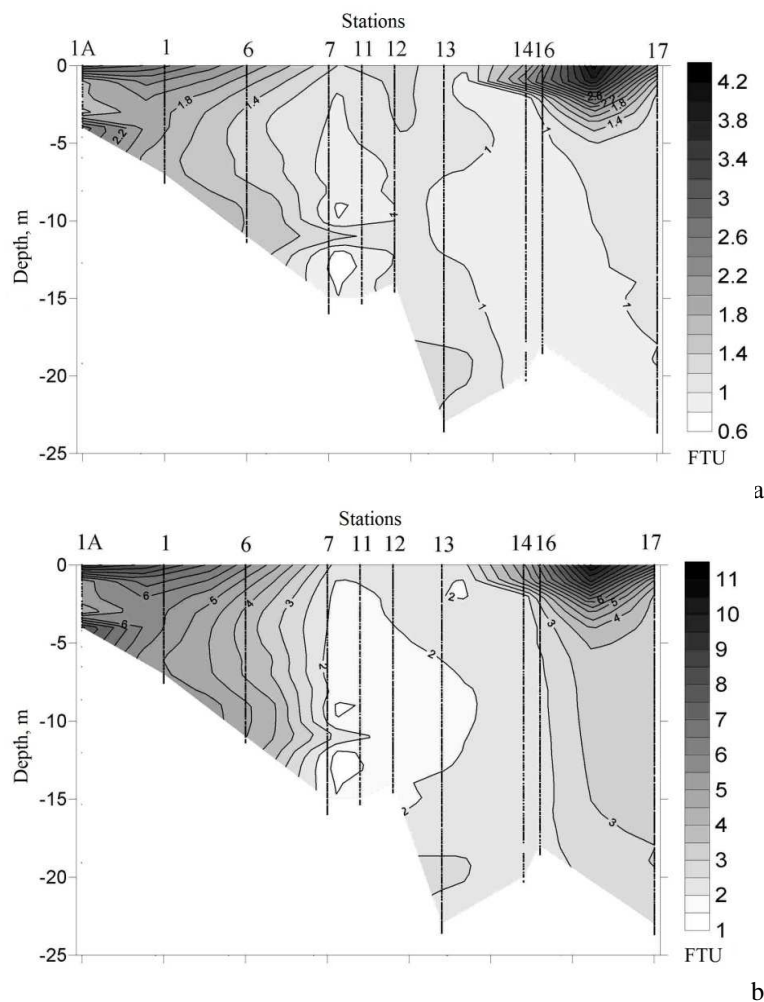
High, significantly surpassing the natural norm, TSM and CDOM concentrations testify the anthropogenous nature of these substances.

The area of waters near the Georgiyevsky fresh water source, both on the surface and the bottom horizon was allocated with the small CDOM concentration increasing from the surrounding background (fig. 2c, d).

The data presented above about the maxima of considered characteristics' content location zones allow revealing their sources and nature. The two main obvious significantly polluted local zones of the studied water area are the most remote internal part of the Balaklavskaya bay and the area of waters near the entrance of the bay where the main household sewers output pipe of the Balaklava city is located.

In the most internal shallow part of the bay, because of limited water exchange the fresh sewers are accumulated with the TSM and CDOM concentrations content ten times higher than the natural concentration of these characteristics is. This fact points to their artificial origin. The nature and source of polluting characteristics in the entrance of the bay are obvious and don't demand interpretation.

The smallest pollutants' concentrations on the studied water area were found out during the expedition realized on September 11, 2005. The maintenance of all the characteristics was 1.5-3.5 times lower in comparison with situation shown on the fig. 2 practically everywhere. Waters of the bay differed by their high transparency and minimum turbidity content for all the time of supervisions (fig. 3a).



**Fig. 3. Turbidity distribution (the optical units - FTU) on a section along the axial line of the Balaklavskaya bay: on September 11, 2005 (a) and August 23, 2006 (b).**

The synoptic situation analysis has shown that the moderate western wind has probably caused the local upwelling development in the studied region the day before the experiment. The low TSM and CDOM concentrations are the probable this phenomenon clearing effect consequence.

According to pollutants fields' structure, their most significant source in the limits of the studied water area is the main household sewers output pipe of the Balaklava city which end is directed into the southeastern part of the bay at the depth of 10 m.

This conclusion confirms also the analysis of vertical turbidity distribution according to which the most turbid waters of 11-12 FTU are concentrated in the top 1-2-meter layer in the local area of waters near the pipe (fig. 3). The absolute turbidity maximum 22-23 FTU here was fixed in July, 2010.

The turbidity field structure analysis testifies that all the waters thickness from the surface to the bottom zone in the most internal shallow part of the Balaklavskaya bay is polluted. At the entrance of the bay the polluting matter comes from the main household sewers output pipe of the Balaklava city and is concentrated in the thin top layer. The polluting matter concentrations here exceed much a natural background. From the 1-2 m horizon their content decreases quickly with the depth, though in the waters spreading the top layer the pollutants' concentrations remain high in times surpassing their content in the open Black Sea waters.

### CONCLUSION

The two most polluted areas of the Balaklavskaya bay waters were found, – the most remote internal part and the area of waters near the entrance of the bay where the main household sewers output pipe of the Balaklava city is located. The high turbidity and ten times surpassing the natural norm TSM and CDOM concentrations are recorded here.

All the water thickness, from the surface to the bottom layer in the most remote internal shallow part of the Balaklavskaya bay is polluted. Polluting substances in the waters near the entrance of the bay come here from the main household sewers output pipe of the Balaklava city. They are accumulated there in the thin top layer. The pollutants' concentrations here exceed much the natural background.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.ecodevice.narod.ru/turbidimeter/turbidimeter.htm>.
2. Haylov K.M. Ecological metabolism in the sea//Kiev: Naukova Dumka. – 1971 . – 250 p.

UDC 504 + 551. 465

**THE BALAKLAVSKAYA BAY WATERS' POLLUTION ASSESSMENT ON THE BASIS OF HYDROOPTICAL RESEARCH METHODS/P.D.Lomakin, M.A.Popov, A.A.Chepyzhenko/** Transaction of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University.-2013,-T.119. pp.274-277- Russ.. Summ. Eng., Russ.

On the basis of hydrooptical experiments' data, undertaken within the complex oceanographic monitoring of the Balaklavskaya bay in 2004-2010 turbidity field structure was analyzed, the total suspended matter and dissolved organic matter pollution assessment of the considered water area was executed.

The data about the maxima of considered characteristics' content location zones allow revealing their sources and nature.

The two most polluted areas of the Balaklavskaya bay waters were found, – the most remote internal part and the area of waters near the entrance of the bay where the main household sewers output pipe of the Balaklava city is located. The high turbidity and ten times surpassing the natural norm TSM and CDOM concentrations are recorded here. All the water thickness, from the surface to the bottom layer of the most remote internal shallow part of the Balaklavskaya bay is polluted. Polluting substances in the waters near the entrance of the bay come here from the main household sewers output pipe of the Balaklava city. They are accumulated there in the thin top layer. The pollutants' concentrations here exceed much the natural background.

High, significantly surpassing the natural norm, TSM and CDOM concentrations testify the anthropogenous nature of these substances.

УДК 504 + 551. 465

**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД БАЛАКЛАВСКОЙ БУХТЫ НА БАЗЕ ГИДРООПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ/П.Д.Ломакин, М.А.Попов, А.А.Чепыженко/** Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии.-2013.-т.119.-с.274-277. - Рус., Рез. Англ., Рус.

На основе анализа данных гидрооптических съемок, реализованных в рамках комплексного океанографического мониторинга Балаклавской бухты в 2004-2010гг, проанализирована структура поля мутности и выполнена оценка загрязнения рассматриваемой акватории общим взвешенным и растворённым органическим веществом.

Представленные в данной статье данные о положении максимумов содержания рассмотренных веществ, позволяют выявить их источники и природу. В работе обнаружены две наиболее загрязненные области акватории Балаклавской бухты, – ее кутовая часть и участок, локализованный у оголовка выпуска сточных вод г. Балаклава. Здесь зафиксирована значительная мутность и высокая, в десятки раз превосходящая природную норму, концентрация ОБВ и РОВ.

В кутовой мелководной части Балаклавской бухты загрязнена вся толща вод, от поверхности до дна. В открытой ее области загрязняющие вещества, поступающие сюда из канализационного коллектора г. Балаклава, аккумулированы в тонком верхнем слое. Здесь их концентрация на порядок превышает природный фон.

Существенно превосходящие природную норму концентрации ОБВ и РОВ свидетельствуют об антропогенной природе этих веществ.

უაკ. 631.4

**ყომრალი ნიადაგების ზობიერთი მაჩვენებლის ცვლა  
 მთავარი სარგებლობის ჯრის გავლენით აჭარის  
 ჟიფლნარებში**

ურუშაძე თ.\*, ურუშაძე თ.თ.\*\*, ქერივიშვილი თ.\*\*, კახაძე რ.\*

\*საქართველის აგრარული უნივერსიტეტი, მიხეილ საბაშვილის ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიის  
 და მელიორაციის ინსტიტუტი

\*\*საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

**შესავალი.** ნიადაგის მთელ რიგ მაჩვენებლებზე სხვადასხვა სახის ჯრების გავლენის დადგენა სულ უფრო აქტუალური ხდება [1-10]. ეს საკითხები საქართველოს პირობებში ჯერ კიდევ სათანადოდ შესწავლილი არ არის. პრაქტიკულად შესწავლილია მთავარი სარგებლობის ჯრების გავლენა ნიადაგის მდგომარეობაზე მიუხედავად იმისა, რომ ჟიფლნარებში გავრცელებული ყომრალების გენეზისის, გეოგრაფიის და კლასიფიკაციის საკითხები მეტ-ნაკლებად კარგად არის შესწავლილი [11], მათი ანთროპოგენური ცვლის ტენდენციები და მოსალოდნელი საშიშროებები ჯერ კიდევ ნაკლებად არის გაშუქებული სპეციალურ ლიტერატურაში.

**კვლევის ობიექტი და მეთოდები.** საკვლევი ობიექტები აღებულია აჭარაში, ქედის სარეინჯეროში, ჟიფლნარებში. 4 სანიმუშო ფართობი (№№1 – 4) შუა სარტყელში, ხოლო დანარჩენი 4 – ზედა სარტყელში (№№ 5 – 8). ნიადაგებში განსაზღვრული იყო მექანიკური შედგენილობა, ჩატარდა სტრუქტურის შეფასება [12].

**გამოკვლევის შედეგები და განხილვა.** საკვლევ ნიადაგებში ჰიგროსკოპული წყლის შემცველობა მერყეობს დიდ ფარგლებში 2,35 – 7,07% (ცხრ.1). განხილული ნიადაგები მიეკუთვნება მძიმე თიხნარებს (ჯრ.5, ჯრ.7 და ჯრ.8), მსუბუქ (ჯრ.1, ჯრ.2 და ჯრ.6) და საშუალო თიხებს (ჯრ.3 და ჯრ.4). ზედა სარტყლის ნიადაგები შესამჩნევად მსუბუქია და მიეკუთვნებიან საშუალო და მძიმე თიხებს.

ზედა სარტყლის ნიადაგების ყველაზე მსხვილი ფრაქციის (1 – 0,25 მმ) არათანაბარი განაწილება მიუთითებს ამ ნიადაგების დელუვიურ ბუნებაზე.

**ცხრილი 1. გამოკვლეული ნიადაგების მექანიკური შედგენილობა**

| № | პორიზონტი, სიღრმე, სმ     | ჰიგრ. წყალი, % | ფრაქციები (მმ) % |           |           |            |             |        |       |
|---|---------------------------|----------------|------------------|-----------|-----------|------------|-------------|--------|-------|
|   |                           |                | 1-0,25           | 0,25-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | <0,001 | <0,01 |
| 1 | 2                         | 3              | 4                | 5         | 6         | 7          | 8           | 9      | 10    |
| 1 | A – 10 – 22               | 7,07           | 0                | 12        | 33        | 20         | 14          | 21     | 55    |
|   | BC <sub>2</sub> – 22 – 40 | 3,33           | 1                | 10        | 37        | 16         | 17          | 19     | 52    |
|   | CD – 40 – 70              | 6,67           | 0                | 15        | 28        | 13         | 20          | 24     | 57    |
| 2 | A – 8 - 15                | 4,09           | 1                | 17        | 31        | 11         | 13          | 27     | 51    |
|   | BC <sub>2</sub> – 15 - 45 | 8,83           | 0                | 15        | 28        | 18         | 20          | 19     | 57    |
|   | CD – 45 - 80              | 5,09           | 1                | 19        | 26        | 12         | 19          | 23     | 54    |
| 3 | A – 2 – 7                 | 7,67           | 1                | 9         | 18        | 18         | 16          | 38     | 72    |
|   | B <sub>1</sub> – 7 – 30   | 6,08           | 1                | 6         | 18        | 20         | 14          | 41     | 75    |
|   | B <sub>2</sub> – 30 – 70  | 5,07           | 1                | 8         | 17        | 22         | 17          | 35     | 74    |
|   | BC <sub>2</sub> – 70 – 90 | 4,46           | 0                | 4         | 19        | 23         | 21          | 33     | 77    |
| 4 | A – 2 – 15                | 235            | 0                | 8         | 16        | 14         | 22          | 40     | 76    |
|   | B – 15 - 40               | 2,86           | 1                | 7         | 15        | 18         | 20          | 39     | 77    |
|   | BA – 40 – 60              | 7,14           | 1                | 10        | 19        | 14         | 24          | 32     | 70    |
|   | CD – 60 - 90              | 4,36           | 1                | 9         | 15        | 14         | 19          | 42     | 75    |
| 5 | A – 2 - 11                | 5,66           | 1                | 25        | 24        | 3          | 19          | 29     | 51    |
|   | BC <sub>2</sub> – 11 - 28 | 6,40           | 3                | 30        | 20        | 12         | 7           | 28     | 47    |
|   | CD – 28 - 60              | 4,48           | 5                | 27        | 26        | 3          | 23          | 16     | 42    |

**ცხრილი 1. (გაგრძელება)**

| 1 | 2                         | 3    | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|---|---------------------------|------|---|----|----|----|----|----|----|
| 6 | A - 3 - 12                | 5,84 | 3 | 45 | 8  | 9  | 17 | 18 | 46 |
|   | BC <sub>2</sub> - 12 - 30 | 4,05 | 9 | 25 | 13 | 12 | 13 | 28 | 53 |
|   | CD - 30 - 70              | 4,62 | 3 | 26 | 14 | 8  | 19 | 30 | 57 |
| 7 | A - 1 - 10                | 6,23 | 6 | 34 | 21 | 14 | 18 | 7  | 39 |
|   | B <sub>1</sub> - 10 - 26  | 6,04 | 7 | 28 | 24 | 12 | 15 | 14 | 41 |
|   | B <sub>2</sub> - 26 - 40  | 6,05 | 2 | 37 | 25 | 10 | 12 | 14 | 36 |
|   | BC <sub>2</sub> - 40 - 75 | 6,96 | 2 | 33 | 24 | 8  | 18 | 15 | 41 |
| 8 | A - 2 - 7                 | 5,84 | 3 | 26 | 34 | 8  | 15 | 14 | 37 |
|   | B <sub>1</sub> - 7 - 17   | 5,80 | 3 | 28 | 24 | 12 | 16 | 17 | 45 |
|   | B <sub>2</sub> - 17 - 30  | 5,03 | 4 | 26 | 23 | 11 | 17 | 19 | 47 |
|   | BC <sub>2</sub> - 30 - 55 | 3,05 | 7 | 41 | 13 | 10 | 13 | 16 | 39 |
|   | CD - 55 - 90              | 4,03 | 5 | 40 | 19 | 11 | 10 | 15 | 36 |

საკვლევი ნიადაგებში მოცულობითი წონის სიდიდე მერყეობს 1,1-1,3 გ/სმ<sup>3</sup>-ის დიაპაზონში. ნიადაგების ჰორიზონტების სიმკვრივე კორელაციაშია ჰუმუსის შემცველობასთან. დაბალი სიმკვრივით ხასიათდებიან ზედა ჰორიზონტები, რომლებშიც ჰუმუსის შემცველობა შედარებით მაღალია. სიღრმეში შეიმჩნევა სიმაგრის (სიმკვრივის) მომატება ჰუმუსის რაოდენობის კლების პარალელურად.

ნიადაგების სტრუქტურული მდგომარეობის შეფასების მიზნით, ჩატარდა აგრეგატული ანალიზი შემდეგი მეთოდებით: 1. “მშრალი” გაცრა და 2. “სველი” გაცრა (ცხრ.2).

**ცხრილი 2. ნიადაგების აგრეგატული შემცველობა (მრიცხველში - “მშრალი” გაცრა; მნიშვნელში - “სველი” გაცრა)**

| № | ჰორიზონტი, სიღრმე, სმ     | მოცულობითი წონა, გ/სმ <sup>3</sup> | აგრეგატები (მმ), % |      |     |       |       |       |        |       |
|---|---------------------------|------------------------------------|--------------------|------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|
|   |                           |                                    | > 10               | 10-7 | 7-5 | 5-3   | 3-2   | 2-1   | 1-0,25 | <0,25 |
| 1 | 2                         | 3                                  | 4                  | 5    | 6   | 7     | 8     | 9     | 10     | 11    |
| 1 | A - 10 - 22               | 1,15                               | 8                  | 10   | 17  | 25/34 | 14/28 | 15/24 | 8/8    | 3/6   |
|   | BC <sub>2</sub> - 22 - 40 | 1,17                               | 13                 | 14   | 16  | 20/46 | 13/24 | 14/18 | 7/8    | 3/4   |
|   | CD - 40 - 70              | 1,17                               | 14                 | 12   | 15  | 23/38 | 13/30 | 16/16 | 6/12   | 1/4   |
| 2 | A - 8 - 15                | 1,19                               | 9                  | 12   | 15  | 25/36 | 14/30 | 15/20 | 8/10   | 2/4   |
|   | BC <sub>2</sub> - 15 - 45 | 1,20                               | 14                 | 15   | 17  | 19/48 | 14/24 | 12/16 | 7/8    | 2/4   |
|   | CD - 45 - 80              | 1,26                               | 14                 | 13   | 15  | 23/40 | 12/28 | 16/20 | 6/10   | 1/2   |
| 3 | A - 2 - 7                 | 1,16                               | 24                 | 15   | 10  | 12/36 | 10/28 | 17/16 | 8/12   | 4/8   |
|   | B <sub>1</sub> - 7 - 30   | 1,17                               | 24                 | 11   | 11  | 13/34 | 11/24 | 18/22 | 8/16   | 4/4   |
|   | B <sub>2</sub> - 30 - 70  | 1,19                               | 11                 | 16   | 24  | 21/36 | 13/30 | 9/20  | 5/10   | 1/4   |
|   | BC <sub>2</sub> - 70 - 90 | 1,22                               | 14                 | 13   | 15  | 23/36 | 12/32 | 16/16 | 6/10   | 1/6   |
| 4 | A - 2 - 15                | 1,18                               | 23                 | 13   | 11  | 12/36 | 11/28 | 17/20 | 9/10   | 4/6   |
|   | B - 15 - 40               | 1,20                               | 20                 | 13   | 13  | 12/38 | 12/32 | 19/18 | 9/8    | 2/4   |
|   | BA-40 - 60                | 1,21                               | 10                 | 14   | 23  | 24/36 | 12/22 | 8/24  | 7/12   | 2/6   |
|   | CD - 60 - 90              | 1,22                               | 14                 | 17   | 13  | 13/38 | 12/28 | 12/20 | 16/10  | 3/4   |
| 5 | A - 2 - 11                | 1,17                               | 6                  | 10   | 18  | 24/22 | 12/20 | 16/14 | 8/12   | 6/6   |
|   | BC <sub>2</sub> - 11 - 28 | 1,18                               | 11                 | 15   | 13  | 21/15 | 13/24 | 19/18 | 6/16   | 2/5   |
|   | CD - 28 - 60              | 1,20                               | 12                 | 14   | 21  | 17/26 | 13/20 | 10/10 | 7/14   | 6/6   |
| 6 | A - 3 - 12                | 1,19                               | 7                  | 13   | 21  | 22/24 | 11/14 | 8/8   | 11/15  | 7/7   |
|   | BC <sub>2</sub> - 12 - 30 | 1,19                               | 12                 | 13   | 21  | 22/27 | 12/20 | 11/11 | 5/9    | 4/4   |
|   | CD - 30 - 70              | 1,21                               | 14                 | 15   | 17  | 19/29 | 14/18 | 12/10 | 7/3    | 2/4   |

**ცხრილი 2. (გაგრძელება)**

| 1 | 2                         | 3    | 4  | 5  | 6  | 7     | 8     | 9     | 10   | 11  |
|---|---------------------------|------|----|----|----|-------|-------|-------|------|-----|
| 7 | A – 1 - 10                | 1,19 | 26 | 17 | 11 | 12/20 | 14/17 | 10/12 | 6/14 | 4/4 |
|   | B <sub>1</sub> – 10 – 26  | 1,20 | 29 | 14 | 12 | 13/22 | 11/18 | 10/16 | 6/13 | 5/5 |
|   | B <sub>2</sub> – 26 – 40  | 1,21 | 11 | 13 | 27 | 20/23 | 12/15 | 8/17  | 4/8  | 5/5 |
|   | BC <sub>2</sub> – 40 - 75 | 1,30 | 13 | 10 | 15 | 23/25 | 12/19 | 14/15 | 7/6  | 6/5 |
| 8 | A – 2 – 7                 | 1,22 | 23 | 13 | 11 | 12/20 | 11/17 | 17/19 | 9/12 | 4/4 |
|   | B <sub>1</sub> – 7 – 17   | 1,22 | 21 | 12 | 15 | 14/18 | 10/19 | 17/18 | 5/13 | 6/6 |
|   | B <sub>2</sub> – 17 – 30  | 1,23 | 13 | 14 | 16 | 22/12 | 11/16 | 14/22 | 7/15 | 3/3 |
|   | BC <sub>2</sub> – 30 - 55 | 1,30 | 15 | 16 | 14 | 13/20 | 16/17 | 14/21 | 7/8  | 5/5 |
|   | CD – 55 - 90              | 1,30 | 12 | 10 | 20 | 25/22 | 10/18 | 15/20 | 5/8  | 3/3 |

ჭრ.1-ის შემთხვევაში, >10მმ ზომის სტრუქტურული ერთეულების რაოდენობამ 8-14% შეადგინა და ეს მონაცემები თითქმის იდენტურია ჭრ.2-ის იმავე ფრაქციისა (9-14%). ეს აგრეგატები გარკვეულ მატებას განიცდის პროფილის სიღრმეში. აგრონომიულად მაღალი ღირსების მეზოსტრუქტურა (10-0,25მმ) ჰორიზონტებში არის 89-84-85% და სიღრმეში უმნიშვნელოდ კლებულობს. < 0,25მმ ზომის სტრუქტურული ფრაქცია ყველაზე მცირე რაოდენობითაა და ორივე ჭრილში ცვალებადობს 1-3%-ის საზღვრებში. ორივე ჭრილის ნიადაგი საუკეთესო სტრუქტურისაა, რაზეც მიუთითებს “მშრალი” გაცრით მიღებული მეზოსტრუქტურის რაოდენობა (86%).

ჭრ.3 და ჭრ.4 ნიადაგებში >10მმ სტრუქტურული აგრეგატების რაოდენობა, 10-დან 24%-მდე ცვალებადობს. <0,25მმ ზომის სტრუქტურული ერთეულები მცირე რაოდენობითაა და 4%-ს არ აღემატება. რაც შეეხება მეზოსტრუქტურას, მისი შემცველობა ჭრ.3 ნიადაგში 72-88%, ჭრ.4 შემთხვევაში კი, 73-დან 88%-მდე იზრდება. მეზოსტრუქტურის რაოდენობის მიხედვით ჭრ.3 სტრუქტურა კარგია (79,25%) და ჭრ. 4- საუკეთესო (80,5%), ე.ი. ჭრ. 3 სტრუქტურა ოდნავ გაუარესებულია.

წყალმტკიცე აგრეგატების (>0,25მმ) რაოდენობა საკვლევ ნიადაგებში მაღალია. მისი მინიმუმი 92% და მაქსიმუმი 98%. < 0,25 მმ აგრეგატები უმნიშვნელოდ მომატებულია ჭრ.1 და ჭრ.3 ზედა ჰორიზონტებში. წყალმტკიცე აგრეგატების შემცველობის მიხედვით ნიადაგები საუკეთესო სტრუქტურისაა, თუმცა მათ შორის განსხვავება მაინც აღინიშნება: ჭრ.2 და ჭრ.4 ნიადაგების სტრუქტურა შედარებით წყალმტკიცეა, ვიდრე ჭრ.1 და ჭრ.3 ნიადაგების სტრუქტურა.

ნიადაგების ჭრილებში (№ 5, №6, №7, №8) აგრონომიულად მაღალი ღირსების აგრეგატები (0,25 – 10მმ) შეადგენს 66 – 88 %. 10 მმ-ზე მეტი ზომის აგრეგატების შემცველობა იცვლება 6-დან 29%-მდე. <0,25 მმ სტრუქტურული ფრაქცია მცირე რაოდენობითაა წარმოდგენილი ოთხივე ჭრილის ნიადაგის ჰორიზონტებში. მისი მაქსიმუმი 6% არ აღემატება. აგრონომიულად მაღალი ღირსების მეზოსტრუქტურის აგრეგატების შემცველობა შედარებით დაბალია ჭრ. 7-ის (70-66%) და ჭრ.8-ის (7,3%) ზედა ორ ჰორიზონტში, სადაც მომატებულია ყველაზე დიდი ზომის სტრუქტურული ერთეულების რაოდენობა (21-29%).

წყალმტკიცე აგრეგატების (5-0,25მმ) რაოდენობა (სველი გაცრა) საკვლევ ნიადაგებში არის 60-73%. >0,25მმ და <0,25მმ აგრეგატების შემცველობის მიხედვით საკვლევ ნიადაგების ჰორიზონტებს შორის განსხვავება ძალიან უმნიშვნელოა. 5 მმ-ზე მსხვილი აგრეგატები 22-დან 36%-მდეა და ნიადაგებში ამ აგრეგატების რაოდენობრივი განსხვავება არ არის არსებითი.

ნიადაგების ჭრილებში №5 და №6 ნიადაგების სტრუქტურული მდგომარეობა მშრალი გაცრის მონაცემების შესაბამისად საუკეთესოა. სტრუქტურის უმნიშვნელო გაუარესება ფიქსირდება ჭრ. 7 და ჭრ. 8 ნიადაგის ზედა ჰორიზონტებში, რომელთა სტრუქტურა კარგია და დამაკმაყოფილებელია.

ორივე ჭრილის ნიადაგები გამოირჩევა წყალმტკიცე სტრუქტურით. წყალმტკიცე აგრეგატების შემცველობის მიხედვით (სველი გაცრა) ნიადაგების სტრუქტურა არის საუკეთესო და კარგი.

ამდენად, რაიმე არსებითი სხვაობა ჭრაგაუვლელ და ჭრაგავლილ წიფლის კორუმების ნიადაგებს შორის, არ აღინიშნება.

**დასკვნა.** ჩატარებული ანალიზების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჭრების გავლენა ნიადაგების ძირითად მაჩვენებლებზე უმნიშვნელოა.

**ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА**

1. Масликов Т.И., Зинева И.И., Саблина Е.А., - 2006, Определение динамики эволюции пойменных почв при антропогенной нагрузке. Обеспечение экологической безопасности в чрезвычайных ситуациях. Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. Воронеж, 21 декабря 2006, ч.1, 227-230.



2. Масликов Т.И., Зинева И.И., Макарова О.В. – 2006, Элементы проблемного изучения в аспекте антропогенного воздействия на почвы пойменных экосистем. Обеспечение экологической безопасности в чрезвычайных ситуациях. Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. Воронеж, 21 декабря 2006, ч.1, 246-250.
3. Swift Roger S., Shi Yuezheng Z. – 2006, The Future of Soil Science in South-West Asia. The Future of Soil Science, Wageningen, 133-135.
4. Kirk Guy – 2006, Views on the Future of Soil Science, The Future of Soil Science, Wageningen, 71-72.
5. Shi Yuezheng Z.–2006, Fntropogenic Soil Science driven by Social Demands, The Future of Soil Science, Wageningen, 128-130.
6. Yu Oe-Yong, Hao Zhan-Oing, Pan Yao-Zhong, Jiang Ping, Yie Li – 2004, Estimation of Selling Forest Sources in Typical Forest Region in Chanbai Mountains. Acta Ecological Science, 24# 12, 2940-2944.
7. Макеев А.О. – 2007, Агрогенная эволюция почв полей Русской Равнины. Роль почв в биосфере. Вып.8, Экология почв. Почвенные ресурсы. Модель почвообразования, М., 245-247.
8. Шабанова Дж.А. Мустафаева З.Р., Холина Т.А. – 2007, Изменение некоторых физико-химических показателей горнолесных коричневых почв Большого Кавказа под антропогенным воздействием. Экология и биология почв. Материалы Международной научной Конференции, Ростов-на-Дону, октябрь, 2007. Ростов–на-Дону, 245-247.
9. Владычевский А.С. – 2007, Природная и антропогенная дифференциация почвенного покрова горных территорий. Материалы Международной научной Конференции «Пространно-временная организация почвенного покрова: теоритические и прикладные аспекты», Санкт-Петербург, 1-3 марта, 2007, С-П, 170-173.
10. Любарский Е.П. – 2006, Антропогенные смены пихтово-ельника разнотравно-кисличного в Южной Удмуртии. Лесные экосистемы Северо-Восточной Азии и их динамика. Материалы Международной Конференции, Владивосток, 20-26 августа, 2006, Владивосток, 174-176.
11. თ.ურუშაძე – 1997, საქართველოს ძირითადი ნიადაგები, “მეცნიერება”, თბილისი, 268.
12. Долгов С.А., Бахтин П.Н. – 1986, Практикум по почвоведению, «Агропромиздат», М., 265.

უაკ. 631.4

**ყომრალი ნიადაგების ზობიერთი მაჩვენებლის ცვლა მთავარი სარგებლობის ჭრის გავლენით აჭარის წიფლნარებში**/ურუშაძე თ.თ., ურუშაძე თ.თ., კვრივიშვილი თ.ო., კახაძე რ.გ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.278-281-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ნაშრომში განხილულია მთავარი სარგებლობის ჭრის გავლენა აჭარის წიფლის ტყის ნიადაგის ძირითად ფიზიკურ და წყლიერ თვისებებზე. საკვლევი ობიექტები განლაგებული იყო წიფლნარების გავრცელების შუა (№№ 1-4) და ზედა სარტყელში (№№ 5-8).გამოკვლეული ნიადაგები ხასიათდება მძიმე თიხნარი, მსუბუქი თიხა და საშუალო თიხა მექანიკური შედგენილობით. ნიადაგების სტრუქტურული მდგომარეობის განსაზღვრა მიუთითებს, რომ რაიმე არსებითი განსხვავება ჭრაგავლილ და ჭრაგაუვლელ სანიმუშო ფართობებზე განვითარებულ ნიადაგებს შორის არ შეიმჩნევა. ეს ფაქტი მეტყველებს აჭარის წიფლნარების ტყის ყომრალი ნიადაგების მაღალ პოტენციურ მდგრადობაზე.

UDC 631.4

**CHANGING OF SOME INDEXES OF BROWN SOILS UNDER INFLUENCE OF FINAL FELLINGS IN AJARIAN BEECH FORESTS**./Urushadze T.F., Urushadze T.T., Kvrivishvili T.O., Kaxadze R .G./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.278-281 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ

The paper analyzes the changing of some indexes of Brown Soils under influence of final fallings in Ajarian beech forests. The objects of investigations were located in medium (## 1-4) and upper belts (## 5-8) of beech forests distribution in Ajaria. The investigated soils are characterized by heavy loam, light and medium clay texture. Investigation of structural conditions show that there is not principle difference between the soils of sample plots of felling and non-felling areas. This fact states that brown forest soils of the Ajarian beech are characterized by high potential of stability.

УДК 631.4

**ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В БУКНЯКАХ АДЖАРИИ**./Урушадзе Т.Ф., Урушадзе Т.Т., Квривишвили Т.О., Кахадзе Р.Г./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.278-281 -Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.

В статье рассмотрено влияние рубок главного пользования на основные физические и водные свойства лесных почв буковых лесов Аджарии. Объекты исследования были расположены в среднем (№№ 1-4) и в верхнем поясе (№№5-8) распространения буковых лесов. Исследованные почвы характеризуются тяжелосуглинистым, легко- и среднесуглинистым механическим составом. Определение структурного положения указывает, что между почвами пробных площадей, пройденных рубками и не пройденных рубками, каких-либо существенных различий не отмечается. Этот факт свидетельствует о высокой потенциальной устойчивости бурых лесных почв буковых лесов Аджарии.

უაკ. 631.4

## ზემო იმერეთის ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგების თავისებურებაში

თხელიძე ა., ხომასურიძე დ., ნიკოლეიშვილი ნ.  
საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი

**შესავალი.** ზემო იმერეთის ზონაში, ნიადაგის პროფილის ნაყოფიერი ფენის დაშლა და ნაკვეთიდან გატანა ძირითადად წარმოებს წყლისმიერი ეროზიით, რომელიც 10-20<sup>0</sup> დაქანების მქონე ნაკვეთებზე შლის სახნავ ფენას, ანადგურებს დიდი რაოდენობით სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს, ნათეს ფართობებს და საგრძნობლად ამცირებს კულტურათა მოსავლიანობას. წყლისმიერი ეროზია დამოკიდებულია ატმოსფერული ნალექების რაოდენობაზე, მათ სახეობაზე, ხანგრძლიობაზე და ინტენსიობაზე, რის შედეგადაც იზრდება ნიადაგიდან ჰუმუსისა და საკვები ელემენტების დანაკარგი. ატმოსფერულ ნალექები იწვევს ნიადაგის ზედა ფენის წვრილი ნაწილაკების გადარეცხვას, ხოლო ძლიერი წვიმები ნიადაგის მთელი ჰორიზონტის დაზიანებას და დახრამვას. ეროზიის ეს სახე წარმოიქმნება მცენარეული საფარის არარსებობის შემთხვევაში, რომელიც მოსულ ნალექების 15-20 %-ს აკავებს. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით ნალექებს აკავებენ ტყის მასივები და იქ ჩამოცვენილი ფოთლების საფენები, რომლებიც ანეიტრალავენ წვიმის წვეთების დამრტყმელ ძალას, რის გამოც მკვეთრად მცირდება ჩამონადენი წყლების რაოდენობა და სიჩქარე [1,2,3].

წყლისმიერი ეროზიით უარესდება ნიადაგის ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებები, სტრუქტურა, იზრდება სიმკვრივე, მცირდება ნიადაგის ფორიანობა, წყალგამტარობა, ჰუმუსისა და საკვები ელემენტების შემცველობა [4,5,6].

**კვლევის ობიექტები და მეთოდები.** ჩვენს მიერ ძლიერ, ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგებზე გადარეცხილი ნიადაგის, ჰუმუსისა და ძირითადი საკვები ელემენტების დანაკარგების ზუსტად აღრიცხვისათვის, ფიცრებით შემოიფარგლა 5მ<sup>2</sup> ფართობი, რომელშიც ერთი წლის განმავლობაში გროვდებოდა გადარეცხილი ნიადაგის რაოდენობა, შრებოდა, იწონებოდა და ხდებოდა ნიადაგის დანაკარგის გადანგარიშება 1 ჰა-ზე. თითოეული ფართობიდან ვიღებდით ნიადაგის ნიმუშებს, რომლებშიც განისაზღვრებოდა ჰუმუსისა და საკვები ელემენტების საერთო და მოძრავი ფორმების დანაკარგები.

**კვლევის შედეგები.** ნიადაგის ნიმუშებში ჩატარებულმა კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგები გამოირჩევა საკმაოდ დაბალი პოტენციალური და ეფექტური ნაყოფიერებით. 0-20 სმ ფენაში ჰუმუსის შემცველობა 1,6 % აღწევს, ნიადაგი ღარიბია საერთო აზოტის (0,12%) და ფოსფორის (0,11%) შემცველობით, საერთო კალიუმს შეიცავს საშუალო რაოდენობით (1,4%). ასევე ღარიბია ჰიდროლიზური აზოტით (31,0მგ/კგ) და მოძრავი ფოსფორით (32,0 მგ/კგ), გაცვლითი კალიუმით კი (108 მგ/კგ) საშუალოდ არის უზრუნველყოფილი.

ჩვენს მიერ ჩატარებული ჰუმუსის და საკვები ელემენტების დანაკარგების გაანგარიშების შედეგები მოტანილია ცხრილ №1-ში. ცხრილიდან ჩანს, რომ ძლიერ ეროზირებულ ნიადაგზე სამი წლის საშუალო მონაცემებით ყოველწლიურად ირეცხება 132,2 ტ ნიადაგი, რაც 1 ჰა ფართობის 0-20 სმ ფენის მთლიანი მასის 5,6% შეადგენს.

ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე დიდი რაოდენობით ნიადაგის გადარეცხვა განაპირობა 2009 წლის მაისის და 2010 წლის ივლის-აგვისტოს გვალვების შემდეგ მოსულმა თავსხმა წვიმებმა. გვალვებმა გამოიწვია ნიადაგის ძლიერ გამოშრობა, ხოლო შემდგომში მოსულმა თავსხმა წვიმებმა გამოიწვია დიდი რაოდენობით გამოგვალული ნიადაგის და მასში არსებული საკვები ელემენტების გადარეცხვა, რის შედეგადაც გადარეცხვის მაჩვენებლები 2009-2010 წლებში ოთხ-ხუთჯერ მეტია ჩვეულებრივ მიღებულ პარამეტრებთან შედარებით.

**ზემო იმერეთის ძლიერ ეროზირებულ ყომრალი ნიადაგის 0-20 სმ ფენიდან. ჰუმუსისა და ძირითადი საკვები ელემენტების გადარეცხვითი დანაკარგები.**

| ნიადაგის ეროზირების ხარისხი | წლები | დ ა ნ ა კ ა ბ რ ბ ე ბ ი |             |        |         |        |         |        |          |       |
|-----------------------------|-------|-------------------------|-------------|--------|---------|--------|---------|--------|----------|-------|
|                             |       | ნიადაგი                 |             | ჰუმუსი | აზოტი   |        | ფოსფორი |        | კალიუმი  |       |
|                             |       |                         |             |        | კგ/ჰა   | კგ/ჰა  | კგ/ჰა   | კგ/ჰა  | კგ/ჰა    | კგ/ჰა |
|                             |       | საერთო                  | ჰიდროლიზური | საერთო | მოძრავი | საერთო | მოძრავი | საერთო | ბაცვლითი |       |
| ძლიერ ეროზირებული           | 2008  | 38.6                    |             | 617.6  | 46.3    | 1.2    | 42.5    | 1.2    | 456.0    | 4.9   |
|                             | 2009  | 180.0                   |             | 2880.0 | 216.0   | 5.6    | 198.0   | 5.8    | 2520.0   | 23.0  |
|                             | 2000  | 178.0                   |             | 2802.0 | 213.6   | 5.5    | 196.2   | 6.0    | 2492.0   | 22.8  |
|                             | საშ.  | 132.2                   | 5.6         | 2099.9 | 158.6   | 4.1    | 145.6   | 4.2    | 1822.7   | 16.9  |

ძლიერ ეროზირებულ ნაკვეთებზე მაღალია ჰუმუსისა და საკვები ელემენტების გადარეცხვითი დანაკარგები და სამი წლის საშუალო მონაცემებით ჰუმუსის გადარეცხვითი დანაკარგი 2099,9 კგ შეადგენდა. საერთო აზოტის ყოველწლიური დანაკარგი 158,6კგ-ს, საერთო ფოსფორის 145,6 კგ-ის ტოლია. საერთო კალიუმის დანაკარგი, აზოტისა და ფოსფორის საერთო ფორმების დანაკარგებთან შედარებით 10-ჯერ მეტია და 1822,7კგ-ს შეადგენს.

ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე საშუალოდ 4,1 კგ ჰიდროლიზური აზოტი, 4,3კგ მოძრავი ფოსფორი და 16,9 კგ ბაცვლითი კალიუმი იკარგება.

**დასკვნები**

1. ზემო იმერეთის ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე ყოველწლიურად 132,2 ტ ნიადაგი გადაირეცხება, რის გამოც ნიადაგის 0-20 სმ ფენა მთლიანად არის გატანილი ნაკვეთიდან და დარჩენილია ქვედა დაბალი ნაყოფიერების მქონე ფენა, რომელიც კვლავ გადაირეცხება ყოველწლიურად. თუ ასეთი ინტენსივობით გაგრძელდა ნიადაგის გადარეცხვის პროცესი 20 წელიწადში დაიკარგება მეორე 20-20-40 სმ ფენაც. აღნიშნულის თავიდან ასაცილებლად საჭიროდ მიგვაჩნია ეროზიის საწინააღმდეგო და ნიადაგის ნაყოფიერების აღდგენი ღონისძიებებიდან გამოყენებული იქნეს მრავალწლიანი მარცლოვანი და პარკოსანი ბალახების თესვა ან ეროზირებული სავარგულის საძოვრად გარდაქმნა. სხვა შემთხვევაში უმჯობესია თავი შევიკავოთ ძლიერ ეროზირებული ნაკვეთების დამუშავებისაგან.
2. ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგზე ყოველწლიურად იკარგება 2099,9 კგ ჰუმუსი, 158,6 კგ აზოტი, 145,6 კგ ფოსფორი და 1822,7 კგ კალიუმი. აზოტის, ფოსფორისა და კალიუმის მოძრავი ფორმების დანაკარგი თითქმის უმნიშვნელოა საერთო ფორმების დანაკარგებთან შედარებით.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. В. Г. Минеев Агрохимия. М. Изд-во МГУ. 2006. 752 с.
2. Ю. П. Жуков В. И. Кобзаренко Б. А. Ягодин Агрохимия. М. Изд-во Мир. 2004. 584с.
3. Юркий С.Н., Благовещенская З.К., Макаров Н.Б., Пименов Е.А. Потери элементов питания в земледелии и охрана окружающей среды. М. 1978. 46 с
4. ზარდალიშვილი ო. ურუშაძე თ. სასუქების გამოყენება და გარემო. თბილისი. 1992. გვ. 150.
5. თხელიძე ა., ლიპარტელიანი რ., მუმლაძე ნ., ხომასურიძე ხ., დანელია გ., სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და გარემოს დაცვა. 186 გვ., თბილისი. ცოდნა. 2009. 186 გვ.
6. Кузнецов М. С. Глазунов Г. П. Эрозия и охрана почв. М. МГУ. 2004. 352 с.

უაკ. 631.4

**ზემო იმერეთის ძლიერ ეროზირებულ ყომრალ ნიადაგების თავისებურებანი/**თხელიძე ა. თ., ხომასურიძე დ.რ., ნიკოლეიშვილი ნ.თ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.282-284-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

სტატიაში განხილულია ზემო იმერეთის ძლიერ ეროზირებული ყომრალი ნიადაგების თავისებურებანი, შეფასებულია მათი ნაყოფიერება. აგრეთვე მოცემულია წყლისმიერი ეროზიით ნიადაგებში ჰუმუსის და საკვები ელემენტების დანაკარგების მაჩვენებლები. ზემო იმერეთში ძლიერ ეროზირებული ყომრალი ნიადაგები გავრცელებულია 10-15°-ზე მეტი დაქანების მქონე ფერდობებზე, რაც თავის მხრივ ხელს უწყობს ეროზიული პროცესების განვითარებას. ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ძლიერ ეროზირებული ყომრალი ნიადაგები გამოირჩევა საკმაოდ დაბალი პოტენციური და ფექტური ნაყოფიერებით, კერძოდ, მათში მცირეა ჰუმუსის, საერთო აზოტისა და ფოსფორის შემცველობა. ეს ნიადაგები მხოლოდ საერთო კალიუმს შეიცავს საშუალო რაოდენობით. ამ ნიადაგებზე ეროზიული პროცესების განვითარებას ხელი შეუწყო 2009 წლის მაისისა და 2010 წლის ივლის-აგვისტოს გვალვების შემდეგ მოსულმა ძლიერმა ნალექებმა. გვალვებმა გამოიწვია ნიადაგის ძლიერი გამოშრობა, ხოლო შემდგომში მოსულმა წვიმებმა განაპირობა დიდი რაოდენობით ნიადაგის და მასში არსებული საკვები ელემენტების გადარეცხვა. საბოლოო ჯამში გადარეცხვის მაჩვენებლები 2009-2010 წლებში იყო 4-5-ჯერ მეტი ჩვეულებრივ მიღებულ პარამეტრებთან შედარებით. ყოველივე ამის შედეგად, ნიადაგის გადარეცხვამ მიაღწია 132,2 ტ, რის გამოც ყომრალი ნიადაგების ჰუმუსოვანი და მიმდებარე ჰორიზონტი 20-25 სმ-მდე მთლიანად იყო გატანილი ნაკვეთიდან და დარჩენილია ქვედა დაბალი ნაყოფიერების მქონე ჰორიზონტები. ეს ჰორიზონტები ასევე ყოველწლიურად განიცდიან გადარეცხვას. ნიადაგთან ერთად იკარგება ჰუმუსი, აზოტი, ფოსფორი და კალიუმის დიდი რაოდენობა. აღნიშნულიდან გამომდინარე, უმჯობესია ეროზირებული ნაკვეთების დამუშავების დროებით შეჩერება.

UDC 631.4

**PECULIARITIES OF STRONGLY ERODED BROWN SOILS IN UPPER IMERETI REGION./**Tkheldze A.T., Khomasuridze D.R., Nikoleishvili N.T./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp. 282-284 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.

An article describes the peculiarities and fertility evaluation of eroded brown soils in upper Imereti region. A humus and nutrients loss rates due to water erosion is also presented. In upper Imereti region strongly eroded brown soils are spread on the slopes with more than 10-15 degree of inclination, which stimulates development of erosive processes. Studies have shown that strongly eroded brown soils are characterized with notably low potential and effective fertility; content of total nitrogen and phosphorous is low. These soils contain only total potassium in an average amount. The development of erosive processes on these soils was stimulated by heavy rainfalls followed severe droughts in May 2009 and July-August 2010. Droughts caused severe soil dryness and runoff after heavy rains removed considerable amount of soil particles and nutrients. As a result, total runoff in 2009-2010 was 4-5 times higher than normal. Finally, soil erosion reached 132.2 t causing brown soils to lose humus containing layers up to 20-25 cm and only low fertility horizons remained on agricultural plots. These remained soil horizons also undergo impact of runoff and humus, nitrogen, phosphorous and potassium are lost along with soil. Based on these data in is necessary to stop ploughing temporarily.

УДК 631.4

**ОСОБЕННОСТИ СИЛЬНО ЭРОДИРОВАННЫХ БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ВЕРХНЕЙ ИМЕРЕТИИ./**А.Т. Тхелидзе, Д.Р. Хомасуридзе, Н.Т. Николеишвили/ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.282-284 -Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.

В статье рассмотрены особенности сильно эродированных бурых лесных почв Верхней Имеретии, оценено их плодородие, а также даны связанные с водной эрозией показатели потерь в почвах гумуса и питательных элементов. Сильно эродированные бурые лесные почвы Верхней Имеретии распространены на склонах крутизной 10-15°, что, в свою очередь, способствует развитию эрозионных процессов. Проведенные исследования показали, что сильно эродированные бурые лесные почвы выделяются довольно низким потенциальным и эффективным плодородием. В частности, в них низко содержание гумуса, общего азота и фосфора, Эти почвы только в среднем количестве содержат общий калий. Развитие эрозионных процессов на этих почвах способствовали сильные дожди, которые имели место после сильных засух в мае 2009 и июле-августе 2010 года. Засухи вызвали сильное иссушение почв, а выпавшие впоследствии осадки определили смыв в больших количествах почв и существующих в них питательных элементов. В конечном итоге показатели смыва в 2009-2010 годах были в 4-5 раза больше по сравнению с принятыми параметрами. В результате всего этого смыв почв достиг 132,2 тонн гумусовой и часть прилегающего горизонта полностью был снесен с участка и остались лишь только нижние мало плодородные горизонты. Эти горизонты также ежегодно повергаются смыву. Вместе с почвой в большом количестве теряется гумус, азот, фосфор и калий. Исходя из отмеченного следует временно приостановить обработку эродированных участков.

უაკ: 628.143/394

## ალახნის ველის დამლაშებულ ნიადაგებზე არსებული ხელოვნური წყალსაცავების ქიმიური შედგენილობა

ლ.შაველიაშვილი\*, გ.კორძახია\*\*, გ.კუჭავა\*\*, ნ.ბუაჩიძე\*, ე.ბაქრაძე\*, ვ.თალაკივაძე\*\*\*

\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

\*\*გარემოს დაცვის სამინისტროს გარემოს ეროვნული სააგენტო

\*\*\*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ალახნის ველი მდ.ალახნის მიმართულებით წარმოადგენს ტაფობს (ჩადაბლებული რელიეფით), სადაც გავრცელებულია დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგები მძიმე მექანიკური შედგენილობით. ამის გამო ალახნის ველის ძალზე ცუდი წყალგამტარობა და გრუნტის წყლის სიახლოვე იწვევს ნიადაგის ჭარბ ტენიანობას, რის შედეგადაც ხდება გაღებება-დაჭაობება [1]. მდ.ალახნის მიმართულებით ნიადაგის დამლაშების ხარისხი მატულობს. ეს ნიადაგები ფაქტიურად გამოუყენებელია სოფლის მეურნეობისათვის. ამიტომ მოსახლეობამ საადაპტაციო ღონისძიებების გატარების მიზნით დაიწყო ხელოვნური წყალსაცავების გაკეთება და მათში თევზის მოშენება სარეალიზაციოდ, რაც იწვევს მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობის გაუმჯობესებას და სიღარიბის დაძლევას.

მიუხედავად მოსახლეობისათვის კეთილსასურველი ეფექტისა, ხელოვნური წყალსაცავი უარყოფით ეფექტსაც იძლევა. ასეთ ეფექტთა რიცხვს მიეკუთვნება გარემოს, სახნავი მიწების განადგურება, მათი დაჭაობება და სხვა. ხელოვნური წყალსაცავების ექსპლუატაციის პირობებში მოსალოდნელია დაჭაობების პროცესების გაძლიერება, ჰიდროლოგიური პროცესების გარდაქმნა და სხვა. მით უმეტეს ალახნის ველის დამლაშებულ ნიადაგებზე, სადაც გრუნტის წყლები ახლოს დგას და ისინი მონაწილეობას იღებენ ამ პროცესებში. რის გამოც ისედაც დამლაშებული ნიადაგები გარდაიქმნებიან მლაშობებად და ჭაობებად. მათზე ხელოვნური წყალსაცავის დაშრობის (გაუქმების) შემდეგ კი გართულებული იქნება მელიორაციული ღონისძიებების ჩატარება. ამრიგად, ისედაც მცირე მიწიანი საქართველოსათვის კიდევ უფრო მცირდება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები.

ვინაიდან ჩვენი კვლევის ობიექტია ალახნის ველის, კერძოდ, სიღნაღის რაიონის დამლაშებული ნიადაგები და ქვემო ალახნის სარწყავი არხის, კოლექტორულ-დრენაჟული და გრუნტის წყლების ქიმიზმი, ბუნებრივია, დავინტერესდით აქ განთავსებული ხელოვნური წყალსაცავის ქიმიური შედგენილობით, რომელიც მარაგდება ქვემო ალახნის სარწყავი არხის წყლით. ზამთრის თვეებში არხის წყალი იკეტება, ამიტომ წყალსაცავში წყლის დონე მცირდება. საკვლევად ავირჩიეთ სოფელ ძველ ანაგაში ქვემო ალახნის სარწყავი არხის მარცხენა სანაპიროზე არსებული ხელოვნური წყალსაცავი, რომლის ფართობია 40 ჰა, ხოლო სიღრმე მერყეობს 1,5-2-3 მ-ის ფარგლებში. აქ მოშენებულია ბრტყელშუბლა, კარპი, ალახნის ლოქო და სხვა ჯიშის თევზები. წყლის ნიმუშები ავიღეთ 2012 წლის სექტემბრის და დეკემბრის თვეებში. განსაზღვრულია 23 ინგრედიენტი [2]. ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრ.1-ში.

როგორც ჩატარებული ანალიზის შედეგები გვჩვენებს წყლის pH ნეიტრალურია და სექტემბერში შეადგენს 7,02, ხოლო დეკემბერში 8,2. წყლის pH ბუნებრივი თუ ანთროპოგენული ფაქტორების მიხედვით საკმაოდ ცვლადია. იგი განსაზღვრავს ჟანგვა-აღდგენით პოტენციალს და მასზეა დამოკიდებული წყლის თვითგაწმენდის უნარი და სისრულე. კათიონებიდან სექტემბერში ჭარბობს  $Ca^{++}$  – 122,8 და  $Na^+$  – 80,5 მგ/ლ, ხოლო  $Mg^{++}$  – შეადგენს 38,5 მგ/ლ. ხოლო დეკემბერში  $Ca^{++}$  და  $Mg^{++}$ -ის რაოდენობა უფრო მცირეა და შესაბამისად შეადგენს: 42.23 და 22.42 მგ/ლ.  $Na^+$ -ის რაოდენობა უფრო იზრდება და შეადგენს 124,0 მგ/ლ.

ანიონებიდან აღსანიშნავია ჰიდროკარბონატების შედარებით მაღალი შემცველობა 148.8 მგ/ლ. ეს რიცხვი კიდევ უფრო იზრდება დეკემბერში და შეადგენს 185.4 მგ/ლ. ქლორის იონების შემცველობა მერყეობს 89.2-98.9 მგ/ლ-ს ფარგლებში. მაღალია სულფატების შემცველობაც. იგი სექტემბერში შეადგენს 390.2 და დეკემბერში 513.5 მგ/ლ –ს. მინერალიზაცია სექტემბრის თვეში შეადგენს 725.7 მგ/ლ-ს, თუმცა დეკემბერში, როცა წყალი წყალსაცავში ძალიან შემცირებულია, მინერალიზაცია გაზრდილია და შეადგენს 980.2 მგ/ლ-ს. შესაბამისად მაღალია ელექტროვარგობა  $972.0 \mu sm/cm$ , ხოლო უფრო დაბალია სექტემბერში -  $525 \mu sm/cm$ .

სოფ.ძველი ანაგის ხელოვნური წყალსაცავის წყალი მიეკუთვნება ზომიერი მინერალიზაციის (500-1000 მგ/ლ) მქონე წყლებს [3]. უნდა აღინიშნოს, რომ მოცემული წყალსაცავის წყალს ძალიან ცოტა უკლია რათა ის მიეკუთნოთ მაღალი მინერალიზაციის (>1000 მგ/ლ) მქონე წყლებს, მით უმეტეს, რომ ეს წყალსაცავი განთავსებულია მლაშე ნიადაგებზე და გრუნტის წყლის მინერალიზაცია შეადგენს 5212.3 მგ/ლ.

**ცხრილი 1. სოფ. ძველი ანაგის ხელოვნური წყალსაცავის და გრუნტის წყლების ქიმიური შედგენილობა**

| №  | ინგრედიენტები                       | სოფ.ძველი ანაგის ხელოვნური წყალსაცავის წყალი | სოფ.ძველი ანაგის ხელოვნური წყალსაცავის წყალი | გრუნტის წყალი |
|----|-------------------------------------|--|--|---------------|
|    |                                     | 10.09.2012                                   | 17.12.2012                                   | 17.12.2012    |
| 1  | სუნი, ბალი                          | 0  | 0  | 0             |
| 2  | გამჭირვალობა, სმ                    | 12   | 11   | 12            |
| 3  | შეწონილი ნაწილაკები, მგ/ლ           | -  | -  | -             |
| 4  | pH                                  | 7.02   | 6.72   | 6.58          |
| 5  | კარბონატი, მგ/ლ                     | -  | -  | -             |
| 6  | ნახშირორჟანგი, მგ/ლ                 | 1.8  | 1.76   | 0.88          |
| 7  | სიხისტე, მგ/ლ                       | 4.02   | 3.95   | 11.53         |
| 8  | ნიტრატის აზოტი, მგ/ლ                | 0.021  | 0.393  | -             |
| 9  | ნიტრატის აზოტი, მგ/ლ                | 0.036  | 0.072  | 0.267         |
| 10 | ამონიუმის აზოტი, მგ/ლ               | 0.135  | -  | -             |
| 11 | ფოსფატი, მგ/ლ                       | 0.113  | -  | -             |
| 12 | სულფატები, მგ/ლ                     | 390.2  | 513.5  | 3160.8        |
| 13 | ქლორიდები, მგ/ლ                     | 89.2   | 98.9   | 528.9         |
| 14 | ბრომიდი, მგ/ლ                       | 0.464  | 0.482  | -             |
| 15 | ფტორიდი, მგ/ლ                       | 0.985  | 0.278  | 1.229         |
| 16 | ჰიდროკარბონატები, მგ.ექვ/ლ          | 148.8  | 185.4  | 746.6         |
| 17 | კალიუმი, მგ/ლ                       | 4.5  | 1.9  | 2.7           |
| 18 | ნატრიუმი, მგ/ლ                      | 80.5   | 124.0  | 580.0         |
| 19 | კალციუმი, მგ/ლ                      | 122.8  | 42.23  | 131.4         |
| 20 | მაგნიუმი, მგ/ლ                      | 38.5   | 22.42  | 60.5          |
| 21 | სილიციუმი, მგ/ლ                     | 9.0  | -  | -             |
| 22 | ელექტროგამტარობა, $\mu\text{sm/cm}$ | 525  | 972  | 6030          |
| 23 | მინერალიზაცია, მგ/ლ                 | 725.7  | 980.2  | 5212.3        |

სოფ.ძველი ანაგის ხელოვნური წყალსაცავის წყლის ხარისხის ცვლილება განპირობებულია როგორც მასში ჩამდინარე წყლის რეჟიმის ცვლილებით, ისე შიდა ბიოლოგიური პროცესებით: დინების სიჩქარის ცვლილება, გამჭირვალობის გაზრდა, რომელიც გამოწვეულია სამრეწველო, კომუნალური და სასოფლო-სამეურნეო ჩამონადენებით, რაც იწვევს ბიოგენური ნივთიერებებით გამდიდრებულ წყალში ფიტოპლანქტონის გაძლიერებას. თუ წყალში გაჩნდნენ ღურჯი და მწვანე წყალმცენარეები, ეს მეტყველებს, რომ ამ წყალში წარმოიქმნებიან ტოქსიკური ნივთიერებები და ბუნებრივია, რომ წყლის ხარისხი უარესდება.

წყლის ხარისხისადმი მოთხოვნილება არსებითად განსხვავდება იმის მიხედვით, თუ წყალს რა გამოყენება აქვს. ამან განაპირობა თევზსამეურნეო ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის (ზღკ) გამოყენება, რომლის მიზანია წყალსაცავების, როგორც თევზსამეურნეო და თევზჭერითი ბაზის დაცვა, მეთევზეობისა და თევზჭერის განვითარება. ამიტომ თევზსამეურნეო ზღკ-ის გაანგარიშებისას უპირველესყოფლისა ითვალისწინებენ ქიმიური ნივთიერებების შესაძლო ზემოქმედებას წყლის თვითგასუფთავების პროცესებზე და წყლის ეკოსისტემების (წყალმცენარეები, ბაქტერიები, მოლუსკები, თევზები) სიცოცხლისუნარიანობაზე, აგრეთვე თევზის პროდუქციის ხარისხის გაუარესებასზე.

თევზები ადამიანთან და თბილსისხლიან ცხოველებთან შედარებით უფრო მეტად მგრძობიარენი არიან ტოქსიკური ნივთიერებების მიმართ. ლაყუნების საშუალებით მათ ორგანიზმში

ხვდება უფრო მეტი ტოქსიკური ნივთიერება, ვიდრე ადამიანი ან თბილსისხლიანი ცხოველი დებულობს ჰაერიდან სუნთქვის დროს [4].

ტოქსიკური ნივთიერებების მოქმედება დამოკიდებულია გახსნილ ჟანგბადზე, pH-ზე, ორგანულ ნივთიერებათა კომპლექსზე და სხვა. გარდამავალი პროდუქტები, რომლებიც წარმოიშობა წყლის ეკოსისტემაში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ტრანსფორმაციისას, ხშირად უფრო ტოქსიკურია ვიდრე თავდაპირველი ნივთიერება. ამიტომ ეკოლოგიური თვალსაზრისით დამაბინძურებელი ნივთიერებების გარემოზე დასაშვები დატვირთვის შეფასებისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს მათი ფაქტორების გავლენა არა ცალკეულ ორგანიზმებზე, არამედ მთლიანად ბიოცენოზისა და ეკოსისტემის რეაქციაზე.

გარდა ბიოლოგიური გატუქვიანებისა, სარწყავი მასივებიდან გამოტანილი მარილების ხარჯზე ხდება წყლის მინერალიზაციის ზრდა, მისი ქიმიური შედგენილობის ცვლილება. მდინარეებში მოხვედრილი მარილების რაოდენობა აღწევს ათეულობით, ხოლო ძლიერ დამლაშებული ნიადაგების შემთხვევაში კი ასეულ ტონასაც 1 ჰა-დან.

მდინარეები სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან პესტიციდებისა და ნარჩენი მინერალური სასუქების მთავარი სატრანზიტო გზაა. ბიოგენური ნივთიერებების სიჭარბე სანაპირო ზოლში იწვევს წყალმცენარეების “ყვავილობას”, შემდეგ კი წარმოქმნილ ბიომასის დაჟანგვაზე იხარჯება გახსნილი ჟანგბადი, რაც მისი მწვავე დეფიციტის მიზეზი ხდება.

ქვემო ალაზნის სარწყავი სისტემა განთავსებულია ალაზნის ველის მარჯვენა სანაპიროზე. 35 000 ჰა ტერიტორიის მორწყვა ხორციელდება ქვემო ალაზნის მაგისტრალური არხის საშუალებით, რომლის წყლის ხარჯიც სათავე ნაგებობასთან შეადგენს 18 მ<sup>3</sup>/წმ-ში, ხოლო მდ.ალაზანში ვარდნისას 3 მ<sup>3</sup>/წმ-ში. მაგისტრალური არხის კვების წყაროს წარმოადგენს მდ.ალაზანი. ამიტომ წყლის ნიმუშები აღებული იქნა მდ.ალაზნისა და ქვემო ალაზნის სარწყავი არხიდან, რომლებშიც განისაზღვრა pH, მინერალიზაცია და ძირითადი იონები [5].

სარწყავი წყლის მინერალიზაცია ქვემო ალაზნის მაგისტრალური არხის მთელ სიგრძეზე მერყეობს 200-450 მგ/ლ-ის ფარგლებში. მისი მინიმალური მნიშვნელობა აღინიშნება გაზაფხულის ბოლოს – ზაფხულის დასაწყისში, ხოლო მაქსიმალური ზამთრისა და ზაფხულის შუაში. თავისი შემადგენლობით სარწყავი წყალი ჰიდროკარბონატულ-კალციუმიანია. არხის მთელ სიგრძეზე წყლის ქიმიზმი პრაქტიკულად მცირედ იცვლება.

მთავარი იონებიდან მაგისტრალური არხის წყალში უფრო მაღალია HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-ის იონები, რომლის მეტი რაოდენობა სხვა იონებთან შედარებით მკვეთრად გამოხატული გაზაფხულის წყალდიდობის და შემოდგომის წვიმების დროს. SO<sub>4</sub><sup>-</sup>-ის შემცველობა შედარებით მაღალია ზამთრისა და ზაფხულის წყალმცირობისას. SO<sub>4</sub><sup>-</sup>-ის მაღალი შემცველობის ახსნა წყალმცირობის პერიოდში გამოწვეულია ალბათ იმით, რომ მაგისტრალური არხი არ არის მოპირკეთებული და გადის გრუნტში რამდენადმე ამალღებული მარილების შედგენილობით, რაც გავლენას ახდენს სარწყავი წყლის ქიმიურ შედგენილობაზე. ამითვე შეიძლება აიხსნას Cl<sup>-</sup>-ის იონების შედარებით მაღალი შემცველობა წყალმცირების პერიოდში.

მდ.ალაზნის წყალი ჰიდროკარბონატულია, უფრო მეტი მერყეობით ხასიათდებიან HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> და SO<sub>4</sub><sup>-</sup>-ის იონები, ხოლო კათიონებიდან Ca<sup>++</sup>-ის და Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>, უფრო მყარია Cl<sup>-</sup>-ის და Mg<sup>++</sup>-ის იონები. მდ.ალაზნის ქვემო დინების მიმართულებით როდესაც ხდება მაგისტრალურ არხში ჩაშვება, საერთო მინერალიზაცია იცვლება. იგი მერყეობს 203.6 – 650.0 მგ/ლ-ის საზღვრებში. იზრდება SO<sub>4</sub><sup>-</sup> (180.0 მგ/ლ) და Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup> იონები (269.0 მგ/ლ).

თუ შევადარებთ ერთმანეთს ხელოვნური წყალსაცავისა და ქვემო ალაზნის სარწყავი არხის წყლების მინერალიზაციას, აღმოჩნება, რომ მინერალიზაცია წყალსაცავში გაცილებით მაღალია, ვიდრე არხის წყალში, მით უმეტეს დეკემბრის თვეში, როდესაც წყალსაცავში წყალი არ იცვლება. მინერალიზაცია ამ პერიოდში წყალსაცავში აღწევს 980.2 მგ/ლ-ს. ჩვენი მოსაზრებით ეს განპირობებული იმით, რომ წყალსაცავში ჯერ ერთი, ამოდის მლაშე გრუნტის წყლები და მეორეც, ხდება დამლაშებული ნიადაგებიდან ადვილად ხსნადი მარილების გამოტანა, რაც იწვევს მინერალიზაციის მომატებას.

ცხრ.-ში მოცემულია გრუნტის წყალში განსაზღვრული ინგრედიენტების ნუსხა, სადაც ნათლად ჩანს სულფატების, ქლორიდების, ნატრიუმის, მაგნიუმის იონების, მინერალიზაციის ჭარბი შემცველობა. ხელოვნურ წყალსაცავში გრუნტის წყლების ამოსვლის შესაძლებლობა გაზრდის წყალსაცავში იმ ინგრედიენტების შემცველობას, რაც გავლენას მოახდენს წყალსაცავის როგორც

თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის ობიექტში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა კონცენტრაციის ზრდაზე ზღვაზე მეტი რაოდენობით.

ჯანდარის ტბის ქიმიური შედგენილობა, რომელიც განთავსებულია ქვემო ქართლში, სოფელ ჯანდარაში ბიცობიან ნიადაგებზე, მისი pH მერყეობს 8.20-8.60 ფარგლებში. მინერალიზაცია მაქსიმუმს აღწევს ზაფხულის თვეებში და შეადგენს 600-660 მგ/ლ-ს. ეს განპირობებულია ტბის წყლის ინტენსიური აორთქლებით, რის შედეგადაც მარილების კონცენტრაცია მაქსიმალურია. მაის-ივლისის თვეებში მინერალიზაცია ყველაზე დაბალია და შეადგენს 280-300 მგ/ლ-ს, რაც განპირობებულია ჭარბი ნალექების რაოდენობით [6].

ფარაენის ტბა, რომელიც არ მდებარეობს მლაშე და ბიცობიან ნიადაგებზე, ხასიათდება შემდეგი პარამეტრებით, კერძოდ: მინერალიზაცია მერყეობს 62.4-68.0 მგ/ლ-ის ფარგლებში, ხოლო pH მერყეობს 7.20-7.60 – ფარგლებში [3,6]. მლაშე და ბიცობიან ნიადაგებზე ჯანდარის ტბისა და ძველი ანაგის ხელოვნური წყალსაცავის წყლების ქიმიურ შედგენილობას თუ შევადარებთ სოფ. როდიონოვკასთან არსებული ფარაენის ტბის ქიმიურ შედგენილობას, აღმოჩნდება, რომ ფარაენის ტბის ქიმიური შემადგენლობა განსხვავებით ჯანდარის ტბისა და ძველი ანაგის ხელოვნური წყალსაცავის წყლებისაგან ხასიათდება იმით, რომ მისი პარამეტრები ზღვა-ს ფარგლებშია.

ამრიგად, ძველი ანაგის ხელოვნური წყალსაცავი განიცდის დამლაშებული ნიადაგების და გრუნტის წყლების ზეგავლენას, რაც მკვეთრად აისახება მის ქიმიურ შედგენილობაზე, კერძოდ, მის მინერალიზაციაზე და არის რეაქციაზე. გარდა ამისა თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის კატეგორიების მიხედვით ზოგიერთი ინგრედიენტის მნიშვნელობა აღემატება ზღვა-ს, როგორებიცაა: ფოსფატები, სულფატები და ნიტრიტული აზოტი.

პროექტი ხორციელდება სსიპ შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ხელშეწყობით, გრანტი №AR136/9-110/11.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. მ.საბაშვილი. "ნიადაგმცოდნეობა" – თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 354 გვ., 1970.
2. Фомин Г.С., Фомин А.Г. – Вода. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. Справочник. Москва, 2001.
3. გ.სუპატაშვილი. "გარემოს ქიმია" – თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 186 გვ., 2009.
4. კ.ბილაშვილი, მ.ელიზბარაშვილი, ნ.წივწივაძე. "ზღვის ეკოლოგია" – თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 238 გვ., 2009.
5. Чантладзе З.И., Шавлиашвили Л.У. «Загрязненность природных вод и почв Грузинской ССР в результате химизации сельского хозяйства» - Ленинград, Гидрометеиздат, 110с., 1982.
6. ლ.შავლიაშვილი, გ.კუჭავა, ლ.ინწკირველი, ნ.ბუაჩიძე, ნ.ტულუში. "დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგების გავლენა ჯანდარის ტბის ქიმიურ შედგენილობაზე" – რადიოლოგიური და აგროეკოლოგიური გამოკვლევები, ტ.1, გვ.253-260, თბილისი, 2005.

უაკ: 628.143.394

**ალაზნის ველის დამლაშებულ ნიადაგებზე არსებული ხელოვნური წყალსაცავის ქიმიური შედგენილობა/შავლიაშვილი ლ.უ., კორძახია გ.ი., კუჭავა გ.პ., ბუაჩიძე ნ.ს., ბაქრაძე ე.მ., თალაკვაძე ვ.ვ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ.119, გვ.285-289, 2013. ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს.**

ნაშრომში განხილულია ძველი ანაგის ხელოვნურ წყალსაცავზე დამლაშებული და ბიცობიანი ნიადაგებისა და გრუნტის წყლების ზეგავლენა, რაც მკვეთრად აისახება მის ქიმიურ შედგენილობაზე, კერძოდ, მის მინერალიზაციასა და არის რეაქციაზე. გამოვლენილია ზოგიერთი ინგრედიენტის მაღალი შემცველობა თევზსამეურნეო წყალსარგებლობის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე.



UDC 628.143.394

**THE CHEMICAL COMPOSITION OF AN ARTIFICIAL RESERVOIR IN SALINE SOILS OF ALAZANI VALLEY.** /Shavliashvili L.W., Kordzakhia G.I., Kuchava G.P., Buachidze N.S., Bakradze E.M., Talakvadze V.V./Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.285-289 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.

In the article the influence of saline and alkaline soils and groundwater at the chemical composition of an artificial reservoir in v. Dzveli Anaga, in particular on the mineralization and pH are considered. Increased content of maximum allowable concentrations of certain ingredients for fishery water consumption are revealed.

УДК 628.143.394

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИСКУССТВЕННОГО ВОДОЕМА В ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ АЛАЗАНСКОЙ ДОЛИНЫ.** /Шавлиашвили Л.У., Кордзахия Г.И., Кучава Г.П., Буачидзе Н.С., Бакрадзе Е.М., Талаквдзе В.В./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.285-289-Груз., Рез. Груз., Англ., Рус - Сб. Труды с, т. с. 2013.

В работе рассматривается влияние засоленных и солонцеватых почв, а также грунтовых вод на химический состав искусственного водоема в с.Дзвели Анага, в частности на минерализацию и рН. Выявлено повышенное содержание предельно допустимых концентраций некоторых ингредиентов для рыбохозяйственного водопотребления.

უაკ 57043:37022+615.849.63

## ფიტოცენოზების მდგრადობის პარამეტრები რადიაციისა და ტემპერატურული ზემოქმედების ექსტრემალური რეჟიმის პირობებში

გოგებაშვილი მ.,\* ივანიშვილი ნ.\*, სალუქვაძე ე.\*\*

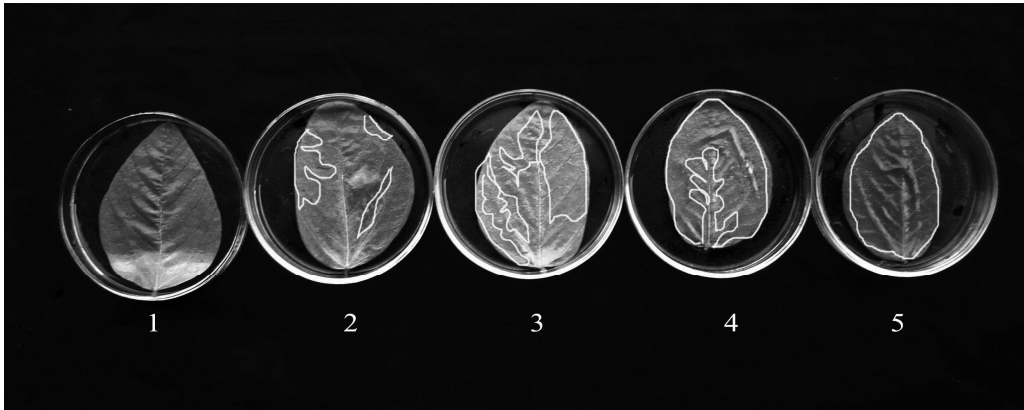
\*საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის რადიოლოგიის და ეკოლოგიის ინსტიტუტი

\*\*ი.ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი

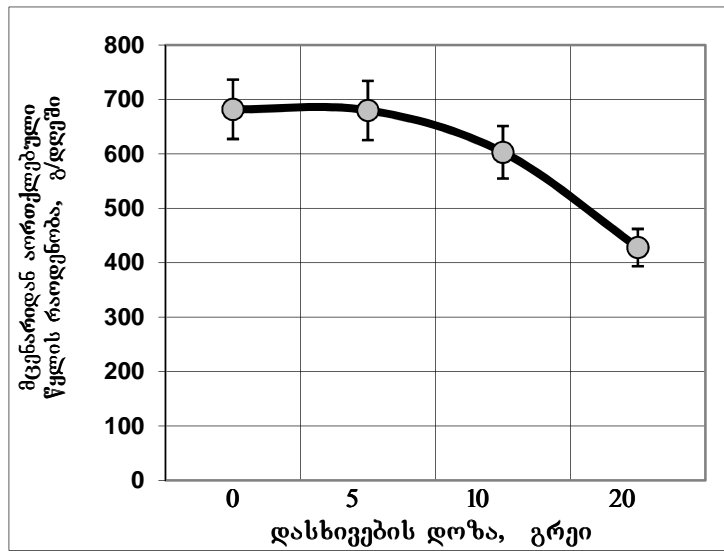
საქართველოს ფიტოცენოზები სტრუქტურული თავისებურებებით გამოირჩევიან. ეს, სხვა ფაქტორებთან ერთად, განპირობებულია რელიეფის ვერტიკალური ზონალობით, რაც, თავის მხრივ, მცირე მანძილზეც კი, ფიტოცენოზების შემადგენლობის ბიომრავალფეროვნებას ქმნის. ნებისმიერი სისტემის და, მათ შორის, ეკოლოგიური სისტემის მდგრადობა ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს. მდგრადობით განისაზღვრება სისტემის უნარი, შეინარჩუნოს სტაბილურობა გარემო პირობების ცვლილებების დროს. აღნიშნული დებულების კონტექსტში მდგრადობა შეიძლება ჩაითვალოს სიცოცხლისუნარიანობის ტერმინის სინონიმად. რთული ეკოსისტემების მდგრადობის თვისობრივი და რაოდენობრივი შეფასების თეორიული საფუძვლები აღწერილია მრავალ სამეცნიერო პუბლიკაციაში [1,2,3,4]. ზოგადად, ნაჩვენებია, რომ სისტემის სიცოცხლისუნარიანობა განისაზღვრება პარამეტრების სამი ჯგუფით-მოცულობით (სისტემის ნივთიერებების მასით), პროდუქტიულობით (სისტემის ნივთიერებების თვითგანახლების სიჩქარით) და სტრუქტურული ჰარმონიულობით. პირველი ორი ჯგუფის პარამეტრების რაოდენობრივი ცვლილებების გამოყენება, ეკოლოგიურ სისტემებთან მიმართებაში, კარგად არის დამუშავებული კლასიკურ ბიოგეოგრაფიაში, ხოლო ეკოსისტემების სტრუქტურული ჰარმონიულობა და, განსაკუთრებით, მასზე ანთროპოგენური ზემოქმედების თავისებურებანი შედარებით ნაკლებად არის გამოკვლეული. ენდემური ეკოსისტემების მაღალი პოტენციალი უზრუნველყოფს საწყისი მდგომარეობის შენარჩუნებას გარემოს ექსტრემალური პირობების ზემოქმედების დროს. თავისი ფართობების მნიშვნელოვანი ნაწილის დაკარგვის შემთხვევაშიც კი, მდგრადი ტიპის ძირითადი ეკოსისტემები აგრძელებენ ბუნებრივი ციკლების რეჟიმის უცვლელობის უზრუნველყოფას. ეს თავისებურება დაკავშირებულია მდგრადობის იმ პარამეტრებთან, რომლებითაც დაცულია ეკოსისტემების მრავალი საწყისი თვისება ტერიტორიების ანთროპოგენური ტრანსფორმაციის შემდეგაც. ეკოსისტემების მდგრადობის პარამეტრების კვლევა მნიშვნელოვანია, ფიტოცენოზების მდგრადობაზე ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგების პროგნოზირების მიზნით, ადეკვატური მეთოდების დამუშავებისთვის. აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტისთვის მიზანშეწონილია როგორც ცალკეული მცენარეული ორგანიზმის დონეზე მოდელური კვლევების განხორციელება, ისე მთლიან ლანდშაფტზე მონიტორინგული დაკვირვებების ჩატარება.

ჩვენს ექსპერიმენტებში მცენარის საპასუხო რეაქციების პარამეტრების განსაზღვრისთვის ექსტრემალური ფაქტორების სახით გამოყენებული იყო მაღალი ტემპერატურა და მაიონიზებული რადიაცია. კვლევა ითვალისწინებდა, ერთი მხრივ, კონკრეტულ მცენარეთა რადიორეზისტენტობის დადგენას და, მეორე მხრივ, მაღალი ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში რადიობიოლოგიური რეაქციების ფორმირების შესწავლას. ბუნებრივია, აქცენტი გაკეთდა მცენარეული ორგანიზმების იმ დაცვით ეფექტებზე, რომლებიც განაპირობებენ მცენარის მაღალი ტემპერატურის მიმართ მდგრადობას. გამოკვლეული იქნა ექსტრემალური პირობებისადმი უშუალოდ მცენარეული ქსოვილების რადიორეზისტენტობა და მათი ტრანსპირაციის უნარი, როგორც ინტაქტური ქსოვილების ზედაპირული ტემპერატურის რეგულაციის საშუალება. პირველი სურათიდან ჩანს, რომ მცენარეული ქსოვილები მაღალ ტემპერატურასთან მიმართებაში საკმაოდ დიდი სიცოცხლისუნარიანობით ხასიათდებიან.

აღნიშნულ ექსპერიმენტებში მცენარეული ქსოვილების ტემპერატურული რეჟიმისადმი დამოკიდებულების კვლევა მიმდინარეობდა წყლის დეფიციტის გარეშე [5]; შემდგომში იგივე ცდები ჩატარდა ინტაქტურ მცენარეებზე და როგორც მე-2 სურათიდან ჩანს, დაფიქსირდა ქსოვილების ტრანსპირაციის ინტენსიურობის მაჩვენებლების ცვლილებები.



**სურ.1 მაღალი ექსტრემალური ტემპერატურების გავლენა ფოთლის ქსოვილების სიცოცხლისუნარიანობაზე 1-30<sup>0</sup>C-მდე; 2-40<sup>0</sup>C; 3-50<sup>0</sup>C; 4-60<sup>0</sup>C; 5-70<sup>0</sup>C (ქსოვილების ნეკროტიზაციის ზონა შემოხაზულია)**



**სურ.2 გამა-რადიაციის გავლენა მცენარეული ქსოვილების ტრანსპირაციის ინტენსიურობაზე**

იმისათვის, რომ დაგვედგინა, თუ როგორ რეალიზდება ზემოაღნიშნული ეფექტები ბუნებრივ გარემოში, დაკვირვება ვაწარმოეთ კონკრეტული ლანდშაფტის პირობებში. აქ გამოიკვეთა შემდეგი კანონზომიერება-რადიაციის დოზის ზრდის (20გრემდე) კვალობაზე გაიზარდა საკვლევი მცენარეთა ფოთლების ზედაპირული ტემპერატურა.

პარალელურად ხორციელდებოდა ცდები სავეგეტაციო ჭურჭლებში. მიღებული მონაცემების საფუძველზე დადგინდა იქნა, რომ დასხივებული მცენარეები ხასიათდებიან ნიადაგის წყლის რესურსების ეკონომიური მოხმარებით; თუმცა ექსტრემალური ტემპერატურული ზემოქმედებისას ტრანსპირაციის დონის შემცირება მცენარეული ორგანიზმის ზედაპირის ეფექტური დაცვის საშუალებას არ წარმოადგენს. ამ უკანასკნელი ეფექტის განსაკუთრებული საშიშროება მაშინ იჩენს თავს, როდესაც ტემპერატურული ზღვრული 40<sup>0</sup>C-ს აღემატება. ასეთი ექსტრემალური ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში დასხივებულ მცენარეთა კულტივირებისას შეუქცევადი პროცესები მიმდინარეობს და, ხანგრძლივი ზემოქმედების შემთხვევაში, ლეტალური ეფექტებით მთავრდება.

ანთროპოგენური და კლიმატოგენური დატვირთვის პირობებში ფიტოცენოზების მდგრადობის პარამეტრების განსაზღვრის მიზნით ცდები ჩატარდა ლანდშაფტის დონეზე. საკვლევი ლანდშაფტის სახით შერჩეული იქნა მანგულის (კაზრეთი, ბოლნისის რაიონი) კარიერის მიმდებარე ტერიტორია. არჩევანი განაპირობა იმ გარემოებამ, რომ გასაგები მიზეზების გამო, იქ არსებული ფიტოცენოზები მკვეთრად განსხვავდებიან ანთროპოგენური დატვირთვით (სურ.3).



**სურ.3 საკვლევი ფიტოცენოზების ზონების ადგილმდებარეობა**  
(კაშერის სიმაღლე ზღვის დონიდან 14,21 კმ)

1-მინიმალური დატვირთვის ზონა; 2-საავტომობილო სავალი გზისა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების აქტიური კულტივირების ზონა; 3-მადნეულის კარიერის მომიჯნავე ტერიტორია

ამ უკანასკნელი მახასიათებლის მიხედვით ფიტოცენოზები, პირობითად, დაიყო სამ ზონად: პირველ ზონად მოიაზრებოდა მინიმალური დატვირთვის ზონა (სურ.3-1); მეორე ზონას წარმოადგენდა საავტომობილო სავალი გზისა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების აქტიური კულტივირების ტერიტორიები (სურ. 3-2); ხოლო მესამე ზონად მიჩნეული იყო უშუალოდ მადნეულის კარიერის მომიჯნავე ტერიტორია (სურ. 3-3). ზემოაღნიშნულ ზონებთან მიმართებაში განხორციელდა ფიტოცენოზების მდგრადობის პარამეტრების შედარებითი ანალიზი. კრიტერიუმს წარმოადგენდა ფიტოცენოზში გაერთიანებულ მცენარეთა ფოთლების ზედაპირული ტემპერატურების პარამეტრების დადგენა, რომელიც ისაზღვრებოდა დისტანციური ლაზერული სკანირების მეთოდით. აღმოჩნდა, რომ ოპტიმალური ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში (30°C-მდე), ეს პარამეტრი ერთგვაროვან ხასიათს ატარებდა სამივე საკვლევი ზონაში, ხოლო ექსტრემალური ტემპერატურული რეჟიმის დროს (40°C-ზე ზემოთ), ზონების მიხედვით იცვლებოდა ზედაპირული ტემპერატურული მაჩვენებელი, სახელდობრ: მეორე და მესამე ზონების ფიტოცენოზებში შემაჯავალ მცენარეთა ფოთლების ზედაპირული ტემპერატურა 3-6°C-ით აღემატებოდა პირველი ზონის ფიტოცენოზების მცენარეთა ფოთლების იგივე მაჩვენებელს, რაც აღნიშნულ ზონებში ფიტოცენოზების მდგრადობის დაქვეითებაზე მეტყველებს.

ზუნებრივია, რომ ნებისმიერი ცვლილება, რომელიც აისახება ფიტოცენოზების მდგრადობის პარამეტრებზე, ხანგრძლივი ან პერმანენტული ზემოქმედებისას ვლინდება სუბცესიური პროცესების როგორც რაოდენობრივი, ისე თვისობრივი მახასიათებლების ცვლილებების სახით. ჩვენ მიერ აღწერილი ეფექტი თვალნათლივ მიგვანიშნებს, რომ ანთროპოგენური და გლობალური კლიმატური დატვირთვის დროს, ანთროპოგენურ ფაქტორს შეიძლება გადამწყვეტი მნიშვნელობა ჰქონდეს კონკრეტული ეკოსისტემის სიცოცხლისუნარიანობისთვის.

### ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. Chen Sh, Chen B, Brian D. Ecological risks assessment on the system scale: A review of state-of-the-art models and future perspectives Ecological Modelling, Volume 250, 10,2013, Pages 25-33
2. Perrodin Y, Boillot C, Angerville R, Donguy G, Emmanuel E. Ecological risk assessment of urban and industrial system: A review Science of The Total Environment, Volume 409, Issue 24, 15, 2011, Pages 5162-5176.
3. Critto A, Torresan S, Semenzin E, Giove S, Mesman M, Schouten A.J., Rutgers M, Marcomini A. Development of a site-specific Ecological risk assessment for contaminated sites: Part I. A multi-criteria based system for the selection of ecotoxicological tests and Ecological observations Science of The Total Environment, Volume 379, Issue 1, 15,2007, Pages 16-33

4. Bruce K. Hope. An examination of Ecological risk assessment and management practices Environment International, Volume 32, Issue 8, 2006, Pages 983-995.
5. Третьяков Н.И. Практикум по физиологии растений, М.Агропромиздат,1990, 272с.

უკ.- 574(075.8)+57(075.8)

**ფიტოცენოზების მდგრადობის პარამეტრები რადიაციისა და ტემპერატურული ზემოქმედების ექსტრემალური რეჟიმის პირობებში** /მ. გოგებაშვილი, ნ. ივანიშვილი, ე. სალუკვაძე /საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.290-293-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ჩერნობილისა და ფუკუსიმა ატომურ სადგურებზე განვითარებულმა მოვლენებმა აჩვენეს ტექნოგენური ავარიების შედეგების პროგნოზირების სერიოზული პრობლემები სხვადასხვა ბიოგეოცენოზებთან მიმართებაში. ამასთანავე, რადიაციული ეფექტების რეალიზაციის პირობების ცვლილებებთან დაკავშირებით, დღეს არსებული პროგნოზირების მოდელი საჭიროებს მუდმივ მოდიფიკაციას. უკანასკნელ წლებში ასეთ მამოდიფიცირებელ ფაქტორად უფრო ხშირად მოიაზრება ექსტრემალური ტემპერატურული რეჟიმი. ეს განპირობებულია გლობალური კლიმატური ცვლილებებით და აქედან გამომდინარე, გარემო პირობების ტემპერატურულ ცვლილებებზე ფიტოცენოზების საპასუხო რეაქციების თავისებურებების დეტალური კვლევის აუცილებლობით. ამ მიზნით წინამდებარე ნაშრომში გამოკვლეული იქნა მაღალი ტემპერატურის პირობებში მზარდი, დასხივებული მცენარეების დაცვითი მექანიზმების ეფექტები. ნაჩვენებია, რომ დასხივებული მცენარეები ხასიათდებიან ნიადაგის წყლის რესურსების ეკონომიური მოხმარებით; თუმცა ექსტრემალური ტემპერატურული ზემოქმედებისას ტრანსპირაციის დონის შემცირება მცენარეული ორგანიზმის ზედაპირის ეფექტური დაცვის საშუალებას არ იძლევა და ფიტოცენოზების ცალკეული კომპონენტების დეგრადაციას იწვევს. ნაშრომში აგრეთვე განხილულია სხვადასხვა ტიპის ფიტოცენოზების მდგრადობის პარამეტრების ცვლილებების საკითხი და ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში სუბცესიური პროცესების პროგნოზირების შესაძლებლობები.

UDC 574(075.8)+57(075.8)

**Stability Parameters of Phytocenosis under Extreme Radiation and Temperature** /M. Gogebashvili, N. Ivanishvili, E. Salukvadze./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.290-293 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.

The well-known disasters at Chernobyl and Fukushima nuclear stations revealed serious problems in forecasting the consequences of technogenic impacts on various biogeocenoses. At the same time, even the existing forecasting models need constant updating in the conditions of changing radiation effects. In the last years, extreme temperature has most often been identified as a modifying factor. This is caused by global climatic changes and the need to closely examine the response of the phytocenotic habitat to temperature changes. Pursuing this goal, we studied defensive effects of an increasing number of radiated plants under high temperature conditions. The research revealed economical ground water consumption by radiated plants. However, the reduced transpiration rate at extreme temperatures does not provide effective surface protection in plant population and causes degradation of individual phytocenotic components. The article also discusses changes in stability parameters in various types of phytocenosis and examines long-term forecast opportunities for successive processes.

УДК 574(075.8)+57(075.8)

**Параметры устойчивости фитоценозов при экстремальном режиме радиационного и температурного воздействия.** /Гогებაшвили М.Э., Иванишвили Н.И., Салуквадзе Е.Д./Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с. 290-293-Груз., Рез. Груз., Англ., Рус

События последних десятилетий, аварии на атомных станциях Чернобыль и Фукусима, показали серьезные проблемы в прогнозировании последствий техногенных аварий на различные биogeоценозы. Вместе с тем даже существующие модели для прогнозирования требуют постоянной модификации в связи с изменениями условий реализации радиационных эффектов. К таким модифицирующим факторам, в последнее время, все чаще относят экстремальный температурный режим. Это связано, прежде всего, с глобальными климатическими изменениями и в связи с этим необходимостью детального изучения особенностей ответных реакций фитоценозов на температурные изменения внешней среды. С этой целью в работе были исследованы эффекты, связанные с защитными механизмами облученных растений произрастающие в условиях повышенной температуры. Показано, что при облучении растительные организмы отличаются более экономным расходом водных ресурсов почвы. Однако при экстремальных температурных воздействиях снижение транспирационного уровня не позволяет эффективно защищать поверхность растительного организма и приводит к деградации отдельных компонентов фитоценозов. В работе также рассматривается вопрос изменений параметров устойчивости различных типов фитоценозов, и возможности прогнозирования сукцессионных процессов на длительный период времени.

უა. 551.58

## სამხრეთ საქართველოს ტყის რესურსები

კაიშაური მ.

თელავის იაკობ გოგებაშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თელავი

თანამედროვეობის ერთ-ერთ უმთავრეს პრობლემას არსებული ბუნებრივი რესურსების და, განსაკუთრებით, მცენარეული საფარის მაქსიმალური შენარჩუნება და მისი შემადგენლობის ზრდა-განვითარება წარმოადგენს, ვინაიდან მწვანე საფარის დაცვა და სახეობრივი შემადგენლობის ხარისხობრივი გაუმჯობესება ყოველი ცოცხალი ორგანიზმის, მათ შორის ადამიანის არსებობას განაპირობებს.

ცხადია, რომ საზოგადოების ინტერესებიდან გამომდინარე, მცენარეული საფარის მოვლა და მომავალი თაობებისათვის შენარჩუნება და გადაცემა – რეგიონების მდგრადი ეკონომიკური განვითარების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი გზაა. საქართველოს უნიკალური და მრავალფეროვანი ბუნების უმთავრეს კომპონენტს ტყეები წარმოადგენს, რომელთა რეკრეაციული დატვირთვა კლიმატის ცვლილების პროცესში სულ უფრო და უფრო მეტ მნიშვნელობას იძენს. მითუმეტეს, რომ ტყე არის გეოგრაფიული ლანდშაფტის ნაწილი, იმ ხეების, ბუჩქებისა და ბალახების, აგრეთვე, ცხოველებისა და მიკროორგანიზმების ერთობლიობა, რომლებიც თავიანთი განვითარების პროცესში ურთიერთდაკავშირებულნი არიან ბიოლოგიურად და ახდენენ ზეგავლენას როგორც ერთმანეთზე, ასევე გარემოზე. ტყე განსაზღვრავს ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის ბალანსის დონეს.

ტყე ბუნებრივი გარემოს გლობალური ეკოლოგიური მნიშვნელობის უმთავრესი ელემენტია. მას განსაკუთრებული ადგილი უკავია ბიოსფეროს სტაბილურობის რეგულირებაში, აგრეთვე სახელმწიფოსა და მისი მოსახლეობის კეთილდღეობის უზრუნველყოფის საქმეში [4].

დიდია ტყის გარემოსდაცვითი, კლიმატმარეგულირებელი, ნიადაგდაცვითი, წყალშემნახავი, სანიტარულ-ჰიგიენური, კურორტოლოგიური და რეკრეაციული მნიშვნელობა, განსაკუთრებით მაშინ, როცა გარემოს დამცველი ორგანიზაციები დღეისათვის დედამიწაზე გამოყოფენ ბიოლოგიური მრავალფეროვნების 25 “ცხელ წერტილს”, მათ შორის ერთ-ერთი კავკასიაა, კერძოდ, კი, საქართველო. ამასთან, კავკასია, და, მათ შორის საქართველო, მოიხსენიება იმ 200 გლობალურ ეკორეგიონს შორის, რომელიც ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის მიერაა გამოყოფილი, ისეთ კრიტერიუმებზე დაყრდნობით, როგორცაა: სახეობრივი მრავალფეროვნება, ენდემიზმის დონე, ტაქსონომიური უნიკალურობა, ევოლუციური პროცესები, ფლორისა და ფაუნის ისტორიული განვითარების თავისებურებანი, მცენარეული ტიპების მრავალფეროვნება და ბიომების იშვიათობა გლობალურ დონეზე.

აღნიშნულიდან გამომდინარე ქართული ტყე განსაკუთრებული ფენომენია და მისი დაცვისა და მდგრადი გამოყენების საკითხს უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება.

საქართველოს ტყეების უნიკალურობა თუნდაც იმ გარემოებითაა გამოწვეული, რომ ტყეში ველურად იზრდება 400-მდე სხვადასხვა სახეობის ხე და ბუჩქი, გაერთიანებული 123 ბოტანიკურ გვარსა და ოჯახში. აგრეთვე აღწერილია ამ სახობათა 182 ფორმა და 91 ვარიაცია, მათ შორის: ხეების 153 სახეობა, ბუჩქების 202 და ლიანების 11 სახეობა.

ქართულ ტყეში დენდროფლორის დიდი მრავალფეროვნების მაჩვენებელია ენდემურ მერქნიან მცენარეთა სიმრავლე, მათ შორის საქართველოს ენდემია 61 სახეობა, კავკასიის–43. ტყეების ბიომრავალფეროვნებაზე, ტყის ეკოსისტემათა ნაირგვარობასა და რთულ სტრუქტურაზე მიუთითებს როგორც წმინდა, ისე შერეული კორომების არსებობა [2].

მიუხედავად იმისა, რომ საქართველოს ტყეებში მრავალი სხვადასხვა სახეობის ხე და ბუჩქი იზრდება, ისინი, ძირითადად, ფიჭვის, ნაძვის, სოჭის, წიფლის, რცხილის, მუხის, აკაციის, წაბლის, თხმელის, ვერხვის და სხვა აბორიგენი მერქნიანი მცენარეების სხვადასხვა სახეობის კორომებით არიან წარმოდგენილნი და მათ მიერ შექმნილი კორომები როგორც კლიმატმარეგულირებელი, ასევე ესთეტიკური მნიშვნელობით განსხვავებულ ცენოზებს ქმნიან.

ტყე წარმოადგენს გეოგრაფიული ლანდშაფტის უმნიშვნელოვანეს ნაწილს, რომლის სახეობრივი შემადგენლობის ჩამოყალიბებაზე უდიდესი გავლენა აქვს ქვეყნის კლიმატს და, თავის მხრივ, ტყეც მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს კლიმატის რეგულაციაზე; იგი არის ბუნებრივად განახლებადი კომპონენტების (მცენარეული საფარი, ცხოველთა სამყარო და სხვ.) ერთობლიობა და, გარდა ბუნებრივი რესურსების მოპოვების საშუალებისა, განხილული უნდა იქნას როგორც

საკურორტო, რეკრეაციული და ტურისტული ინფრასტრუქტურის განვითარების ხელშეწყობის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფენომენი. ეს კი ნათელს ხდის, რომ აუცილებელია თანდათანობით გადაწყდეს ისეთი მნიშვნელოვანი ამოცანა, როგორცაა ბიომრავალფეროვნების პოტენციალის გამოკვლევა და აღრიცხვა.

ისტორიულ დროში მსოფლიოში ტყით დაკავებული ფართობი 65%-ით შემცირდა [3].

საქართველოს ტყეები ზრდა-განვითარების გარემო პირობებისა და გეოგრაფიული განლაგების დიდი ნაირგვარობით გამოირჩევიან და მრავალფეროვან ბიოცენოზებს ქმნიან, რისი მთავარი მიზეზია ქვეყნის ბუნებრივად ჩამოყალიბებული ზედაპირის ფორმა(რელიეფი). ყველაზე რთული ბუნებრივი კომპლექსების ფორმირება მთიანი რელიეფის პირობებში ხდება, კერძოდ, მთები, მთაგრეხილები, ქედები, დაბლობები, ტერასები, ზეგნები და სხვ. იმ ფონს ქმნიან, სადაც ტყის ცხოვრება მიმდინარეობს, მაგალითად, ფერდობის მიმართულება (ექსპოზიცია), მისი დაქანების სიმკვეთრე, სიმაღლე ზღვის დონიდან და ა.შ., ანუ მთლიანობაში ოროგრაფია განსაზღვრავს ტყე-მცენარეულობის უზრუნველყოფას სინათლით, სითბოთი, წყლით და სხვა სასიცოცხლო ნივთიერებებითა და ფაქტორებით [1].

საერთო მონაცემებით, საქართველო ტყის სიმდიდრით ევროპასა და აზიაში ერთ-ერთი მოწინავე ქვეყანაა და მისი ტერიტორიის, თითქმის, 40% ტყითაა დაფარული, თუმცა საქართველოს რიგ რეგიონებში ტყიანობის პროცენტი საკმაოდ დაბალია; საკვლევ რეგიონში, მაგალითად, ბორჯომის რაიონის ტერიტორიის ტყიანობა 56,3%, ბოლნისის—48,5%, მაგრამ ნინოწმინდის, წალკის და სხვ. რაიონებში, ტერიტორიის ტყიანობა 5%-ს არ აღემატება. [1].

სამხრეთ საქართველო მდიდარია კურორტებით, რომელთა უმეტესობა ტყით დაფარულ ადგილებში მდებარეობს (ბორჯომი, აბასთუმანი, წაღვერი, ლიბანი, ბაკურიანი და სხვ.). ამდენად, მათი სამკურნალო-გამაჯანსაღებელი თვისებები ბევრადაა დამოკიდებული ამ ტყეებზე. ტყის კურორტოლოგიური მნიშვნელობა, პირველ რიგში, ვლინდება ჰავის ელემენტების რეგულირებაში.

საკვლევ რეგიონში სოჭისა და ნაძვის წმინდა თუ შერეული ტყე, ძირითადად, გავრცელებულია მესხეთში, ფიჭვის მეტ-ნაკლებად ნორმალური კორომები, უმთავრესად, გვხვდება ბორჯომის ხეობაში, მესხეთში, მანგლისში, ალგეთში. მესხეთ-ჯავახეთის ტყეებში, წიწვოვანებიდან, შედარებით დიდი რაოდენობით გავრცელებულია ნაძვი, ფიჭვი და სოჭი, ქვემო ქართლში, კი, ძირითადად, ფიჭვი გვხვდება. მაგარმერქნიანი ფოთლოვანი მცენარეებიდან აღსანიშნავია წიფელი, მუხა.

საქართველოს ბუნებრივი რესურსების სააგენტოს ხელთ არსებულ მასალებზე დაყრდნობით (ტყის ფონდის ერთიანი აღრიცხვის მაჩვენებლები) 2003 წლის 1 იანვრის მდგომარეობით, საკვლევ რეგიონის ტყეების ფონდების ხელოვნური ცვლილებების (ტყის გაჩეხვა) შედეგები, საკმაოდ, შესამჩნევ სიდიდეებს იძლევა.

ცხრილებში №(1-2) მოცემულია სამხრეთ საქართველოს სატყეო ფონდების სივრცობრივი ტრანსფორმაცია.

2013 წლის 1 იანვრის მდგომარეობით საქართველოს სახელმწიფო ტყის ფონდის საერთო ფართობი შეადგენს 2634343 ჰა-ს, აქედან დაცული ტერიტორიების ფართობია მხოლოდ 19% ანუ 495580 ჰა, საქართველოს ენერგეტიკისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს სსიპ ბუნებრივი რესურსების სააგენტოს მართვას დაქვემდებარებული სახელმწიფო ტყის ფონდის ფართობია 76% ანუ 2001150 ჰა.

ამავე უწყების მონაცემებით, რომელიც აღებულია საქართველოს მთავრობის 2011 წლის 4 აგვისტოს №299 დადგენილების საფუძველზე, სამხრეთ საქართველოში, კერძოდ, მესხეთ-ჯავახეთში საქართველოს ენერგეტიკისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს სსიპ ბუნებრივი რესურსების სააგენტოს მართვას დაქვემდებარებული ტყის ფონდის ფართობი 2003 წლის მდგომარეობით შეადგენდა 141606ჰა-ს, ხოლო 20013 წლის მდგომარეობით შეადგენს 130122ჰა-ს; ქვემო ქართლში 2003 წლის მდგომარეობით ტყის ფონდის ფართობი შეადგენდა 156789ჰა-ს, ხოლო 2013 წლის მდგომარეობით – 143232ჰა-ს; ე.ი. სააგენტოს მართვას დაქვემდებარებულმა ტყის ფონდმა, სამხრეთ საქართველოში, მოიკლო 25041ჰა-ით, რაც განპირობებული იყო სახელმწიფო საჭიროებისათვის და დაცული ტერიტორიების გაფართოებისათვის სააგენტოს მართვას დაქვემდებარებული ტყის ფონდიდან ფართობების გადაცემით.

**ცხრილი 1. მესხეთ-ჯავახეთის ტყის ფონდი**

| სატყეო უბანი         | მუნიციპალიტეტი | ტყის ფონდის ფართობი, ჰა | მ.შ. საკურორტო და მწვანე ზონა | დანიშნულება | ტყეების ფართობი, ჰა | მერქნის მარაგი, მ³/ჰა | ტყის ფონდის ცვლა 2003-2011წწ, ჰა |
|----------------------|----------------|-------------------------|-------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------|
| ადიგენი              | ადიგენი        | 37999                   | 2040                          | საკურორტო   | 27909               | 6922,0                | 31156-37999                      |
| ახალციხე             | ახალციხე       | 32223                   | 2888                          | მწვანე ზონა | 27854               | 4431,5                | 32168-32223                      |
| ბორჯომ-ბაკურიანი     | ბორჯომი        | 44330                   | 34156                         | საკურორტო   | 51704               | 13880,0               | 54244-44330                      |
| ასპინძა-ახალქალაქი   | ასპინძა        | 15252                   | 99                            | საკურორტო   | 13064               | 1920,9                | 14859-15252                      |
|                      | ახალქალაქი     | 3520                    | ---                           | ---         | 7297                | 493,3                 | 9179-3520                        |
|                      | ნინოწმინდა     | 1022                    | ---                           | ---         | -                   | -                     | 1022                             |
| სულ მესხეთ-ჯავახეთში |                | 134346                  | 39183                         |             | 127828              | 27647,7               | 141606-134346                    |

**ცხრილი 2. ქვემო ქართლის ტყის ფონდი**

| სატყეო უბანი       | რაიონი     | ტყის ფონდის ფართობი, ჰა | მ.შ. საკურორტო და მწვანე ზონა | დანიშნულება | ტყეების ფართობი, ჰა | მერქნის მარაგი, მ³/ჰა | ტყის ფონდის ცვლა 2003-2011წწ, ჰა |
|--------------------|------------|-------------------------|-------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------|
| ბოლნისი            | ბოლნისი    | 46970                   | 25418                         | მწვანე ზონა | 40036               | 5274,8                | 43426-46970                      |
| ღმანისი            | ღმანისი    | 22680                   | ---                           | ---         | 24179               | 3069,5                | 25161-22680                      |
| წალკა-თეთრიწყარო   | წალკა      | 7491                    | ---                           | ---         | ---                 | ---                   | 6902-7491                        |
|                    | თეთრიწყარო | 46961                   | 33033                         | მწვანე ზონა | 44781               | 4804,2                | 47638-46961                      |
| გარდაბანი-მარნეული | გარდაბანი  | 4673                    | 19199                         | მწვანე ზონა | 15466               | 1288,4                | 19199-4673                       |
|                    | მარნეული   | 13876                   | 9526                          | მწვანე ზონა | 12609               | 1649,9                | 13804-13876                      |
| სულ ქვემო ქართლში  |            | 142651                  | 87176                         |             | 137071              | 16086,8               | 156130(156789)-142651            |

საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტროს სსიპ დაცული ტერიტორიების სააგენტოს მიერ მოწოდებული მასალების საფუძველზე, სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში დაცული ტერიტორიების ფართობი 2003 წლის მდგომარეობით შეადგენდა 71700ჰა-ს, ხოლო 2012 წლის 1 იანვრის მდგომარეობით შეადგინა 97826ჰა. ქვემო ქართლში დაცული ტერიტორიების ფართობი 2003 წლის მდგომარეობით შეადგენდა 10306ჰა-ს და 2012 წლის მდგომარეობით შეადგინა 13564ჰა. ანუ მთლიანად, სამხრეთ საქართველოში დაცული ტერიტორიების ფართობმა მოიმატა 2012 წლისათვის 29384ჰა-ით, რაც განპირობებული იყო დაცული ტერიტორიების სამოქმედო ტერიტორიების გაფართოებით.

უნდა აღინიშნოს, რომ 2003-2011 წლებში, საკვლევ რეგიონში წარმოდგენილ დაცულ ტერიტორიებზე ადგილობრივი მოსახლეობის სოციალური მოთხოვნილებებისათვის დამზადებული და გაცემული იქნა შემდეგი რაოდენობის ხე-ტყე: სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის ტერიტორიიდან გაიცა



43468მ<sup>3</sup> ხე-ტყე; ქვემო ქართლის რეგიონის დაცული ტერიტორიებიდან სულ გაიცა 13570მ<sup>3</sup> ხე-ტყე, ჯამში, სულ სამხრეთ საქართველოს დაცული ტერიტორიებიდან, 2003-2011 წლებში გაიცა 57038მ<sup>3</sup> მერქნითი რესურსები.

ყოველივე ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, სახელმწიფო ტყის ფონდის ფართობმა, სამხრეთ საქართველოში, მოიმატა 4343 ჰა-ით.

სამხრეთ საქართველოში სსიპ ბუნებრივი რესურსების სააგენტოს მართვას დაქვემდებარებულ ტყის ფონდში 2003 წლის მდგომარეობით მწვანე ზონის და საკურორტო ზონის ტყეების, რომლებიც ამჟამინდელი მდგომარეობით წარმოადგენენ განსაკუთრებული ფუნქციური დანიშნულების უბნებს, ფართობი შეადგენდა 127018 ჰა-ს, ანუ სააგენტოს მართვას დაქვემდებარებული ტყის ფონდის ფართობის (299395 ჰა) 42%-ს და 2010 წლის შემდგომ უნდა დამტკიცებულიყო აღნიშნული ტყეების ნუსხა, რაც დღემდე არ არის განხორციელებული.

**ცხრილი 3. 2006-2010 წლებში დამზადებული ხე-ტყე, მ<sup>3</sup>**

| წლები | მესხეთ-ჯავახეთი |           | ქვემო ქართლი |          |
|-------|-----------------|-----------|--------------|----------|
|       | მასალა          | შეშა      | მასალა       | შეშა     |
| 2006  | 7846,44         | 77439,77  | 27,6         | 43806,7  |
| 2007  | 9256,65         | 97324,84  | 198,77       | 87957,17 |
| 2008  | 23508,29        | 96229,97  | 36,5         | 81757,22 |
| 2009  | 7142,74         | 91555,8   | 30           | 90079,85 |
| 2010  | 8363,03         | 86009,56  | 30           | 89666,16 |
| სულ   | 56117,15        | 448559,94 | 322,87       | 393267,1 |

როგორც ცხრ.3-დან ჩანს, 2006-2010 წლებში მესხეთ-ჯავახეთში დამზადდა 100935,4მ<sup>3</sup> ხე-ტყე, ქვემო ქართლში – 78717,99მ<sup>3</sup>, მთლიანად სამხრეთ საქართველოში, კი, 2006-2010 წლებში მოპოვებული იყო 179653,39მ<sup>3</sup> ხე-ტყე.

სამხრეთ საქართველოში, საშუალოდ, ყოველწლიურად, კანონიერად იჭრება 185190 მ<sup>3</sup> ხე-ტყე, მათ შორის, სამცხე-ჯავახეთში 104965 მ<sup>3</sup>, ხოლო ქვემო ქართლში – 80225 მ<sup>3</sup>.

გარდა ამისა, დაცულ ტერიტორიაზე, საშუალოდ, ერთ წელიწადში, სამხრეთ საქართველოში, იჭრება 6337,5მ<sup>3</sup> ხე-ტყე, აქედან მესხეთ-ჯავახეთში – 4829,7მ<sup>3</sup>, ქვემო ქართლში – 1507,8მ<sup>3</sup>.

აღსანიშნავია, რომ 2003-2011 წლებში სამცხე-ჯავახეთსა და ქვემო ქართლის რეგიონებში ჩატარებული იქნა მთელი რიგი ღონისძიებები ტყის კულტურების აღდგენა-გაშენების კუთხით, კერძოდ, მესხეთ-ჯავახეთში გაშენებულ იქნა 18,5 ჰა ფართობი, ხოლო ქვემო ქართლში – 74,5 ჰა, ანუ მთლიანად სამხრეთ საქართველოში 2003-2011 წლებში ტყის აღდგენა განხორციელდა 93 ჰა ფართობზე.

სამწუხაროდ, განუვითარებელია საგზაო ინფრასტრუქტურა, რაც იწვევს ხე-ტყის დამზადებას სატრანსპორტო საშუალებებისათვის მისადგომ უბნებში და ბუნებრივია ინტენსიური ესპლუატაციას ექვემდებარება მისადგომი უბნები.

ყოველივე აღნიშნულის გათვალისწინებით მიზანშეწონილად მიგვაჩნია:

1. განხორციელდეს ტყეების ინვენტარიზაცია, რათა შესაძლებელი იყოს განსაზღვრა მოსაპოვებელი რესურსის რა მოცულობაა დარჩენილი და შესაძლოა თუ არა ხე-ტყის ინტენსიური დამზადების გაგრძელება;
2. გამოვლენილი იქნას ტყის აღდგენას დაქვემდებარებული ტერიტორიები და დაწყებული იქნას ტყის აღდგენითი სამუშაოები;
3. ჭრაგავლილ უბნებში განხორციელდეს ბუნებრივი განახლების ხელშეწყობის ღონისძიებები და მკვეთრად შეიზღუდოს ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედება (მათ შორის, თიბვა, ძოვება, და სხვ.);
4. მოძიებული იქნას ალტერნატიული სათბობი რესურსი;
5. გამოვლენილი იყოს ტერიტორიები, სადაც შესაძლებელი იქნება ენერგეტიკული პლანტაციების გაშენება.

**ლიტერატურა—REFERENCES—ЛИТЕРАТУРА**

1. გიგაური გ. საქართველოს ტყის ბიომრავალფეროვნება. თბ., 2000;
2. გიგაური გ. საქართველოს ტყეები. თბ., 2004;
3. მიქაძე ი. ეკოლოგია. თბ., 2005;
4. საქართველოს ტყის კოდექსი.

უაკ. 551.58

**სამხრეთ საქართველოს ტყის რესურსები**/კაიშაური მ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.294-298-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

სტატიაში განხილულია სამხრეთ საქართველოს, კერძოდ, მესხეთ-ჯავახეთისა და ქვემო ქართლის რეგიონების ტყის ფონდის რესურსული პოტენციალი, განსაზღვრულია მისი შეფასება და ანთროპოგენური დატვირთვები, მოცემულია რეკომენდაციები.

UDC 551.58

**FOREST RESOURCES OF SOUTH GEORGIA.**/Kaishauri M./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp. 294-298 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ

This article is considered the potential of Resources of Forest of South Georgia, in particular, regions of Meskhet-Javakheti and Kvemo Kartli, its evaluation and anthropogenic loads are determined, the recommendations are described.

УДК 551.58

**ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ ЮЖНОЙ ГРУЗИИ.**/Кайшаури М.Н./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.294-298 -Груз., Рез. Груз., Англ., Рус.

В статье рассмотрены потенциал фонда лесных ресурсов Южной Грузии, в частности, регионы Месхет-Джавахеги и Квемо Каргли, определены их оценка и антропогенные нагрузки, представлены рекомендации.

უაკ 51.001.57 : 502.7

**კავკასიის რეგიონის შესაძლო ღაბინაშურების რიცხვითი მოდელირება  
სომხეთის ატომური ელემენტროსაღბურიდან <sup>131</sup>I ჰიკოთეშური  
ამოფრქვევის შემთხვევაში**

ა.სურმავა\*, ღ.ინწკირველი\*, ნ.გიგაური\*\*, ს.გიორგაძე\*\*\*, გ.კვინიკაძე\*\*\*, ა.მელია\*\*\*

\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი.

\*\* ივჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი.

\*\*\* გ. კომაროვის თბილისის ფიზიკა-მათემატიკის №199 საჯარო სკოლა.

*(სტატია შესრულებულია სსიპ შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდის სახელმწიფო სამეცნიერო საგრანტო კონკურსის „კვლევები მოსწავლეთა მონაწილეობით“ PR/7/9-270/12 პროექტის ფარგლებში)*

სომხეთის ატომური ელემენტრო საღბური (საეს) წარმოადგენს ეკოლოგიურად მეტად სახიფათო ობიექტს. ის მდებარეობს სეისმურად საშიშ 9 ბალიან ზონაში და მასში დამონტაჟებულია საბჭოთა კავშირში შექმნილი ჩერნობილის ტიპის ბირთვული რეაქტორი (ББЭР-210). შესაბამისად, მაღალია ავარიისა და რადიოაქტიური ნივთიერების გაჟონვის ალბათობა. ადამიანების უსაფრთხოების თვალსაზრისით მიზანშეწონილია წინასწარ განისაზღვროს აეს-ის ავარიის შემთხვევებში რადიოაქტიური დრუბლის შესაძლო გავრცელების ტრეაქტორია და დაღეკვის ზონები სხვადასხვა მეტეოროლოგიურ სიტუაციებში.

წარმოდგენილ ნაშრომში კავკასიაში ატმოსფერული პროცესების განვითარების რეგიონალური მოდელის [1] გამოყენებით და რადიოაქტიური ნივთიერების გადატანა-დიფუზიის განტოლების (1) რიცხვითი ინტეგრირებით რიცხობრივად მოდელირებული და გამოკვლეულია საეს-დან ავარიულად ამოფრქვეული 10 მკმ რადიოაქტიური <sup>131</sup>I აეროზოლის შესაძლო გავრცელებისა და დაღეკვის ზონები.

განტოლება, რომელიც აღწერს რადიოაქტიური ნივთიერების გადატანა-დიფუზიას, ჩაიწერება შემდეგი სახით [2]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + (\tilde{w} - \frac{W_{sed}}{h}) \frac{\partial C}{\partial z} = \mu \Delta C + \frac{\partial}{\partial z} v \frac{\partial C}{\partial z} - \alpha C \quad (1)$$

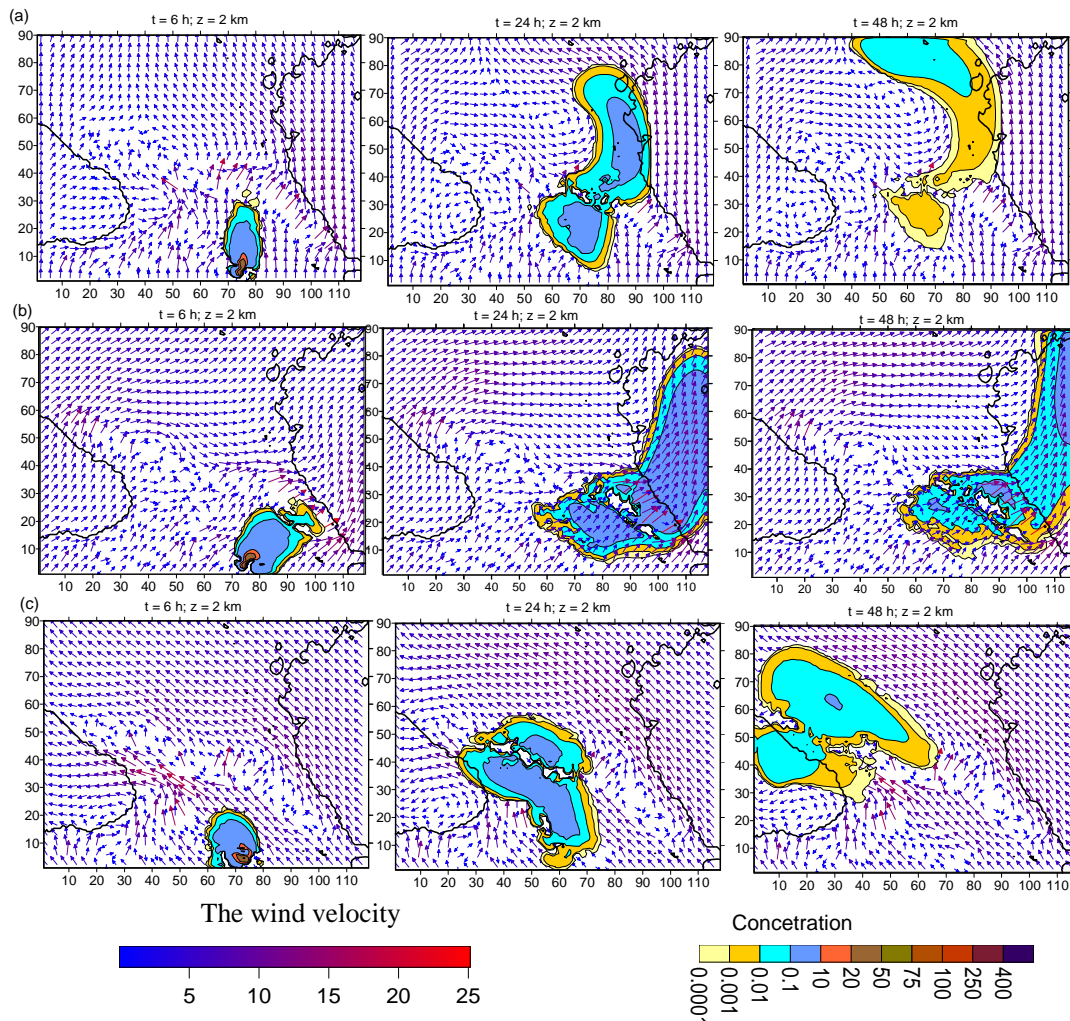
სადაც  $t$  დროა;  $x, y$  და  $z$  აღმოსავლეთით, ჩრდილოეთით და ვერტიკალურად ზევით მიმართული დეკარტეს კოორდინატა ღერძებია;  $C$  - <sup>131</sup>I კონცენტრაციაა;  $\zeta = (z - \delta) / h$  განუზომადი ვერტიკალური კოორდინატაა;  $\delta = \delta(x, y)$  რელიეფის სიმაღლეა;  $h = H - \delta$ ;  $H(t, x, y)$  ტროპოპაუზის სიმაღლეა;  $u, v$  და  $\tilde{w}$  ქარის სიჩქარის მდგენელებია  $x, y$  და  $\zeta$  ღერძების გასწვრივ;  $W_{sed}$  და  $\alpha$  <sup>131</sup>I-ის დაღეკვის და დაშლის სიჩქარეებია;  $\mu$  და  $V$  ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის კოეფიციენტია;  $u, v, \tilde{w}, \mu$  და  $V$  დროის ყოველი მომენტისათვის გამოითვლებიან [1] მოდელის საშუალებით.

განტოლება (1)-ის რიცხვითი ინტეგრირება განხორციელდა კრანკლ-ნიკოლსონის სქემითა და გახღების მეთოდის გამოყენებით [3], 10 კმ -ის ტოლი ჰორიზონტალური და 1/17 - ის ტოლი ვერტიკალური ბიჯებით.

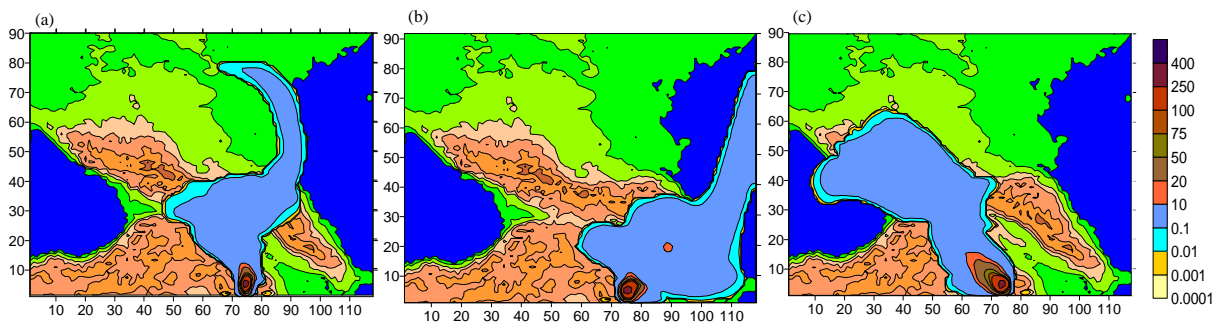
გამოთვლები ჩატარდა 48 სთ ფიზიკური დროის ინტერვალისათვის. მოდელირებული იქნა <sup>131</sup>I აეროზოლის გავრცელება იმ ჰიპოთეტურ შემთხვევაში, როდესაც 6 სთ-ის განმავლობაში ის უწყვეტად ამოფრქვევა საეს-დან ატმოსფეროს 10კმ×10კმ×2,52 კმ მოცულობის არეში. ინგრედიენტის კონცენტრაცია ამოფრქვეულ ჭავღში 100 პირობით ერთეულის (პ. ე.) ტოლია.

მოდელირების ზოგიერთი შედეგი ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე. განხილულია სამი შესაძლო მეტეოროლოგიური სიტუაცია, როდესაც ქრის სამხრეთის (ა), სამხრეთ-დასავლეთის (ბ) და სამხრეთ-აღმოსავლეთის (ც) ფონური ქარები. ნახ. 1-დან ჩანს, რომ რადიაციული დრუბელი საქართველოს საზღვარს აღწევს პირველი 6 საათის განმავლობაში. 24 საათისათვის ის იმყოფება როგორც სამხრეთ კავკასიის, ასევე ჩრდილოეთ კავკასიის ტერიტორიაზე. 24 საათის შემდეგ რადიაციური დრუბელი თანდათანობით ტოვებს სამხრეთ კავკასიას, გადაეღება მთავარ კავკასიონის ქედს და 48 საათი-

სათვის მისი ძირითადი მასა განაწილება ჩრდილოეთ კავკასიის თავზე. ამ დროისათვის  $z=2$ კმ სიმაღლეზე  $^{131}\text{I}$  ის კონცენტრაცია მცირდება დაახლოებით 10-ჯერ.



ნახ. 1. ქარის სიჩქარისა (მ/წმ) და  $^{131}\text{I}$  კონცენტრაციის (პ. ე) განაწილება, როცა  $t = 6, 24$  და  $48$  სთ-ს  $z=2$ კმ სიმაღლეზე ფონური სამხრეთის - (a), სამხრეთ-დასავლეთის - (b) და სამხრეთ-აღმოსავლეთის - (c) ქარების შემთხვევებში.



ნახ. 2. მიწის ზედაპირზე დალექილი  $^{131}\text{I}$  კონცენტრაციის (პ. ე) განაწილება როცა  $t = 48$  სთ სამხრეთის - (a), სამხრეთ-დასავლეთის - (b) და სამხრეთ-აღმოსავლეთის - (c) ქარების შემთხვევებში.

რადიოაქტიური ნივთიერება ძირითადად ილექება სამხრეთ კავკასიის ჩრდილო-დასავლეთ, ცენტრალურ და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილებში ფონური სამხრეთ-აღმოსავლეთის, სამხრეთის და სამხრეთ-დასავლეთის ქარების შემთხვევებში (ნახ. 2). დიდი რაოდენობით დალექვის ზონის სიგრძე დაახლოებით 750 კმ-ის ტოლია სამხრეთ აღმოსავლეთის ფონური ქარის დროს, და – 350 კმ-ის, სხვა შემთხვევებში. ამ ზონის სიგანე დაახლოებით 150 კმ-ს უდრის. მიღებულია, რომ როდესაც 10 მკმ ზომის აეროზოლის ამონაფრქვევის კონცენტრაცია ამონაფრქვევ ჭავლში 6 სთ-ის განმავლობაში 100 პ.ე./მ<sup>3</sup>-ის ტოლია, მაშინ დალექილი რადიოაქტიური ნივთიერების ზედაპირული სიმკვრივე მაქსიმალური დალექვის ზონაში მცირდება 360 პ.ე./მ<sup>2</sup>-დან 1 პ.ე./მ<sup>2</sup>-მდე.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Kordzadze A. A., Surmava A. A., demetrashvili D. L., and Kukhalashvili V. G. Numerical Investigation of the Influence of the Caucasus Relief on the Distribution of the Hydrometeorological Fields. 2007, Izvestia, Atmospheri and Oceanic Phys., vol. 43, No. 6, pp. 722-730.
2. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды.- М.: Наука, 1982, 316 с.
3. Марчук Г. И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. Л.: Гидрометеиздат. 1974, 302 с.

უაკ 51.001.57 :502.7

**კავკასიის რეგიონის შესაძლო ღაბინაშურების რიცხვითი მოდელირება სომხეთის ატომური ელემენტო-სადგურთან <sup>131</sup>I კიპოთეზური ამოფრქვევის შემთხვევაში/სურმავა ა. ინჟირველი ღ., გიგაური ნ., გიორგაძე ს., კვინიკაძე გ.მელია ა./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული -2013.-ტ.119.-გვ.299-302.-ქართ.; რეზ.:ქართ.,ინგლ.,რუს.**

კავკასიაში ატმოსფერული პროცესების განვითარების რეგიონალური რიცხვითი მოდელისა და მინარევის გავრცელების განტოლების გამოყენებით შესწავლილია სომხეთის ატომური ელემენტოსადგურიდან ატმოსფეროში კიპოთეზური შესაძლო ავარიის შედეგად ამოფრქვეული რადიოაქტიური ელემენტის <sup>131</sup>I-ის გავრცელება ფონური სამხრეთის, სამხრეთ-დასავლეთის და სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარების შემთხვევაში. გათვალისწინებულია რადიოაქტიური დაშლისა და აეროზოლის დალექვის პროცესები. განხილულია მხოლოდ 10 მკმ დიამეტრის რადიოაქტიური ნუკლიდის გავრცელება.

გამოთვლებით ნაჩვენებია, რომ დაახლოებით 48 საათია საჭირო იმისათვის, რომ რადიაციური ღრუბელი გადაეღოს სამხრეთ კავკასიას და გავრცელდეს ჩრდილოეთ კავკასიაში. რადიოაქტიური ნივთიერება ძირითადად ილექება სამხრეთ კავკასიის ჩრდილო-დასავლეთ, ცენტრალურ და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილებში ფონური სამხრეთ-აღმოსავლეთის, სამხრეთის და სამხრეთ-დასავლეთის ქარების შემთხვევებში, შესაბამისად. დიდი რაოდენობით დალექვის ზონის სიგრძე დაახლოებით 750 კმ-ის ტოლია სამხრეთ აღმოსავლეთის ფონური ქარის დროს, და – 350 კმ-ის სხვა შემთხვევებში. ამ ზონის სიგანე დაახლოებით 150 კმ-ს უდრის. მიღებულია, რომ როდესაც 10 მკმ ზომის აეროზოლის ამონაფრქვევის კონცენტრაცია ამონაფრქვევ ჭავლში 6 სთ-ის განმავლობაში 100 პ.ე./მ<sup>3</sup>-ის ტოლია, მაშინ დალექილი რადიოაქტიური ნივთიერების ზედაპირული სიმკვრივე მაქსიმალური დალექვის ზონაში მცირდება 360 დან 1 პ.ე./მ<sup>2</sup>-მდე.

UDC 51.001.57 :502.7

**NUMERICAL SIMULATION OF THE POSSIBLE POLLUTION OF THE CAUCASION REGION IN CASE OF THE HYPOTHETICAL/ Surmava A.,Intskirveli L.,Gigauri N.,Giorgadze S.,Kvinikadze G.,Melia A./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Tekhnical University. -2013. - т.119. – pp. 299-302. -Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.**

By means of regional model of development of atmospheric processes in the Caucasian Region and the equation of a substance transfer the spatial distributions of zones of radioactive deposition are investigated. In the model the radioactive decay and aerosols deposition processes are taken into account. The distribution of radioactive pollution is simulated in cases of the South, South West and South East background winds. The distribution of only one radionuclide aerosol <sup>131</sup>I with diameter 10 μm is considered.

Numerical simulation shows that the 48 hours are necessary for the radioactive cloud to overflow the South Caucasus and distribute over the territory of the North Caucasus. The radioactive pollution is falling out mainly in the central, southeast and northwest parts of the South Caucasus. The zone of the radioactive deposition is extended along the background wind and deformed by the influence of the relief. The maximum length of the zone of significant deposition of radioactive substance equals approximately 750 km in case of the background South East wind and 350 km in other cases. The maximum width of the zone approximately equals 150 km. It is obtained that the surface density of the deposited radioactive nuclide in the zone of significant radioactivity decreases from 360 a.u./m<sup>2</sup> down to 1 a.u./m<sup>2</sup> when the concentration of 10 μm aerosol <sup>131</sup>I in emission plume during 6 hours are equal to 100 a.u./m<sup>3</sup>.

УДК 51.001.57 :502.7

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА В СЛУЧАЕ ГИПОТЕТИЧЕСКОГО ВЫБРОСА  $^{131}\text{I}$  НА АРМЯНСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ/Сурмава**

А.А.Инцкирвели Л.Н.Гигаური Н.Г.გიორგაძე С.С. Квиникадзе Г.Т. Мелиа А.О./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. –2013. – т.119. – с. 299-302 – Груз. ; Рез. Груз., Англ.,Рус.

С помощью региональной модели развития атмосферных процессов в Кавказском регионе и уравнения переноса примеси исследовано пространственное распределение радиоактивного загрязнения ( $^{131}\text{I}$ ) в атмосфере в случае возможной гипотетической аварии на Армянской атомной электростанции. В модели учтены процессы радиоактивного распада и осаждения на подстилающую поверхность. Распространение радиоактивного загрязнения смоделировано для случаев южного, юго-западного и юго-восточного ветров и радиоактивного аэрозоля с диаметром 10 мкм.

Получено, что радиоактивному облаку необходимо приблизительно 48 часов для перетекания через Южный Кавказ. Основная часть радиоактивного загрязнения выпадает над центральной, северо-западной и юго-восточной частями Южного кавказа. Зоны радиоактивного осаждения вытянуты вдоль фоновых ветров и частично деформированы под влиянием рельефа территории. Максимальная длина зоны значительного выпадения радиоактивного вещества приблизительно равна 750 км в случае фонового юго-восточного ветра и - 350 км для других направлений фоновых ветров. Получено, что когда в течение первых 6 часов концентрация частиц с диаметром 10 мкм равна 100 п.е./м<sup>3</sup> (произвольная единица/м<sup>3</sup>), тогда поверхностная плотность выпавшего радиоактивного вещества в зоне максимального загрязнения уменьшается от максимального значения 360 п. е./м<sup>2</sup> до 1 п. е./м<sup>2</sup>.

უაკ. 551.551.1, 551.575-6

## ეკოლოგიურად აქტუალური ზოგიერთი მეზომეტეოროლოგიური პროცესის რიცხვითი მოდელირება

გელაძე გ., ბეგალიშვილი ნ., ბეგალიშვილი ნ. ნ.  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

**შესავალი.** სულ უფრო იზრდება რიცხვითი მოდელირების როლი ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესების შესწავლის დარგში. თანაც კვლევათა ფრონტი ვითარდება ყველა მიმართულებით. ამ მიმართულებებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავთ მეზომეტეოროლოგიურ პროცესებს. ამჟამად შექმნილია რიგი ცალკეული მეზომეტეოროლოგიის რიცხვითი მოდელისა ( ატმოსფეროს მეზომეტეოროლოგიური სასახლო ფენა – **ამსფ.** ღრუბლები, სხვადასხვა სახის ნისლი, აერო-ზოლის ტურბულენტური დიფუზია და ა.შ. ). მაგრამ განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს ისეთი რიცხვითი მოდელის შექმნა, რომლებიც შეისწავლიან ამ პროცესებს ერთიან კომპლექსში, მათ შორის არსებული რთული ურთიერთკავშირების გათვალისწინებით.

გარდა ამისა, 21-ე საუკუნეში ყოველგვარი გადაჭარბების გარეშე შეიძლება ითქვას, რომ ნომერ პირველი არის ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნების პრობლემა, რაც გამოწვეულია ყველასათვის კარგად ცნობილი გარემოს ძალიან ინტენსიური დაბინძურებით, გლობალური დათბობით და ა. შ.

აქედან გამომდინარე ვფიქრობთ, რომ მეტად საშური საქმეა **ამსფ**-ის თერმოჰიდროდინამიკის ფონზე შესწავლილ იქნას ღრუბელ- და ნისლფორმირება (სწორედ ამ მეტეოროლოგიურ ობიექტებში ხდება მავნე ნივთიერებების აკუმულირება, სხვადასხვა სახის “სმოგების” წარმოქმნა) რიცხვითი მოდელირების მეთოდების საშუალებით.

ასევე აღსანიშნავია, რომ თემა არის ნამდვილად, ”ქართული”, გამომდინარე მეზომეტეოროლოგიური პროცესების მასშტაბებისა და ჩვენი ქვეყნის ფიზიკო-გეოგრაფიული პირობებიდან.

თემის აქტუალურობა განპირობებულია აგრეთვე ისეთი მეტად მნიშვნელოვანი დარგებით, როგორცაა ამინდის ლოკალური პროგნოზი, საავიაციო-, აგრო- და საზღვაო მეტეოროლოგია, სამშენებლო მექანიკა, ქარის ენერგეტიკა და ა. შ.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ სწორედ ნისლი და ღრუბლები არიან პასუხისმგებელი დედამიწის რადიაციულ და წყლის ბალანსზე; მათი სახით მომავლისათვის გვაქვს მტკნარი წყლის უსასრულო მარაგი; ასევე დიდია მათი როლი ჩვენი პლანეტის ელექტრომაგნიტური რეჟიმის ჩამოყალიბებაში; გასახსენებელია ის ფაქტიც, რომ ამ პროცესებზე რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში ჩვენს რესპუბლიკაში ხორციელდებოდა აქტიური ზემოქმედება [1, 2] (ამ სამუშაოებში უშუალოდ და საკმად წარმატებულად მონაწილეობდა ჩვენი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტიც).

ჩვენი **კვლევის ობიექტს** წარმოადგენს **ამსფ.** ფენა, რომელშიც ვლინდება ქვეფენილის არაერთგვაროვნება (ტემპერატურული, რელიეფური, “წყლიანური”, ანტროპოლოგიური და ა. შ.). მისი ჰორიზონტალური ზომებია 100 – 200 კმ, ვერტიკალური კი 2 კმ. ძირითად აქცენტს ვაკეთებთ **ამსფ**-ის თერმოჰიდროდინამიკასა და ნოტიო (ფენა ღრუბლები, ნისლი) ველებზე.

**ნაშრომის მიზანს** წარმოადგენს ჩვენს მიერ უკვე დამუშავებული **ამსფ**-ის რიცხვითი მოდელის სრულყოფა. აქცენტს ვაკეთებთ ეკოლოგიური თვალსაზრისით ისეთ მომენტებზე, როგორცაა ფენა ღრუბლებისა და რადიაციული ნისლის მოდელირება. შესწავლილი გვაქვს რიგი ანომალური მეტეოპროცესისა, ცალკეული მეტეოპარამეტრების როლი პროცესის ფორმირებაში.

იმ დარგის ამოცანები, რომლებშიც ჩვენ გვიხდება მუშაობა, **ამსფ** და, ზოგადად, მეზომეტეოროლოგია, აღიწერება თერმოჰიდროდინამიკისა და დიფუზიის პარაბოლური ტიპის არსებითად არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემით. ამიტომ იშვიათი გამონაკლისი შემთხვევების გარდა **კვლევის მეთოდად** გამოიყენება რიცხვითი მეთოდები. ამჟამად ძირითადად საქმე გვაქვს 2-განზომილებიან ამოცანებთან (  $x - z$  ) ვერტიკალურ სიბრტყეში. კომპიუტერული ტექნოლოგიების არსენალიდან ძირითადად ვიყენებთ: Fortran, Algol, TP-7, MathCad, Maple, MatLab, Mathematica, ... მაგრამ ეს არ ნიშნავს იმას, რომ არ ვიყენებთ ანალიზურ ამოხსნებს (გამარტივებული ამოცანები, ტესტები, წინასწარი შეფასებები და ა. შ.). კომპიუტერული ტექნოლოგიები დიდ სამსახურს გვიწევენ მიღებული რეზულტატების ხარისხიანად ილუსტრირების საქმეშიც.

ნაშრომის **მეცნიერული სიახლე** მდგომარეობს იმაში, რომ **ამსფ**-ის თერმოჰიდროდინამიკა და ღრუბელ-ნისლწარმოქმნა ეკოლოგიური თვალსაზრისით გაერთიანებულია ერთიან რიცხვით მოდელში. გარდა ამისა, ჩვენის აზრით, პირველად “დავიჭირეთ” ჰორიზონტალური ტურბულენტობის როლი მეტეოპროცესების ჩამოყალიბებაში; გააკეთდა საინტერესო პარალელები **ამსფ**-ს დაკონვექციურ-ტორნადო-ტროპიკული ციკლონის ამოცანებთან დაკავშირებით, იმიტირებულ იქნა ნოტიო პროცესთა ანსამბლები.

კვლევის **თეორიულ მნიშვნელობად** მიგვაჩნია ის, რომ შექმნილია **ამსფ**-ის 2-განზომილებიანი კომპლექსური რიცხვითი მოდელი, რომლის საშუალებითაც ვსაზღვრავთ **ამსფ**-ის თერმოჰიდროდინამიკის (ტემპერატურა, ქარის მდგენელები, წნევა, სინოტივე, ღრუბლისა და ნისლის წყლიანობა) ველებს. მოდელირებული გვაქვს ფენა ღრუბლებისა და რადიაციული ნისლის ჩასახვა-განვითარება-დაშლის სრული ციკლი. თეორიულად დავადგინეთ ჰორიზონტალური ტურბულენტობის როლი მეზომეტეოროლოგიური პროცესების ჩამოყალიბებაში, მოდელირებულ იქნა ნოტიო პროცესების ანსამბლი. შევისწავლეთ რიგი ანომალური პროცესებისა.

შრომის **პრაქტიკულ მნიშვნელობად** შეიძლება ჩაითვალოს ის, რომ ჩვენს მიერ დამუშავებული რიცხვითი მოდელის რეზულტატები შეიძლება გამოყენებულ იქნენ ამინდის ლოკალური პროგნოზის დარგში. ის შეიძლება პარამეტრიზებულ იქნას მსხვილმასშტაბიან და გრძელვადიანი პროგნოზის ამოცანებში მათი შემდგომი დაზუსტების მიზნით; შესაძლებელია ზოგიერთი ეკოლოგიური ამოცანის გადაწყვეტა. გარდა ამისა, მოდელის გამოყენება შეიძლება ზოგიერთ მეზომეტეოლოგიურ “თეორიულ” ხელოვნური ზემოქმედების დარგში: მეტეოპროცესებზე ზემოქმედება ძალიან დიდ რისკთან, მატერიალურ და შრომით რესურსებთანაა დაკავშირებული. ამიტომ წინასწარი “თეორიული” ზემოქმედება მეტად აქტუალურია ამ სფეროში.

**საწყის განტოლებათა სისტემა.** ზოგადად, კლასიკური ჰიდროდინამიკიდან ცნობილია, რომ სასაზღვრო ფენა არის სითხის ის ფენა, რომელშიც ვრცელდება კედლის არაერთგვაროვნება. კერძოდ, **ამსფ** არის ატმოსფეროს ის ფენა, რომელშიც ვლინდება დედამიწის ზედაპირის, როგორც კედლის, არაერთგვაროვნება (ტემპერატურული, რელიეფური, ე. წ. “წყლიანური”, ანტროპოგენური და ა.შ. ჩვენ ვიხილავთ 2-განზომილებიან არასტაციონარულ ამოცანას ვერტიკალურ ( $x, z$ ) სიბრტყეში (ვთვლით, რომ ( $0, y$ ) ღერძის გასწვრივ პროცესი ერთგვაროვანია). მცირე ჰორიზონტალური მასშტაბების გამო შეგვიძლია კორიოლისის ძალა უგულებელვყოთ. როგორც მიღებულია **ამსფ**-ის ამოცანების განხილვისას, არ ვითვალისწინებთ ჰაერის სიმკვრივის ვარდნას სიმაღლის მიხედვით. თუ გამოვიყენებთ მაკრომასშტაბური მოვლენების მეზომეტეოლოგიურ ზეგავლენის გათვალისწინების მეთოდს, ბუსინესკის თავისუფალი კონვექციის გამარტივებას, კვაზისტატიკურ მიახლოებას, ტურბულენტობის კოეფიციენტების მუდმივობას, მაშინ **ამსფ**-ის თერმოჰიდროდინამიკის ამოცანის საწყის განტოლებათა სისტემას წყლის ორთქლის ფაზური გარდაქმნის გათვალისწინებით ექნება ასეთი სახე [ 3 – 6 ]:

$$\frac{du}{dt} = -\frac{\partial \pi}{\partial x} + \Delta' u, \tag{1}$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial z} = \lambda \vartheta, \tag{2}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \tag{3}$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} + Sw = \frac{L}{c_p} \Phi + \Delta' \vartheta, \tag{4}$$

$$\frac{dq}{dt} + \gamma_q w = -\Phi + \Delta' q, \tag{5}$$

$$\frac{dv}{dt} = \Phi + \Delta' v, \tag{6}$$

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + w \frac{\partial}{\partial z}, \quad \Delta' = \mu \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$



სადაც  $u, w$  არიან ქარის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მდგენელები, შესაბამისად,  $\pi, \theta, q$  - წნევის ანალოგის, პოტენციური ტემპერატურისა და ხვედრითი სინოტივის ნაზრდები, შესაბამისად,  $v$  - ხვედრითი წყლიანობა,  $\lambda, S$  - ატმოსფეროს ფლოტაციისა და სტრატოფიკაციის პარამეტრები, შესაბამისად,  $\gamma_0$  - ფონური ხვედრითი სინოტივის ვერტიკალური გრადიენტი,  $\Phi$  - წყლის ორთქლის კონდენსაციის სიჩქარე,  $L$  - კონდენსაციის ფარული სითბო,  $c_p$  - მშრალი ჰაერის კუთრი სითბოტევადობა მუდმივი წნევის დროს,  $\mu, \nu$  - ტურბულენტობის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კოეფიციენტები, შესაბამისად.

**სასაზღვრო და საწყისი პირობები.** ჩამოვყალიბოთ საწყისი და სასაზღვრო პირობები (1) - (6) სისტემისათვის ზოგადი სახით.

$$\text{თუ } z=0 \quad u=0, \quad w=0, \quad \vartheta=F(x,t), \quad q=0, \quad v=0 \quad (7)$$

სადაც  $F(x,t)$  არის ამსფ-ის ქვეფენილის ტემპერატურა, რომელსაც ვიღებთ მეტეოექსპერიმენტებიდან :

$$F(x,t) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 32km, \quad 48km < x \leq 80km, \\ 5 \sin \omega t & 32km \leq x \leq 48km, \end{cases} \quad (8)$$

აქ  $\omega$  არის დედამიწის დღე-ღამური ბრუნვის კუთხური სიჩქარე. ე. ი. ამსფ-ის ამოცანას ვიხილავთ ქვეფენილის მხოლოდ ტემპერატურული არაერთგვაროვნების, კერძოდ, სითბური "კუნძულის" დღეღამური სვლის კანონით გათბობის პირობებში.

$$\text{თუ } z=Z \quad u=0, \quad \pi=0, \quad \vartheta=0, \quad \frac{\partial q}{\partial z}=0, \quad \frac{\partial v}{\partial z}=0 \quad (9)$$

$$\text{თუ } x=0, X \quad \frac{\partial u}{\partial x}=0, \quad \frac{\partial \vartheta}{\partial x}=0, \quad \frac{\partial q}{\partial x}=0, \quad \frac{\partial v}{\partial x}=0 \quad (10)$$

სადაც  $X, Z$  არიან ამსფ-ის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური საზღვრები.

$$\text{თუ } t=0 \quad u=0, \quad \vartheta=0, \quad q=0, \quad v=0, \quad (11)$$

ამრიგად, ჩვენი ძირითადი ამოცანა დაყვანილია (1) - (6) სისტემის მართკუთხა ( $0 \geq x \leq X, 0 \geq z \leq Z$ ) არეში ამოხსნაზე (7) - (10) სასაზღვრო და საწყისი პირობების გათვალისწინებით.

მოვიყვანოთ იმ ფიზიკური კონსტანტებისა და ამოცანის პარამეტრების მნიშვნელობებს, რომლებიც სხვადასხვა რიცხვით ექსპერიმენტებში არ იცვლებოდნენ:  $\lambda=0.033 m^2 / (sec \cdot grad)$ ,  $S=0.004 grad/m$ ,  $L=600 cal/g$ ,  $c_p=0.24 cal/(g \cdot grad)$ ,  $\mu=10^4 m^2/sec$ ,  $\nu=10m^2/sec$ , ფარდობითი ტენიანობა  $f=95\%$ ,  $X=80km$ ,  $Z=2km$ .

**ამოცანის ამოხსნის მეთოდი.** ამ ამოცანის ამოხსნა დაკავშირებულია ერთ-ერთ ისეთ მნიშვნელოვან სირთულესთან, როგორცაა მოდელში ნოტიო პროცესების ჩართვა ( ღრუბლების წარმოქმნა, რიგი რადიაციული პროცესებისა და ა. შ. ). ეს პრობლემა დაკავშირებულია რიგ სიძნელეებთან, რომელთა შორის ყველაზე არსებითია წყლის ორთქლის კონდენსაციის სიჩქარის,  $\Phi$ , გათვალისწინება [ 5, 8 ]. ეს სიძნელეები ძირითადად გამოწვეულია იმით, რომ (4) - (6) განტოლებების ამოხსნა, რომლებიც შეიცავენ  $\Phi$ -ს, გვაძლევს დიდ ცდომილებას იმიტომ, რომ, ჯერ-ერთი,  $\Phi$ -ის ცხადი სახე ექსპერიმენტიდან არა გვაქვს, მეორე ის, რომ  $\Phi$  განიცდის ღრუბლის საზღვარზე წყვეტას და აქ დაშვებული მცირე ცდომილებაც კი შეიტანს მნიშვნელოვან ცდომილებას სითბოსა და სინოტივე-წყლიანობის ბალანსში. ამიტომაცაა, რომ პრობლემისადმი ასეთი მიდგომისას ამოცანის თვლა მიმდინარეობს დროის მცირე მონაკვეთის განმავლობაში, რის შემდეგაც ადგილი აქვს თვლის არამდგრადობას. გარდა ამისა, ამ განტოლებების პირდაპირი ამოხსნისათვის საჭიროა სპეციალური მონოტონური სხვაობიანი სქემების გამოყენება, რაც დაკავშირებულია დამატებით სიძნელეებთან.

ამ პრობლემის გადაჭრისათვის და ოგურამ [ 7 ] მატყევემა [ 8 ] დაუდეს სათავე ახალ მიმართულებას, რომელიც დაფუძნებული იყო  $\Phi$ -ის გამორიცხვაზე (4) - (6) სისტემიდან. ამირომაც გამოიყენა მეთოდი, რომელიც ამ მიმართულებას ეკუთვნის, ოღონდ ის უფრო ზუსტად ითვლის ღრუბლის ტემპერატურას და სხვა მეტეოელემენტებს [9,10].

**რიცხვითი სქემა.** მოცემული სისტემა იხსნება ცხადი სასრულ-სხვაობიანი რიცხვითი სქემის საშუალებით. (2.1.3), (2.1.6) და (2.1.7) განტოლებების აპროქსიმაცია შესრულდა ბრაიენის

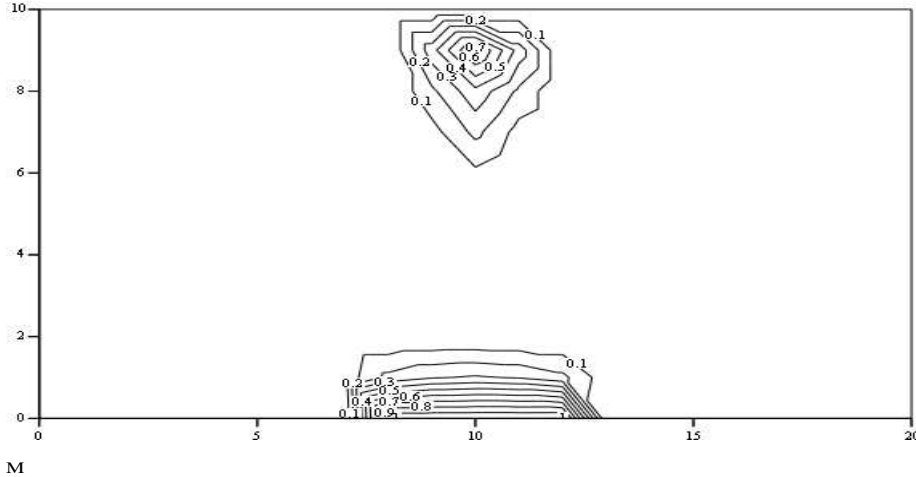
სქემის მიხედვით, რომელიც არ ხასიათდება არაწრფივი არამდგრადობით. (2.1.4) და (2.1.7) განტოლებების ინტეგრებას კი ვახდენდით ტრაპეციის ფორმულით.

განხილულ რიცხვით სქემას აქვს პირველი რიგის აპროქსიმაცია დროის მიხედვით და მეორე რიგის აპროქსიმაცია კოორდინატის მიხედვით.

ჩვენს მიერ შემუშავებული რიცხვითი მოდელის საფუძველზე ვიკვლევთ ამსფ-ის ზოგიერთ ანომალურ მეტეოპროცესს.

**ღრუბლისა და ნისლის ერთდროული არსებობა.** ჩვენი მოდელის საშუალებით იმიტირებულ იქნა ამსფ-ის ისეთი რეჟიმი, როცა ერთდროულად არსებობს ნისლიცა და ღრუბელიც. ამ დროს ადგილი აქვს ღრუბლის მიღევასა და ნისლის გაძლიერებას. ღრუბლისა და ნისლის ერთდროული არსებობა საინტერესოა არა მარტო ლოკალური პროგნოზის, არამედ ეკოლოგიური თვალსაზრისითაც. სწორედ ამ დროს კონდენსაციის ფარული სითბოს გამოყოფა აპირობებს რამდენიმეფენიანი ტემპერატურული ინვერსიის გაჩენას ( ღრუბლისქვეშა, ღრუბლისზედა, ნისლისზედა და ა.შ. ინვერსიები ) , რომელშიც ადგილი აქვს მანვნივთიერებათა აკუმულაციას. ამ მოვლენას მატყვევმა უწოდა დინამიური წარმოშობის ინვერსია.

რა თქმა უნდა, ეს რეჟიმი მიიღწევა მაღალი ფარდობითი ტენიანობის ( $f=95\%$ ) დროს. მოვიყვანოთ ის პარამეტრები ( $\mu = 10^4 m^2/sec$ ,  $\nu = 10 m^2/sec$ ), რომლის დროსაც გვაქვს ზემოთაღნიშნული სურათი [ 40, 42 ]:



ნახ.1. ღრუბლისა და ნისლის წყლიანობის  $v$  (გ/კგ) იზოხაზები ( $t = 15$  სთ )

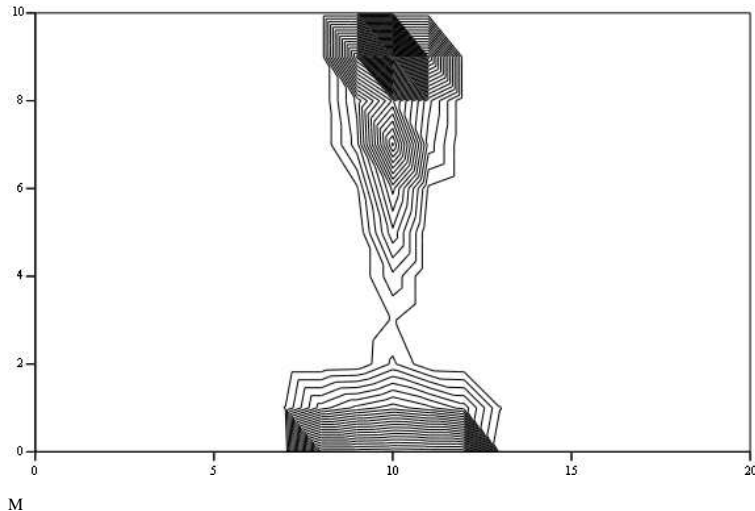
როგორც ნახაზიდან № 1 სჩანს, 15 საათისათვის ერთდროულად დაიმზირება როგორც ნისლი, ასევე ღრუბელი, თანაც ნისლის მაქსიმალური წყლიანობა (1გ/კგ) სჭარბობს ღრუბლისას (0,7 გ/კგ).

**ღრუბლისა და ნისლის გაერთიანებული ვერტიკალური კომპლექსი.** მოცემული მოდელის საშუალებით შესაძლებელია ღრუბლისა და ნისლის არა მარტო ერთდროული არსებობა, არამედ მათი გაერთიანებული ვერტიკალური კომპლექსის სიმულირება. ამის მიღწევა ხორციელდება ფარდობითი ტენიანობისა და ტურბულენტური რეჟიმის გარკვეული პირობებში, კერძოდ, როდესაც  $f=98\%$ ,  $\mu = 9000 m^2/sec$ ,  $\nu = 10 m^2/sec$ .

ნისლისა და ღრუბლის გაერთიანება მოხდა მხოლოდ ვიწრო, სამი დერძული ერთწერტილიანი „ყელის“ საშუალებით, ნახ. № 2. ამიტომაც ვიყავით იძულებული, რომ აგველო იზოხაზების დიდი რაოდენობა; ნახაზი რომ არ გაგვერთულებინა, იზოხაზებს რიცხვითი მნიშვნელობები არ წავაწერეთ. სიცხადისათვის მაინც აღვნიშნავთ, რომ ღრუბლის წყლიანობის მაქსიმალური მნიშვნელობა უდრის 1,72 გ/კგ, ხოლო ნისლისა კი 1,01 გ/კგ. რომ გვქონოდა უფრო მცირეებიჯიანი ბადე, ალბათ უფრო განიერ „ყელს“ მივიღებდით. ღრუბლისა და ნისლის გაერთიანებული კომპლექსი არსებობდა  $\approx 13$  - დან 17 საათამდე.

ნახ. № 2 აშკარად გვაგონებს ტორნადოს „ხორთუმს“. განსაკუთრებით საინტერესოა ის ფაქტი, რომ ამსფ-ის მოდელის ფარგლებშიც კი ტურბულენტობის გარკვეულ კრიტიკულ რეჟიმებში შესაძლებელია ტორნადოსა და ტროპიკული ციკლონისათვის დამახასიათებელი ზოგიერთი (მაგ.,

წყლიანობის ვერტიკალური "ხორთუმი") შტრისის დაჭერა. რიგი რიცხვითი ექსპერიმენტებისა გვაფიქრებინებს, რომ მიზეზი ტორნადოში, ტროპიკული ციკლონისაგან განსხვავებით, „ხორთუმის“ არსებობისა მდგომარეობს იმაში, რომ ტროპიკული ციკლონის განვითარება ხდება პორიზონტალურად, ხოლო ტორნადოსი კი ვერტიკალურად. ჩვენის აზრით, ეს გამოწვეულია იმით, რომ ამ ორი ობიექტის ტურბულენტური რეჟიმებია განსხვავებული. ვფიქრობთ, ამ მიმართულებით ნამდვილად ღირს კვლევის გაგრძელება.

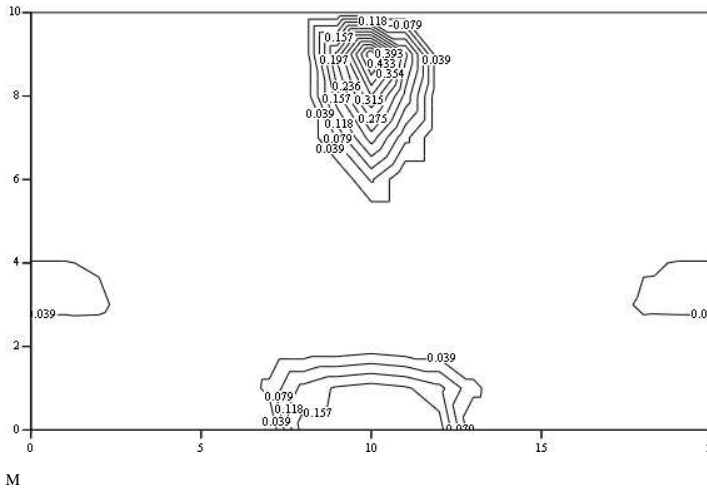


ნახ.2. ღრუბლისა და ნისლის გაერთიანებული კომპლექსის წყლიანობის  $v$  (გ/კგ) იზოხაზები ( $t = 15$  სთ )

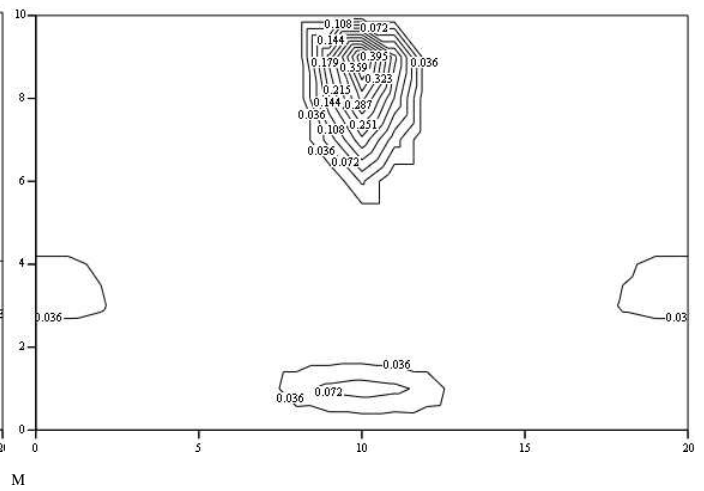
**ღრუბლებისა და ნისლის ანსამბლი. (რიცხვითი ექსპერიმენტი).** აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ნისლისა და ღრუბლების ფორმირებისას და, განსაკუთრებით, მათი ერთდროული და, მით უმეტეს, მათი ანსამბლის არსებობისას, ადგილი აქვს წყლის ორთქლის კონდენსაციის ფარული სიბოლს გამოყოფას, რის გამოც ატმოსფეროს ტემპერატურული სტრატეფიკაციის მრუდი ტრანსფორმირდება ტეხილ წირად. ამ წირის "კლაკნილები" ქმნიან ტემპერატურულად ინვერსიულ ქვეფენებს, რომლებშიც ხდება მავნე ნივთიერებათა "ჩაჭერა". ამ ინვერსიული ქვეფენების ფორმირება არის ღრუბელ-ნისლფორმირების აუცილებელი თანმდევი პროცესი.

რიცხვითი ექსპერიმენტების შედეგად (ამოცანის გარკვეული პარამეტრების შერჩევის ხარჯზე - განსაკუთრებულ აქცენტს ვაკეთებთ პორიზონტალურ ტურბულენტობაზე  $\mu = 9000m^2/sec$ ) იმიტირებულ იქნა ასეთი საინტერესო სცენარი: როდესაც ნისლი ძლიერდება, ის, ძირითადად, ტურბულენტობის გამო გადაფარავს, სცდება „კუნძულის“ პორიზონტალურ ზომებს. ტემპერატურის დღე-ღამური სვლის დროს, როდესაც ქვეფენილი იწყებს გათბობას, ბუნებრივია, სიბოლური "კუნძულის" თავზე არსებული რადიაციული ნისლი სუსტდება, ან გადაგვარდება ფენა ღრუბლად, ან სულაც განიბნევა, იმ დროს, როცა მის გარეთ შენარჩუნებული გვაქვს ნისლი. ფაქტიურად ადგილი აქვს რადიაციული ნისლის ტრანსფორმაციას ორ დაბალ ფენა ღრუბლად, შემდეგ კი თვითონ გადაგვარდა ფენა ღრუბლად: ნახ. 4 გვაქვს 3 ფენა ღრუბელი და ერთი რადიაციული ნისლი, ხოლო ნახ. 5 - 4 ფენა ღრუბელი.

ფიზიკურად აქ ყველაფერი ლოგიკურ ჩარჩოში ჯდება, მაგრამ მეტეოროლოგიური დაკვირვებებიდან ამგვარი პროცესი ჩვენთვის არ იყო ცნობილი. საინტერესოა სწორედ ისაა, რომ ეს ანომალური სცენარი გათამაშდა ჩვენი რიცხვითი მოდელის საშუალებით. ვეცდებით მომავალში მოვიპოვოთ შესაბამისი ექსპერიმენტული მასალა.



ნახ.3. ღრუბლებისა და ნისლის ანსამბლი  
 (v g/kg, t = 23,2 სთ)



ნახ.4. ღრუბლების ანსამბლი  
 (v g/kg, t = 23,6 სთ)

**ამოცანის პერიოდულობა.** ჩვენი ამოცანების (არაწრფივი კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა) ამოხსნისას ჩვენ ვერ ვამტკიცებთ დასმული ამოცანის კორექტულობას ( ამოხსნის არსებობა, ერთადერთობა, მდგრადობა და ა. შ. ) – ეს ჩვენი დარგის სპეციალისტების აქილევის ქუსლია. ამიტომ მიღებული ამონახსნების შემოწმების მიზნით გვიხდება სხვადასხვა ფიზიკური, თუ მათემატიკური ტესტების გამოყენება. ჩვენს შემთხვევაში, **ამსფ-ის** ქვეფენილის პერიოდული გათბობისას, ასეთ ერთ-ერთ ტესტად გამოდგება ამონახსნის პერიოდულობის მიღება, რასაც ადგილი აქვს რეალურად ბუნებაში.

ამ მიზნით „გაფუშვით“ ამოცანა სათვლელად რამდენიმე დღე-ღამის განმავლობაში. მივიღეთ მეტად დამაკმაყოფილებელი სურათი (სტატიის მოცულობა არ გვაძლევს ილუსტრაციების მოყვანის საშუალებას): მიღებული რეზულტატების ზერეფე ანალიზიც კი აშკარად მეტყველებს პროცესის კარგ პერიოდულობაზე. საყურადღებოა, რომ მე-2, მე-5 და მე-10 დღეების წყლიანობის ველები უფრო მსგავსია, ვიდრე პირველი დღისა. უნდა ვიფიქროთ, რომ ეს გამოწვეულია ველების სხვადასხვა ხარისხის ადაპტაციით. ამ ფაქტს არა მარტო გამოყენებითი მნიშვნელობა აქვს ( ამინდის ლოკალური პროგნოზი ), არამედ ის მეტყველებს ამოცანის დასმის კორექტულობის შესახებაც. საკითხი, რა თქმა უნდა, მოითხოვს უფრო დეტალურ შესწავლას, რასაც უახლოეს მომავალში დავუბრუნდებით.

**ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА**

1. Сулаквелидзе Г. К. Ливневые осадки и град. – Л.: Гидрометеиздат, 1967, 409 с.
2. Бартишвили И. Т., Надибаидзе Г. А., Бегалишвили Н. А., Гудушаури Ш. Л. К физическим основам метода ЗакНИГМИ борьбы с градом. Тр. ЗакНИГМИ, 1978, вып. 67(73), с. 73-82.
3. Гутман Л. Н. Введение в нелинейную теорию мезометеорологических процессов – Л.: Гидрометеиздат, 1969, -295 с.
4. Геладзе Г. Ш. К численной модели мезомасштабного пограничного слоя атмосферы. – Сообщения АН ГССР, 1975, т. 77, #1, с. 69-72
5. გელაძე გ. შ., ბეგალიშვილი ნ., დავითაშვილი თ. ატმოსფეროს მეზოპროცესებში სითბური ტალღის გავრცელების შესახებ. ჰიდრომეტინსტიტუტის 57-ე სამეცნიერო სესია, 2010 წლის 20-21 მაისი.
6. გელაძე გ. შ., ბეგალიშვილი ნ., დავითაშვილი თ. ზოგიერთი ანომალური მეზოპროცესის მოდელირება. ჰიდრომეტინსტიტუტის 57-ე სამეცნიერო სესია, 2010 წლის 20-21 მაისი.
7. Ogura Y. The evolution of a moist convective element in a shallow, conditionally unstable atmosphere : a numerical calculation. – J. Atmos. Sci., 1963, v. 20, N5, p.407-424.
8. Матвеев Л. Т. Некоторые вопросы теории образования и эволюции слоистообразной облачности. – Тр. ААНИИ, 1959, т. 228, вып. 1, с. 14-38.

9. Амиров А. Д. Метод расчёта полей влажности и температуры в задаче о кучевом облаке. – Изв. АН СССР. Физ. атмосфю и океана, 1971, т. 7, #7, с. 723 – 730.
10. Амиров А. Д., Геладзе Г. Ш., Перов В. Л. Учёт фазовых переходов влаги в некоторых задачах мезометеорологии. – Тр. Зап.-Сиб регион. н.-и. гидрометеорол. ин-та, 1975, вып. 14, 5-17.

უაკ: 551.5.001.57

**ეკოლოგიურად აქტუალური ზოგიერთი მეზომეტეოროლოგიური პროცესის რიცხვითი მოდელირება.**

/გელაძე გ., ბეგალიშვილი ნ. ა., ბეგალიშვილი ნ. ნ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.303-309-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს დასმულია და ამოსწილია რიცხვითი მეთოდების საშუალებით ატმოსფეროს მეზომეტეოროლოგიური სასაზღვრო ფენის (ამსფ) 2-განზომილებიანი (x-z ვერტიკალურ სიბრტყეში) არასტაციონარული ამოცანა. მასში გათვალისწინებულია ეკოლოგიურად მეტად აქტუალური ისეთი პროცესები, როგორცაა ღრუბლისა და ნისლის განვითარების სრული ციკლი და აეროზოლის გავრცელება ამსფ-ის თერმოჰიდროდინამიკის ფონზე.

მოდელირებულია რიგი ანომალიური მეტეოპროცესებისა: ფენა ღრუბლისა და რადიაციული ნისლის ერთდროული არსებობა; ფენა ღრუბლისა და რადიაციული ნისლის გართიანებული ვერტიკალური კომპლექსი; დღე-ღამურად “უწყვეტი” ღრუბლიანობა; ნოტიო პროცესების ანსამბლი, კერძოდ, ერთდროულად იმიტირებულია ჯერ სამი ღრუბელი და ნისლი, რომელიც შემდგომ ტრანსფორმირდება 4 ღრუბლად.

ახლებურადა გვაქვს გააზრებული ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის როლი ტროპიკული ციკლონისა და ტორნადოს ჩამოყალიბებასა და ნოტიო პროცესების ურთიერთტრანსფორმაციაში. შესწავლილია რიგი მეტეოპარამეტრების გავლენა აეროზოლის გავრცელებაზე.

გარდა ამისა, კომპიუტერული რეალიზაციის სტადიაზეა მიყვანილი ისეთი ამოცანები, როგორცაა ამსფ-ის “მეორადი” დაბინძურება (უკვე დაღეჭილი აეროზოლის ატაცება და განმეორებითი გადატანა); ღრუბლისა და ნისლის საზღვრებზე არსებული “გამოციების” გათვალისწინება; ღრუბლის ჩრდილის გავლენა ამსფ-ის პროცესებზე; ქვეფენილის რთული ტემპერატურული არაერთგვაროვნების გათვალისწინება.

UDC 551.5.001.57

**NUMERICAL MODELLING OF SOME ECOLOGICALLY ACTUAL PROBLEMS OF MESOMETEOROLOGY/** Geladze G. Sh., Begalishvili N. A., Begalishvili N. N./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.303-309 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.

It is put and solved numerically 2- dimensional (in a vertical plane x-z) a non-stationary problem about a mesometeorological boundary layer of atmosphere (MBLA). In it ecologically such actual processes, as a full cycle of development of a cloud and a fog and aerosol distribution are considered against of MBLA thermohydrodynamics.

A number of abnormal meteo-processes is simulated: Simultaneous existence of a stratus cloud and radiation fog; An incorporated vertical complex of a stratus cloud and radiation fog; Daily continuous overcast; Ensemble of humidity processes, particularly, three clouds and a fog which then were transformed to four clouds are simultaneously simulated.

To the new the role of horizontal and vertical turbulence in formation of a tropical cyclone and a tornado and in mutual transformation of humidity processes are considered. Influence of some meteoparameters on aerosol distribution is investigated.

Besides, such problems are resulted in a stage of computer realisation, as "secondary" pollution MBLA (capture already sedimented aerosols and its repeated carrying over); the account of cooling process, available on cloud and fog border; influence of cloudy shades on MBLA processes; the account of difficult temperature heterogeneity of an underlying surface.

УДК: 551.5.001.57

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ МЕЗОМЕТЕОРОЛОГИИ /**Геладзе Г. Ш., Бегалишвили Н. А., Бегалишвили Н. Н./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.303-309 -Груз., Рез. Груз., Анг., Рус

Поставлена и решена численно 2-хмерная (в вертикальной плоскости x-z) нестационарная задача о мезометеорологическом пограничном слое атмосферы (МПСА). В ней учитываются экологически такие актуальные процессы, как полный цикл развития облака и тумана и распространения аэрозоля на фоне термогидродинамики МПСА.

Смоделирован ряд аномальных метеопроцессов: одновременное существование слоистого облака и радиационного тумана; объединённый вертикальный комплекс слоистого облака и радиационного тумана; обложная облачность; ансамбль влажностных процессов, в частности, одновременно имитированы три облака и туман, которые затем трансформировались в четыре облака.

Поновому рассмотрена роль горизонтальной и вертикальной турбулентности в формировании тропического циклона и торнадо и во взаимной трансформации влажностных процессов. Исследовано влияние ряда метеопараметров на распространение аэрозоля.

Кроме этого, к стадии компьютерной реализации приведены такие задачи, как «вторичное» загрязнение МПСА (захват уже осаждённой аэрозоли и её повторный перенос); учёт выхолаживания, имеющегося на границе облака и тумана; влияние облачных теней на процессы МПСА; учёт сложной температурной неоднородности подстилающей поверхности.

УДК 551.510.42

## СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ГРУЗИИ

Гуния Г.С.\* , Сванидзе З.С.\*\*

\*Институт гидрометеорологии Грузинского технического университета

\*\*Грузинский технический университет

Одной из наиболее актуальных проблем современности представляет охрана природы. Уже давно учеными и практиками отмечается, что основным фактором негативного воздействия на состояние природной среды является ее загрязнение. При этом спектр загрязняющих веществ достаточно широк: - газообразные вещества, тяжелые металлы, органические вещества, радиоактивные элементы и др.

Природная среда Грузии, которая характеризуется сложной орографией и разнообразием климатических условий, богатым животным миром и разнообразным растительным покрытием, требует большого внимания к разработке практических и теоретических вопросов охраны и мониторинга антропогенного воздействия. В частности, оценок качественных и количественных параметров экологического состояния отдельных компонентов природной среды и выявления тенденций их ожидаемых изменений. Результаты научной проработки этих вопросов, в свою очередь, позволяют планировать и осуществлять практические мероприятия по предупреждению результатов вредных воздействий на природную среду.

В Грузии еще со второй половины прошлого века мониторинг состояния природной среды представляет первостепенную задачу, с целью разрешения которой была создана Государственная служба контроля загрязнения атмосферы. В начале ее основной задачей являлось получение засекреченной информации о радиоактивном загрязнении атмосферы и подстилающей поверхности земли в результате испытаний атомных и ядерных бомб и возможных аварийных выбросов из атомных электростанций и реакторов. И только, в последствии, с 70-х годов прошлого века, к ней были добавлены новые функции, предусматривающие сбор и анализ информации о загрязнении природных сред промышленных районов и крупных городов в результате эмиссий в атмосферу промышленных и автотранспортных отходов.

За период функционирования указанной системы мониторинга осуществлено достаточно большое количество исследований, в том числе, авторами данной статьи выполнены [3,4]:

- Исследование и уточнение физико-химических особенностей ряда вредных для здоровья населения примесей атмосферы;
- Распределение вредных примесей атмосферы по территории Грузии;
- Исследование минерализации атмосферных осадков, выпадающих в различных районах Кавказа;
- Исследование вопросов оценки данных наблюдений экологического мониторинга атмосферы;
- Разработка новых методов мониторинга загрязнения природной среды;
- Разработка прогнозных схем загрязнения атмосферы химическими и радиоактивными веществами;
- Изучение влияния метеорологических и синоптических процессов на трансграничный перенос и величины концентраций атмосферных примесей;
- Изучение антропогенных влияний на изменения химического состава атмосферы и климат;
- Исследование вопросов мониторинга глобальных эффектов антропогенных воздействий на региональный и глобальный климат и др.

Исследование эффективности работы данной системы в Грузии [1] показало, что до 1990-го года она перманентно возрастала. После чего, так же, непрерывно происходило разложение ее функционирования и в настоящее время деятельность данного мониторинга, практически свернута.

Как показывают исследования [3] состояние, в котором находится в настоящее время система экологического мониторинга не удовлетворяет требования, предъявляемые к получению адекватной информации об изменениях химического состава окружающей природной среды, позволяющей судить об антропогенных эффектах, влияющих на состояние ее отдельных компонентов, климатические характеристики и трансграничные переносы вредных примесей.

Исходя из изложенного, становится очевидным, что существует необходимость в получении детальной и объективной информации о современном экологическом состоянии природной среды данной территории, по-

звolyающей своевременно разработать превентивные меры, способствующие рациональному использованию природных ресурсов и обеспечивающие их воспроизводство.

Таким образом, очевидна необходимость в налаживании новой системы экологического мониторинга, предназначенной для регулярных, длительных наблюдений в пространстве и времени с целью сбора, обработки и анализа информации о состоянии окружающей среды и установлении механизмов ее эффективного функционирования.

При этом, должен быть осуществлен комплексный подход к выполнению указанного мониторинга, учитывающий сбор информации о многомерных эко-гидрометеорологических параметрах для описания явлений региональных и глобальных масштабов, ориентированный на применение современных информационных технологий.

Учитывая, что единая программа комплексного экологического мониторинга пока еще не разработана, а также сложность антропогенных воздействий на экологические и климатические факторы регионов Грузии, наличие их разнообразных прямых и обратных связей вызывает необходимость создания новой системы сбора и обработки данных наблюдений за этими процессами и требуют к нему научно-обоснованного, системного подхода.

При этом, становится необходимой разработка методологических и практических основ новой, многокомпонентной и комплексной системы мониторинга, созданной с целью выявления эффектов антропогенного воздействия на окружающую среду и климат, включающая региональный информационно-аналитический центр, оснащенный современными информационными технологиями.

Она, в основном, должна иметь информационный характер, хотя может содержать и элементы системы управления.

Так-как указанный мониторинг должен представлять собой разнородную информационно-аналитическую систему, он должна состоять из таких элементов, как:

1. Система наблюдений за химическим составом природной среды и рядом гидрометеорологических элементов;
2. Система оценки химического состава и факторов воздействия на природную среду и климат;
3. прогнозы тенденций изменений химического состава природной среды и климата;
4. Современная виртуальная информационная система.

Главным принципом данного мониторинга должна быть - его комплексность, что обуславливает осуществление одновременных наблюдений за изменениями химического состава природной среды и метеорологических параметров.

Комплексный экологический мониторинг должен учитывать и международные цели. Лишь при помощи системы, основанной на общепринятых принципах мониторинга, опирающейся на наблюдения, выполненные унифицированными методами и анализом его результатов возможно сопоставление полученных данных и оценки процессов, протекающих в региональном (национальном) и глобальном масштабах. В результате этого информация, полученная при помощи данного мониторинга, предстанет предметом международных обменов, а создание сети станций наблюдения и сбора информации будет примером международного сотрудничества.

При этом, в достаточно сложных современных экологических условиях территории Грузии необходимо, прежде всего, удовлетворение требований, установленных международными обязательствами и государственным законодательством в сфере охраны природной среды, представляющих значительный гарант для претворения в жизнь общепринятых принципов устойчивого экономического развития.

Следует заметить, что все возрастающие потребности населения в энергетических ресурсах, промышленной продукции, а также, для удовлетворения этих потребностей, осуществление научно-технических и технологических мероприятий, оставляют свой след и оказывают влияние на состояние природной и социальной среды современного общества и будущего поколения.

Недооценка вышеуказанного часто бывает причиной создания опасности для сохранения исторически сформировавшегося экологического равновесия. Иногда это вызывает непредусмотренное отрицательное (в ряде случаев необратимое и уничтожающее) воздействие на состояние природной среды, живые организмы и памятники историко-культурного наследия.

Определение опасного уровня загрязнения отдельных компонентов природной среды (атмосфера, поверхностные и подземные воды, почва) требует профессионального подхода. Это связано с тем, что оно, часто, в начале явно не ощущается и лишь со временем становится причиной ухудшения здоровья широких слоев населения и особо опасного воздействия на природную среду.

Для установления характеристик, соответствующих уровням такого вредного воздействия и с целью своевременного предотвращения негативного воздействия примесей вредных веществ на природную среду, приняты величины предельно допустимых концентраций (ПДК) и установлен государственный контроль над их величинами.

В современных условиях, в населенных местах могут наблюдаться загрязнения природной среды несколькими примесями одновременно. В таких случаях от указанной смеси получаем суммарный эффект воздействия (эффект суммации). Исходя из этого, устанавливаются величины ПДК, как для отдельно взятых веществ, так и для их комбинаций.

Комплекс стандартов, используемых в сфере охраны природы, основывается на регламентирующие величины значений ПДК вредных веществ и характеристик фоновых загрязнений данной местности. А это при оценках воздействий промышленных объектов на природную среду, дает возможность использовать нормы ПДК для вредных веществ, характерных эмиссиям, соответствующим специфике данного предприятия.

Существующий уровень загрязнения природы и тенденция его роста делают актуальным вопрос необходимости решения задач регулирования взаимоотношений, направленных на охрану природы и рациональное использование природных ресурсов, в международных и государственных масштабах. Для этого необходимо соблюдение требований, обеспечивающих устойчивое экономическое развитие, рекомендованных международной практикой [2].

«Устойчивое развитие» это такая система развития общества, которая путем соблюдения интересов экономического развития и охраны природы обеспечивает рост качества уровня жизни населения и право будущих поколений – пользоваться, максимально охраненными от необратимых количественных и качественных изменений, природными ресурсами и средой.

Внедрение принципов устойчивого развития должно основываться на, признанных международным сообществом, обязательное соблюдение следующих принципов:

- люди имеют право на здоровую и плодотворную жизнь в условиях гармонизации с природой;
- государства имеют суверенное право использовать свои природные ресурсы в соответствии с природо-охранной и экономической политикой. При этом, они ответственны за то, чтобы подконтрольные им деятельности не причинили вреда природной среде других государств;
- право на развитие так должно быть реализовано, чтобы было обеспечено справедливое удовлетворение требований сегодняшнего и будущих поколений в сферах экономического развития и охраны природы.

Для достижения устойчивого развития необходимо, чтобы охрана природы стала неотделимой частью процесса развития и не рассматривалась в отрыве от него.

Обязательное условие устойчивого развития – искоренение бедности. Все государства и народы должны сотрудничать с этой целью, чтобы уменьшились резкие различия между уровнями их жизни и были удовлетворены жизненные требования большинства населения мира:

- особое значение придается положению и требованиям экономически и экологически отсталых стран;
- государства взаимодействуют с целью глобального сотрудничества для сохранения, защиты и восстановления естественного состояния и цельности экосистемы земли. Все государства разделяют общую ответственность в деградации глобальной среды в соответствии со своим «вкладом»;
- участвуя в международных сотрудничествах с целью достижения устойчивого развития, развитые страны осознают соответствующую ответственность с учетом того, в какой степени воздействуют они на природную среду и какие их технологические и финансовые возможности.

С целью обеспечений устойчивого развития и более высокого уровня жизни для каждого человека, государства должны ограничить и упразднить нежизнеспособные модели производства и потребления и провести соответствующую демографическую политику:

- государства должны сотрудничать с целью укрепления национального научного потенциала для достижения устойчивого развития в сфере научно-технического прогресса путем обмена опытом;
- государства принимают правовые акты в сфере охраны природы на основе собственной специфики, так-как стандарты одной страны с социально-экономической точки зрения могут оказаться полностью неприемлемыми для другой, особенно для развивающихся стран;
- для решения экологических проблем государства должны сотрудничать с целью создания выгодной и открытой международной системы, что во всех странах обеспечит экономический рост и устойчивое развитие;
- государства должны способствовать интернационализации экологических расходов и использовании таких экономических инструментов, согласно которым загрязнитель оплачивает убыток пострадавшей сторо-



не в соответствии с нанесенным ущербом. При этом необходимо соблюдение интересов и прав международной торговли и инвестирования.

В решении экологических проблем огромная роль принадлежит коренному населению, его знаниям и традиционной практике. Государства должны поддерживать самобытность, культуру и интересы местного населения и обеспечить его эффективное участие в деле достижения устойчивого развития.

Мирное существование, экономическое развитие и охрана природы тесно взаимосвязанные и неразделимые понятия.

Следует заметить, что в Грузии при взаимодействиях государства и общественности не всегда полностью соблюдаются принципы устойчивого развития. В этом направлении у нас мало обращается внимание на проведение целенаправленных мероприятий, охватывающих проблемы как локальных и региональных, так и глобальных масштабов.

В этой связи наиболее важными факторами социально-экономического развития Грузии являются:

- гармонизация между процессами пользования природными ресурсами, производства и использования материальных богатств страны;
- внедрение и использование экологически оптимальных и безопасных методов производства и решение, стоящих перед государством, приоритетных экологических проблем.

Государственная политика страны и законодательная база в сфере охраны природы должны быть тесно связаны с соблюдением требований в сфере охраны окружающей природной среды.

Еще в последние десятилетия прошедшего века человечество обратило внимание на тот факт, что наша планета, несмотря на его кажущуюся беспредельность, обладает ограниченными ресурсами. При этом отмечается, что, в целом, существование человека зависит от сложных взаимосвязей, сформировавшихся в природе. Вмешательство человека в эти связи, в частности, путем изменения состояния поверхности Земли и роста темпов воздействия на отдельные компоненты природной среды, вызвали серьезную озабоченность.

В современной научной литературе различают ряд видов состояния природной среды:

- естественное – среда не измененная хозяйственной деятельностью человека;
- равновесное – скорости процессов восстановления равны или выше темпов антропогенных разрушений;
- кризисное - скорости антропогенных разрушений выше темпов самовосстановления природных систем, но еще не происходят их коренные изменения;
- критическое – протекает пока еще обратимая замена ранее существовавших природных систем на менее продуктивные системы;
- катастрофическое – уже имеет место труднообратимый процесс закрепления малопродуктивных природных систем;
- состояние коллапса - необратимая потеря продуктивности природных систем.

Очевидно, что оптимальное состояние природной среды – естественное состояние.

В этом случае компонентов природной среды характеризует относительная постоянность. Однако, основным признаком современного состояния природной среды планеты является наступление кризисного этапа, а в отдельных регионах – критического и катастрофического, что, так или иначе, связывается с техногенезом. При этом, из разнovidных результатов воздействия современного общества на природную среду одним из наиболее важных является изменение климата. Оно признано многими учеными, как феномен, выявленный в результате постоянного роста в атмосфере концентраций окиси углерода и аэрозолей.

Хорошо известно, что изменение солнечного излучения, поглощаемого землей, при других постоянных условиях, вызовет изменение ее средней планетарной температуры. А изменение температуры земли хотя бы на 1°C имеет большое практическое значение, так - как этого достаточно для перемещения изотерм на поверхности земли на 260км. Последнее вызовет изменение широтного положения различных районов на поверхности земли. Если учесть, что, в большинстве случаев, в них произрастают хозяйственные культуры характерные лишь для этих районов, становится очевидным причина беспокойства ученых.

Влияние загрязнения атмосферы на климат, своими далеко идущими результатами, относительно ясно вырезано в городах. Вместе с этим, их большая часть выходит за городские границы и могут считаться происшедшим фактом мезоклиматического масштаба.

Кроме этого, тот факт, что загрязнение атмосферы оказывает вредное воздействие на живые организмы и растительный покров, является одним из основных причин, вынуждающих обращать серьезное внимание на мониторинг загрязнения атмосферы.

В современных условиях трудно представить территорию (регион, населенный пункт) подверженную урбанизации, в которой не существовала бы необходимость защиты отдельных компонентов ее природных и культурных сред от негативного антропогенного воздействия.

В настоящее время уже ни у кого не вызывает сомнения, что экологический мониторинг загрязнения природной среды является наиболее важной частью организованной деятельности человека. Он направлен на бережное, рациональное использование природной среды и его ресурсов для создания наиболее благоприятных условий жизнедеятельности человека и повышения его благосостояния.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გუნია გ. საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის ცვლილების ანთროპოგენური ფაქტორების მონიტორინგის შესახებ. - საქ. მეცნ. აკად. შმი-ის შრომები, 2001, ტ.104, გვ.146-163.
2. საქართველოს კანონი გარემოს დაცვის შესახებ. - საქართველოს პარლამენტის უწყებანი, 1997, № 1-2, 21 გვ.
3. Гуния Г. Метеорологические аспекты экологического мониторинга атмосферы. – Тб.: АН Грузии, 2005, 265с. (Груз.)
4. Гуния Г.С. Вопросы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на территории Грузинской ССР. Л.:Гидрометеиздат, 1985,- 84 с. (Рус.)

უაკ: 551.510.42

**საქართველოს მდგრადი ეკონომიკური განვითარების უზრუნველყოფის თანამედროვე ეკოლოგიური ასპექტები/** სვანიძე ზ, გუნია გ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.310-315- რუს., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

საქართველოს ბუნებრივი გარემო, რომელიც რთული ოროგრაფიითა და კლიმატური პირობების ნაირსახეობით, მდიდარი ფლორითა და ფაუნით ხასიათდება, დაცვისა და ანთროპოგენური ზემოქმედების მონიტორინგის საკითხების დამუშავების მიმართ დიდ ყურადღებას მოითხოვს. კერძოდ, გარემოს ცალკეული კომპონენტების ეკოლოგიური მდგომარეობის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებელი პარამეტრების შეფასებასა და მათი მოსალოდნელი ცვლილებების ტენდენციების გამოვლენას. ეს კი, საშუალებას იძლევა დაიგეგმოს და განხორციელდეს გარემოზე მავნე ზეგავლენის აცილების პრევენციული ღონისძიებები.

საქართველოს ტერიტორიის ეკოლოგიური მდგომარეობის პირობებში, უპირველეს ყოვლისა, აუცილებელია დაკმაყოფილდეს საერთაშორისო ვალდებულებებითა და ქვეყნის კანონმდებლობით დადგენილი მოთხოვნები ბუნებრივი გარემოს დაცვის სფეროში, რაც მნიშვნელოვანი გარანტიაა საყოველთაოდ მიღებული მდგრადი განვითარების პრინციპების გასატარებლად ცხოვრებაში.

“მდგრადი განვითარება” არის საზოგადოების განვითარების ისეთი სისტემა, რომელიც საზოგადოების ეკონომიკური განვითარებისა და გარემოს დაცვის ინტერესებით უზრუნველყოფს ადამიანის ცხოვრების დონის ხარისხის ზრდას და მომავალი თაობების უფლებას - ისარგებლონ შეუქცევადი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილებებისაგან მაქსიმალურად დაცული ბუნებრივი რესურსებითა და გარემოთი.

მდგრადი განვითარების პრინციპების დამკვიდრება უნდა ეფუძნებოდეს საერთაშორისო ურთიერთობებით აღიარებულ შემდეგ პრინციპთა უცილობელ დაცვას:

- ადამიანებს აქვთ უფლება ჰქონდეთ ჯანსაღი და ნაყოფიერი სიცოცხლე ბუნებასთან ჰარმონიულობის პირობებში;

- განვითარების უფლების რეალიზაცია უნდა მოხდეს ისე, რომ უზრუნველყოფილი იქნეს დღევანდელი და მომავალი თაობების მოთხოვნილებათა სამართლიანი დაკმაყოფილება ეკონომიკური განვითარებისა და გარემოს დაცვის სფეროში;

- მდგრადი განვითარების მიღწევისათვის აუცილებელია, რომ გარემოს დაცვა იქცეს განვითარების პროცესის განუყოფელ ნაწილად და არ განიხილებოდეს მისგან მოწყვეტით;

- მდგრადი განვითარების აუცილებელი პირობაა სიღარიბის აღმოფხვრა.

ქვეყნის მოსახლეობის სხვადასხვა ფენამ და მთავრობამ უნდა ითანამშრომლონ ამ მიზნით.

UDC 551.510.42

**MODERN ECOLOGICAL ASPECTS OF ENSURING SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT OF GEORGIA./**

Svanidze Z., Gunia G./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -vol.119. - pp.310-315- Russ., Summ. Georg., Eng., Russ.

Environment of Georgia, being characterized difficult orography, the variety of climatic conditions, rich flora and fauna, demands great attention to questions of protection and monitoring of anthropogenous influence. In particular, to questions of qualitative and quantitative estimations of characteristic parameters of an ecological condition of separate components of environment and tendencies of their expected changes. It gives the chance to plan and carry out practical actions for the prevention of results of negative impacts on environment.

In modern conditions of Georgia the satisfaction of the requirements established by the international obligations and the state legislation in the sphere of protection of environment, that is a considerable guarantee of carrying out in life of the standard principles of sustainable economic development of the country, first of all, is necessary.

Sustainable development» is such system, which by combination of interests of economic development of a society and wildlife management, provides growth of quality of a standard of living of the person.

Use of principles of sustainable development should be based on obligatory observance of the principles recognized as the international mutual relation, including:

People have the right to conduct a healthy and fruitful way of life in the conditions of harmonization with environment;

Realization of the right of development should be carried out so that in sphere of economic development and wildlife management lawful requirements of the present and the future of generations have been satisfied;

For sustainable development achievement it is necessary, that wildlife management became an inseparable part of development and wasn't considered in a separation from it;

Sustainable development indispensable condition is poverty eradication.

For this purpose various segments of the population of the country and its government should cooperate closely.

УДК 551.510.42

**СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ГРУЗИИ. /**

Гуния Г.С., Сванидзе З.С./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета -2013.-т.119.-с.310-315 - Рус., Рез. Груз., Англ., Рус.

Природная среда Грузии, характеризующаяся сложной орографией, разнообразием климатических условий, богатствами флорой и фауной, требует большого внимания к вопросам охраны и мониторинга антропогенного воздействия.

В частности, к вопросам качественных и количественных оценок характерных параметров экологического состояния отдельных компонентов природной среды и тенденций их ожидаемых изменений. Это дает возможность планировать и осуществлять практические мероприятия по превенции результатов негативных воздействий на природную среду.

В современных условиях Грузии, прежде всего, необходимо удовлетворение требований, установленных международными обязательствами и государственным законодательством в сфере охраны природной среды, что является значительной гарантией проведения в жизнь общепринятых принципов устойчивого экономического развития страны.

«Устойчивое развитие» это такая система, которая совмещением интересов экономического развития общества и охраны природы обеспечивает рост качества уровня жизни человека.

Внедрение принципов устойчивого развития должно основываться на обязательное соблюдение принципов, признанных международным взаимоотношением, в том числе:

- люди имеют право вести здоровый и плодотворный образ жизни в условиях гармонизации с природной средой;
- реализация права развития должна осуществляться так, чтобы в сфере экономического развития и охраны природы были удовлетворены законные потребности настоящего и будущего поколений;
- для достижения устойчивого развития необходимо, чтобы охрана природы стала неотделимой частью процесса развития и не рассматривалась в отрыве от него;
- обязательным условием устойчивого развития является искоренение бедности.

С этой целью должны тесно сотрудничать различные слои населения страны и его правительство.

UDC: 314.581.5

## PROBLEMS OF POPULATION CAUSED BY AN ECOLOGICAL CONDITION OF INDUSTRIAL ZONES (on an example of Kaspi)

Meladze G.G.

I.Javakhishvili Tbilisi State University

The city of Kaspi is one of the largest producers of building materials in Georgia. A number of industrial enterprises and educational, cultural and health establishments function in Kaspi. According to the official statistical data, 15,8 thousand residents were registered in Kaspi in 2011. According to the most recent census of the population (in 2002), the ratio of children aged <15 of the gender structure of the population was 22%. The ratio of the able-bodied citizens was 64%, and 14% of the total population was older the working-ability age.

The study aimed to investigate the people's opinion of the ecological conditions in the city of Kaspi. A sociological survey was organized in the months of February and March of 2011, by interviewing. The survey questionnaire was developed and the set of population to be interviewed was selected; the training about the questionnaire specifics and interviewing techniques was held with three local interviewers. Total 80 respondents were interviewed. We divided them into three age groups (<30, 30-59 and 60+).

57,5% of the interviewed evaluated the situation in Kaspi as heavy (Table 1) and about fifth of the interviewed think the ecological state in Kaspi is extremely heavy. The respondents thinking that the ecological conditions in the city are good were few in number (3,8%).

It should be noted that 53,5% of women evaluated the ecological situation of the city as heavy. Of the same opinion are 57,5% of the interviewed men. The results of the survey among the respondents thinking that the ecological situation is extremely heavy are opposite, with the percentage of women (26,5%) exceeding that of men (18,8%). The ratio of the respondents estimating the ecological situation of the city as fair was low among both, men and women.

**Table 1. Evaluating the ecological situation by sex of interrogated (%)**

|                 | Male | Female | Both sexes |
|-----------------|------|--------|------------|
| Good            | 5.4  | 2.3    | 3.8        |
| Satisfactory    | 21.6 | 18.6   | 20.0       |
| Heavy           | 62.2 | 53.5   | 57.5       |
| Extremely heavy | 10.8 | 25.6   | 18.8       |

Approximately one-third of the respondents think that the ecological situation in the city of Kaspi has deteriorated in recent years. This position was supported by 35,6% of women and 28,6% of men. In the opinion of the one-fourth of the interviewed, the ecological situation in the city has improved in recent years (Table 2) . Of the same opinion are 26,7% of women and 22,9% of men. Almost a half of the latter (48,6%) thinks that the ecological situation has not changed in Kaspi in recent years and remains the same. The same indicator among the women fell 10,8 points back that among the men and amounted to 37,8%.

**Table 2. Respondents' opinion about the changes in the ecological situation in the city of Kaspi in recent years (%)**

|                  | Male | Female | Both sexes |
|------------------|------|--------|------------|
| Improved         | 22.9 | 26.7   | 25.0       |
| Remains the same | 48.6 | 37.8   | 42.5       |
| Deteriorated     | 28.6 | 35.6   | 32.5       |

Interesting results were gained through the analysis of the respondents' self-estimate of their state of health. According to the respondents' self-estimate, 14,8% of the respondents have good to extremely good state of health, amounting to 25% for men what exceeded the same indicator for women by 10,2 points. Over half of the interviewed women estimated their state of health as satisfactory what is 12,2 points more than the same indicator among the men.

According to the respondents' self-estimate, approximately 40% of the interviewed men and women had poor health. 42,2% of the interviewed women think they have poor health what is 6,1 points more than the same indicator among the men (Table 3).

**Table 3. Respondents' self-appraisal of their state of health (%)**

|                | Male | Female | Both sexes |
|----------------|------|--------|------------|
| Extremely good | 5.6  | 0.0    | 2.5        |
| Good           | 19.4 | 6.7    | 12.3       |
| Satisfactory   | 38.9 | 51.1   | 45.7       |
| Bad            | 36.1 | 42.2   | 39.5       |

Quite often, the respondents explain their satisfactory to poor health by irritation or excitation. This reason was named as number one by equal numbers of men and women. In the opinion of one-fifth of the respondents, their poor health was evidenced by **their headaches. This response was given by more or less equal numbers of men and women. Such symptoms, as weakening and insomnia** were named by 18,1% of the respondents of both sexes as the evidence of their satisfactory to poor health (Table 4).

**Table 4. Respondents' opinions of the symptoms evidencing their satisfactory to poor health (%)**

|                          | Male | Female | Both sexes |
|--------------------------|------|--------|------------|
| Headache                 | 20.8 | 19.8   | 20.1       |
| Weakening                | 18.9 | 17.7   | 18.1       |
| Dullness                 | 11.3 | 13.5   | 12.8       |
| Irritation or excitation | 24.5 | 25.0   | 24.8       |
| Insomnia                 | 18.9 | 17.7   | 18.1       |
| Other reason             | 5.7  | 6.3    | 6.0        |

83,5% of the respondents of both sexes named the following reasons as the ones causing their health problems: air pollution (36,1%), noise (25,6%) and water pollution (21,8%). A significant part of the interviewed (12,8%) name the soil pollution as the reason for their poor health.

It should be noted that the above-listed reasons among men and women with their values coincided with the general trend. However, there was certain difference in the responses of both sexes. For example 41,9% of men named as the major reason for their poor health exceeding the same number among the women by 8,5 points (Table 5). As for such reasons, as noise and water pollution, the female respondents naming them as the reasons for their poor health amounted to 3,4 exceeding that of men by 4,7 points.

**Table 5. Distribution of the respondents across the reasons causing their health problems (%)**

|                 | Male | Female | Both sexes |
|-----------------|------|--------|------------|
| Air pollution   | 41.9 | 33.3   | 36.1       |
| Water pollution | 18.6 | 23.3   | 21.8       |
| Soil pollution  | 16.3 | 11.1   | 12.8       |
| Noise           | 23.3 | 26.7   | 25.6       |
| Other noise     | 0.0  | 5.6    | 3.8        |

Most of the respondents of both sexes (63,0%) having various diseases named the ecological state as the major reason for their diseases. 66,7% of women and 58,1% of men shared this opinion.

According to the duration of their illness, the respondents' answers were as follows: 40,8% of the interviewed complain about their illness for 5 or more year; 33,8% complain about 3 to 5 years of illness; 19,7% complain about 1 to 2 years, and 5,6% complain about their illness lasting for up to 1 year. The analysis of the interviewed of both sexes gave the same results (Table 6).

**Table 6. Distribution of the respondents according the duration of their illnesses (%)**

|           | Male | Female | Both sexes |
|-----------|------|--------|------------|
| up to one | 3.6  | 7.0    | 5.6        |
| 1-2 year  | 25.0 | 16.3   | 19.7       |
| 3-5 year  | 32.1 | 34.9   | 33.8       |
| 5 year    | 39.3 | 41.9   | 40.8       |

The analysis of the respondent’s self-estimate of the plants named as the reasons for the respondents’ illnesses gives interesting results.

75,1% of the interviewed thought „Heidelbergcement” and other cement plants in the city of Kaspi as of the major reasons for their illnesses making 84,4% and 84,1% among men and women, respectively. 11,7% of the respondents think the flour mills as of the major reason for their illness. The proportion of „Tskalkanali” and cellular telephone tower was over one-tenth of point (Table 7).

**Table 7. Distribution of the plants in Kaspi thought in terms of the major reasons for the illnesses by the respondents (%)**

|                          | Male | Female | Both sexes |
|--------------------------|------|--------|------------|
| Heidelbergcement         | 34.4 | 42.2   | 39.0       |
| Wheat flour mill         | 6.3  | 15.6   | 11.7       |
| Cement plants            | 50.0 | 24.4   | 35.1       |
| Cellular telephone tower | 3.1  | 13.3   | 9.1        |
| Tskalkanali              | 6.3  | 0.0    | 2.6        |
| Saqcementi               | 0.0  | 2.2    | 1.3        |
| non indicate             | 0.0  | 2.2    | 1.3        |

Despite a number of positive changes in recent years in the city, if considering the results of the population survey, the ecological situation can be assessed as poor in the city of Kaspi. The above-cited problems can be regulated only through active preventive measures to be accomplished by the local authority and relevant enterprise managements.

უაკ: 314.581.5

**ინფორმაციული ზონების ეკოლოგიური მდგომარეობით გამოწვეული მოსახლეობის პრობლემები (ქასის მხარეზე) /მელაძე გ.გ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013-ტ.119-გვ.316-319-ინგლ., რუხ. ქართ., ინგლ., რუს.**

ქასის სამშენებლო მასალების ერთ-ერთი უმსხვილესი მწარმოებელია საქართველოში. ოფიციალური სტატისტიკური მონაცემების თანახმად, 2011 წლის მონაცემებით ქასში 15,8 ათასი ადამიანი ცხოვრობდა. გამოკვლევის მიზანს წარმოადგენდა ეკოლოგიური მდგომარეობის ზეგავლენა მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე. ჩვენი გამოკვლევა შეიცავდა ხუთ ურთიერთდაკავშირებულ ეტაპს: 1. გამოკვლევის მომზადება; 2. პირველადი სოციოლოგიური ინფორმაციის მოგროვება; 3. მოგროვილი ინფორმაციის მომზადება დასამუშავებლად; 4. დამუშავებული ინფორმაციის ანალიზი; 5. გამოკვლევის შედეგების ანგარიშის, დასკვნებისა და რეკომენდაციების მომზადება.

პროექტი განხორციელდა ეკოლოგიური სამართლის ცენტრის მიერ, ევრაზიის თანამშრომლობის ფონდის თანამშრომლობით. ქალაქ ქასში გამოკვლევა ჩატარდა 2011 წლის 15 თებერვლიდან 31 მარტის ჩათვლით. ინტერვიუების პრინციპით გამოკითხულ იქნა 80 ადამიანი (37 მამაკაცი და 43 ქალი). რესპონდენტები დაყოფილნი იყვნენ სამ ასაკობრივ ჯგუფად (30 წლამდე; 30-59; 60 და უფროსი ასაკის). გამოკვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ გამოკითხულთა 59 პროცენტი ქალაქის ეკოლოგიურ მდგომარეობას თვლიდა როგორც მძიმეს, ხოლო 18 პროცენტი აფასებდა როგორც ძალიან მძიმეს. დაახლოებით 40 პროცენტი თავიანთ ჯანმრთელობის მდგომარეობას აფასებდა როგორც ცუდს. გამოკითხულთა აზრით, ზემოაღნიშნული პრობლემების ძირითადი მაპროვოცირებელი ფაქტორებია: ჰაერის დაბინძურება და ხმაური.

UDC 314.581.5

**PROBLEMS OF POPULATION CAUSED BY AN ECOLOGICAL CONDITION OF INDUSTRIAL ZONES (ON AN EXAMPLE OF KASPI)** /Meladze G.G./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. - 2013. -vol.119. -pp.316-319- Eng., Summ. Georg., Eng., Russ.

Kaspi one of the largest producer of building materials in Georgia. According to official data population of the city in 2011 was 15.8 thousand. The purpose of this research was studying of influence of an ecological condition on population health. Our research included 5 interconnected stages: 1. Research preparation; 2. Gathering of the primary sociological information; 3. Preparation of the collected information for processing; 4. The analysis of the processed information; 5. Preparation of reports by results of research with conclusions and recommendations.

The project has been carried out by the Centre of Ecological Justice with support of fund of the Eurasian Partnership Foundation. In the city of Kaspi research was carried out to the period from 15 February to 31 March 2011. By a principle interview 80 persons (37 men and 43 women) have been interrogated. Respondents have been divided into 3 age groups (<30 years, 30-59 and 60 years and more). Results of research have shown that 59 percent interrogated considered that city's ecological condition has been heavy and 18 percent believed that very heavy. About 40 percent of respondents estimated the condition of their own health as bad. According to interrogated, provoking factors above mentioned problems basically are: air pollution and noise.

УДК 314.581.5

**ПРОБЛЕМЫ НАСЕЛЕНИЯ ВЫЗВАННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ЗОН (НА ПРИМЕРЕ Г.КАСПИ)** /Меладзе Г.Г./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета Грузии. -2013.-т.119.-с.316-319 - Англ., Рез. Груз., Англ., Рус.

Каспи один из крупнейших в Грузии производителей стройматериалов. По официальным данным 2011 года в городе проживало 15,8 тыс. жителей.

Целью данного исследования являлось изучение влияния экологического состояния на здоровье населения. Наше исследование включало 5 взаимосвязанных этапов: 1) подготовка исследования; 2) сбор первичной социологической информации; 3) подготовка собранной информации к обработке; 4) анализ обработанной информации; 5) подготовка отчетов по результатам исследования с выводами и рекомендациями. Проект был осуществлён центром экологической справедливости при поддержке фонда Евразийского сотрудничества. В городе Каспи исследование проводилось в период с 15 февраля по 31 марта 2011 года. По принципу интервьюирования было опрошено 80 человек (37 мужчин, 43 женщины). Respondents были разбиты на 3 возрастные группы (до 30 лет, 30-59 и 60 лет и старше).

По результатам исследования 59 процентов опрошенных считали что экологическое состояние города тяжёлое а 18 процентов полагали что очень тяжёлое. Около 40 процентов респондентов состояние своего здоровья оценивали как плохое. По мнению опрошенных, провоцирующими факторами вышеуказанных проблем в основном являются: загрязнение воздуха и шум.

უაკ 546.214, 66.094.35

## ეკოლოგიურად სუფთა და იაფი აბროსასურსათო პროდუქციის წარმოება

თალაკვაძე ვ.  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველო აგრარული ქვეყანაა და სოფლის მეურნეობა მისი ეკონომიკის ქვაკუთხედს წარმოადგენს. აქ შესაძლებელია თითქმის ყველა სახის აბროსასურსათო პროდუქციის ეკონომიკური თვალსაზრისით ეფექტიანი წარმოება. ადგილობრივი ბაზრის თითქმის სრულად დაკმაყოფილების შესაძლებლობის გარდა, წარმოებულ პროდუქციას რეალური საექსპორტო პოტენციალი აქვს.

საქართველოსათვის დამახასიათებელი მრავალფეროვანი კლიმატური პირობები და სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა ნაირსახეობა ამავე დროს განაპირობებს მცენარეთა მავნებლების, დაავადებების და სარეველების ფართო გავრცელებას. სოფლის მეურნეობაში გამოყენებულ ქიმიურ საშუალებათა რაოდენობა სწრაფი ტემპით იზრდება. დიდ დადებით ეფექტთან ერთად, მინერალური სასუქებისა და შხამქიმიკატების მასიური გამოყენება ზიანს აყენებს გარემოს, გამოყენებული სასუქების 50% და პესტიციდების 90% უმიზნოდ იფანტება გარემოში [1]; პესტიციდებით იღუპება არამარტო მავნე, არამედ სასარგებლო ფაუნაც; ვინაიდან მავნებლები პესტიციდებს ეგუება, ამიტომ საჭირო ხდება ახალი, უფრო ტოქსიკური შხამქიმიკატების გამოყენება. ამავე დროს უნდა აღინიშნოს შხამქიმიკატების მაღალი ღირებულება, რაც მძიმე ტვირთად აწევს მოსახლეობას.

პესტიციდების გამოყენების არსებული ტექნიკა და მეთოდები განაპირობებს მათ ინტენსიურ გაბნევას გარშემო. პესტიციდებით ყველაზე მეტად დაზინძურებულია ნიადაგები, საიდანაც ისინი ირეცხება ატმოსფერული და გრუნტის წყლებით. პესტიციდები ხვდებიან მდინარეებში, წყალსაცავებში, ხოლო მათი საბოლოო რეზერვუარი ზღვები და ოკეანეებია. პესტიციდების უმრავლესობას მაღალი ბიოკონცენტრირების კოეფიციენტი აქვთ. მათი მასიური გამოყენება, გადანაწილება ჰაერში, სასმელ წყლებში და საკვებ პროდუქტებში შესაძლო პირობებს ქმნის ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრისათვის.

ცხადია, ეკოლოგიურად უვნებელი პესტიციდი არ არსებობს და თუკი ეს მოხერხდება, მათი გამოყენება უნდა აიკრძალოს, ან შეიზღუდოს. ეს შესაძლებელი გახდება, თუ სელექციური მეთოდებით გამოყვანილი იქნება მავნებლებისა და დაავადებების გამძლე ჯიშები, ანდა მოიძებნება მათთან ბრძოლის რეალური და უვნებელი მეთოდები.

ეკოლოგიური ვითარების გაუმჯობესების მიზნით რამდენიმე ქვეყანაში შექმნილია ე.წ. ბიომეურნეობები, სადაც არათუ ქიმიურ საშუალებებს, ნაკელსაც კი არ იყენებენ. ასეთ მეურნეობაში მოსავლიანობა დაბალია, მაგრამ პროდუქცია ჩვეულებრივზე რამდენჯერმე ძვირია.

ამრიგად, ეკოლოგიურად სუფთა, მდგრადი აბროსასურსათო პროდუქციის წარმოებას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება და მეტად აქტუალურია დღევანდელ პირობებში. საქართველო მცირემიწიანი აგრარული ქვეყანაა, რომელსაც აქვს პოტენციალი აწარმოოს ეკოლოგიურად სუფთა სოფლის მეურნეობის პროდუქცია, რაც მნიშვნელოვანია საქართველოს ექსპორტის შესაძლებლობის გაზრდის კუთხითაც. შესაბამისად, ნათელია მიწის რესურსების ეფექტიანი მართვის მნიშვნელობა ქვეყნისათვის არამარტო გარემოს დაცვის, არამედ სოციალურ-ეკონომიკური თვალსაზრისითაც.

კვლევის მიზანს შეადგენს ეკოლოგიურად სუფთა, მდგრადი სასურსათო პროდუქციის წარმოება ოზონირებული წყლისა და ოზონის გამოყენებით ვენახის შესაწამლად და ხორბლის თესლის დასამუშავებლად. შეთავაზებული მეთოდოლოგიის მიხედვით პროდუქციის წარმოებისას ხდება გარემოს სისუფთავის შენარჩუნება და დაცვა. ამავე დროს, მიღებული პროდუქცია გაცილებით იაფი ჯდება ე.ი. მათი თვითღირებულება გაცილებით ნაკლებია იმ პროდუქციის თვითღირებულებასთან შედარებით, რომელიც სოფლის მეურნეობაში მიიღება ჩვეულებრივ, შხამქიმიკატების გამოყენებისას.

ოზონს ახასიათებს ანტივირუსული, ანტიბაქტერიული, და ანტიფუნგიციდური მოქმედება. ოზონის დაშლის შედეგად მიიღება მოლეკულური და ატომური ჟანგბადი. სწორედ ატომური ჟანგბადი მოქმედებს ვირუსებზე, მიკრობებზე და სოკოებზე დამღუპველად [2].

ოზონატორის საშუალებით წარმოიქმნება ოზონი აირის სახით, რომლის ბარბოტაჟი ხდება წყალში - მიიღება ოზონირებული წყალი. ოზონირებულ წყალსაც ახასიათებს ანტივირუსული, ანტიბაქტერიული და ანტიფუნგიციდური მოქმედება. ვენახის შეწამვლა მოხდება ოზონირებული წყლით, ხოლო ხორბლის თესლის დამუშავება - გაზობრივი ოზონის საშუალებით.



ოზონით დამუშავებისას სხვა ქიმიური საშუალებების გამოყენება არ არის საჭირო, რაც საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ბიოლოგიურად სუფთა პროდუქტი. ასევე ხარჯი ოზონის გამოყენებისას უმნიშვნელოა, რაც გვაძლევს ეკონომიკურ ეფექტს. საქართველოსთვის ოზონის გამოყენება სოფლის მეურნეობაში არის ინოვაციური მეთოდი.

უკრაინაში მარცვლეული კულტურების მოსავლიანობის პოტენციური დანაკარგი შეადგენს დაახლოებით 20%-ს მარცვლეულის მთლიანი მოსავლიდან. ამიტომ უკრაინაში ფართოდ არის გამოყენებული ამ პრობლემის გადაჭრის ერთ-ერთი პერსპექტიული და ეკოლოგიურად სუფთა მიმართულება - თესლის თესვისწინა დამუშავება ოზონით, რომლის მიხედვითაც ხდება, თესლის გარეგანი და შინაგანი ფიტოპათოგენური მიკროფლორის განადგურება, თესლის სიცოცხლისუნარიანობის აქტივიზაციის პროცესებისა და ვეგეტაციის პერიოდში გამოყენებული ქიმიური საშუალებებისგან მცენარითა დაცვა.

ცხრ. 1-ში მოყვანილია ოზონით თესლის თესვისწინა დამუშავების შედეგები, რომელიც განაპირობებს მოსავლიანობის მნიშვნელოვან ზრდას [3].

**ცხრ 1. თესლის თესვისწინა დამუშავების გავლენა ქერის მოსავლიანობაზე**

| ვარიანტები                | მოსავლიანობა, ტ/ჰა |      |      |      | საშუალო | კონტროლამდე |      |
|---------------------------|--------------------|------|------|------|---------|-------------|------|
|                           | 2000               | 2001 | 2002 | 2003 |         | ტ/ჰა        | %    |
| საკონტროლო(დაუმუშავებელი) | 2,59               | 2,27 | 3,23 | 3,49 | 2,90    | 0,00        | 0    |
| ოზონიანი                  | 3,36               | 2,60 | 3,60 | 4,02 | 3, 40   | 0,50        | 17,2 |

ყველა ჯიშის თესლის დამუშავებისათვის რეკომენდირებულია ოზონის 0,05-0,5 გ/მ<sup>3</sup> კონცენტრაცია. საველე მონაცემების მიხედვით დარეგისტრირებულია მოსავლიანობის შემდეგი მატება: ხორბალი-22%, ქერი-14%, ბარდა-11%, წიწიბურა-31% [4,5].

ამრიგად, თესლის დამუშავება ოზონით იწვევს:

- მავნე მიკროფლორის განადგურებას;
- თესლის ამოსვლის გაუმჯობესებას;
- არასასიამოვნო ზემოქმედებისადმი მცენარის გამძლეობის გაუმჯობესებას;
- მცენარის გაზრდისა და განვითარებისათვის უფრო ხელსაყრელი პირობების უზრუნველყოფას;
- საბოლოო ჯამში მოსავლიანობის გაზრდას.

ეკოლოგიურობა:

- ოზონი არ ახდენს მავნე გავლენას გარემოზე;
- ოზონი არ გროვდება გრუნტში;
- ოზონი არ გროვდება მცენარეულ პროდუქტებში.

ეკონომიურობა:

- ოზონი აჩქარებს თესლის აღმოცენებას და ხელს უწყობს მცენარის პროდუქტიულობის გაზრდას;
- ოზონი იწარმოება უშუალოდ თესლის დამუშავების ადგილზე, არ საჭიროებს შენახვას და ტრანსპორტირებას;
- რეაგენტის დაბალი ღირებულება;
- ქიმიური რეაგენტების გამოყენების 2-4 ჯერ შემცირება.

შედეგი:

- საშუალებას იძლევა 10-15%-ით გაზარდოს მოსავლიანობა ქიმიურ დამუშავებასთან შედარებით.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გ.სუპატაშვილი "გასრემოს ქიმია (ეკოქიმია)", თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, გ.41-52, 2009;
2. Луин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. – Физическая химия озона. - М., изд-во МГУ, 480 ст. 1998;
3. Ганичев В.В. - Применение озонных технологии в сельском хозяйстве. – Материалы V Всеукраинской научно-практической конференции «Современные аспекты применения озона в медицине и быту», Украина, г. Ялта, ст.144-150, 2007;
4. Силантьев В.В. - Применение озона в гигиенических и экологических целях. - М.; Имидж, 17 ст. 1992;
5. Синтез озона и современные озонные технологии. Материалы XXII-го Всероссийского семинара. М. изд-во МГУ, 53 ст. 2001.

**უკ: 546.214, 66.094.35**

**ეკოლოგიურად სუფთა და იაფი აგროსასურსათო პროდუქციის წარმოება** /თალაკვაძე ვ.ვ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.320-322-ინგლ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ნაშრომში განხილულია ეკოლოგიურად სუფთა და იაფი აგროსასურსათო პროდუქციის წარმოებისათვის ინოვაციური მეთოდის - ოზონირებული წყლისა და ოზონის გამოყენება სოფლის მეურნეობაში.

**UDC: 546.214, 66.094.35**

**Production of low-cost and environmentally friendly agricultural products** /Talakovadze V.V./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.320-322- Eng.; Summ. Georg., Eng., Russ.

The article deals with the production of clean and cheap agricultural products using an innovative method of ozonated water and ozone in agriculture.

**УДК: 546.214, 66.094.35**

**Производство дешевых и экологически чистых агропродуктов** /Талаквадзе В.В./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.320-322 - Англ., Рез. Груз., Англ., Рус.

В работе рассматривается производство экологически чистых и дешевых агропродуктов с применением инновационного метода озонированной воды и озона в сельском хозяйстве.

უაკ 697.947, 66.094.35

**ხელოვნური თევზსაშენების ოზონირებული წყლით დამუშავების  
ეფექტურობა**

თალაკვაძე ვ.  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ეკოლოგიური თვალსაზრისით, სოფლის მეურნეობა ერთ-ერთი „სუფთა“ დარგი იქნებოდა, რომ არ მომხდარიყო მისი ქიმიზაცია. მოსავლიანობის გაზრდისა და მავნებლებისაგან მისი დაცვის მიზნით, სოფლის მეურნეობაში გამოყენებულ ქიმიურ საშუალებათა რაოდენობა სწრაფი ტემპით იზრდება. დიდ დადაებით ეფექტთან ერთად, მინერალური სასუქებისა და შხამქიმიკატების მასიური გამოყენება ზიანს აყენებს გარემოს. გამოყენებული სასუქების 50% და პესტიციდების 90% უმიზნოდ იფანტება გარემოში; პესტიციდებით იღუპება არამარტო მავნე, არამედ სასარგებლო ფაუნაც; ვინაიდან მავნებლები პესტიციდებს ეგუება, ამიტომ, საჭირო ხდება ახალი, უფრო ტოქსიკური შხამქიმიკატების გამოყენება [1].

პესტიციდებით ყველაზე მეტად დაბინძურებულია ნიადაგები, საიდანაც ისინი ირეცხება ატმოსფერული და გრუნტის წყლებით. პესტიციდები ხვდებიან მდინარეებში, წყალსაცავებში, ხოლო მათი საბოლოო რეზერვუარი ზღვები და ოკეანეებია. პესტიციდების უმრავლესობას მაღალი ბიოკონცენტრირების კოეფიციენტი აქვთ. მათი მასიური გამოყენება, გადანაწილება ჰაერში, სასმელ წყლებში და საკვებ პროდუქტებში შესაძლო პირობებს ქმნის ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრისათვის.

ზედაპირული წყლები (მდინარეები, ტბები, წყალსაცავები) მტკნარი წყლის ძირითადი, რეალური, განახლებადი რესურსია. ჩვეულებრივ ზედაპირულ წყლებს აქვთ მცირე და საშუალო მინერალიზაცია. ბოლო საუკუნის მანძილზე მდ. არაგვისა და, განსაკუთრებით, მტკვრის მინერალიზაცია რამდენადმე გაიზარდა. ეს ცვლილება ლოგიკურია, რადგან ამ პერიოდში შესამჩნევად გაიზარდა რეგიონის ანთროპოგენური დატვირთვა. [1].

ბუნებრივი წყლები ჰეტეროგენული სისტემებია. დისპერსული ფაზა ჩვეულებრივ წარმოდგენილია ნიადაგების და ქანების ეროზიის პროდუქტებით, აგრეთვე ბიოგენური (პლანქტონი და სხვა), ქემოგენური (კარბონატები, ჰიდროქსიდები) და ანთროპოგენური ნივთიერებებით.

წყლის დაბინძურების შედეგად იცვლება მისი ფიზიკური თვისებები (ფერი, სუნი, სიმღვრივე), ქიმიური შედგენილობა (ორგანული და ბიოგენური ნივთიერებები, მძიმე ლოთონები და სხვა), მიკროფლორა.

წყლის ხარისხისადმი მოთხოვნილება არსებითად განსხვავდება იმის მიხედვით, თუ წყალს რა გამოყენება აქვს. ამან წარმოშვა თევზსამეურნეო ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზღვ), რომლის მიზანია წყალსაცავების, როგორც თევზსამეურნეო და თევზჭერითი, ბაზის დაცვა, მეთევზეობისა და თევზჭერის განვითარება. ამიტომ თევზსამეურნეო ზღვ-ის გაანგარიშებისას უპირველესყოფლისა ითვალისწინებენ ქიმიური ნივთიერებების შესაძლო ზემოქმედებას წყლის თვითგასუფთავების პროცესებზე და წყლის ეკოსისტემების (წყალმცენარეები, ბაქტერიები, მოლუსკები, თევზები) სიცოცხლისუნარიანობაზე, აგრეთვე თევზის პროდუქციის ხარისხის გაუარესებაზე.

თევზები ადამიანთან და თბილსისხლიან ცხოველებთან შედარებით უფრო მეტად მგრძობიარენი არიან ტოქსიკური ნივთიერებების მიმართ. ლაყუნების საშუალებით მათ ორგანიზმში ხვდება უფრო მეტი ტოქსიკური ნივთიერება, ვიდრე ადამიანი ან თბილსისხლიანი ცხოველი ღებულობს ჰაერიდან სუნთქვის დროს [2].

წარმოდგენილი შრომის მიზანია ხელოვნური წყალსაცავების დაცვა გაბინძურებისაგან ოზონირებული წყლის გამოყენებით. ეს არის საქართველოს პირობებისათვის ნანოტექნოლოგია, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც მეცნიერული, ისე ეკონომიკური სფეროსთვისაც, ვინაიდან ჩატარებული სამუშაოების შედეგად გაიზრდება სასურსათო პროდუქციის მოსავლიანობა, რაც ხელს შეუწყობს რეგიონის სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებას და შესაბამისად, მნიშვნელოვან მატერიალურ, ეკოლოგიურ და ეკონომიკურ ეფექტს მოიტანს.

ოზონს ახასიათებს ანტივირუსული, ანტიბაქტერიული და ანტიფუნგიციდური მოქმედება. ოზონის დაშლის შედეგად მიიღება მოლეკულური და ატომური ჟანგბადი. სწორედ ატომური ჟანგბადი მოქმედებს ვირუსებზე, მიკრობებზე და სოკოებზე დამღუპველად. ხოლო მოლეკულური ჟანგბადის მოქმედე-

ბით ცოცხალ ორგანიზმზე ხდება იმუნიტეტის მომატება და ნივთიერებათა ცვლის გაძლიერება, რაც დადებითად აისახება ცოცხალ ორგანიზმზე [3].

ოზონირებულ წყალს აქვს ფართე გამოყენება მეთევზეობაში კერძოდ: შენობების, საწყობების და მოწყობილობების დეზინფექციისთვის; თევზების მოშენების დროს წყლის გაუსნებოვნებისთვის; თევზების დაავადებების პროფილაქტიკისთვის და სხვა [4].

დაკვირვებები ტარდება დუშეთის რაიონში სოფ. თხილიანა (შუაფხო)-ში ხელოვნურ წყალსაცავზე, სადაც ხდება თევზის მოშენება სარეალიზაციოდ. წყალსაცავი ივსება არაგვის წყლით. წყალსაცავის დამუშავება და ლიფსიტების გამოსაყვანი აუზი მუშავდება ოზონირებული წყლით. წყლის სინჯების აღება შესამოწმებლად ხდება აუზში შემავალი (N1), აუზის (ექვსი აუზია N2-N7) და აუზიდან გამავალი (N8) წყლის საკონტროლო და საცდელი ვარიანტებიდან [5].

ცხრილ 1-ში მოცემული 2012 წლის აგვისტოს თვის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები.

**ცხრილი 1. ხელოვნური წყალსაცავის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები**

| №                 | მეზოფილური აერობები და ფაკულტა-ტური ანაერობები 1მლ-ში |                       | საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები 300მლ-ში | E-coli 300 მლ-ში |
|-------------------|---|-----------------------|--|------------------|
|                   | ზღკ   |                       |  |                  |
|                   | <100-22 <sup>0</sup> C                                | <20-37 <sup>0</sup> C | არ დაიშვება                            | არ დაიშვება      |
| <b>საკონტროლო</b> |   |                       |  |                  |
| 1                 | 125   | 40                    | აღმოჩნდა                               | არ აღმოჩნდა      |
| 2                 | 142   | 47                    |  |                  |
| 3                 | 185   | 52                    |  |                  |
| 4                 | 193   | 38                    |  |                  |
| 5                 | 175   | 43                    |  |                  |
| 6                 | 165   | 54                    |  |                  |
| 7                 | 187   | 61                    |  |                  |
| 8                 | 210   | 65                    |  |                  |
| <b>საცდელი</b>    |   |                       |  |                  |
| 1                 | 45  | 15                    | არ აღმოჩნდა                            | არ აღმოჩნდა      |
| 2                 | 58  | 9                     |  |                  |
| 3                 | 74  | 10                    |  |                  |
| 4                 | 67  | 12                    |  |                  |
| 5                 | 60  | 7                     |  |                  |
| 6                 | 86  | 5                     |  |                  |
| 7                 | 88  | 13                    |  |                  |
| 8                 | 95  | 17                    |  |                  |

ანალიზის შედეგების მიხედვით ოზონირებამდე აღებული ყველა ნიმუში (N1-N8), ე.ი საკონტროლო ვარიანტები დაბინძურებულია კოლიფორმული ბაქტერიებით, ხოლო მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობების რაოდენობა სცილდება ნორმის (<100-22<sup>0</sup>C და <20-37<sup>0</sup>C ) ფარგლებს.

ოზონირების შემდეგ კოლიფორმული ბაქტერიების ამოთესვა არ დაფიქსირებულა არც ერთ ნიმუშში (N1-N8) - საცდელ ვარიანტზე. მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების რაოდენობა ნორმის ფარგლებშია. ნაწლავის ჩხირები არც ერთ ნიმუშში არ აღმოჩენილა.

ფერმერებმა უნდა ირწმუნონ, რომ ნანოტექნოლოგიის გამოყენებით ისინი შეამცირებენ სამეურნეო დანახარჯებს, უფრო მომგებიანად გაყიდონ ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქციას და რაც მთავარი-სტაბილურს გახდიან შემოსავლებს. ეს პროცესები თანდათან მიგვიყვანს სოფლად ცხოვრების დონის ამაღლებასთან და ფერმერულ მეურნეობათა გაზრდილ შესაძლებლობასთან.

## ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გ.სუპატაშვილი "გასრემოს ქიმია (ეკოქიმია)", თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 186 გვ., 2009;
2. კ.ბილაშვილი, მ.ელიზბარაშვილი, ნ.წიფწივაძე "ზღვის ეკოლოგია", თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 238 გვ., 2009;
3. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н.– Физическая химия озона. - М., изд-во МГУ, 480 ст. 1998;
4. Ганичев В.В. - Применение озонных технологии в сельском хозяйстве. – Материалы V Всеукраинской научно-практической конференции «Современные аспекты применения озона в медицине и быту», Украина, г. Ялта, ст.144-150, 2007;
5. სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი - საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანება №349/ნ 2007 წლის 17 დეკემბრი, თბილისი.

უაკ: 697.947, 66.094.35

**ხელოვნური თევზსაშენების ოზონირებული წყლით დამუშავების ეფექტურობა /თალაკვაძე ვ.ვ./ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ. 119, გვ.323-325, 2013. ქართ.; რუმ. ქართ., ინგლ., რუს.**

ნაშრომში განხილულია ხელოვნური თევზსაშენის ოზონირებული წყლით დამუშავების ეფექტურობა. მოცემულია დუშეთის რაიონის ხელოვნური წყალსაცავის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები.

UDC: 697.947, 66.094.35

**Effectiveness of treatment with ozonated water artificial fish nurseries/Talakovadze V.V./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.323-325- Eng.; Summ. Georg., Eng., Russ.**

This paper considers the effectiveness of treatment with ozonated water artificial fish nurseries. Given the results of the microbiological analysis of an artificial pond in Dusheti region.

УДК: 697.947, 66.094.35

**Эффективность обработки озонированной водой искусственных рыбопитомников/Талаквадзе В.В./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.323-325 - Англ., Рез. Груз., Англ., Рус.**

В работе рассматривается эффективность обработки озонированной водой искусственных рыбопитомников. Даны результаты микробиологического анализа искусственного водоема в Душетском районе.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის  
საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის  
“ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები”**

**დ ა დ ბ ე ნ ი ლ ე ბ ა**

ქ.თბილისი

29 მაისი 2013 წ.

2013 წლის 28-29 მაისს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში ჩატარდა საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია თემაზე “ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები”. კონფერენციაზე განხილული იყო საქართველოს, აზერბაიჯანის, სომხეთის, რუსეთის, აშშ-ს, უკრაინის სამეცნიერო-კვლევითი, უმაღლესი სასწავლო დაწესებულებების, სამთავრობო სტრუქტურებისა და სხვა ორგანიზაციების წარმომადგენელთა მოხსენებები, რომლებიც ეხებოდა შემდეგ პრობლემებს:

- 1) წყლის რესურსები, მათი პროგნოზი და მართვა;
- 2) საინჟინრო ჰიდროლოგია;
- 3) მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია;
- 4) ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება;
- 5) ჰიდრომეტეოროლოგიური და ეკოლოგიური პროცესების მართვა.

კონფერენციაზე წარმოდგენილი მოხსენებების მოსმენისა და განხილვის შედეგად სესიის მონაწილენი მიმართავენ საქართველოს პრეზიდენტს და მთავრობას შემდეგი წინადადებებით:

1. შემდგომი განვითარება უნდა ჰპოვოს დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა ისეთმა მიმართულებებმა, როგორცაა მეტეოროლოგიური, აგრომეტეოროლოგიური, ჰიდროლოგიური, ბუნებრივი გარემოს (ატმოსფერული ჰაერი, ზღვისა, მდინარისა და მიწისქვეშა წყლები, ნიადაგები, მცენარული საფარი) დაბინძურების საპროგნოზო მეთოდების დამუშავება;
2. ქვეყნის მთიან თავისებურებათა გათვალისწინებით მეტი ყურადღება დაეთმოს საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების რისკების კვლევა და განაწილების კარტირებას, მათი საპროგნოზო მეთოდების შექმნას და ადრეული გაფრთხილების სისტემების დამუშავებას;
3. სათანადო ყურადღება უნდა დაეთმოს ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელის განვითარებასთან დაკავშირებულ სამეცნიერო-ტექნიკურ და სამეცნიერო-მეთოდურ ამოცანათა გადაწყვეტას;
4. აუცილებელია ივ.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოფიზიკის ინსტიტუტის ატმოსფერული და სადრუბლო პროცესების კვლევის ლაბორატორიული კომპლექსის აღდგენა-განვითარება;
5. ბოლო წლებში სტიქიით (წყალდიდობები, თოვლის ზვავები, ღვარცოფები, სეტყვა და გვალვა) ქვეყნისთვის მიყენებული დიდმა ეკონომიკურმა ზარალმა დღის წესრიგში დააყენა ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების ხელოვნური რეგულირების სამუშაოთა აღდგენა, მათთან დაკავშირებული კვლევების განახლება. ამ დარგში 30-წლიანი მუშაობის გამოცდილება გააჩნია ჰიდრომეტეოროლოგიის და გეოფიზიკის ინსტიტუტებს;
6. კონფერენციაზე მოსმენილი მოხსენებების კრებული, გამოცემული ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მიერ, მიზანშეწონილია დაეგზავნოს საჯარო, მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის, უნივერსიტეტების და საქინფორმის ბიბლიოთეკებს;
7. კონფერენციის დადგენილების ტექსტი გადაეცეს ეკონომიკური განვითარების, ენერჯეტიკის, გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების, სოფლის მეურნეობის სამინისტროებს და სამთავრობო უწყებებს, არასამთავრობო ორგანიზაციებს, რომელთა საქმიანობა დაკავშირებულია ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის პრობლემებთან.