



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი



ბ. ბერიტაშვილი, თ. ცინცაძე, ნ. კაკანაძე

ნაღმეთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოები საქართველოში



თბილისი
2020

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

ბაკურ ბერიტაშვილი
თენგიზ ცინცაძე
ნაილი კაპანაძე

ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოები საქართველოში

Bakur Beritashvili
Tengiz Tsintsadze
Naili Kapanadze

Precipitation Enhancement Activities in Georgia

Бакур Шалвович Бериташвили
Тенгиз Нодаревич Цинцадзе
Наили Ивановна Капанадзе

Работы по искусственному увеличению осадков в Грузии

თბილისი – Tbilisi –Тбилиси

2020

ISBN 978-9941-8-2658-0

რედაქტორი: ფიზ.-მათ. მეცნიერებათა დოქტორი
ავთანდილ ამირანაშვილი

რეცენზენტები:

გეოგრაფ. მეცნ. დოქტორი, გარემოს ეროვნულ სააგენტოს ჰიდრომეტეოროლოგიის
დეპარტამენტის უფროსი **რამაზ ჭითანავა**

სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი **გიორგი მელაძე**
ფიზ.-მათ. მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

ზურაბ ხვედელიძე

Editor: Dr. Sci in Phys.-Math. **Avtandil Amiranashvili**

Reviewers:

Dr. Sci. in Geograph, Head of Hydrometeorological Department of the National Environmental Agency

Ramaz Chitanava

Dr. Sci in Agriculture, Professor **Giorgi Meladze**

Dr. Sci in Phys.-Math., Professor **Zurab Khvedelidze**

Редактор: Доктор физ.-мат. наук **Автандил Амиранашвили**

Рецензенты:

Доктор географ. наук, Начальник департамента гидрометеорологии Национального агентства
по окружающей среде **Читанавა Рამაზ**

Доктор с.-х. наук, Профессор **Георгий Меладзе**

Доктор физ.-мат. наук, Профессор **Зураб Хведелидзе**

უაკ 551. 583

მონოგრაფიაში წარმოდგენილია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მიერ ნალექთა ხელოვნური გაზრდის მიზნით 1979-1990 წლებში წარმოებულ სამუშაოთა მთელი სპექტრი. შესწავლილია აღნიშნულ სამუშაოთა ჩასატარებლად შერჩეული იორისა და ხრამი-ფარავანის პოლიგონებისთვის რელიეფი, ნიადაგები, კლიმატური ზონები, მცენარეული საფარი და სხვ., რაც მომავალში საჭირო იქნება წყლის რესურსების მართვის მოდელების ასაგებად. შემოთავაზებულია აღნიშნულ სამუშაოთა ისტორია, ორგანიზაცია, გამოყენებული ტექნოლოგია, ნალექთა ხელოვნური გაზრდის ფიზიკური საფუძვლები და ღრუბლებზე ზემოქმედების ჩატარებისა და ეფექტურობის კონტროლის მეთოდები. მოცემულია საკვლევ პოლიგონებზე 1979-1990 წლებში ჩატარებულ ნალექთა ხელოვნური გაზრდის ექსპერიმენტულ სამუშაოთა შემაჯამებელი შედეგები.

განხილულია აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური რეგულირების სამუშაოთა აღდგენის პერსპექტივები, რ/ლ დაკვირვებებისა და ღრუბლებში რეაგენტის შეტანის ახალი ტექნოლოგიების დანერგვის, ასევე დაკვირვების მონაცემთა მიღების, დამუშავებისა და არქივირების თანამედროვე მეთოდების გათვალისწინებით. დასაბუთებულია ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ჩართვის მიზანშეწონილობა აღმოსავლეთ საქართველოში წყლის ინტეგრირებული მართვის სამომავლო სისტემაში. შემოთავაზებულია საბაზრო ეკონომიკის პირობებში ნსვ სამუშაოთა ახალი ფორმით განხორციელების სავარაუდო ბლოკ-სქემა და ის სამართლებრივი ასპექტები, რასაც შესაძლოა შეიცავდეს აღნიშნული სამუშაოები.

UDC 551.583

The cloud seeding complete activities conducted by the Institute of Hydrometeorology during 1979-90 years is presented in the monograph. In order to accomplish mentioned activities for selected Iori and Khrami-Paravani polygons the relief, soils, climatic zones, vegetation cover and etc. have been studied. The following is discussed in presented monograph: history of activities, organization and used technology, physical substantiation of cloud seeding research and methods to carry out and control weather modification experiment. Furthermore summary of weather modification experiment results carried out on selected polygons in 1979-90 years.

The restoration outlook of cloud seeding activities has been drawn considering radiolocation observation and introduction of seeding reagent new technologies, also modern techniques of database processing in Eastern Georgia. The involvement expediency of precipitation artificial increasing by cloud seeding in Eastern Georgia in water integrated management future system has been justified. The probabilistic scheme of precipitation artificial increasing by cloud seeding under market economy and legislative aspects of mentioned activities have been proposed.

УДК. 551. 583

В монографии представлен весь спектр работ по искусственному увеличению осадков, проведенных Институтом Гидрометеорологии в 1979-1990 гг. Изучены рельеф почва, климатические зоны и растительный покров Иорского и Храм-Параванского полигонов, выбранных для проведения указанных работ, что необходимо для построения моделей управления водными ресурсами. Предложена история, организация, технология, физические основы искусственного увеличения осадков и методы проведения и контроля эффективности воздействия на облака указанных работ. Даны итоговые результаты экспериментальных работ по искусственному увеличению осадков, проведенных в 1979-1990 гг. на исследуемых полигонах.

Рассмотрены перспективы восстановления работ по искусственному регулированию осадков на территории Восточной Грузии. Внедрение новых автоматизированных систем радиолокационных наблюдений. Обоснована целесообразность включения работ по искусственному увеличению осадков в будущие системы интегрированного регулирования водных ресурсов в Восточной Грузии. В условиях рыночной экономики предложена возможная блок-схема осуществления работ по искусственному увеличению осадков по новой форме и правовые аспекты предлагаемых работах.

შინაარსი

გვ.

შემოკლებები და აღნიშვნები.		10		
წინასიტყვაობა		12		
შესავალი		14		
თავი 1.	საცდელი ტერიტორიის დახასიათება		17	
	1.1.	საცდელი ტერიტორიების შერჩევა	17	
	1.2.	იორის პოლიგონი		18
		1.2.1.	რელიეფი	18
		1.2.2.	ჰავა	19
		1.2.3.	ნიადაგები, ლანდშაფტები და მცენარეული საფარი	24
		1.2.4.	ჰიდროლოგიური ქსელი	25
	1.2.5.	მოსახლეობა და ეკონომიკა	28	
	1.3.	ხრამი-ფარანის პოლიგონი		29
		1.3.1.	რელიეფი	29
		1.3.2.	ჰავა	30
		1.3.3.	ნიადაგები, ლანდშაფტები და მცენარეული საფარი	31
		1.3.4.	ჰიდროლოგიური ქსელი	36
1.3.5.	მოსახლეობა და ეკონომიკა	37		
დასკვნები		38		
თავი 2.	ნალექთა ხელოვნური გაზრდის მიზნით ღრუბლებზე ზემოქმედების ეფექტის დადგენის შესაძლებლობის შეფასება		39	
	2.1.	ზოგადი შენიშვნები	39	
	2.2.	ზემოქმედების ეფექტურობის კონტროლის მეთოდები	39	
	2.3.	ამოცანის დასმა	40	
	2.4.	გამოთვლათა შედეგები	41	
	2.5.	ნხვ საერთაშორისო პროექტში 1979-1981 წლებისთვის დასახული მიზნები და პროგრამის შესრულების ძირითადი ხარვეზები	43	
	დასკვნები		45	
თავი 3.	ნალექთა ხელოვნური გაზრდის ფიზიკური საფუძვლები		47	
	3.1.	ზოგადი შენიშვნები	47	
	3.2.	ზემოქმედება გადამეტცივებულ ღრუბლებზე	47	
	3.3.	ზემოქმედება თბილ ღრუბლებზე	48	
	3.4.	ზემოქმედება შერეულ ფაზურ მდგომარეობაში მყოფ ღრუბლებზე	49	
დასკვნები		50		
თავი 4.	ნალექთა ხელოვნური გაზრდის მიზნით კონვექციურ ღრუბლებზე ზემოქმედების მეთოდიკა		51	
	4.1.	გროვა-საწვიმარი ღრუბლების განვითარების სპეციალიზებული პროგნოზი	51	
	4.2.	ზემოქმედების ობიექტის შერჩევა	51	
	4.3.	კონვექციური ღრუბლების ზემოქმედებისათვის ვარგისიანობის კრიტერიუმები	54	
	4.4.	მძლავრ კონვექციურ ღრუბლებზე ზემოქმედების ჩატარების სქემები	55	
	4.5.	მაკრისტალეზული რეაგენტის დოზირება	56	
	4.6.	ზემოქმედების ჩატარებული ოპერაციის დოკუმენტირება, წინასწარი ანალიზი და არქივირება	58	
დასკვნები		59		
თავი 5.	ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ეფექტურობის კონტროლი		60	
	5.1.	ზოგადი ცნობები	60	
	5.2.	საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიებზე წლის თბილ პერიოდში ნალექთა რეჟიმის ცვლილება ზემოქმედების ჩატარების შედეგად	60	
	5.3.	რანდომიზებული ზემოქმედების პირობებში საცდელ ტერიტორია-	61	

	ზე ნხვ სამუშაოთა ეფექტურობის შეფასება სტატისტიკური მოდე- ლირებით	
	5.4. ზემოქმედების ეფექტურობის შეფასება რ/ლ მონაცემების საფუძ- ველზე	63
	5.5. სტატისტიკური მეთოდების გამოყენება ზემოქმედების ეფექტურო- ბის ჰიდროლოგიურ შეფასებაში	65
	5.6. ნხვ სამუშაოთა ეკონომიკური ეფექტურობა	67
	5.7. ნხვ სამუშაოთა ეფექტურობის კონტროლი მათემატიკური მოდე- ლირების გამოყენებით	69
	5.8. ნხვ სამუშაოთა გარემოზე ზემოქმედების შეფასება	70
	დასკვნები	71
თავი 6.	პროექტის შემაჯამებელი მონაცემები	73
	6.1. ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა შედეგები	73
	6.2. საცდელ ღრუბელთა რეაგირება ზემოქმედებაზე საკონტროლო ღრუბლებთან შედარებით	76
	დასკვნები	79
თავი 7	აღმოსავლეთ საქართველოში ნხვ სამუშაოთა აღდგენის პერსპექტივები	81
	7.1. ზოგადი ცნობები	81
	7.2. ნხვ სამუშაოთა აღდგენის პერსპექტივები კლიმატური მონაცემე- ბის გათვალისწინებით	81
	7.3. ნხვ სამუშაოთა ორგანიზაციისა და წარმოების საკითხები საბაზ- რო ეკონომიკის პირობებში	84
	7.4. ნხვ სამუშაოთა ჩატარების სამართლებრივი ასპექტები	87
	7.5. ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა ნხვ სამუშაოებში	89
	7.6. ნხვ სამუშაოების ჩართვა აღმოსავლეთ საქართველოში წყლის ინ- ტეგრირებული მართვის სამომავლო სისტემაში	90
	დასკვნები	92
დანართები		94
დანართი 1.	საქართველოს კვ ცენტრალური კომიტეტისა და საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს დადგენილება № 478 „ნალექთა ხელოვ- ნური გაზრდის სამუშაოთა ჩატარების შესახებ“	95
დანართი 2.	მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის ნალექთა გაზრდის პროექტის მოკლე მიმოხილვა – 1985 წ. (ნხვ მოხსენება № 34)	98
დანართი 3.	საქართველოში ნხვ სამუშაოთა საწარმოებლად გამოყენებული ტექნიკური საშუალებები	106
დანართი 4.	პროექტის შემსრულებელთა მონაწილეობა კონფერენციებში, სა- მეცნიერო სესიებსა და სხვა შეხვედრებში	110
დანართი 5.	პროექტის შემსრულებელთა სია (1979-1990)	113
დანართი 6.	ნხვ სამუშაოთა განახლების შემთხვევაში გამოსაყენებელი ტექნი- კური საშუალებები	114
დანართი 7.	სპეციალური ტერმინების განმარტებითი ლექსიკონი (გლოსარიუ- მი)	116
გამოყენებული ლიტერატურა		118

CONTENTS

		pp.		
Foreword		12		
Introduction		14		
Chapter 1.	Characterization of the trial territories		17	
	1.1.	Selection of trial territories	17	
	1.2.	Iory Polygon		18
		1.2.1.	Relief	18
		1.2.2.	Climate	19
		1.2.3.	Soil, landscape and land cover	24
		1.2.4.	Hydrological network	25
		1.2.5.	Population and economics	28
	1.3.	Khrami- Paravani Polygon		29
		1.3.1.	Relief	29
		1.3.2.	Climate	30
		1.3.3.	Soil, landscape and land cover	31
		1.3.4.	Hydrological network	36
		1.3.5.	Population and economics	37
Conclusions		38		
Chapter 2.	Assessment of impact efficiency possibility on clouds aiming on precipitation artificial increase		39	
	2.1.	General remarks	39	
	2.2.	Controlling methods of impact efficiency	39	
	2.3.	Set of the problem	40	
	2.4.	Calculation results	41	
	2.5.	International weather modification project goals in 1979-1981 and main shortcomings in project implementation	43	
	Conclusions		45	
Chapter 3.	The physical basics of weather modification		47	
	3.1.	General remarks	47	
	3.2.	Impact on supercool clouds	47	
	3.3.	Impact on warm clouds	48	
	3.4.	Impact on mixed phase clouds	49	
	Conclusions		50	
Chapter 4.	Impact methods on convective clouds aiming on precipitation artificial increase		51	
	4.1.	Specialized forecast for the development of cumulonimbus clouds	51	
	4.2.	Selection of impact objects	51	
	4.3.	Assessment efficiency criteria for convective clouds	54	
	4.4.	Powerful convective cloud patterns	55	
	4.5.	Dosage of crystallizing reagents	56	
	4.6.	Documentation, preliminary analysis and archiving of impact operations	58	
	Conclusions		59	
Chapter 5.	Efficiency control of precipitation artificial increase activities		60	
	5.1.	General information	60	
	5.2.	Precipitation regime changing on trial and control area after impact in warm period of year	60	
	5.3.	Efficiency assessment of weather modification activities under random impact conditions in trial area using statistical modeling	61	
	5.4.	Evaluation of impact efficiency based on radar data	63	
	5.5.	Using of statistical methods in hydrological impact assessment	65	
	5.6.	Economical efficiency of weather modification	67	
	5.7.	Monitoring of the weather modification efficiency using mathematical modeling	69	
	5.8.	Assessment of the environmental impact of precipitation artificial increase	70	

	activities	
	Conclusions	71
Chapter 6.	Final results of the project	73
	6.1. The results of precipitation artificial increase activities	73
	6.2. The response of trial clouds on impact compared to control clouds	76
	Conclusions	79
	Prospects for the precipitation artificial increase restoration in eastern Georgia	81
Chapter 7.	7.1. General information	81
	7.2. Prospects of the weather modification restoration based on climate data	81
	7.3. Organization and production issues of precipitation artificial increase in the market economy	84
	7.4. The legislative aspects of weather modification activities	87
	7.5. The introduction of new technologies in precipitation artificial increase activities	89
	7.6. Embed of precipitation artificial increase activities in the future integrated water resources management system of eastern Georgia	90
	Conclusions	92
Appendices		94
Appendix 1.	Decree of the Central Committee of Georgia and the Council of Ministers of the Georgian SSR No. 478 “On the pilot production of precipitation artificial increase ”	95
Appendix 2.	Summary of the World Meteorological Organization (WMO) Precipitation artificial increase Project (1985). (Report No. 34)	98
Appendix 3.	Technical means used in Georgia during the precipitation artificial increase activities	106
Appendix 4.	Participation of project implementers in conferences, scientific sessions and other scientific and organizational meetings.	110
Appendix 5.	List of project implementers (1979-1990)	113
Appendix 6.	Technical means necessary for the recovery of the precipitation artificial increase activities	114
Appendix 7.	Glossary	116
Used literature		118

Содержание

		Ст.		
Предисловие		12		
Введение		14		
Глава 1.	Характеристика опытных территорий		17	
	1.1.	Выбор опытных территорий	17	
	1.2.	Иорский полигон		18
		1.2.1.	Рельеф	18
		1.2.2.	Климат	19
		1.2.3.	Почвы, Ландшафты и Растительный покров	24
		1.2.4.	Гидрологическая сеть	25
	1.2.5.	Население и экономика	28	
	1.3.	Храм-Параванский полигон		29
		1.3.1.	Рельеф	29
		1.3.2.	Климат	30
		1.3.3.	Почвы, Ландшафты и Растительный покров	31
		1.3.4.	Гидрологическая сеть	36
	1.3.5.	Население и экономика	37	
Выводы		38		
Глава 2.	Оценка возможности установления эффекта искусственного воздействия на облака с целью увеличения осадков		39	
	2.1.	Общие замечания	39	
	2.2.	Методы контроля эффективности воздействия	39	
	2.3.	Постановка задачи	40	
	2.4.	Результаты вычислений	41	
	2.5.	Поставленные цели и выявленные погрешности при разработке международного проекта по искусственному увеличению осадков (1979-1981 гг)	43	
	Выводы		45	
Глава 3.	Физические основы искусственного увеличения осадков		47	
	3.1.	Общие замечания	47	
	3.2.	Воздействия на переохлажденные облака	47	
	3.3.	Воздействие на теплые облака	48	
	3.4.	Воздействие на облака, находящихся в смешанном фазовом положении	49	
Выводы		50		
Глава 4.	Методика воздействия на конвективные облака с целью искусственного увеличения осадков		51	
	4.1.	Специализированный прогноз развития кучево-дождевых облаков	51	
	4.2.	Выбор объектов воздействия	51	
	4.3.	Критерии оценки воздействия на конвективные облака	54	
	4.4.	Схемы воздействия на мощные конвективные облака	55	
	4.5.	Дозировка кристаллизирующих реагентов	56	
	4.6.	Документация, предварительный анализ и архивация проведенных операций воздействия	58	
Выводы		59		
Глава 5.	Контроль эффективности работ по искусственному увеличению осадков		60	
	5.1.	Общие сведения	60	
	5.2.	Изменение режима осадков после проведения воздействия на опытной и контрольной территориях в теплый период года	60	
	5.3.	Оценка эффективности работы рандомизированного воздействия на опытной территории методом статистического моделирования	61	
	5.4.	Оценка эффективности воздействия на основе радиолокационных данных	63	
	5.5.	Применение статистических методов при гидрологических оценках эффективности воздействия	65	

	5.6.	Экономическая эффективность работы по искусственному увеличению осадков	67
	5.7.	Контроль эффективности работ по искусственному увеличению осадков методом математического моделирования	69
	5.8.	Оценка влияния работ по искусственному увеличению осадков на окружающую среду	70
	Выводы		72
Глава 6.	Заключительные результаты проекта		73
	6.1.	Результаты экспериментальных работ по искусственному увеличению осадков	73
	6.2.	Реакция на воздействия опытных облаков по сравнению с контрольными облаками	76
	Выводы		79
Глава 7.	Перспективы воздействия работ по искусственному увеличению осадков на территории Восточной Грузии		81
	7.1.	Общие сведения	81
	7.2.	Перспективы воздействия работ по искусственному увеличению осадков с учетом климатических данных	81
	7.3.	Организация и вопросы производства работ по искусственному увеличению осадков в условиях рыночной экономики	84
	7.4.	Правовые аспекты проведения работ по искусственному увеличению осадков	87
	7.5.	Внедрение новых технологий в работах по искусственному увеличению осадков	89
	7.6.	Включение работ по искусственному увеличению осадков в будущую интегрированную систему управления водными ресурсами Восточной Грузии	90
	Выводы		92
Приложения			94
Приложение 1.	Постановление Центрального комитета Грузии и Совета Министров Грузинской ССР № 478 „О проведении опытно-производственных работ по искусственному увеличению осадков“		95
Приложение 2.	Краткий обзор проекта осадков Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) по искусственному увеличению осадков (1985 г). (Отчет № 34)		98
Приложение 3.	Технические средства, использованные в Грузии при проведении работ по искусственному увеличению осадков		106
Приложение 4.	Участие исполнителей проекта в конференциях, научных сессиях и других научно-организационных мероприятиях.		110
Приложение 5.	Список исполнителей проекта (1979-1990)		113
Приложение 6.	Технические средства, необходимые при возобновления работ по искусственному вызыванию осадков		114
Приложение 7.	Толковый словарь специальных терминологий (Глоссарий)		116
Использованная литература			118

შემოკლებები და აღნიშვნები

- ნსგ - ნალექთა ხელოვნური გაზრდა
მმო- მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაცია
UNFCCC - გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენცია
UNEP – გაეროს გარემოს დაცვის პროგრამა
FAO- სოფლის მეურნეობის ორგანიზაცია
PEP – ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პროექტი
მას – მართვის ავტომატიზებული სისტემა
მპრს - მეტეოროლოგიური პროცესების რეგულირების სამსახური
მრღ – მეტეოროლოგიური რადიოლოკაციური სადგური
დსთ – დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი
ჰპა – ჰექტოპასკალი, იგივეა რაც მილიბარი (მბ) – ატმოსფერული წნევის ერთეული
Cu cong – მძლავრი გროვა ღრუბელი
Cb – გროვა საწვიმარი ღრუბელი
Cu med – საშუალო განვითარების გროვა ღრუბელი
Cu hum – ბრტყელი (სუსტი) გროვა ღრუბელი
Sc – ფენა-გროვა ღრუბელი
η_m – მაქსიმალური რადიოლოკაციური ამრეკლადობა
λ – რადიოლოკატორის ტალღის სიგრძე
გაზ – გაზრდილი (რ/ლ) ამრეკლადობის ზონა
რშზ – რეაგენტის შეტანის ზონა
AgI – ვერცხლის იოდიდი
PII₂ – ტყვიის იოდიდი
CO₂ – მშრალი ყინული
ე. ე – ექსპერიმენტული ერთეული
კტ – კილოტონა
მ/ს – მეტეოროლოგიური სადგური

გძღვნივბა
გივი სვანიძის ნათელ სსოვნას
Dedicated
To the blessed memory of Academician
Givi Svanidze
Посвящается
სვთლოი პამატი აკადემიკა გივი
გედეონოვიჩა სვანიძე



აკადემიკოსი გივი სვანიძე
Academician Givi Svanidze
Академик Гиви Гедеонович Сванидзе
(1921-1999)

წინასიტყვაობა

განვლილი საუკუნის მეორე ნახევრის დასაწყისიდან ჰიდრომეტეოროლოგიაში მკვეთრად გაიზარდა ინტერესი ნალექწარმოქმნელი პროცესების შესწავლისადმი, რაც განპირობებული იყო მეორე მსოფლიო ომის დასრულების შედეგად გამოთავისუფლებული ტექნიკის (რადიოლოკატორები, თვითმფრინავები, საარტილერიო დანადგარები) ხელმისაწვდომობით ღრუბელთა გამოსაკვლეველად. ერთ-ერთი ქვეყანა, რომელშიც ინტენსიურად დაიწყო ღრუბლებისა და ნალექების შესწავლა მათზე ხელოვნური ზემოქმედების მიზნით, აშშ შემდეგ იყო საბჭოთა კავშირი, სადაც წამყვანი ადგილი საქართველოს ეკავა. კერძოდ, 1953 წელს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტმა დაიწყო ალაზნის ველზე კონვექციური ღრუბლების შესწავლა, რის შედეგადაც 1959 წელს აღნიშნულ ტერიტორიაზე შეიქმნა სსრკ-ში პირველი სექცვასთან ბრძოლის სამსახური. რამდენიმე წლის შემდეგ ანალოგიური სამუშაოები დაიწყო ქვემო ქართლის ტერიტორიაზე საკავშირო ჰიდრომეტსამსახურის ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის (ამჟამად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი) სამეცნიერო-მეთოდური ხელმძღვანელობით. ზემოთ ხსენებული ორივე ოპერატიული ქვედანაყოფი ემსახურებოდა სექცვასთან ბრძოლის ამოცანას და მათი პოტენციური ნალექთა ხელოვნური გამოწვევის საქმეში მხოლოდ რამდენჯერმე იქნა ეპიზოდურად გამოყენებული 1970-იანი წლების დასაწყისში კახეთში ძლიერი გვალვის დროს.

1971 წელს სსრკ მთავრობის მიერ მიღებული იქნა დადგენილება სევანის ტბის აუზში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის (ნხგ) სამუშაოთა გაშლის შესახებ. ამ სამუშაოებში საკავშირო ჰიდრომეტსამსახურის წამყვან კვლევით დაწესებულებებთან ერთად ჩაერთო ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევითი ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტიც. საველე ბაზა განთავსდა ტბის სამხრეთ სანაპიროს ცენტრალურ ნაწილში, რომელიც აღიჭურვა რადიოლოკატორით. მის განკარგულებაში შედიოდა რამდენიმე საარტილერიო დანადგარი და ნალექმზომი ქსელი. სევანის ტბის აუზში კონვექციურ ღრუბლებზე ზემოქმედების სისტემატური ექსპერიმენტების ჩატარება ვ. ლომინაძის ხელმძღვანელობით დაიწყო 1973 წელს, თუმცა სხვადასხვა შემსრულებელ ორგანიზაციასთან კოორდინაციის ხარვეზების გამო სამუშაოთა ეფექტურობა სასურველზე ნაკლები იყო.

ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ახალი ეტაპი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში დაიწყო 1978 წლიდან, როდესაც აკად. გ. სვანიძის ხელმძღვანელობით ინსტიტუტმა, სევანის ტბაზე მიღებული გამოცდილების გათვალისწინებით, გაშალა საცდელ-საწარმოო სამუშაოები მდ. იორის აუზში სიონისა და თბილისის წყალსაცავების წყლის რესურსების გაზრდის მიზნით. სამუშაოები ტარდებოდა სექცვასთან ბრძოლის გასამხედროებული სამსახურის ხელშეწყობით რ/ლ და სარაკეტო ტექნიკის გამოყენებით. საცდელი ტერიტორიის ფართობი შეადგენდა 1000 კმ². პოლიგონი აღიჭურვა 2 რადიოლოკატორით, 4 საცდელ-წერტილით, ნალექმზომი ქსელითა და ჰიდრომეტრული დანადგარებით. კონვექციურ ღრუბლებზე ზემოქმედების ექსპერიმენტები ტარდებოდა 1979-დან 1991 წლამდე. 1981-1985 წწ. პერიოდში ზემოქმედება საარტილერიო ტექნიკის გამოყენებით ტარდებოდა აგრეთვე ინსტიტუტის ხრამი-ფარანის პოლიგონზედაც 2000 კმ ტერიტორიაზე. იორის პოლიგონზე მიღებული მასალების ანალიზის შედეგად დადგინდა იქნა საცდელ ტერიტორიაზე კონვექციური ღრუბლებიდან ნალექთა 10-15 %-ით გაზრდის პოტენციური შესაძლებლობა.

პროექტი, რომლის შესრულება ინსტიტუტში ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებად ითვლებოდა და მოიცავდა როგორც საველე ექსპერიმენტებს, ისე თეორიულ სამუშაოებს ზემოქმედების ეფექტურობის დადგენის საკითხებზე, საბოლოოდ შეჯამებული იქნა 1995 წელს. ამის შემდეგ ინსტიტუტი გადაერთო კლიმატის გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებული პრობლემების დამუშავებაზე, მათ შორის ცალკეული მდინარეების აუზებში წყლის რესურსების ინტეგრირებული მენეჯმენტის საკითხებზე და ნხგ სამუშაოები 20 წლის მანძილზე თითქმის მივიწყებული იქნა. თუმცა, როდესაც 2016 წელს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში დასმული იქნა ამოცანა ქვეყნის ტერიტორიაზე ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების მო-

ნიტორინგის სისტემის შექმნის შესახებ, გაჩნდა იდეა მის საწყის ეტაპზე საცდელი სამუშაოები ჩატარებულიყო მდ, იორის აუზში, სადაც წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის საკითხებთან ერთად შემოწმებული იქნებოდა ამ რესურსების შევსების შესაძლებლობა ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების გზით. მან განაპირობა ინტერესის განახლება საქართველოში 4 ათეული წლის წინ წამოწყებული ნხვ სამუშაოების მიმართ, რამაც მოითხოვა 12 წლის მანძილზე საკმაოდ ინტენსიურად წარმოებული სამუშაოთა შედეგების თავმოყრა, გაანალიზება და ცალკე ნაშრომის სახით წარმოდგენა. ავტორები იმედს გამოთქვამენ, რომ ეს ნაბიჯი დადებით წვლილს შეიტანს საქართველოში წყლის რესურსების ინტეგრირებული მენეჯმენტის პრობლემების დაძლევაში, რაც მიმდინარე საუკუნის ბოლოსთვის კლიმატის პროგნოზირებულ ცვლილებასთან ადაპტირების ერთ-ერთი ქმედითი გზა იქნება.

შესავალი

ნალექწარმომქმნელი პროცესების მეცნიერულად დასაბუთებული პირველი გამოკვლევები ჩატარებული იქნა 1930-იანი წლების შუა პერიოდში ტ.ბერჟერონისა (1935) და ვ.ფინდაიზენის (1938) მიერ. იმავე წლებში ხელოვნური დაწვიმების პრობლემაზე სამუშაოს აწარმოებდა ლენინგრადის ექსპერიმენტული მეტეოროლოგიის ინსტიტუტი ვ.ობოლენსკის ხელმძღვანელობით [1]. მეორე მსოფლიო ომის დაწყებასთან დაკავშირებით აღნიშნულ დარგში გამოკვლევები შეწყდა და მათი განახლება დაიწყო 1946 წლიდან ვ.შეფერისა და ბ.ვონეგეტის მიერ სადრუბლო კამერაში მშრალი ყინულისა (CO_2) და იოდოვანი ვერცხლის (AgI) ყინულწარმომქმნელი თვისებების აღმოჩენის შემდეგ. ამ ნივთიერებათა ნალექწარმომქმნელ პროცესებზე ეფექტური ზემოქმედების დადგენის შედეგად 1948 წლიდან ღრუბლებზე ხელოვნური ზემოქმედების სამუშაოები დაიწყო ამერიკის შეერთებულ შტატებში, საფრანგეთში, იტალიაში, ავსტრალიაში, კანადაში და სხვ. ამავე დროს საგულისხმოა, რომ აშშ-ში პირველ წლებში ეს სამუშაოები მიზნად ისახავდა სიერა-ნევადას მთებში ნალექთა ხელოვნურ გაზრდას მიწისზედა სააეროზოლო გენერატორების გამოყენებით კალიფორნიის სარწყავ სისტემებში წყლის რესურსების შესავსებად და ჰიდროელექტროსადგურებზე ენერჯის გამომუშავების ასამაღლებლად, ხოლო საფრანგეთსა და იტალიაში – სეტყვის პროცესების შესუსტებას ან თავიდან აცილებას მცირე რაკეტებისა და სააეროზოლო გენერატორების გამოყენებით. 1960-იან წლებში ხსენებულ სამუშაოთა მასშტაბები გაიზარდა და მოიცვა ათეულობით ქვეყანა ევროპის, აზიის, სამხრეთ ამერიკისა და აფრიკის კონტინენტებზე. ისიც აღსანიშნავია, რომ ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოებით დაკავებული ფართობები 2 რიგით აღმატებოდა სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოებით დაკავებულ ფართობებს [2].

ყოფილ საბჭოთა კავშირში ნალექწარმომქმნელ პროცესებზე ზემოქმედების სამუშაოები დაიწყო 1957 წელს უკრაინაში (თოვლის საფარის ხელოვნური გაზრდა თვითმფრინავის გამოყენებით) და 1959 წელს საქართველოშიც (სეტყვასთან ბრძოლა სარაკეტო ტექნიკის გამოყენებით). მოგვიანებით სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები გავრცელდა ამიერკავკასიისა და შუა აზიის სხვა რესპუბლიკებშიც, მოლდავეთისა და ჩრდილო კავკასიის რეგიონებში. 1980-იან წლებში საქართველოში სეტყვის საწინააღმდეგო სამუშაოები ტარდებოდა 1 მლნ ჰა, ანუ 10 000 კმ² ტერიტორიაზე.

ნხვ სისტემატიურ საქმიანობაში ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი ჩაერთო 1972 წლიდან, როდესაც სსრკ მთავრობის დადგენილებით საკავშირო ჰიდრომეტსამსახურს დაევალა ღრუბლებიდან ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ჩატარება სევანის ტბის აუზში. ამ საქმიანობაში, რომელსაც სათავეში ჩაუდგა აკად. ე.ფედოროვი, ჩართული იყო საკავშირო ჰიდრომეტსამსახურის 10-მდე წამყვანი სამეცნიერო ინსტიტუტი და ორგანიზაცია. რომელსაც რეგულარული ორგანიზაციის სტატუსი გააჩნდა. სევანის ტბის აუზში ექსპერიმენტების ჩატარება ვ.ლომინაძის ხელმძღვანელობით დაიწყო 1973 წლიდან და ზემოქმედების სხვადასხვა ტექნოლოგიების გამოყენებით გაგრძელდა 1990 წლამდე.

სევანის ტბის აუზში წარმოებული სამუშაოების პირველი წლების გამოცდილებამ საფუძველი შეუქმნა 1977 წელს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის დირექტორს აკად. გ.სვანიძეს დაესვა ამოცანა ნხვ სამუშაოების გაშლისა მდ.იორის აუზში, სადაც სიონის წყალსაცავი წყალშემკრების როლს შეასრულებდა დამატებითი ნალექებისათვის და გაზრდიდა მდინარის რესურსების გამოყენების ეფექტურობას ირიგაციაში, ჰიდროენერგეტიკასა და ურბანულ მეურნეობაში. 1977 წლის დასაწყისში გ.სვანიძის ხელმძღვანელობით მფრინავი ლაბორატორიის ИЛ-14 გამოყენებით მდ.იორის, არაგვისა და ლიახვის აუზებში ჩატარდა ნალექთა გამოწვევისათვის რესურსული ღრუბლების წინასწარი შეფასება, რომლის შედეგებსაც გაეცნო იმ დროისათვის ნხვ დარგში საბჭოთა კავშირის წამყვანი ორგანიზაცია – უკრაინის ჰიდრომეტინსტიტუტი. მისმა ხელმძღვანელობამ მხარი დაუჭირა ამიერკავკასიის ჰიდრომეტინსტიტუტის ინიციატივას აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა გაშლის თაობაზე. რაც მთავარია, იმავე დროს იდეამ მოწონება დაიმსახურა როგორც საქარ-

თველოს ხელმძღვანელობის მხრიდან (ე.შევარდნაძე), ისე საკავშირო ჰიდრომეტსამსახურის მხრიდან (აკად. ი.იზრაელი).

1977 წელს საქართველოს კომპარტიის ცენტრალური კომიტეტისა და მინისტრთა საბჭოს მიერ მიღებული იქნა დადგენილება ნალექთა ხელოვნური გაზრდის საცდელ-საწარმოო სამუშაოთა ჩატარების შესახებ (დანართი 1), რომლითაც ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევით ჰიდრომეტეოროლოგიურ ინსტიტუტს დაევადა ნხვ სამუშაოთა წარმოება მდ.იორის აუზის ზემოწელში მათი შემდგომი გაფართოების პერსპექტივით მდინარეების არაგვის, ქსნის, ლიხვისა და ილტოს აუზებში, აგრეთვე ხრამი-ფარაენის წყალშემკრებში.

1976 წელს ქ.ბოლნისში (აშშ) ღრუბელთა ფიზიკის საერთაშორისო კონფერენციაში საქართველოს დელეგაციის (ა.ქარცივაძე, თ.გზირიშვილი, ა.ოკუჯავა, ბ.ბერიტაშვილი) მონაწილეობის შედეგად მიღებული ინფორმაციის, აგრეთვე სხვა ლიტერატურული წყაროების გამოყენებით გ.სვანიძისა და ბ.ბერიტაშვილის მიერ 1977 წელს მომზადდა მსოფლიოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პრობლემის მიმოხილვა [2], ხოლო 1978 წელს ინსტიტუტში შედგენილი იქნა მდ.იორის აუზში ნალექთა ხელოვნური სტიმულირების სამუშაოთა ჩატარების ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება [3].

დანართ 1-ში მოყვანილი დადგენილების გათვალისწინებით საკავშირო ჰიდრომეტსამსახურმა სავსე ექსპერიმენტული ბაზის შესაქმნელად ინსტიტუტს გამოუყო 28 საშტატო ერთეული, 2 რადიოლოკატორი, მოძრავი მეტეოროლოგიური სადგური და სხვა ტექნიკური აღჭურვილობა, თიანეთის რაიონის ტერიტორიაზე ინსტიტუტის მიერ შერჩეულ ადგილზე (გორ-შევარდნის სერი სოფ.თოღენჯის მახლობლად) გაუფორმა 4 ჰა მიწის ნაკვეთი, სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებლმა სამსახურმა უზრუნველყო საშტატო ერთეულების დაკომპლექტება შესაბამისი კვალიფიკაციის თანამშრომლებით, აგრეთვე 4 საცეცხლე წერტილის მოწყობა და აღჭურვა სარაკეტო ტექნიკით. ინსტიტუტის ხელმძღვანელობით თბილისი-თიანეთის გზატკეცილიდან პოლიგონამდე მოყვანილ იქნა საავტომობილო გზა და ელექტრომომარაგების ხაზი, აშენდა საკომანდო პუნქტისა და საცხოვრებელი სახლების შენობები, სხვა დამხმარე ნაგებობანი, მოეწყო 32 ერთეულისაგან შემდგარი ნალექმზომი ქსელი და 3 ჰიდროლოგიური საგუშაგო. პოლიგონზე სისტემატურად მიიღებოდა აეროსინოპტიკური ინფორმაცია, მოქმედებდა რადიოკავშირი ინსტიტუტთან და საცეცხლე წერტილებთან, მუშაობდა სასადილო. პოლიგონის სხვადასხვა ადგილზე დამონტაჟებული რ/ლ სადგურები MPJ-5 და MPJ-2 უზრუნველყოფდნენ საკომანდო პუნქტს ინფორმაციით ატმოსფეროში კონვექციური პროცესების განვითარების შესახებ 100 კმ რადიუსში. ყოველივე ამან შესაძლებელი გახადა ღრუბლებზე ზემოქმედების ექსპერიმენტები დაწყებულიყო 1979 წელს. იორის პოლიგონის საერთო ხედი მოცემულია სურათზე 1.



სურ. 1. იორის პოლიგონის საერთო ხედი

იორის პოლიგონთან ერთად კონვექციურ ღრუბლებიდან ნხვ სამუშაოები 1981-1985 წწ. პერიოდში ტარდებოდა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ხრამი-ფარაენის პოლიგონზეც.

სოფ. რადიონოვკის (ფარაენის ტბის) მახლობლად 1960 წლიდან არსებობდა ინსტიტუტის საველე ბაზა. პოლიგონი დაკომპლექტდა რადიოლოკატორით MPJI-2-ით და საზენიტო ქვემეხებით KC-19 აღჭურვილი 6 საცეცხლე წერტილით, რომელთაგან 5 განლაგებული იყო ფარაენის ტბის აუზში, ხოლო ერთი წალკის წყალსაცავის აუზში. აეროსინოპტიკური ინფორმაცია მიიღებოდა სეტყვასთან ბრძოლის თეთრიწყაროს საკომანდო პუნქტიდან. ნალექები საცდელ ტერიტორიაზე იზომებოდა მხოლოდ რადიონოვკის მეტეოსადგურზე, რომელიც აწარმოებდა აგრეთვე დაკვირვებებს ფარაენის ტბის დონის ცვალებადობაზე. კონვექციურ ღრუბლებზე ზემოქმედების ეფექტი ფასდებოდა რადიოლოკატორის ეკრანზე ღრუბელთა რადიოექტოს ფოტომონაცემთა მეშვეობით. რადიოლოკატორი უზრუნველყოფდა ინფორმაციის მიღებას ზემოქმედებაქმნილი და საკონტროლო ღრუბლების შესახებ 100 კმ რადიუსში. ხრამი-ფარაენის პოლიგონის საერთო ხედი მოცემულია სურ. 2-ზე.



სურ. 2. ფარაენის პოლიგონის საერთო ხედი

იორისა და ხრამი – ფარაენის პოლიგონებზე ჩატარებული გამოკვლევების დადებითმა შედეგებმა შესაძლებელი გახადა დამუშავებული მეთოდიკა 1987 წლიდან დანერგილიყო ნხვ საწარმოო სამუშაოების პრაქტიკაში სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურის გასამხედროებულ ქვედანაყოფებში. 1989 წელს ეს სამუშაოები ტარდებოდა აღმოსავლეთ საქართველოში 5 ათას კმ² ფართობზე, მაგრამ 1991 წლიდან ქვეყანაში მდგომარეობის შეცვლამ მათი შეჩერება გამოიწვია.

1990 წლიდან ინსტიტუტში დაგეგმილი იყო სამუშაოთა გაშლა იორის პოლიგონზე ზამთრის საღრუბლო სისტემებიდან ნალექთა ხელოვნური გაზრდის ექსპერიმენტების ჩასატარებლად. მოსკოვის ცენტრალური აეროლოგიური ობსერვატორიის (ЦАО) ხელშეწყობით, 1991 წლის დასაწყისში, იორის პოლიგონზე ატანილი იქნა დისტანციურად სამართავი მიწისპირა სააეროზოლო გენერატორების 30 კომპლექტი, მაგრამ სსრკ დაშლის პროცესმა შეუძლებელი გახადა ამ საქმიანობის, ისევე როგორც ნხვ დარგში სხვა გეგმების განხორციელება 1992 წლიდან.

თავი 1. საცდელი ტერიტორიების დახასიათება

1.1. საცდელი ტერიტორიების შერჩევა

მსოფლიოს მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის (მმო-WMO) ნაღვეთა გაზრდის შემაჯამებელი დოკუმენტის [4] თანახმად ნაღვეთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ჩასატარებლად შერჩეული ტერიტორია უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:

- პოლიგონის ფუნქციონირება უნდა ემსახურობდეს ქვეყნის პრიორიტეტულ ინტერესებს, ანუ ნაღვეთა ხელოვნური გაზრდა უნდა სარგებლობდეს მთავრობის მხარდაჭერით და ამ მიმართულებით წარმოებული საქმიანობა უნდა მიმდინარეობდეს მთავრობის ხელშეწყობით;
- პოლიგონი უნდა მდებარეობდეს ნახევრად არიდულ კლიმატურ ზონაში და ხასიათდებოდეს დრუბლიანობისა და ნაღვეთების საკმაოდ რეგულარული მანქვებლებით. (მმო ამ თვალსაზრისით მეტად ხისტია – საშუალო წლიური დრუბლიანობა 0.2-ზე მეტი და ნაღვეთა წლიური ჯამი – არანაკლებ 250 მმ);
- საცდელი და საკონტროლო ტერიტორიების საერთო ფართობი, საკმაოდ თანაბრად განთავსებული ნაღვეთში ქსელით, უნდა შეადგენდეს დაახლოებით 50 000 კმ²;
- ნაღვეთში სადგურების უმეტესობას უნდა გააჩნდეს 10 წელზე მეტი ხანგრძლივობის უწყვეტი დაკვირვების რიგი;
- აუცილებელია საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიებზე მოსულ ნაღვეთა შორის მაღალი კორელაციის არსებობა;
- ნაღვეთა ბუნებრივი ცვალებადობა არ უნდა იყოს დიდი და მან უნდა უზრუნველყოს ნაღვეთა 10-15% - ით მომატების აღმოჩენა სტატისტიკურად მისაღები ნიშნადობის დონეზე არა უმეტეს 5 წლის ხანგრძლივობის ექსპერიმენტირების შემთხვევაში;
- მეტად სასურველია შერჩეულ ტერიტორიაზე ნაღვეთა წლიური რაოდენობის უმეტესი ნაწილი მოდიოდეს 3-6 თვის განმავლობაში;
- დრუბლების უმეტესი ნაწილი ატმოსფეროში უნდა ვითარდებოდეს უარყოფითი ტემპერატურის არეში, რათა შესაძლებელი იყოს მაკრისტალური რეაგენტით ეფექტური ზემოქმედება;
- პოლიგონს უნდა გააჩნდეს შესაფერისი ინფრასტრუქტურა, რაშიც იგულისხმება მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორი, სინოპტიკური ლაბორატორია, თანამგზავრულ მონაცემთა მიმღები ცენტრი, რეგულარული სინოპტიკური ქსელი, ატმოსფეროს რადიოზონდირების პუნქტი, ნაღვეთში და ვიზუალური დაკვირვების ჩასატარებელი ქსელი, მომსახურე პერსონალის საცხოვრებელი სახლები. პოლიგონს უნდა ემსახურობდეს აგრეთვე რამდენიმე მფრინავი ლაბორატორია დრუბელთა მიკროსტრუქტურისა და მასზე ზემოქმედების ეფექტის შესასწავლად.

მმო-ს ეს მოთხოვნები გათვალისწინებული იყო ფართომასშტაბური საერთაშორისო ექსპერიმენტის ჩასატარებლად. პოლიგონის შესარჩევად დაშვებული ქვეყნების სია მოიცავდა ალჟირს, ავსტრალიას, ინდოეთს, ესპანეთს, ტუნისსა და თურქეთს, ხოლო რეზერვში იმყოფებოდა არგენტინა და მექსიკა. ამ შთამბეჭდავი სიიდან შერჩეული იქნა ესპანეთი, რომლის ტერიტორიის ჩრდილო ნაწილში ქვილანუბლას გარშემო 100 კმ რადიუსში განთავსებული იქნა საცდელი და საკონტროლო ტერიტორიები.

მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ საქართველოს ტერიტორიის შედარებით მცირე მასშტაბების გათვალისწინებით და არსებული პოლიტიკურ-ეკონომიკური რეალობის მხედველობაში მიღებით, ზემოთ ჩამოთვლილი კრიტერიუმები ჩვენი რესპუბლიკისათვის გარკვეულ კორექტირებას მოითხოვდა. კერძოდ, ნხვ სამუშაოთ წარმოების პირველ ეტაპზე საცდელი ტერიტორიის (იორის პოლიგონი) ფართობი შემოიფარგლა მდ.იორის ხეობის გასწვრივ 1000კმ² –ით, ხოლო საკონტროლო ტერიტორიის ფართობი მდინარეების არაგვის, ქსნისა და ლიახვის ხეობების ჩართვით 4 000 კმ²-ით. სამუშაოთა მეორე ეტაპზე 1981 წლიდან საცდელ ტერიტორიას დაემატა 2 000 კმ² მდინარეების ხრამისა და ფარაგნის აუზებში და 2 000 კმ² საკონტროლო ტერიტორია ჯავახეთის ზეგანზე, თუმცა, როგორც ეს მაღვეე გაირკვა, ტექნიკური მიზეზების გამო საკონტროლო ტერიტორიების ათვისება შეუძლებელი აღმოჩნდა და

ამიტომ ორივე პოლიგონზე ზემოქმედების ექსპერიმენტები ტარდებოდა მხოლოდ საცდელ ტერიტორიებზე რანდომიზაციის მეთოდის გამოყენებით 2/3 ზემოქმედების სასარგებლოდ.

ამ კორექტივების შეტანის შემდეგ ნათელი გახდა, რომ საქართველოს რეალობის გათვალისწინებით ნხვ პოლიგონის შესარჩევად ერთ-ერთ საუკეთესო ვარიანტს წარმოადგენს მდ.იორის აუზი. დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე, სადაც ნალექთა ჯამები 1000-12000 მმ აჭარბებს, პოლიგონის მოწყობა აზრს კარგავს, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს ნახევრად არიდულ პირობებში მდ.იორი, თავის მთავარ კონკურენტთან, მდ. ალაზანთან შედარებით, ორი დიდი წყალსაცავის არსებობის გამო, მეტად მომგებიან პოზიციაში იმყოფება.

საცდელ ტერიტორიისადმი წაყენებულ მოთხოვნებსა და კრიტერიუმებს, მთავრობის მხრიდან მხარდაჭერასთან ერთად, იორის პოლიგონი აკმაყოფილებდა. მაგალითად, 1980-იანი წლებისთვის მდ.იორის აუზში ფუნქციონირებდა 13 ნალექშომი პუნქტი და 2 ჰიდროლოგიური საგუშაგო, რომელთაც 10 წელზე გაცილებით მეტი ხანგრძლივობის უწყვეტი დაკვირვების რიგები გააჩნდათ. საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიებზე მოსულ ნალექთა შორის კორელაცია მაღალი აღმოჩნდა და ნალექთა ბუნებრივი ცვალებადობა არ არის მაღალი. ნალექთა წლიური რაოდენობის ნახევარზე მეტი მდ.იორის აუზის მეტეოსადგურებზე მოდის 5 თვის განმავლობაში - მარტიდან აგვისტომდე და როგორც აჩვენა შემდგომმა გამოკვლევებმა, მათი 10-15 %-ით მომატება 5-15 წლის ექსპერიმენტირების შედეგად საგნებით შესაძლებელია 0.90-0.95 სანდო ალბათობის დონეზე. თბილისის აეროლოგიური მონაცემების თანახმად, ზაფხულში კავკასიონის სამხრეთ ფერდობების ტერიტორიაზე 0°C იზოთერმის სიმაღლე საშუალოდ შეადგენს 3.5 კმ ზღვის დონიდან, ხოლო ზემოქმედებისათვის შესაფერისი კონვექციური ღრუბლების სიმაღლე – უმეტესწილად 6-8 კმ ზ.დ. და მეტს, რაც მათზე მაკრისტალური რეაგენტით მოქმედების შესაძლებლობას იძლევა.

რაც შეეხება პოლიგონზე შესაფერისი ინფრასტრუქტურის არსებობას, 1977 წელს მისი ადგილმდებარეობის შერჩევის შემდეგ 1979 წლისთვის, როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, შეიქმნა საველე სამუშაოების ჩასატარებლად ყველა საჭირო პირობები, გახშირებული ნალექშომი ქსელისა და საცხოვრებელი შენობების ჩათვლით. იმის გათვალისწინებით, რომ პოლიგონი ჩრდილოეთი მხრიდან ესაზღვრება კავკასიონის საკმაოდ მაღალ მთებს სიმაღლით 3100-3900 მ ზ.დ., თვითმფრინავების გამოყენება ატმოსფეროში კონდენსაციისა და ყინულწარმომქმნელი ბირთვების კონცენტრაციის, აგრეთვე ღრუბლების ცალკეული ნაწილაკების მიკროსტრუქტურისა და მასზე ზემოქმედების ეფექტის შესასწავლად, შეუძლებელი აღმოჩნდა. იგივე შეზღუდვა შეეხება ხრამი-ფარავნის პოლიგონსაც. ამის გათვალისწინებით ორივე პოლიგონზე ღრუბლებზე ზემოქმედებისთვის საავიაციო ტექნიკის ნაცვლად მიღებული იქნა სარაკეტო (იორის პოლიგონი) და საარტილერიო (ხრამი-ფარავნის პოლიგონი) ტექნიკა. ეს გარემოება გამოწვეული იყო იმით, რომ იორის პოლიგონის საცეცხლე წერტილებს ემსახურებოდა სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებული სამსახურის თელავის ქვედანაყოფი, ხოლო ხრამი-ფარავნის საცეცხლე წერტილებს – თეთრიწყაროს გასამხედროებული ქვედანაყოფი.

ქვემოთ მოვიყვანოთ იორისა და ხრამი-ფარავნის საცდელი ტერიტორიების ფიზიკურ-გეოგრაფიულ დახასიათებას.

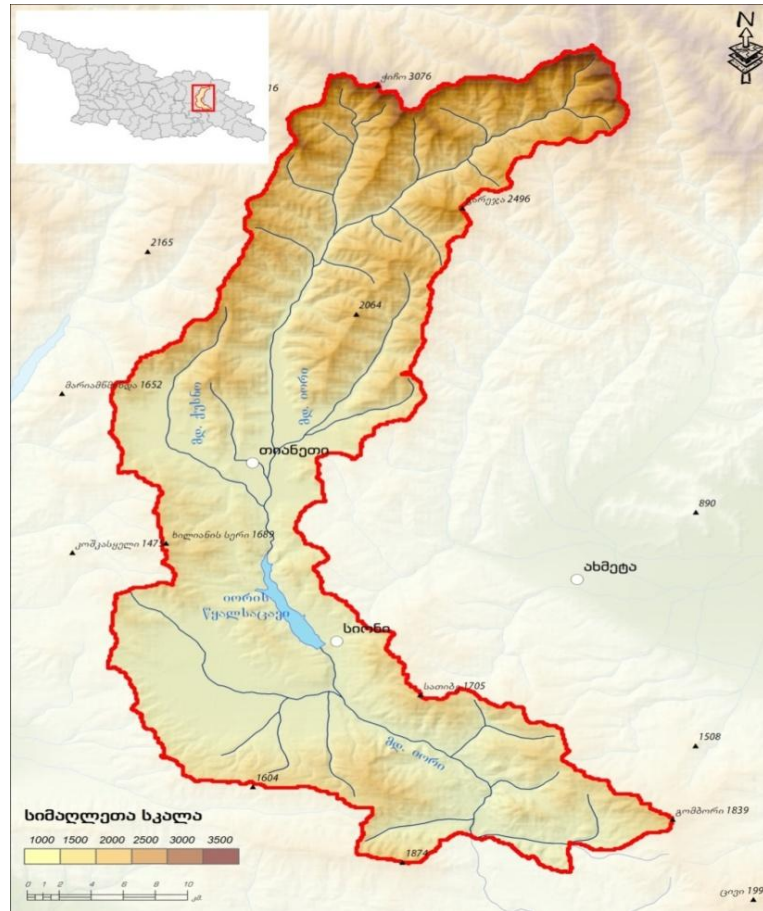
12.იორის პოლიგონი

12.1. რელიეფი

მდ.იორის ხეობაში საცდელ ტერიტორიად შერჩეული იქნა მდინარის აუზის ზემო წელი მდინარის სათავიდან დაწყებული სოფ. პალდომდე დამთავრებული. აუზის ეს ნაწილი დასავლეთიდან შემოსაზღვრულია ქართლის ქედით, ხოლო აღმოსავლეთიდან კახეთის ქედით. ორივე ქედი ერთიანდება დიდ ბორბალოს მთასთან (3294 მ), სადაც სათავეს იღებს იორთან ერთად ალაზანი, ფშავის არაგვი და ანდაკის წყალი. იორის პოლიგონის სამხრეთ საზღვარზე ქართლის ქედს ემიჯნება საგურამო-იალნოს ქედი, რომელიც სოფ. პალდოსთან აუზის ზედა ნაწილის ჩამკეტს წარმოადგენს. წყალგამყოფის აღმოსავლეთ ნაწილში კახეთის ქედი გადადის გომბორის ქედში, რომელიც სოფ. პალდოსთან აღმოსავლეთიდან ესაზღვრება იორის პოლიგონს. მისი საერთო ფართობი შეადგენს 1 000 კმ²-ს.

იორის პოლიგონის შემომსაზღვრელი ქედები საშუალო სიმაღლის კატეგორიას მიეკუთვნება. ქართლის ქედზე მწვერვალების სიმაღლე ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ კლებულობს 2 700-დან 1 700 მ-მდე, კახეთის ქედზე – 2 600-დან 1 300-მდე ზ.დ., საგურამო-იალნოს ქედის აღმოსავლეთ ნაწილში მთების სიმაღლე არ აღემატება 1 600 მ. პოლიგონის ყველაზე დაბალი ადგილებია ერწოს ველი და თიანეთის ქვაბული, რომელთა სიმაღლე 1 100 მ-ს არ აღემატება, თუმცა პოლიგონის უმაღლესი პიფსომეტრული დონე აღინიშნება პაღლოს სათავე-ნაგებობასთან (840 მ ზ.დ.), საიდანაც ხდება წყალადება მდ.იორიდან ზემო სამგორის მაგისტრალურ არხში.

იორის პოლიგონის რელიეფის რუკა მოცემულია ნახ. 1.1-ზე. როგორც ამ რუკიდან ჩანს, პოლიგონს ვიწრო სამკუთხა ამფითეატრის ფორმა გააჩნია, რომლის უმაღლესი მწვერვალია მთა დიდი ბორბალო, ხოლო უმაღლესი ფუძე განთავსებულია იალნოსა და გომბორის ქედების შემაერთებელ ხასზზე სოფ.პაღლოს გავლით.



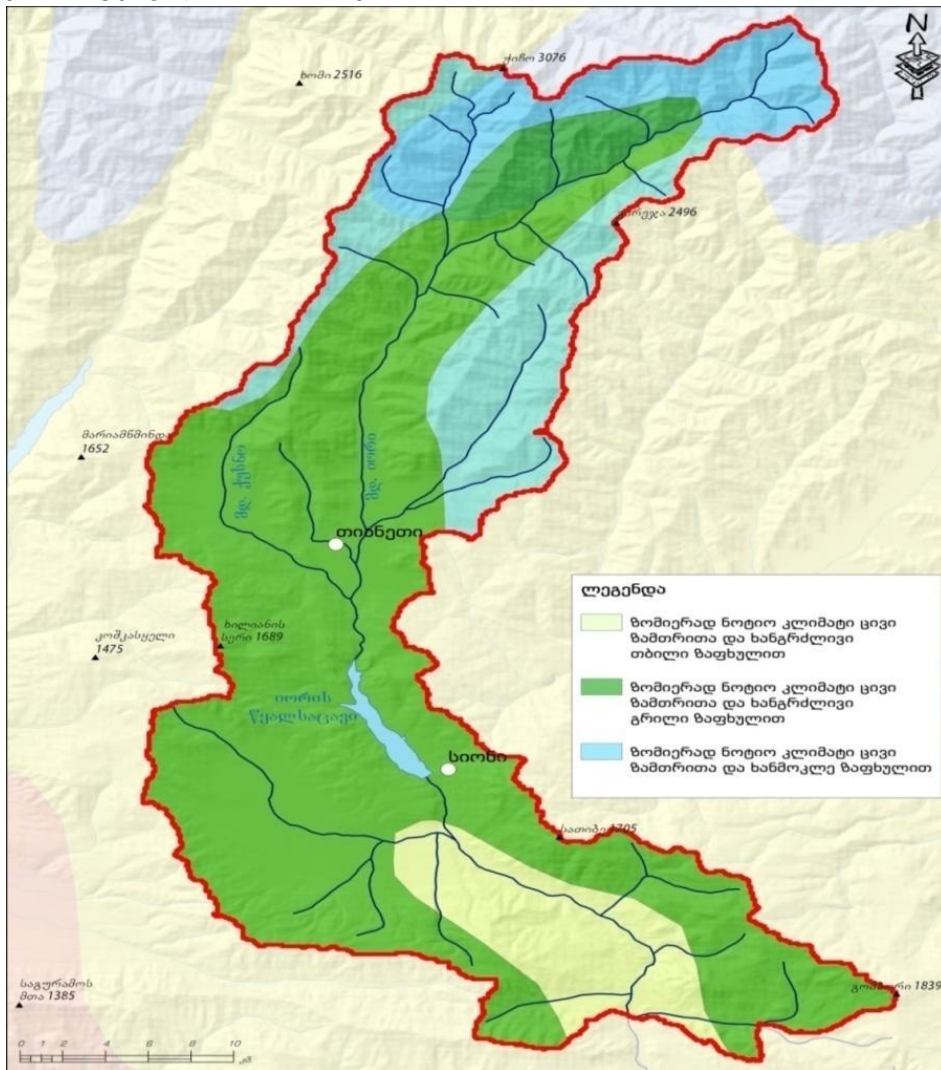
ნახ. 1.1. იორის პოლიგონის რელიეფის რუკა [15]

1.2.2. ჰავა

იორის პოლიგონის ჰავას განაპირობებს კავკასიის ტერიტორიაზე მოქმედი ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების ურთიერთქმედება რელიეფის ფორმებთან. დიდი კავკასიონის და მცირე კავკასიონის მთიანი მასივები ძირითადად აიძულებენ ჰაერის მასებს ტროპოსფეროში 3-4 კმ სიმაღლეზე იმოძრაონ განედური მიმართულებით, რის გამოც პოლიგონზე ძირითადად გაბატონებულია დასავლეთის ან აღმოსავლეთის ქარები. დასავლეთიდან ჰაერის ნოტიო მასების შემოჭრა ხდება ატლანტის ოკეანიდან, ხმელთაშუა და შავი ზღვის გავლით, თუმცა ლიხის ქედის გადმოღახვის შემდეგ აღმოსავლეთ საქართველოში ჰაერის მასები ფიონურ ხასიათს ღებულობს და მათი ტენშემცველობა კლებულობს. იორის პოლიგონზე დასავლეთიდან შემოჭრილი ჰაერის მასები დამატებით განიცდიან აღმასვლას ქართლისა და კახეთის ქედებზე და დაღმასვლას ერწოს ველსა და თიანეთის ქვაბულში. აღნიშნული პროცესები უმეტესწილად წლის თბილ პერიოდში ვითარდება და მათი ზედდება ატმოსფეროს

ფართომასშტაბურ პროცესებზე ლოკალური ციკლოგენეზის შემთხვევაში ზოგჯერ იწვევს საკვლევ ტერიტორიაზე მძლავრი კონვექციური ღრუბლების ე.წ. სუპერუჯრედიანი ღრუბლების განვითარებას, რომლებიც შემდგომში გადადიან ალაზნის ველზე და იწვევენ კატასტროფულ შედეგებს.

აღმოსავლეთიდან მოქმედი ჰაერის ნაკადები საკვლევ ტერიტორიაზე შემოჭრამდე სათავეს იღებენ არქტიკის აღმოსავლეთ სექტორში და მოჰყვებიან ციმბირის ანტიციკლონის სამხრეთ-დასავლეთის ტოტს, რომელიც საქართველოს ტერიტორიას აღწევს ზერბაიჯანის მშრალი სტეპების გავლით. ამიტომ ჰაერის ასეთი მასების ტენშემცველობა ნაკლებია, ზაფხულში მათი პრევალირება იწვევს გვაღვას, ხოლო ზამთარში – არცთუ ძლიერ, მაგრამ ხანგრძლივ თოვლიანობას. სიმაღლეთა საკმაოდ დიდი სხვაობის გამო, რომელიც ბორბალოს მთიდან სოფ.პაღდომდე 2454 მეტრს აღწევს მდ.იორის აუზში საცდელი ტერიტორიის ფარგლებში მ.კორძახიას კლასიფიკაციის თანახმად გამოიყოფა 3 კლიმატური ზონა, რომელთა განლაგების სქემა მოცემულია ნახ.12.-ზე [5].



ნახ. 12. იორის პოლიგონის კლიმატური დარაიონება [5].

ამ ნახაზზე ყველა დაბლა მდებარე, მდ.იორის შუაწელიდან შემოჭრილი კლიმატური ზონა შეესაბამება ზომიერად ნოტიო ჰავას ცივი ზამთრითა და ხანგრძლივი თბილი ზაფხულით. აუზში ყველაზე ვრცელი ადგილი უჭირავს კლიმატურ ზონას, რომელსაც შეესაბამება ზომიერად ნოტიო ჰავა ცივი ზამთრითა და ხანგრძლივი გრილი ზაფხულით. მას ჩრდილოეთიდან ესაზღვრება ზონა, ზომიერად ნოტიო კლიმატით, ცივი ზამთრითა და ხანმოკლე გრილი ზაფხულით.

აღსანიშნავია, რომ საკვლევი ტერიტორიის ზემოთ მოყვანილი დარაიონება ჩატარებულია 1950-იანი წლებისთვის არსებული კლიმატური მონაცემების საფუძველზე. განვიხილოთ ნახევარ

საუკუნეზე მეტი დროის მანძილზე 1980-იანი წლებიდან დაწყებული გლობალური დათბობის პროცესმა უკვე შეიტანა შესამჩნევი ცვლილებები საქართველოს ტერიტორიაზე მეტეოროლოგიური ელემენტების რეჟიმში. კერძოდ, გაეროს კლიმატის ცვლილების კონვენციისათვის (UNFCCC) შედგენილ საქართველოს მესამე ეროვნულ შეტყობინებაში [6] ჩატარებული ანალიზის თანახმად, მდინარეების იორისა და არაგვის აუზებში არსებულ მეტეოსადგურებზე 1961-დან 2010 წლამდე საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ მოიმატა 0.5 °C-ით. აღნიშნულ ტერიტორიაზე მეტეოროლოგიური რეჟიმის მახასიათებლებით თიანეთთან ყველაზე ახლოს აღმოჩნდა ფასანაური (1070 მ ზ.დ., საშუალო წლიური ტემპერატურა 7.8 °C 1967 საცნობარო მონაცემებით), რომლისთვისაც 2050 წლამდე 0.9 °C-ით, ხოლო 2100 წლამდე პროგნოზირებულია მისი შემდგომი გაზრდა კიდევ 2.3 °C-ით.

ტემპერატურის ეს ცვლილებები, ბუნებრივია, გამოიწვევს კლიმატური ზონების საზღვრებში შესაბამის დეფორმაციას, კერძოდ, მოსალოდნელია, რომ პოლიგონის ტერიტორიაზე ყველაზე დაბალ სიმაღლეებზე მდებარე კლიმატური ზონა შეიჭრება მეორე ზონაში და მიაღწევს თიანეთამდე, ხოლო მესამე კლიმატური ზონა დაიკავებს მდ.იორის სათავეებს და მიაღწევს ბორბალოს მთის მწვერვალამდე.

ატმოსფეროს ცირკულაციურ ფაქტორებთან ერთად ერთ-ერთ ძირითად კლიმატწარმოქმნელ ელემენტს წარმოადგენს მზის ნათების ხანგრძლივობა. მცხეთა-თიანეთის რეგიონში ამ ელემენტზე დაკვირვებები წარმოებდა ყაზბეგის მაღალმთიან სადგურზე (3653 მ ზ.დ.), გუდაურში (2197 მ), დუშეთში (922 მ) და მუხრანში (550 მ). ამ სადგურებიდან თიანეთის (1099 მ) პირობებს ყველაზე უკეთ ესადაგება მისგან 24 კმ დაშორებული, მდ.არაგვის მეზობელ აუზში მდებარე დუშეთის მეტეოსადგური, რომლის 30 წლიანი რიგის მქონე მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 1.1.

ცხრილი 1.1. მზის ნათების ხანგრძლივობა თიანეთში (სთ). სადგური - ანალოგი დუშეთი [7]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
127	128	154	172	208	252	264	257	205	176	131	116	2190

იორის პოლიგონის საზღვრებში დაკვირვებები ჰაერის ტემპერატურაზე წარმოებდა 3 პუნქტზე – თიანეთი, სიონი, გომბორი, რომელთა მონაცემები კლიმატური ცნობარის [8] მიხედვით მოყვანილია ცხრილში 1.2.

ჰაერის ფარდობითი სინოტივის საშუალო თვიური მნიშვნელობები იმავე პერიოდისთვის იგივე სადგურებისთვის მოცემულია ცხრილში 1.3.

ატმოსფერულ ნალექებს საშუალო თვიური ჯამები იმავე პერიოდში იგივე სადგურებისთვის მოყვანილია ცხრილში 1.4.

ცხრილი 1.2. ჰაერის ტემპერატურის საშუალო და ექსტრემალური მნიშვნელობები (°C) იორის პოლიგონის ტერიტორიაზე 1930-1660-იანი წლების მონაცემებით [8].

ელემენტი	თვე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
თიანეთი (1099 მ. ზ.დ.)														
საშ. ტემპერატ.		-4.7	-3.1	1.3	7.0	12.4	15.7	18.6	18.5	14.4	9.2	3.3	-2.1	7.5
ტემპერატ. აბს. მინ.		-34	-29	-22	-14	-4	0	3	2	-6	-11	-19	-28	-34
ტემპერატ. აბს. მაქს.		15	17	24	28	30	32	34	36	33	30	25	19	36
სიონი (1 000 მ ზ.დ.)														
საშ. ტემპერატ.		-4.1	-2.8	1.3	6.9	12.0	15.0	18.3	18.5	14.4	9.3	3.5	-1.8	7.6
ტემპერატ. აბს. მინ.		-3.3	-28	-21	-9	-4	1	3	2	-6	-10	-15	28	-33
ტემპერატ. აბს. მაქს.		15	17	24	28	31	33	34	35	33	30	24	20	35
გომბორი (1085 მ ზ.დ.)														
საშ. ტემპერატ.		-2.6	-1.7	1.7	7.1	12.1	15.7	18.3	18.6	14.3	9.6	4.0	-0.1	8.1
ტემპერატ. აბს. მინ.		-27	-19	-18	-9	-4	2	4	4	-4	-9	-13	-24	-27
ტემპერატ. აბს. მაქს.		17	18	23	27	30	34	34	35	33	30	25	18	35

ცხრილი 1.3. ჰაერის ფარდობითი სინოტივის საშუალო თვიური მნიშვნელობები იორის პოლიგონის ტერიტორიაზე 1930-1960 –იანი წლების მონაცემებით [9]

მეტეოსადგური	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
თიანეთი	81	80	78	75	76	75	74	33	79	80	82	82	78
სიონი	84	83	80	74	78	76	76	74	79	81	84	84	79
გომბორი	75	75	76	72	74	74	75	73	74	79	78	74	75

ცხრილი 14. ატმოსფერული ნალექების საშუალო თვიური ჯამები (მმ) იორის პოლიგონის ტერიტორიაზე 1930-1960 წლების მონაცემებით [9]

მეტეოსადგური	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
თიანეთი	36	43	50	80	127	113	79	62	66	58	47	34	795
სიონი	32	38	44	71	112	99	69	55	58	51	41	30	700
გომბორი	26	36	55	75	117	101	72	41	60	66	53	28	730

ღრუბლიანობის მონაცემები იმავე სადგურებისათვის მოცემულია ცხრილში 1.5.

ცხრილი 1.5. იორის პოლიგონის მეტეოსადგურებზე თვის საშუალო საერთო და ქვემო იარუსის ღრუბლიანობა (ბალებში) [10]

ღრუბლიანობა	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
თიანეთი													
საერთო	5.6	6.1	6.6	6.6	6.4	5.5	5.2	4.8	5.1	5.3	6.1	5.4	5.7
ქვემო	4.7	5.0	5.6	5.5	5.2	4.5	4.3	4.0	4.6	4.5	5.2	4.5	4.8
გომბორი													
საერთო	6.4	6.7	7.2	6.9	6.7	6.0	5.6	5.1	5.5	5.7	6.6	6.0	6.2
ქვემო	4.6	4.9	5.3	5.4	5.2	4.5	4.0	3.6	4.3	4.2	5.1	4.1	4.6

ქარის რეჟიმი იორის პოლიგონზე რთული რელიეფისა და ტყის საფარის ზეგავლენით მრავალფეროვნებით ხასიათდება. როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, ატმოსფეროს ზოგადციკლულაციური პროცესების ზეგავლენით ქარის გაბატონებულ მიმართულებას საკვლევ ტერიტორიაზე წარმოადგენს დასავლეთი და აღმოსავლეთი, რაც ყველაზე მკაფიოდ ვლინდება ერწოს ველზე და, ნაწილობრივ თიანეთის ქვაბულში. პოლიგონის სხვა ნაწილებში ქარები, როგორც წესი, მიმართულებას იცვლის ხეობების მიმართულების ზეგავლენით და მათი სიჩქარე არსებითად კლებულობს ტყის საფართან ურთიერთქმედების შედეგად. ზაფხულის თვეებში იორის ხეობაში საკმაოდ ძლიერია მთა-ხეობის ქარი, რომელიც დღის საათებში სამხრეთის მიმართულებისაა, ხოლო ღამის საათებში პოლიგონის ჩრდილო ნაწილში იგი ჩრდილოეთის მიმართულებით იცვლება. სისტემატური დაკვირვებები ქარის რეჟიმზე საკვლევ ტერიტორიის ფარგლებში გასული საუკუნის 40-60-იან წლებში ტარდებოდა თიანეთისა და სიონის მეტეოსადგურებზე. ამ დაკვირვებათა შედეგები მოყვანილია ცხრილში 1.6.

ცხრილი 1.6. ქარის საშუალო სიჩქარე (მ/წმ) იორის ხეობის ზემო ნაწილის მეტეოსადგურებზე [11]

მეტეოსადგური	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
თიანეთი	1.8	2.2	2.4	2.3	2.1	2.1	1.7	1.6	1.8	1.8	1.3	1.2	1.9
სიონი	2.6	3.2	3.3	3.2	2.7	2.6	2.2	2.1	2.3	2.7	2.1	2.2	2.6

როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, იორის ხეობაში ქარის სიჩქარეები საკმაოდ დაბალია, თუმცა სიონის წყალსაცავის ზეგავლენით მაინც შეიმჩნევა ქარის სიჩქარის გარკვეული ზრდა მის სამხრეთ ნაწილში, რომელსაც დასავლეთიდან ესაზღვრება ტყის საფარს მოკლებული ერწოს ველი.

ძლიერ ქარიან ($V \geq 15$ მ/წმ) დღეთა რიცხვი წელიწადში იორის ხეობის სადგურებზე საშუალოდ აღწევს 30-ს, რაც გაცილებით მეტია დუშეთის (5) და ფასანაურის (1)

მანვენებლებზე, თუმცა არსებითად ჩამოუვარდება მუხრანის (67) და თბილისის აეროპორტის (127) მანვენებლებს.

სტიქიური მოვლენებიდან იორის ხეობის ზემო ნაწილში შეიძლება აღინიშნოს წყალმოვარდნის გამომწვევი ინტენსიური უხვი ნალექი, რა დროსაც ნალექთა დღედამურმა ჯამმა ზოგჯერ, 10-20% ალბათობით შესაძლებელია 60-80 მმ მიაღწიოს. დღედამური ჯამის მაქსიმუმი თიანეთში დაკვირვების 1925-1965 წწ. პერიოდში დაფიქსირდა 1962 წლის 31 ივლისს, როდესაც ამ სიდიდემ 105 მმ მიაღწია, რაც ახლოსაა თეორიული გათვლებით მიღებული 2%-იანი უზრუნველყოფის მნიშვნელობასთან (103 მმ).

ექსტრემალური მოვლენებიდან იორის პოლიგონის ტერიტორიაზე აღსანიშნავია აგრეთვე სეტყვა, რომლის მოსვლის სისშირეზე 1928-1965 წწ. პერიოდში, ინფორმაციას იძლევა ცხრილი 1.7.

ცხრილი 1.7. სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა იორის პოლიგონის ტერიტორიაზე 1928-1965 წწ. მონაცემებით [10]

მეტეოსადგური	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
თიანეთი			0.08	0.2	1.1	0.9	0.2	0.2	0.1	0.05	0.03		2.9
სიონი			0.06	0.3	0.1	0.5	0.06	0.1	0.06			0.06	1.2
გომბორი			0.09	0.1	2.3	0.9	0.09	0.09	0.08	0.04			3.7

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ პოლიგონის ტერიტორიაზე მინიმალური სეტყვიანობით ხასიათდებოდა სიონის წყალსაცავის ტერიტორია, სადაც წყლის გრილი ზედაპირი ხელს არ უწყობს ჰაერის აღმავალი ნაკადების განვითარებას. შებრუნებული სურათია გომბორის ქედის სამხრეთ-დასვლეთ ფერდობებზე, სადაც კონვექციური პროცესები ძლიერდება ჰაერის მასების დასავლეთიდან შემოჭრისას და აგრეთვე მთების სამხრეთ ფერდობების მზის რადიაციით გათბობის შედეგად.

მიუხედავად სეტყვიანობის საკმაოდ მოკრძალებული მანვენებლებისა, მდ. არაგვის, იორისა და ალაზნის აუზების ზემოწელი, რომელიც გუდამაყრის, ქართლისა და კახეთის ქედებს მოიცავს, შესაფერისი სინოპტიკური სიტუაციის შემთხვევაში ზოგჯერ, როგორც ზემოთ იყო ნახსენები, ხელს უწყობს ზემძლავრი კონვექციური ღრუბლების განვითარებას, რომლებიც 5-6 სმ დიამეტრის სეტყვას იძლევა. წიგნის ავტორებს 1982 წლის აგვისტოში შესაძლებლობა მიეცათ დაეთვალიერებინათ თიანეთის რაიონის ტერიტორიაზე ასეთი სეტყვის შედეგად ფოთლებისაგან მთლიანად გაშიშვლებული ტყის საფარი. აღნიშნულ ტერიტორიაზე წარმოქმნილი პროცესები ხშირად გადადის ალაზნის ველზე, მიუყვება კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებს და სუსტდება აზერბაიჯანის ტერიტორიაზე გასვლის შემდეგ.

იორის პოლიგონის ტერიტორიაზე თოვლის საფარის ხანგრძლივობისა და სიმაღლის შესახებ ინფორმაციას შეიცავს კლიმატურ ცნობარში [9] მოყვანილი მონაცემები (ცხრ. 1.8).

ცხრილი 1.8. თოვლის საფარის საშუალო დეკადური სიმაღლე (სმ) იორის პოლიგონის მეტეოსადგურებზე 1925-1965 წწ. მონაცემებით [9].

სადგური	თვე,													
	XI		XII		I		II		III		IV			
	დეკადა													
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
თიანეთი		4	6	9	14	17	20	23	21	22	20	14	12	3
სიონი			4	6	7	8	13	15	13	10	11	7	4	
გომბორი	2	3	5	7	7	8	12	17	13	12	13	11	9	3

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ 1925-1965 წწ. პერიოდში იორის პოლიგონის ტერიტორიაზე ზღვის დონიდან 1000-1100 მ სიმაღლეზე თოვლის მდგრადი საფარი ჩნდებოდა საშუალოდ დეკემბრის პირველ ნახევარში და გასტანდა მარტის ბოლომდე, ან აპრილის დასაწყისამდე. თოვლის საფარის სიმაღლე თიანეთში აღწევდა 20 სმ, ხოლო სიონსა და გომბორში 15 სმ.

1980-იანი წლებიდან დაწყებულმა გლობალური დათბობის პროცესმა აშკარა კვალი დაატოვა თოვლიანობის რეჟიმს საქართველოში, მათ შორის კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებზე აღმოსავლეთ საქართველოს ფარგლებში. თოვლის მოსვლის შემთხვევებმა საგრძნობლად იკლო, რაც გამოვლინდა თოვლის ზედაპირის შემცირებაში და მყინვარწვერის გამყინვარების დეგრადაციაში. 1990-იანი წლებში მეტეოროლოგიური ქსელის კატასტროფული შემცირების შედეგად ცხრილში მოყვანილ მონაცემთა გადამოწმების საშუალება არ არსებობს, ამიტომ მათი გამოყენება დღევანდელ პირობებში აღარ მიგვაჩნია მიზანშეწონილად.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, გლობალური დათბობის შედეგად მდ.იორის აუზში მიმდინარე საუკუნის ბოლომდე მოსალოდნელია ჰაერის ტემპერატურის რამდენიმე გრადუსით მომატება, რაც საქართველოს მესამე ეროვნულ შეტყობინებაში [6] ჩატარებული ანალიზის თანახმად, გამოიწვევს ნალექთა ჯამების შესაბამის ცვლილებასაც. იმის გამო, რომ 2000-იანი წლების დასაწყისში თიანეთის მეტეოსადგურმა შეწყვიტა ფუნქციონირება, აღნიშნულ დოკუმენტში მდ.იორისა და არაგვის ზემოწელში რეპრეზენტატიული მეტეოსადგურად დარჩა ფასანაური, რომლის მონაცემები სათანადო კორექტივების შეტანით გამოყენებულ იქნა თიანეთისთვის ტემპერატურისა და ნალექების 2050 და 2100 წლამდე პროგნოზის შესადგენად (ცხრ. 19).

ცხრილი 19. ტემპერატურის საშუალო (T) და ნალექთა წლიური ჯამების (P) ფაქტობრივი, 2050- და 2100 წლამდე პროგნოზირებული მნიშვნელობები თიანეთისთვის, მეტეოსადგურ ფასანაურის მონაცემთა გამოყენებით [6]

სადგური	კლიმატური ცნობარით		2010 წლის მონაცემებით		პროგნოზით 2050 წლისთვის		პროგნოზით 2100 წლისთვის	
	T, °C	P, მმ	T, °C	P, მმ	T, °C	P, მმ	T, °C	P, მმ
თიანეთი	7.5	795	8.2	847	9.1	862	11.4	728
ფასანაური (საბაზისო)	7.8	932	8.5	984	9.4	1002	11.7	846

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ დათბობის შედეგად ჰაერის საშუალო ტემპერატურამ თიანეთში საუკუნის ბოლოსთვის შესაძლებელია 3.2°C-ით მომატოს 2010 წელთან შედარებით, რაც მას საგარეჯოს ამჟამინდელ კლიმატს მიახლოებს. რაც შეეხება ნალექთა ჯამებს, 2050 წლისთვის უმნიშვნელო მომატების შემდეგ საუკუნის ბოლოსთვის მოსალოდნელი იქნება მათი შემცირება დაახლოებით 15%-ით.

1.2.3. ნიადაგები, ლანდშაფტები და მცენარეული საფარი ნიადაგები

მდ.იორის აუზის ზემო ნაწილში, რომელიც უჭირავს იორის პოლიგონს, მიღებული კლასიფიკაციის თანახმად [12], ძირითადად ნიადაგების 3 ჯგუფი გამოიყოფა, რომელთაგან ყველაზე მაღალ სიმაღლეზე, 2500 მეტრის ზემოთ, ბორბალოს მთის ფერდობებზე, განთავსებულია მთა-მდელოს კორდიანი ნიადაგები. უფრო დაბლა, მდ.იორის სათავეებში, რომელიც თითქმის მთელ თიანეთის მუნიციპალიტეტს მოიცავს, დომინირებს ყომრალი ნიადაგები (ყომრალი სუსტად არამაძღარი), რომელშიც ალაგ-ალაგ გამოიყოფა ყომრალი მუავე, შავმიწა და ყავისფერი გამოტუტული ჯგუფები. პოლიგონის სამხრეთით მცირე ნაწილი მოიცავს ტყის ყავისფერ ნიადაგებს.

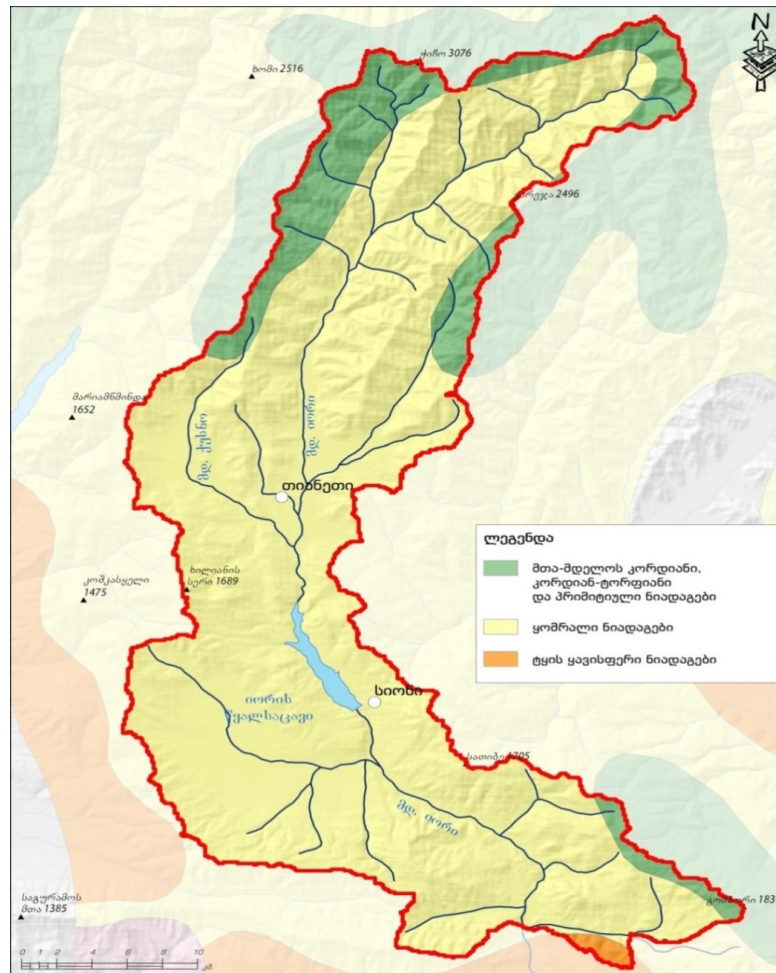
ნიადაგების გავრცელების სქემა მოცემულია ნახ. 13-ზე.

ლანდშაფტები და მცენარეული საფარი

მდ.იორის აუზში მცენარეული საფარით ყველაზე მდიდარია მისი ზემოწელი, რომელიც მოიცავს იორის პოლიგონს. კავკასიონის ლანდშაფტებისადმი მიძღვნილ კლასიკურ ნაშრომში [13] ნ. ბერუჩაშვილი აღნიშნულ რაიონში, ნიადაგებისა და კლიმატური პირობების დიდი სხვადასხვაობის გათვალისწინებით გამოყოფს 5 ლანდშაფტურ ზონას, რომლებიც სიმაღლის კლებასთან ერთად შემდეგნაირად იცვლება:

- ბორბალოს მთის მწვერვალის მიდამოებში, 2500 მ ზემოთ – მაღალმთის დენუდაციური და პალეოგლაციალური ლანდშაფტები ალპური მდელოების, ბუჩქნარისა და მუხხერი ტყეების კომპლექსით;

- მაღალმთის ეროზიულ-დენუდაციური ლანდშაფტები სუბალპური მდელოებით, არყნარისა და აღმოსავლეთის მუხნარი ტყეებით (სიმაღლეთა შუალედი 1800-2500 მ ზ.დ.);
- საშუალო მთის ეროზიულ-დენუდაციური ლანდშაფტები, წიფლნარი და კავკასიური ფიჭვის ტყეებით (1200-1800 მ ზ.დ.);
- დაბალი მთის ეროზიულ-დენუდაციური ლანდშაფტები, ჯაგრცხილნარი და მუხნარი ტყეებითა და ამონაყრით (800-1200 მ ზ.დ.);
- ჭალის ტყეები მუხნართა და მდელოებით, ალაგ-ალაგ მცირედ დაჭაობებული და დამლაშებული მიწებით (მდ.იორის ნაპირების გაყოლებით 800-დან 1 200 მეტრამდე ზ.დ.).



ნახ. 1.3. ნიადაგების ჯგუფების გავრცელება იორის პოლიგონზე [12]

ამ კლასიფიკაციასთან შესატყვისობაში 2000 მ ზევით ქართლისა და კახეთის ქედების მწვერვალებსა და მათ ფერდობებზე გაშლილია ალპური მდელოები, რომლებიც უფრო დაბლა იცვლება სუბალპური საძოვრებითა და დეკიანებით. 1800 მ-ზე ქვემოთ იწყება ხშირი ტყეები, რომლებშიც უმეტესად ჭარბობს მუხა, წაბლი, წიფელი და რცხილა. თიანეთისა და სიონის ქვაბულებში ფერდობები დაკავებულია სახნავეებითა და ბაღებით, რომლებიც ენაცვლება ფოთლოვან და შერეულ კორომებს. სიონის ქვაბულის დასავლეთით გაშლილი ერწოს ველი მთლიანად დაფარულია სასოფლო-სამეურნეო საეარგულებით და მათ დასავლეთიდან და სამხრეთიდან ეკვრის ხშირი ფოთლოვანი ტყეებით შემოსილი საგურამო-იაღნოს ქედი. ასევე ტყეებითაა დაფარული სიონის წყალსაცავის აღმოსავლეთი ნაპირები და მდ.იორის მარცხნივ მდებარე გომბორის ქედის ფერდობები, რომლებიც ჩრდილოეთიდან გადადის კახეთის ქედში.

რაც შეეხება ჭალის მცენარეულობას, იორის ხეობაში იგი იწყება სოფ. არტანის ქვემოთ და ვიწრო ზოლად მიუყვება მდინარის ნაპირებს, იორის გასვლამდე ივრის ზეგანზე სოფ უჯარმასთან, იორის პოლიგონის სამხრეთით.

1.2.4. ჰიდროლოგიური ქსელი

მდ.იორის აუზში წყლის რესურსების უმეტესი ნაწილი თავმოყრილია მის ზემოწელში, სოფ. პაღდომდე, სადაც სათავეს იღებს თბილისის ზღვის დონის შემავსებელი ზემო სამგორის მაგისტრალური არხი. მდ.იორის საერთო სიგრძე შეადგენს 320 კმ, საიდანაც მის ზემო წელზე, მაგისტრალური არხის სათავე მოდის 84 კმ. სიმაღლეთა სხვაობა მდ.იორის სათავიდან (2000 მ ზ.დ.) სოფ. პაღდომდე (840 მ ზ.დ.) უდრის 1760 მ. მდინარის აღნიშნულ მონაკვეთზე იორს ერთვის 7 მუდმივი შენაკადი, რომელთა შესახებ მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 1.10.

მდ.იორის განხილულ მონაკვეთზე 1990-იან წლებამდე ფუნქციონირებდა 3 ჰიდროლოგიური საგუშაგო, რომელთაგან საბაზისოს წარმოადგენდა საგუშაგო ლელოვანი, სადაც იზომებოდა სიონის წყალსაცავში შემოსული წყლის რაოდენობა. ამ საგუშაგოების გარდა 1980-იან წლებში მდ. იორზე სოფ. ბოჭორმასთან დაიგეგმა კიდევ ერთი ჰიდროლოგიური საგუშაგოს აგება მდინარის ხარჯის გასაზომად ნხვ სამუშაოთა ეფექტურობის დაზუსტების მიზნით, მაგრამ 1990 წლის შემდეგ პოლიგონზე სამუშაოთა შეწყვეტის შემდეგ ეს გეგმა ვეღარ განხორციელდა. იორის პოლიგონის ჰიდროლოგიური ქსელის განაწილება ნახვენება ნახაზზე 1.4.

ცხრილი 1.10. იორის პოლიგონის ჰიდროლოგიური ქსელი

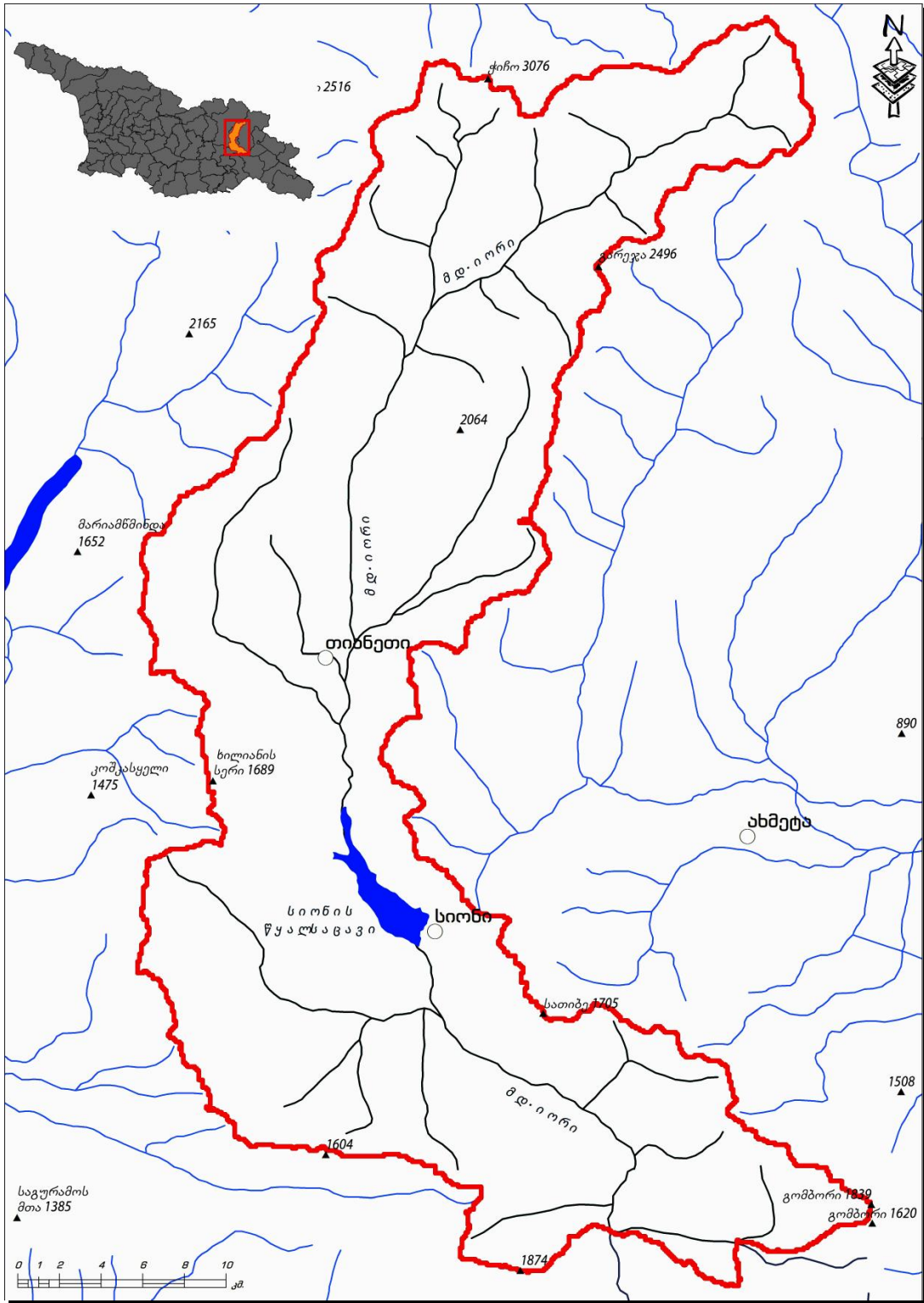
№	მდინარის დასახელება	სიგრძე, კმ	საგუშაგო	საშუალო ხარჯი, მ ³ /წმ
			იორი	
1	სათავე – ს. პაღდო	84	ლელოვანი	10.7
			ორხევი	11.2
			პაღდო	18.4
	შესართავთან	320	სადახლო (აზერბაიჯანი)	
2	ხაშრულა	12		
3	ქუსნო	17		
4	ვერხველი	10		
5	საგამი	18		
6	აძეძი	16		
7	სასადილოს ხევი	10		
8	გომბორი	13		
9	სიონის წყალსაცავი	სიგრძე – 11.5 კმ, სარკის ფართობი – 10.4 კმ ² , სარკის სიმაღლე – 1068 მ ზ.დ., მოცულობა – 325 მლნ მ ³		

წყლის რესურსების სიუხვისა და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების შედარებით მცირე ფართობის გამო საკვლევ ტერიტორიაზე სარწყავი არხები არ არის გაყვანილი, თუ არ ჩავთვლით ზემო სამგორის მაგისტრალურ არხს, რომლის სათავე ნაგებობა იორის პოლიგონის სამხრეთ საზღვარზე მდებარეობს.

სიონის წყალსაცავის დაბლა (საგ. ორხევი) ჩამონადენის მაქსიმუმი გადაწეულია ივლის-აგვისტოზე, რაც დაკავშირებულია ზემო მაგისტრალურ არხში და სხვა სარწყავ სისტემებში, წყალსაცავში აკუმულირებული წყლის მიწოდებაზე მაქსიმალური მოთხოვნით საგარეჯოსა და გარდაბნის მუნიციპალიტეტების სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სარწყავად.

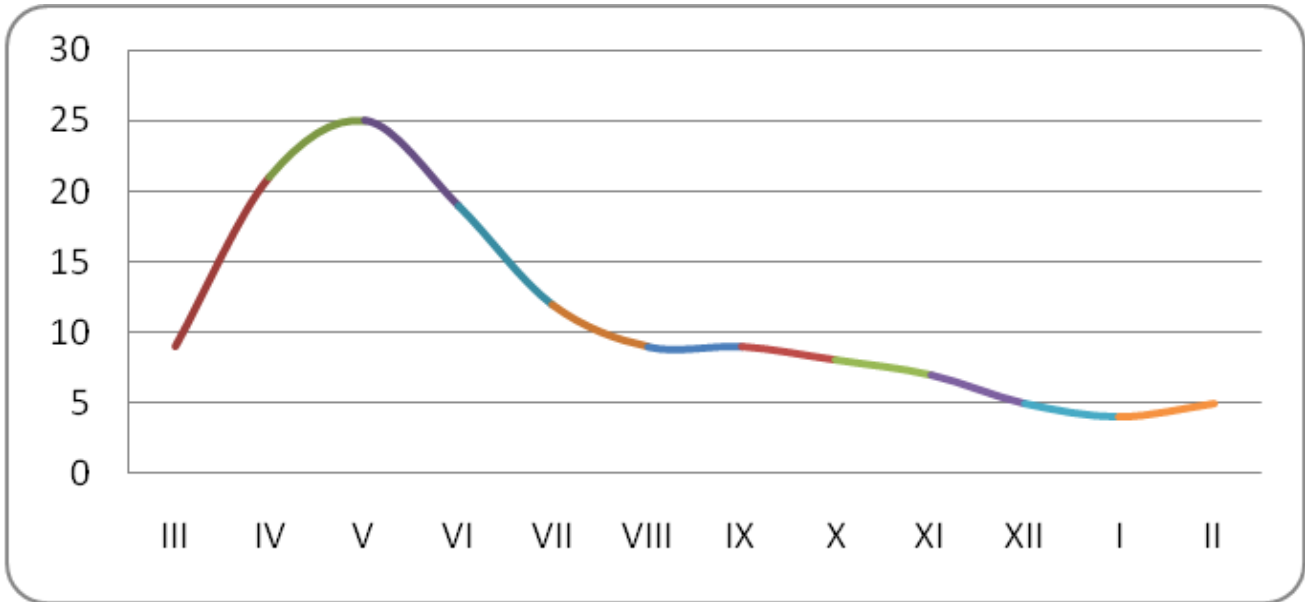
როგორც მდინარე იორი, ისე მისი ზემოწელის შენაკადები წყაროებიდან იღებენ სათავეს და თოვლის, წვიმისა და გრუნტის წყლებით საზრდოობენ. ნ. უკლებას ფუნდამენტური გამოკვლევის თანახმად [14]. წლიურ ჩამონადენში გრუნტის წყლების წილი 39%-ს შეადგენს, ხოლო თოვლის ნაღნობი წყლებისა – 28%.

მდ. არაგვისა და მისი შენაკადების ზემოწელთან შედარებით, სადაც 50-მდე მინერალური სამკურნალო წყაროა აღრიცხული [5], მდ.იორის აუზის ზემო ნაწილი ღარბია მინერალური წყლებით. ამავე ატლასის [5] თანახმად სიონის წყალსაცავის მახლობლად აღრიცხულია 2 მინერალური წყარო (ხილიანის წყარო და თხილა), რომლებიც ნაკლებადაა ცნობილი და ჩამოსასხმელად არაა გამოყენებული.



ნახ. 14. იორის პოლიგონის ჰიდროლოგიური ქსელი

მდ.იორის ჩამონადენის შიდაწლიური განაწილება სიონის წყალსაცავამდე (საგ. ლელოვანი) ხასიათდება მთებში თოვლის დნობით გამოწვეული გაზაფხულის მაქსიმუმით და ზამთრის მინიმუმით (ნახ.15).



Q მმ/წმ	9	21	25	19	12	9	9	8	7	5	4	5
თვე	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II
არალიმიტირებული პერიოდი						ლიმიტირებული პერიოდი (წყალმცირობა)						
						არალიმიტირებული სეზონი				ლიმიტირებული სეზონი		
გაზაფხული - ზაფხული						ზაფხული - შემოდგომა				ზამთარი		

ნახ. 1.5. მდ.იორის ჩამონადენის შიდაწლიური განაწილება საგ. ლელვანში.

12.5. მოსახლეობა და ეკონომიკა

იორის პოლიგონი მთლიანად მოიცავს თიანეთის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიას, რომლის ფართობი შეადგენს 906.3 კმ². მასში შედის 2 დაბა (თიანეთი და სიონი) და 81 სოფელი. მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წლის მონაცემებით აღწევს 9500, რაც 5.5 ათასით ნაკლებია 2011 წლის მაჩვენებელთან შედარებით. პოლიგონის ტერიტორიაში შედის აგრეთვე საგარეჯოს მუნიციპალიტეტის მცირე ნაწილი ფართობით 94 კმ², რომელიც სამხრეთიდან ესაზღვრება სოფ. გომბორს.

თიანეთის მუნიციპალიტეტის ეკონომიკის წამყვანი დარგია სოფლის მეურნეობა, რომელიც წარმოდგენილია მეცხოველეობით (მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის მოშენება, მეცხვარეობა, მეღორეობა, მეფრინველეობა), აგრეთვე მარცვლეული და საკვები კულტურების მოყვანით. მუნიციპალიტეტის სასოფლო-სამეურნეო საგარეულების საერთო ფართობია 30 850 ჰა, საიდანაც 9 448 ჰა (30%) სახნავ-სათესი მიწებია, 20 880 ჰა (68%) სათიბ-საძოვარი, 552 ჰა (2%) მრავალწლიან ნარგავები, კერძოდ ხეხილის ბაღები, ხოლო ტყეებს მუნიციპალიტეტის ტერიტორიის 60%-ზე მეტი უკავია.

მრეწველობის სექტორი მუნიციპალიტეტში არ არის განვითარებული, ისევე როგორც ენერგეტიკის სექტორი, რომელიც წარმოდგენილია მხოლოდ 9 გვტ სიმძლავრის პერიოდულად მოქმედი სიონჰესის ელექტროსადგურით. სამაგიეროდ, მუნიციპალიტეტს გააჩნია ტურიზმისა და რეკრეაციული ინდუსტრიის მაღალი, მაგრამ ჯერ-ჯერობით აუთვისებელი პოტენციალი [18]. ეს პოტენციალი შედგება აგროტურიზმისა და სარეკრეაციო ობიექტების მოწყობის დიდი შესაძლებლობებით – ერწოს ველზე (სოფლები ღუღელები, ტოლათსოფელი, კვერნაუ-

ლი, სიონთგორი, გორანა, სიმონიანთხევი, თოლენჯი, მელიასხევი, ხევსურთსოფელი, თრანი, თოლოხნა), თიანეთის ქვაბულის მიმდებარე ტერიტორიებზე, განსაკუთრებით კი თიანეთი-უინვალის ახალაშენებული საავტომობილო გზის გასწვრივ (სოფლები ტუშურები, ზარიძეები, ეთვალისი) და სიონის წყალსაცავის მიმდებარე ტერიტორიებზე (სოფლები სიონი, ჩეკურაანთგორი), აგრეთვე გორშევარდენის სერზე, სადაც 1980-იან წლებში განთავსებული იყო ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის იორის პოლიგონის ცენტრალური ბაზა.

აღსანიშნავია ისიც, რომ თიანეთიდან აღმოსავლეთისკენ, კახეთის ქედის გადავლით, ხშირ ტყეებში მიემართება გზა, რომელიც აკავშირებს თიანეთს ახმეტასთან, რაც ტურისტებს შესაძლებლობას აძლევს გააგრძელონ ტურნე კახეთის რეგიონში. გარდა ამისა, თიანეთიდან კიდევ ერთი გზა მიუყვება მდ. იორს ჩრდილოეთისკენ სოფ. ზემო არტანამდე, რის შემდეგაც ფეხით მოსიარულე ტურისტებს შეუძლიათ გააგრძელონ მოგზაურობა ველურ ბუნებაში იორის სათავეებამდე და ავიდნენ პანკისის ქედის უმაღლეს მწვერვალზე – დიდ ბორბალოზე. მუნიციპალიტეტის ტერიტორია მდიდარია ისტორიული ძეგლებითაც, რომელთა შორის აღსანიშნავია ხუროთმოძღვრების ძეგლი ცხრაკარა (XI ს.) და ბოჭორმის ციხე-სიმაგრე.

აღნიშნული პოტენციალის ათვისება, რაც სრულიად შესაძლებელია მდიდარი წყლის რესურსების, ზომიერი კლიმატისა და თბილისთან, მცხეთასთან და თელავთან სიახლოვის პირობებში, დიდ სტიმულს მისცემს მუნიციპალიტეტის ეკონომიკის განვითარებას, შეაჩერებს რაიონიდან მიგრაციის პროცესებს და უზრუნველყოფს ადგილობრივი მოსახლეობის დაბრუნებას თავიანთ სოფლებში.

1.3. ხრამი-ფარავნის პოლიგონი

1.3.1. რელიეფი

სამხრეთ-საქართველოს ტერიტორიაზე საცდელ პოლიგონად შერჩეულ იქნა ფარავნის ტბისა და წალკის წყალსაცავის აუზებში მდებარე ნინოწმინდისა და წალკის მუნიციპალიტეტების ტერიტორიების ნაწილი საერთო ფართობით 2000 კმ². საცდელი ტერიტორია დასავლეთიდან შემოსაზღვრულია სამსარის ქედით, რომლის უმაღლესი მწვერვალია მთა დიდი აბული (3100 მ). ეს ქედი 30 კმ მანძილზე გაწოლილია სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ და შედგება ვულკანური წარმოშობის კონუსური მწვერვალებისაგან სიმაღლით 2500-3100მ ზ.დ. ჩრდილო ნაწილში სამსარის ქედი ემიჯნება განედური მიმართულების თრიალეთის ქედს, რომელიც ესაზღვრება საცდელ ტერიტორიას ჩრდილოეთიდან წალკის ქვაბულის აღმოსავლეთ საზღვრამდე. ამ მონაკვეთში თრიალეთის ქედის უმაღლესი მწვერვალია მთა არჯევანი (2757 მ). წალკის ქვაბულს სამხრეთიდან ესაზღვრება მერიდიანული მიმართულების ჯავახეთის ქედი, რომლის უმაღლესი სამხრეთ მწვერვალიდან (მ. ემლიკლი, 3054 მ) პოლიგონის საზღვარი მიემართება დასავლეთით დაბა ნინოწმინდისკენ და უერთდება სამსარის ქედის სამხრეთ კალთებს საღამოს ტბის მიდამოებში. საზღვრის დომინანტი მწვერვალი ამ მონაკვეთში არის ყარათეფე (2350 მ).

საკვლევი ტერიტორია პირობითად შეიძლება 2 რაიონად დაიყოს. პირველი მათგანი (ზემო იარუსი) მოიცავს ფარავნის ტბის აუზს სიმაღლეთა ინტერვალში 1800-დან (მეტეოსადგური სათხე-1839 მ) 2100 მეტრამდე (მ/ს ფარავანი 2100 მ), ხოლო მეორე განთავსებულია წალკის წყალსაცავის აუზში სიმაღლეთა შუალედში 1500-1600მ ზ.დ. (მ/ს წალკა 1457 მ, ნალექ-მზომი საგუშაგო კუში 1500 მ). ამ ორ წყალგამყოფზე მდებარეობს თიქმათაშის უღელტეხილი (2168 მ ზ.დ.). ფარავნის ტბიდან მის უკიდურეს სამხრეთ ნაწილში გამოედინება მდ. ფარავანი, რომელიც განძანსა და ნინოწმინდას შორის ქმნის საღამოს ტბას. წალკის წყალსაცავის აუზის (ქვემო იარუსი) წყალსაცავში ჩაედინება მდ. ქცია, ხოლო აღმოსავლეთ ნაწილში გამოედინება მდ. ხრამი. ხრამი-ფარავნის პოლიგონის რელიეფის რუკა მოცემულია ნახ. 1.6-ზე.



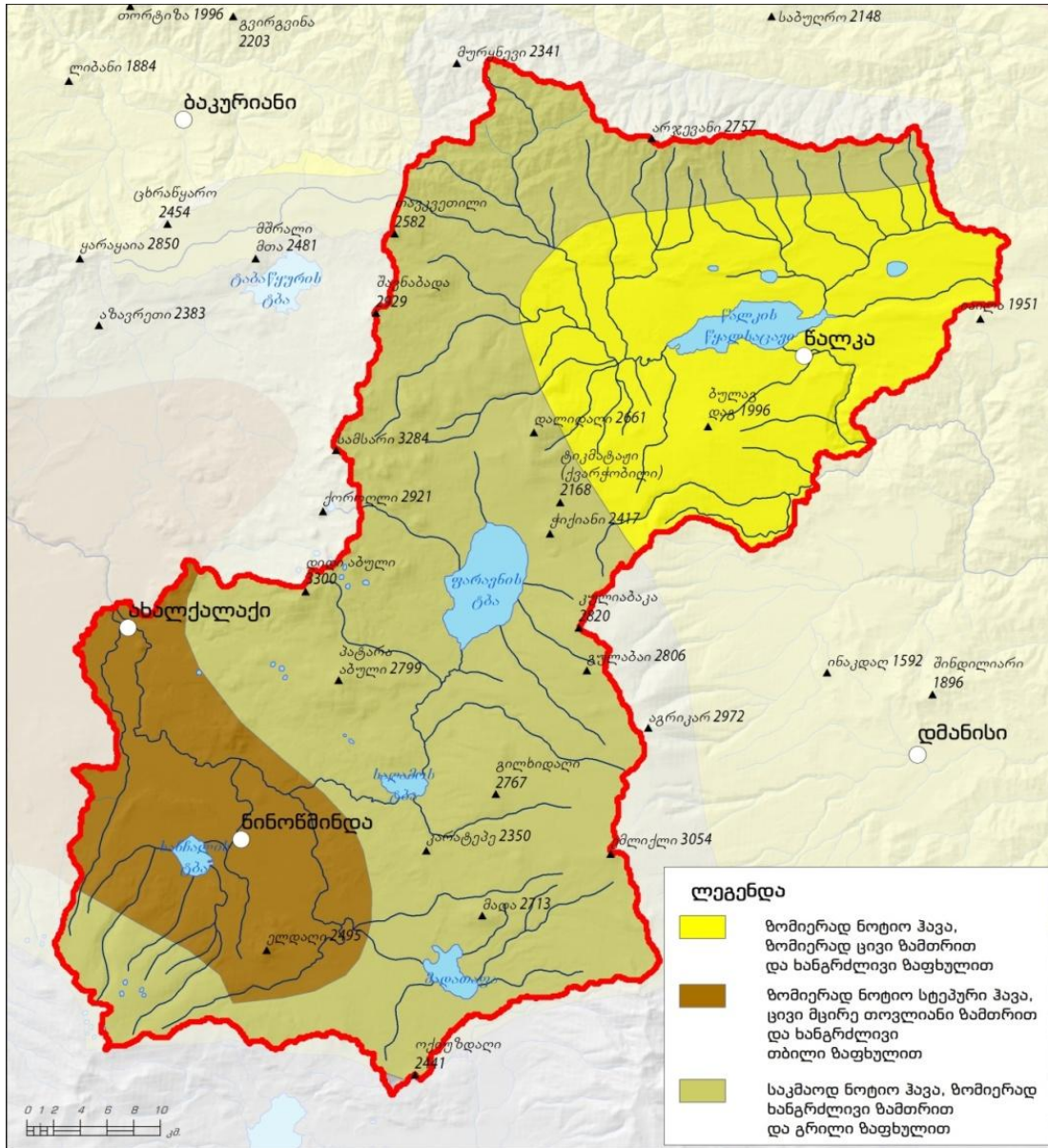
ნახ. 1.6. ხრამი-ფარავნის პოლიგონის რელიეფის რუკა [15]

პოლიგონში შემავალი ფარავნის ტბის აუზის ნაწილის ფართობი შეადგენდა 1100კმ² და წალკის წყალსაცავის ფართობი – 900კმ².

1.3.2. ჰავა

იმის გათვალისწინებით, რომ ჯავახეთის ქედი საცდელ ტერიტორიას ორ განსხვავებულ კლიმატურ ზონად ჰყოფს, ხრამი-ფარავნის პოლიგონის დასავლეთ ნაწილში, რომელიც ფარავნის ტბის აუზს მოიცავს, ძირითადად გამოიყოფა 2 კლიმატური ზონა [15]. პოლიგონის მნიშვნელოვან ნაწილზე ვრცელდება მთიანეთის სტეპების ჰავა, ცივი მცირეთოვლიანი ზამთრითა და ხანგრძლივი გრილი ზაფხულით, ხოლო პოლიგონის სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში გაბატონებულია მთიანეთის სტეპების ჰავა, ცივი, მცირეთოვლიანი ზამთრითა და ხანგრძლივი თბილი ზაფხულით. ამავე წყაროს მიხედვით, ჯავახეთის ქედის აღმოსავლეთით, წალკის წყალსაცავის აუზში საცდელ ტერიტორიაზე გამოიყოფა მხოლოდ ერთი კლიმატური ზონა - ცივ ზამთრიანი და ხანგრძლივ ზაფხულიანი ზომიერად ნოტიო, მთიანეთის სტეპებში გარდამავალი ჰავა. ხრამი-ფარავნის კლიმატური დარაიონების სქემა მოცემულია ნახაზზე 1.7.

მონაცემები მზის ნათების ხანგრძლივობის შესახებ ხრამი-ფარავნის პოლიგონის ტერიტორიაზე არსებობს რადიონოვიკისა და წალკის მეტეოსადგურებისთვის [7] 1970 წლების მდგომარეობით (ცხრ. 1.11)



ნახ. 1.7. სრამი-ფარავნის კლიმატური დარაიონება [15].

ცხრილი 1.11. მზის ნათების ხანგრძლივობა სრამი-ფარავნის პოლიგონის ტერიტორიაზე

თვე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
ფარავანი	142	137	184	204	226	261	293	295	249	205	155	128	2479
წალკა	132	135	141	156	180	215	243	222	178	158	115	109	1987

ინფორმაციას სრამი-ფარავნის პოლიგონის ტემპერატურული რეჟიმის შესახებ იძლევა 1930-იანი წლებიდან წარმოებული დაკვირვების მონაცემები (ცხრილი 1.12).

ცხრილი 1.12. ჰაერის ტემპერატურის საშუალო და ექსტრემალური მნიშვნელობები (°C) სრამი-ფარავნის პოლიგონის ტერიტორიაზე 1930-1960-იანი წლების მონაცემებით [8].

ელემენტი	თვე												წელი
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
სათხე (1839 მ ზ.დ.)													
საშუალო ტემპერატურა	-8.1	-6.7	-3.3	3.1	8.5	11.4	14.5	15.0	11.2	6.5	0.3	-5.3	3.9

ცხრილი 1.12-ის გაგრძელება													
ტემპერატურის აბს. მინიმუმი	-38	-32	-29	-22	-9	-3	-3	-4	-10	-15	-26	-34	-38
ტემპერატურის აბს. მაქსიმუმი	7	10	16	22	26	28	30	32	30	26	20	13	32
ფარავანი (2100 მ ზ.დ.)													
საშუალო ტემპერატურა	-8.8	-7.9	-4.7	1.2	6.4	9.8	12.9	13.1	9.4	4.9	-0.7	-5.7	2.5
ტემპერატურის აბს. მინიმუმი	-38	-32	-27	-22	-9	-4	-3	-3	-10	-15	-26	-36	-38
ტემპერატურის აბს. მაქსიმუმი	6	8	11	19	23	24	28	29	27	24	18	9	29
წალკა (1457 მ ზ.დ.)													
საშუალო ტემპერატურა	-4.8	-3.8	-0.3	4.9	10.1	13.2	16.1	15.9	12.1	7.7	1.8	-2.4	5.9
ტემპერატურის აბს. მინიმუმი	-34	-30	-25	-15	-6	0	0	0	-7	-13	-26	-32	-34
ტემპერატურის აბს. მაქსიმუმი	14	15	19	25	28	29	31	33	32	28	23	15	33

ჰაერის ფარდობითი სინოტივის საშუალო თვიური მნიშვნელობები იმავე პერიოდისა და იგივე სადგურებისთვის მოცემულია ცხრილში 1.13.

ატმოსფერული ნალექების საშუალო თვიური ჯამები იმავე პერიოდში იგივე სადგურებისთვის მოყვანილია ცხრილში 1.14.

ღრუბლების მონაცემები იგივე სადგურებისთვის (სათხეს გარეშე) მოცემულია ცხრილში 1.15.

ცხრილში 1.13. ჰაერის ფარდობითი სინოტივის საშუალო თვიური მნიშვნელობები (%) ხრამი-ფარავნის ტერიტორიაზე 1930-1960-იანი წლების მონაცემებით [9]

მეტეოსადგური	თვე												წელი
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ფარავანი	74	75	76	76	73	74	74	70	73	71	74	72	74
წალკა	71	72	76	74	75	75	74	73	76	76	78	73	74

ცხრილი 1.14. ატმოსფერული ნალექების საშუალო თვიური ჯამები (მმ) ხრამი-ფარავნის ტერიტორიაზე 1930-1960-იანი წლების მონაცემებით [9]

მეტეოსადგური	თვე												წელი
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
სათხე	21	30	33	45	77	97	65	51	39	37	30	18	543
ფარავანი	21	27	28	46	80	86	64	52	41	37	32	22	536
წალკა	22	25	39	64	119	102	65	55	65	44	35	18	653

ცხრილი 1.15. ხრამი-ფარავნის პოლიგონის მეტეოსადგურებზე თვის საშუალო საერთო და ქვედა იარუსის ღრუბლიანობა (ბალებში) [10]

ღრუბლიანობა	თვე												წელი
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ფარავანი													
საერთო	5.9	6.3	6.7	6.8	6.8	5.9	5.0	4.3	4.7	4.8	5.8	5.8	5.7
ქვემო	4.2	4.6	4.6	5.1	5.0	4.6	4.2	3.6	3.9	3.7	4.2	3.8	4.3
წალკა													
საერთო	5.5	6.0	6.5	6.7	6.8	6.0	5.7	5.4	5.8	5.8	6.2	5.5	6.0
ქვემო	3.7	4.2	4.9	5.2	5.2	4.6	4.2	4.1	4.5	4.5	4.8	3.8	4.5

ქარის რეჟიმი ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე ძირითადად ყალიბდება ზოგად ცირკულაციური პროცესებისა და მსხვილი ოროგრაფიული სისტემების (თრიალეთის, სამსარისა და ჯავახეთის ქედები) ურთიერთქმედების შედეგად. ამის გამო ფარავნის ტბის აუზში გაბატონებულია სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულების ქარები, ხოლო წალკის წყალსაცავის აუზში – ჩრდილო-დასავლეთისა და დასავლეთის ქარები. დაკვირვების შედეგები, რომლებიც გასული საუკუნის 40-60-იან წლებში ტარდებოდა ფარავანსა (რადიონოვკა) და წალკის მეტეოსადგურებზე, მოყვანილია ცხრილში 1.16.

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ ფარავნის ტბის აუზში ქარის სიჩქარეები ორჯერ მეტია ვიდრე წალკის ზეგანზე. პოლიგონის ორივე ნაწილი პრაქტიკულად მოკლებულია ტყის საფარს, ამიტომ ეს სხვაობა სამსარის ქედის გავლენითაა გამოწვეული, რომელიც ჯავახეთის ქედთან ურთიერთობისას ქარის ნაკადების გაძლიერებას იწვევს.

ცხრილი 1.16. ქარის თვის საშუალო სიჩქარე (მ/წმ) ხრამი-ფარავნის პოლიგონის მეტეოსადგურებზე [11]

მეტეოსადგური	თვე												წელი
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ფარავანი	4.9	5.5	4.2	3.8	3.4	3.3	3.8	3.6	3.2	3.5	4.1	4.4	4.0
წალკა	2.7	2.7	2.4	2.0	2.0	1.8	1.7	1.4	1.5	1.7	1.6	2.2	2.0

ძლიერ ქარიან ($V \geq 15$ მ/წმ) დღეთა რიცხვი, იმავე ცნობარის მიხედვით, წელიწადში შეადგენს 43-ს, რაც რეგიონში საშუალო მაჩვენებლად უნდა ჩაითვალოს (ახალქალაქის მეტეოსადგურზე ეს სიდიდე 49-ს აღწევს).

სტიქიური მოვლენებიდან ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე შეიძლება აღინიშნოს უხვი ნალექი, რომლის დღედამურმა ჯამმა 5-10% ალბათობით წალკაში შეიძლება მიაღწიოს 50-60 მმ. დაკვირვების პერიოდში 1930-1965 წწ. აღნიშნულ სადგურზე ნალექთა დღედამური ჯამის მაქსიმალური მნიშვნელობა აღინიშნა 1946 წლის 25 მაისს და შეადგინა 77 მმ.

ექსტრემალური მოვლენებიდან ხრამი-ფარავნის პოლიგონი გამოირჩევა სეტყვიანობის მაღალი მაჩვენებლით, რომელიც ერთ-ერთი მაქსიმალურია საქართველოს ტერიტორიაზე. მის მოსვლის სიხშირეზე 1932-1965 წწ. პერიოდში ინფორმაციას იძლევა ცხრილი 1.17.

ცხრილი 1.17. სეტყვიან დღეთა საშუალო რაოდენობა ხრამი-ფარავნის პოლიგონის ტერიტორიაზე 1932-1965 წწ. მონაცემებით [10]

სადგური	თვე												წელი
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ნინოწმინდა (სათხე)				0.1	1.1	1.3	0.4	0.6	0.4				3.9
ფარავანი				0.4	3.0	3.0	0.9	1.1	0.9	0.7			10.0
წალკა				0.7	2.0	1.3	0.3	0.2	0.4	0.1			5.0

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, პოლიგონის ტერიტორიაზე მაქსიმალური სეტყვიანობით გამოირჩევა ფარავნის ტბის აუზის ჩრდილოეთი ნაწილი, რამაც განაპირობა ამ რაიონში ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მიერ 1960-იანი წლების დასაწყისში საცდელი პოლიგონის შექმნა სეტყვასთან ბრძოლის ორიგინალური მეთოდის დასამუშავებლად.

მონაცემები ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე თოვლის საფარის ხანგრძლივობისა და სიმაღლის შესახებ კლიმატური ცნობარის [9] მიხედვით ნაჩვენებია ცხრილში 1.18.

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, ხრამი-ფარავნის პოლიგონის ტერიტორია დაკვირვების წლებში დიდთოვლობით არ გამოირჩეოდა და თოვლის საშუალო დეკადური სიმაღლე მეტეოსადგურებზე არ აღემატებოდა 10-15 სმ.

ისევე, როგორც იორის პოლიგონის მონაცემების განხილვისას, აქაც მხედველობაშია მისაღები ბოლო ათწლეულების მანძილზე გლობალური დათბობის შედეგად საქართველოში თოვლიანობის რეჟიმზე მომხდარი ცვლილებები, რის გამოც ცხრილში 1.18 მოყვანილი მონაცემები შესწორებას მოითხოვს.

ცხრილი 1.18. თოვლის საფარის საშუალო დეკადური სიმაღლე (სმ) ხრამი-ფარავნის პოლიგონის მეტეოსადგურებზე 1930-1965 წწ. მონაცემებით [9]

სადგური	თვე																
	XI		XII			I			II			III			IV		
	დეკადა																
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
სათხე		3	3	4	7	8	8	9	12	13	13	12	9	7	2		
ფარავანი	1	2	3	3	3	4	5	7	12	13	14	15	15	10	5	1	
წალკა		1	2	3	3	4	4	5	6	7	6	6	5	3	1		

რაც შეეხება გლობალური დათბობის გავლენას ხრამი-ფარავნის პოლიგონის ტემპერატურისა და ნალექთა რეჟიმის რეალურ და პროგნოზირებულ მაჩვენებლებზე, ამის შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნულ შეტყობინებაში [6] მონაცემები არსებობს მხოლოდ წალკის მეტეოსადგურისთვის (ცხრ. 1.19).

როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, 1961-2010 წწ. პერიოდში ჰაერის საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ წალკაში 0.4°C -ით მოიმატა, ხოლო ნალექები გაიზარდა 2%-ით. 2050 წლამდე პროგნოზის თანახმად, მოსალოდნელია ტემპერატურის მომატება 2010 წელთან შედარებით 1.3°C -ით და 2100 წლამდე – კიდევ 2,2°C -ით. რაც შეეხება ნალექთა წლიურ ჯამებს, 2050 წლამდე მოსალოდნელი იქნება მათი გაზრდა 10%-ით, ხოლო 2100 წლამდე პირიქით შემცირება 9.8%-ით.

ცხრილი 1.19. ტემპერატურის საშუალო (T) და ნალექთა წლიური ჯამების (P) ფაქტობრივი, 2050- და 2100 წლამდე პროგნოზირებული მნიშვნელობები წალკის მეტეოსადგურისთვის

სადგური	კლიმატური ცნობარით		2010 წლის მონაცემებით		პროგნოზით 2050 წლისთვის		პროგნოზით 2100 წლისთვის	
	T, °C	P, მმ	T, °C	P, მმ	T, °C	P, მმ	T, °C	P, მმ
წალკა)	5.9	653	6.3	667	7.6	735	9.8	663

1.3.3. ნიადაგები, ლანდშაფტები და მცენარეული საფარი ნიადაგები

ჯავახეთის ვულკანური პლატოს იმ ნაწილში, რომელიც ხრამი-ფარავნის პოლიგონს უკავია, თანახმად უკვე ნახსენები კლასიფიკაციისა [12], ძირითადად გამოიყოფა ნიადაგების 3 ჯგუფი, რომელთაგან პოლიგონის ორივე სექტორში – ფარავნის ტბისა და წალკის წყალსაცავის აუზებში – დომინირებს შავმიწა ნიადაგები მათ სამსარისა და თრიალეთის ქედების ფერდობებზე ალაგ-ალაგ ენაცვლება შავმიწა დანიდული ნიადაგები, ხოლო ჯავახეთის ქედის ფერდობებზე – მთა-მდელოს შავმიწისებრი და კორდიანი მთა-მდელოს ნიადაგები. ნიადაგების გავრცელების სქემა ნაჩვენებია ნახ. 1.8-ზე.

ლანდშაფტები და მცენარეული საფარი

კავკასიონის ლანდშაფტების რუკაზე ჯავახეთის ვულკანური მთიანეთის ზონაში ნ. ბერუჩაშვილის თანახმად [13] გამოიყოფა შემდეგი ლანდშაფტური ზონები მათთვის დამახასიათებელი მცენარეული საფარით, რომლებსაც მოიცავს ხრამი-ფარავნის პოლიგონის ტერიტორია:

მაღალმთის ვულკანური ლანდშაფტები ალპური მდელოებით, რომლებსაც მოიცავს პოლიგონის დასავლეთ ნაწილში მდებარე სამსარის ქედის მწვერვალები 2500-3300 მ ზ.დ. შუალედში;

- ამ ლანდშაფტებს ფარავნის ტბის აუზში ქვემოდან ესაზღვრება მაღალმთის ვულკანური ლანდშაფტების ზონა სიმაღლეთა ინტერვალში 1800-2100 მ ზ. დ., რომელიც აერთიანებს სუბალპურ მდელოებსა და მდელო-სტეპების კომპლექსს.
- წალკის წყალსაცავის აუზში გამოიყოფა ვულკანური მაღალმთიანი პლატო - სტეპისა და მდელო-სტეპის მცენარეულით, რომელსაც აღმოსავლეთიდან და ჩრდილოეთიდან ესაზღვრება საშუალო მთიანეთის ეროზიულ-დენუდაციური ლანდშაფტების ზონა წიფლნარი და მუხნარი ტყეებითა და ბუჩქნარით.



ნახ. 1.8. ნიადაგების ჯგუფების გავრცელების სქემა ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე [12].

ამ კლასიფიკაციის შესაბამისად ხრამი-ფარავნის პოლიგონის ტერიტორია დაფარულია ტყის საფარს მოკლებული ალპური და სუბალპური მცენარეულით, რაც ტრადიციულად ხელს უწყობს ამ რაიონის გამოყენებას ზაფხულის საძოვრებად. ამის გათვალისწინებით, ნაღვეთა ხელოვნურ გაზრდას აქ შეუძლია დადებითი როლის შესრულება საძოვრებისა და სათიბების პროდუქტიულობის გაზრდაში, მეცხოველეობის ეფექტურობის ამაღლებაში, აგრეთვე, გარკვეულწილად, მეთევზეობის განვითარებაში. გარდა ამისა, ნაღვეთა ხელოვნური გაზრდა ფარავნის ტბის აუზში შეიძლება განიხილებოდეს აგრეთვე როგორც ახალაშენებული 87 მგვტ სიმძლავრის ფარავნის ჰესის ეფექტურობის გაზრდის ერთ-ერთი საშუალება. იგივე შენიშვნა შეეხება წალკის წყალსაცავის აუზსაც, რომელიც შეიცავს როგორც 2 მძლავრ ჰიდროელექტროსადგურს, ისე სათიბ-საძოვრებსაც, თუმცა ნაღვეთა სეზონური ჯამების მნიშვნელოვან გაზრდას ორივე აუზში შეიძლება საფრთხის შექმნა მეკარტოფილეობისთვის ჭარბი დატენიანების პირობებში. აქვე უნდა ითქვას, რომ ნსგ სამუშაოთა მსოფლიო გამოცდილებამ აჩვენა, რომ სხვადასხვა პირობებში ნაღვეთა სეზონური ჯამების მომატება 15%-ზე მეტი სიდიდით არარეალურად უნდა ჩაითვალოს.

1.3.4. ჰიდროლოგიური ქსელი

ისევე როგორც იორის პოლიგონი, ხრამი-ფარავნის პოლიგონიც საკმაოდ მდიდარია წყლის რესურსებით. პოლიგონის უფრო მაღალი ნაწილი, რომელიც შედის ფარავნის აუზში,

აერთიანებს მდ ფარავნის ზემოწველს თავისი შენაკადებით, 2 ტბას ფარავანსა და საღამოს, აგრეთვე სამსარის ქედის არეალში შემავალი 10-მდე მცირე ტბას. პოლიგონის შედარებით დაბალი, ჩრდილო-აღმოსავლეთი ნაწილი მოიცავს მდ. ქცია-ხრამის ზემო წველს და მის მიერ შექმნილ წალკის წყალსაცავს თავისი შენაკადებით, აგრეთვე 2 შედარებით პატარა ტბას – ბარეთისა და უიზუნგელს. პოლიგონის ჰიდროლოგიური ქსელის სქემა მოცემულია ნახ. 1.9, ხოლო მონაცემები მდინარეებისა და ტბების შესახებ – ცხრილში 1.20

ფარავნის ტბის აუზში, გარდა ზემოთ განხილული 2 ტბისა, აღრიცხულია კიდევ 10-ზე მეტი მცირე ტბა. აუზის ტბებით დაფარულობის კოეფიციენტი აღწევს 0.15-ს, ანუ მისი ფართობის 15% დაფარულია ტბებით [16]. მდინარეებსა და ტბებს, როგორც ფარავნის ტბის, ასევე წალკის წყალსაცავის აუზში ძირითადად მიწისქვეშა წყლები ასახრდობს. ფუნდამენტურ ნაშრომში მიღებული შედეგების თანახმად [17], ჯავახეთის ვულკანურ პლატოზე მდინარეთა კეების 60% -ზე მეტი გრუნტის წყლებს მიეკუთვნება, წვიმის ჩამონადენის წილი იცვლება 13-25% ფარგლებში, ხოლო თოვლის ნაღნობისა 15-27% ფარგლებში. საკვლევ რეგიონში სამკურნალო მინერალური წყლები არ არის აღმოჩენილი.

ცხრილი 1.20. ხრამი-ფარავნის პოლიგონის ჰიდროლოგიური ქსელი

№	მდინარის/ტბის დასახელება	სიგრძე, კმ	საგუშავო	საშუალო ხარჯი, მ ³ /წმ
ფარავნის ტბის აუზი				
1	მდ. ფარავანი	0	ფოკა	1.47
		24	საღამო, საღამოს ტბა	5.76
		29	ოროჯოლარი (პოლიგონის საზღვარი)	9.10
		74	შესართავი (ხერთვისი)	18.9
2	განძისხევი	19	მდ. ფარავნის მთავარი შენაკადები	
3	ბუღდაშენი	16		
4	ყირბულახი	32		
5	კორხი	30		
6	ჭობარეთი	23		
7	ფარავნის ტბა	სიგრძე–9.5 კმ, სარკის ფართობი–37.5 კმ ² , სარკის სიმაღლე–2076 მ ზ.დ., მოცულობა –90.8 მლნ მ ³		
8	საღამოს ტბა	სიგრძე–3.8 კმ, სარკის ფართობი–4.8 კმ ² , სარკის სიმაღლე–1996 მ ზ.დ., მოცულობა –7.7 მლნ მ ³		
წალკის წყალსაცავის აუზი				
1	მდ. ქცია სათავე	51	კსაგ.უში, მდ. ხრამის სათავე	6.48
2	მდ. ხრამი (საგ. კუშიდან)	77	საგ.წალკა, წალკის წყალსაც გავლის შემდეგ	9.76
		98	კაკლიანი ხრამქვის გავლის შემდეგ,	13.7
		201	პოლიგონის საზღვარი შესართავი, საგ. წითელი ხიდი	65.9
3	ბურნაშეთი	18	წალკის წყალსაცავს სულ ერთვის კიდევ 10-ზე მეტი მდინარე სიგრძით 5-დან 10 კმ-მდე	
4	ნარდენავი	10		
5	გუმბათი	22		
6	ყორსუჩაი	12		
7	წალკის წყალსაცავი	სიგრძე–14.0 კმ, სარკის ფართობი–33.7 კმ ² , სარკის სიმაღლე–1512 მ ზ.დ., მოცულობა –313 მლნ მ ³		
8	ბარეთის ტბა	სარკის ფართობი – 1.24 კმ ² , სარკის სიმაღლე – 1612 მ ზ.დ., მოცულობა – 1.02 მ ³		
9	ტბა უზუნგელი			
10	ტბა ჯამუშგელი			



ნახ. 1.9. ხრამი-ფარავნის პოლიგონის ჰიდროლოგიური ქსელი

1.3.5. მოსახლეობა და ეკონომიკა

ხრამი –ფარავნის პოლიგონი მოიცავს ნინოწმინდისა და წალკის მუნიციპალიტეტების ტერიტორიის ნაწილებს, რომელთაგან, როგორც ზემოთ უკვე იყო ნათქვამი, 1100 კმ² შედის ნინოწმინდის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაში და 900 კმ²–წალკის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაში.

ნინოწმინდის მუნიციპალიტეტის საერთო ფართობი შეადგენს 1353,9 კმ². მასში შედის 1 ქალაქი (ნინოწმინდა, ყოფილი ბოგდანოვკა) და 31 სოფელი. მოსახლეობის რაოდენობა 2014 წლის მდგომარეობით შეადგენდა 24 490, რაც თითქმის 25%-ით ნაკლებია 2002 წლის მაჩვენებელზე (32 560).

ნინოწმინდის მუნიციპალიტეტის ეკონომიკის წამყვანი დარგია სოფლის მეურნეობა, რომელშიც დომინირებს მეცხოველეობა, მარცვლეულის მოყვანა და მეკარტოფილეობა,

განვითარებულია აგრეთვე მეფუტკრეობა. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს უკავია 117 000 ჰა, საიდანაც 24 000 ჰა სახნავე-სათესია, 7 000 ჰა-სათიბი და 96 000 ჰა –საძოვარი.

მრეწველობის დარგებიდან მუნიციპალიტეტში განვითარებულია კვების მრეწველობა (რძის და ხორცის გადამამუშავება, ყველის წარმოება), თევზჭერა და თევზის მოშენება. მოქმედებს ბაზალტის ქვის დამამუშავებელი და ბეტონის ბლოკის საამქროები. მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე გადის ბაქო-თბილისი-ყარსის საერთაშორისო მნიშვნელობის სარკინიგზო ხაზი, აგრეთვე სომხეთთან შემაერთებული საავტომობილო მაგისტრალი [20].

წალკის მუნიციპალიტეტის საერთო ფართობია 1050,6 კმ², რომელზეც განთავსებულია 1 ქალაქი – წალკა, 2 დაბა და 48 სოფელი. 2014 წლის მონაცემებით მუნიციპალიტეტის მოსახლეობა შეადგენდა 18 850 ადამიანს, საიდანაც 3 200 ცხოვრობდა ქ. წალკაში. 2002 წელთან შედარებით მუნიციპალიტეტის მოსახლეობა შემცირდა 9.8%-ით, თუმცა თვით წალკაში მოსახლეობის რაოდენობა გაიზარდა 33%-ით.

წალკის მუნიციპალიტეტის ეკონომიკის მთავარი მიმართულებაა სოფლის მეურნეობა, რომლის ძირითადი დარგებია მეკარტოფილეობა და მესაქონლეობა. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს უკავია 86 000 ჰა, სხვა დარგებიდან განვითარებულია ელექტროენერგეტიკა, რომელიც წარმოდგენილია ხრამის კასკადის 2 მძლავრი ელექტროსადგურით, აგრეთვე სატრანსპორტო ქსელი, რომლის ძირითადი ელემენტია თბილისი-ყარსის რკინიგზის მარაბდა-ახალქალაქის მონაკვეთი [19].

დასკვნები

1. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მიერ ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ჩასატარებლად შერჩეული იორის, და შემდგომში ხრამი-ფარავნის პოლიგონების ტერიტორიები ძირითადად აკმაყოფილებს მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის მიერ ამ პროფილის სამუშაოების ჩასატარებლად გამოყოფილი ტერიტორიებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს როგორც გეოგრაფიული, ისე კლიმატური, ჰიდროლოგიური და სოციალურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით. კლიმატური მონაცემები, რომლებიც მოცემულია 1970-იანი წლებისთვის საცნობარო ლიტერატურიდან, კორექტირებულია ჰაერის ტემპერატურისა და ნალექთა ჯამების 2100 წლამდე არსებული საპროგნოზო შესწორებებით.
2. ორივე პოლიგონისათვის მოცემულია რელიეფის, ნიადაგების, კლიმატური ზონებისა და მცენარეული საფარის ზოგადი მიმოხილვა, რაც მომავალში საჭირო იქნება წყლის რესურსების მართვის მოდელების ასაგებად.
3. ორივე პოლიგონისათვის განხილულია ჰიდროლოგიური ქსელი მთავარი მდინარეების (იორი, ფარავანი და ქცია-ხრამი), მათი შენაკადების, ტბებისა და წყალსაცავების ჩათვლით. აღნიშნულია, რომ ნალექთა ხელოვნურ გაზრდას ორივე პოლიგონზე პოტენციურად შეუძლია არსებული ჰესების (ხრამი-ფარავნის პოლიგონი) და სარწყავი სისტემების (იორის პოლიგონი) ეფექტურობის გაზრდა.
4. მოყვანილია ცნობები თიანეთის, ნინოწმინდისა და წალკის მუნიციპალიტეტების (რომლებშიც შედის საცდელი პოლიგონების ტერიტორიები) ფართობების, მოსახლეობის რაოდენობისა და ეკონომიკის ძირითადი დარგების შესახებ. ეს ინფორმაცია აგრეთვე გასათვალისწინებელი იქნება მოცემულ აუზებში წყლის რესურსების მენეჯმენტის მოდელების აგების დროს.

თავი 2. ნალექთა ხელოვნური გაზრდის მიზნით ღრუბლებზე ზემოქმედების ეფექტის დადგენის შესაძლებლობის შეფასება

2.1. ზოგადი შენიშვნები

1977 წელს აკად. გ.სვანიძის მიერ შემუშავებული კონცეფციის თანახმად, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტს რესპუბლიკის ხელმძღვანელობის წინაშე საქართველოს ტერიტორიაზე ნხვ სამუშაოთა გაშლის შესახებ წინადადების დასმის წინ უნდა შეესრულებინა 3 ტიპის სამუშაო:

- სხვადასხვა ქვეყნებში ნხვ სამუშაოთა პრაქტიკული გამოცდილების მიმოხილვა და მათი ეფექტურობის შეფასება;
- ნხვ სამუშაოთა ჩასატარებლად საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიების შერჩევა;
- საქართველოს პირობებში ნხვ სამუშაოთა სხვადასხვა სანდო ალბათობით ეფექტის დადგენის ხანგრძლივობის შეფასება.

ამ სამი ამოცანიდან პირველი შედარებით ადვილად იქნა დაძლეული 1977 წლისთვის ღრუბელთა ფიზიკისა და აქტიური ზემოქმედების (ეს ტერმინი მიღებული იყო საბჭოთა კავშირში ინგლისური ტერმინის „Weather modification“-ის სანაცვლოდ) დარგში გამოქვეყნებული ლიტერატურული წყაროების მიმოხილვის შედეგად. ამოცანის გადაჭრას ხელი შეეწყო აგრეთვე საქართველოს დელეგაციის (ა. ქარცივაძე, ა. ოკუჯავა, თ. გზირიშვილი, ბ. ბერიტაშვილი) მონაწილეობამ 1976 წელს ბოულდერში (კოლორადო, აშშ) ჩატარებულ ამინდის მოდიფიკაციის საერთაშორისო კონფერენციაში, სადაც მიღებული უახლესი ინფორმაციის გამოყენებით შედგენილი იქნა მიმოხილვა [1]. ამ ნაშრომში განხილული იქნა ნალექთა ხელოვნური გაზრდის დარგში როგორც საბჭოთა კავშირში, ისე მსოფლიოს მთელ რიგ ქვეყნებში (აშშ, ისრაელი, ირანი, ავსტრალია, მექსიკა და ა.შ.) ჩატარებული პროექტების ორგანიზაცია და მიღებული შედეგები, აგრეთვე მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის მიერ დაგეგმილი ნხვ საერთაშორისო პროექტის (PEP) და მის ჩასატარებლად შერჩეული ქვეყნების სია. შემდგომში, 1979-1981 წლებში ამ პროექტის ესპანეთში განხორციელების შედეგები და მთავარი ხარვეზები განხილულია წინამდებარე თავის ბოლო პუნქტში 2.5. და უფრო დეტალურად დანართი 2-ში.

მეორე ამოცანის გადასაჭრელად ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში ჰიდროლოგიის, ღრუბელთა ფიზიკის, სინოპტიკური მეტეოროლოგიისა და გარემოს დატუჭყიანების წამყვან სპეციალისტთა მიერ დეტალური განხილვის შედეგად მიღებული იქნა გადაწყვეტილება ნხვ სამუშაოთა ჩასატარებლად შერჩეული ყოფილიყო მდ.იორის აუზის ზემოწელი, სიონის წყალსაცავი შემკრების როლს შეასრულებდა ღრუბლებზე ზემოქმედების შედეგად მიღებული წყლის დამატებითი რესურსების დაგროვებისა და განაწილებისათვის. საკონტროლო ტერიტორიებად რეკომენდებული იქნა მდ. არაგვის, ქსნისა და ლიახვის აუზები.

რაც შეეხება ზემოთ ჩამოთვლილი ამოცანებიდან მესამის გადაწყვეტად ნაშრომი [2] –ის მსგავსად, საჭირო გახდა მათემატიკური სტატისტიკის აპარატის გამოყენება საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიებზე ნალექთა დაკვირვებულ რიგებს შორის ნალექთა სხვაობის საიმედოების დონის დასადგენად. საკითხი დეტალურად იქნა განხილული 1978 წლისთვის მომზადებულ პროექტ „იორის“ დასაბუთების [3] მე-5 თავში, რომელიც შემდგომში 1981 წელს გამოქვეყნდა ჰიდრომეტეოროლოგიის შრომათა კრებულში [4]. ქვემოთ მოყვანილია ამ ნაშრომის შინაარსი.

2.2. ზემოქმედების ეფექტურობის კონტროლის მეთოდები

დღეისათვის ნხვ სამუშაოებში ძირითადად გამოიყენება ეფექტურობის კონტროლის შემდგომი მეთოდები:

- **ფიქსირებული საცდელი და საკონტროლო ტერიტორიების მეთოდი.** ამ მეთოდის გამოყენება მოითხოვს ორივე ტერიტორიაზე ნალექებზე დაკვირვების საკმაოდ

ხანგრძლივი რიგების არსებობას და მათ შორის შექმნის დაგვარად მჭიდრო კორელაციის არსებობას;

- **რანდომიზაციის საფუძველზე განსაზღვრული საცდელი და საკონტროლო ტერიტორიების მეთოდი.** ზემოთ ჩამოთვლილი პირობების დაკმაყოფილება ამ შემთხვევაშიცაა საჭირო, თუმცა აღნიშნული მეთოდის გამოყენებისას გამოირიცხება ექსპერიმენტის საბოლოო შედეგზე ოროგრაფიის გავლენა. ამ მეთოდის გამოყენება მიზანშეწონილია დიდ საკვლევ ტერიტორიაზე ღრუბლებზე თვითმფრინავით ზემოქმედების შემთხვევაში, საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიებს შორის გამყოფი, ანუ ბუფერული ზონის არსებობის პირობებში.
- **ისტორიული რეგრესიის მეთოდი.** ეს მეთოდი გამოიყენება საკონტროლო ტერიტორიის შერჩევის შეუძლებლობის შემთხვევაში და მისი გამოყენება განსაკუთრებით მაღალ მოთხოვნებს უყენებს მეტეოროლოგიური დაკვირვების ხანგრძლივობასა და ხარისხს;
შენიშვნა: სტატიის [4] მომზადების შემდეგ 1970-იანი წლების დასასრულს საკონტროლო ტერიტორიის შერჩევის შეუძლებლობის შემთხვევის გამო შემუშავდა ალტერნატიული რანდომიზაციის მეთოდი, რომელშიც შერჩეულ ტერიტორიაზე ღრუბლებზე ზემოქმედების გადაწყვეტილება მიიღება რანდომიზებულ საფუძველზე საცდელ და საკონტროლო ექსპერიმენტულ ერთეულთა ჯგუფებისათვის.
- **ფიზიკური მეთოდები.** ზემოთ ჩამოთვლილ სტატისტიკურ მეთოდებთან ერთად ზემოქმედების ეფექტურობის კონტროლისთვის გამოიყენება აგრეთვე ფიზიკური მეთოდებიც, რომლებიც ითვალისწინებს ღრუბლების ფიზიკურ მახასიათებლებზე დაკვირვების ხანგრძლივი რიგების შედარებას ზემოქმედების დაწყებამდე და მისი ჩატარების შემდეგ, ანდა ერთნაირ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში ღრუბელთა საცდელ და საკონტროლო ერთობლიობათა ფიზიკური მახასიათებლების გაზომვების შედეგების შედარებას.
- **რიცხვითი მოდელირების მეთოდი.** გამოთვლითი ტექნიკის სწრაფმა განვითარებამ შესაძლებელი გახადა ღრუბლებში მიმდინარე ნალექწარმოქმნის პროცესების მოდელირება და გამოთვლილი და ექსპერიმენტული მონაცემების შედარების საფუძველზე მსჯელობა ზემოქმედების ეფექტურობის შესახებ. ამ მეთოდის გამოყენება მაღალ მოთხოვნებს უყენებს ექსპერიმენტულ მონაცემებს, რაც განაპირობებს როგორც გამოთვლის სიზუსტეს, ისე შედარების საბოლოო შედეგს.
- **ირიბი მეთოდები, მაგ. ზემოქმედების ეფექტურობის შეფასების მეთოდი ჰიდროლოგიურ მონაცემთა გამოყენებით.** ჰიდროლოგიური მეთოდი განსაკუთრებით ეფექტურია იმ სქემებში, სადაც ხელოვნური ზემოქმედების შედეგად მიღებული ნალექები, აორთქლებით გამოწვეული დანაკარგების გამოკლებით, მდინარეთა კალაპოტით ჩაედინება საცდელ ტერიტორიაზე და გამოიყენება დამატებითი წყლის რესურსების სახით. მათი შეფასება წარმოებს მდინარეთა კალაპოტში წყლის ხარჯის ჰიდრომეტრული გაზომვებით და წყლის დონის გაზომვებით მარეგულირებელ წყალსაცავებში როგორც საცდელ, ისე საკონტროლო ტერიტორიებზე.

ნხვ ექსპერიმენტების უმეტეს შემთხვევაში ზემოქმედების ეფექტურობის კონტროლისათვის ერთდროულად გამოიყენება რამდენიმე ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდი. მაგალითისთვის შეიძლება მოყვანილი იქნას რ. ლისტის ნაშრომი [5], რომელშიც დეტალურადაა განხილული მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის ნხვ საერთაშორისო პროექტის (PEP) ორგანიზაციის გეგმა. ეს საკითხი გაშუქებულია პირველი თავის პ. 1.1. –ში.

2.3. ამოცანის დასმა

დასმული ამოცანის გადასაჭრელად პირველ რიგში გაანალიზებული იქნა ნალექთა ჯამების საკმაოდ ხანგრძლივპერიოდის დაკვირვების მონაცემები საცდელ (თიანეთი) და საკონტროლო (დუშეთი, ახალგორი - ყოფილი ლენინგორი, ცხინვალი) ტერიტორიებზე. დადგენილ იქნა, რომ საკვლევ ტერიტორიაზე ნალექთა წლიური ჯამების 3/4 წლის თბილ

პერიოდში (აპრილი-ოქტომბერი) მოდის, რამაც გააადვილა ზემოქმედებისათვის შერჩეული, წლის ამ პერიოდისათვის დამახასიათებელი კონვექციური ღრუბლებიდან მოსულ ნალექთა ანალიზი. 40-წლიანი დაკვირვების მონაცემების განხილვამ აჩვენა, რომ თიანეთისა და დანარჩენი 3 მეტეოსადგურის მონაცემებს შორის საკმაოდ მჭიდრო კორელაცია არსებობს (ცხრ. 2.1).

ცხრილი 2.1. თბილი პერიოდის (IV-X) ნალექთა ჯამების საშუალო მნიშვნელობები იორის პოლიგონის საკვლევ ტერიტორიაზე (1936-1976 წწ.) [3].

სადგური	ნალექთა ჯამების საშუალო მნიშვნელობა X_n , მმ	საშუალო კვადრატული გადახრა σ , მმ	ვარიაციის კოეფიციენტი C_v	კორელაციის კოეფიციენტი r
თიანეთი	605	133	0.22	
დუშეთი	520	119	0.23	0.82±0.03
ახალგორი	168	109	0.23	0.80±0.04
ცხინვალი	384	97	0.25	0.76±0.04

მრავლობითი კორელაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა თიანეთსა და სადგურებს – დუშეთს, ლენინგორსა და ცხინვალს შორის ტოლი აღმოჩნდა:

$$R = 0.83 \pm 0.03, \text{ ხოლო რეგრესიის განტოლებამ მიიღო შემდეგი სახე } \\ y = 0.50X_1 + 0.33X_2 + 0.31X_3 + 76, \quad (2.1)$$

სადაც y არის თბილი პერიოდის ნალექთა ჯამი მეტეოსადგურ (მ/ს) თიანეთზე, X_1 , X_2 და X_3 – ნალექთა ჯამები შესაბამისად დუშეთში, ლენინგორსა და ცხინვალში. მიღებული განტოლების ფარდობითმა ცდომილებამ შეადგინა 12%.

R კოეფიციენტის საკმაოდ მაღალი მნიშვნელობა საშუალებას იძლევა გააკონტროლდეს ზემოქმედების ეფექტურობა სადგურ თიანეთზე დანარჩენი სამი მეტეოსადგურის მონაცემებით დროის შედარებით ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში. R კოეფიციენტის სიახლოვე ოთხივე განხილული სადგურისთვის აგრეთვე ამყარებს ამ დასკვნის სამართლიანობას. გამოსახულება (2.1)-ით მიღებული y სიდიდის გამოთვლილი სიდიდეების შედარება მ/ს თიანეთზე გაზომილ ფაქტობრივ მნიშვნელობებთან დროის გარკვეულ მონაკვეთში შესაძლებელს გახდის დადგინდეს საცდელ ტერიტორიაზე ნალექთა ჯამების ცვლილების ტრენდი, დაკავშირებული ღრუბლებზე სისტემატურ ზემოქმედებასთან.

2.4. გამოთვლების შედეგები

ექსპერიმენტირების პერიოდის ხანგრძლივობის შესაფასებლად, რომლის დროსაც შესაძლებელი იქნება სიზუსტის მოცემულ დონეზე ზემოქმედების ეფექტის აღმოჩენა ნალექთა ბუნებრივი ცვალებადობის გათვალისწინებით, მიზანშეწონილად იქნა ჩათვლილი ნალექთა შესაბამისი ჯამების პირობითი გაზრდა 5, 10, 15 და 20%-ით 5, 10, 15 და 20 –წლიან პერიოდებში მ/ს თიანეთის დაკვირვების 40-წლიანი რიგის გამოყენებით. პერიოდები აიღებოდა დაკვირვების მთლიანი რიგის საწყის, შუა და ბოლო მონაკვეთებში.

ბუნებრივ და მოდელირებულ შესადარებელ რიგებს შორის შემთხვევითი თუ არაშემთხვევითი სხვაობის დასადგენად გამოყენებულ იქნა სტიუდენტის t -კრიტერიუმი, რომლის გამოყენება დასაშვებია ნორმალური განაწილების მქონე მონაცემებისთვის.

ოთხივე განხილულ სადგურისთვის მონაცემთა მნიშვნელობების განაწილებამ აჩვენა მათი სიახლოვე ნორმალურ განაწილებასთან, რამაც შესაძლებელი გახადა t -კრიტერიუმის გამოყენებით შეფასებულიყო განსხვავება ბუნებრივ და მოდელირებულ რიგებს შორის სანდო ალბათობის სხვადასხვა დონეზე: $P = 0.90, 0.95$ და 0.99 .

გამოთვლებმა აჩვენა, რომ სადგურ თიანეთში თბილი პერიოდის განმავლობაში ნალექთა საშუალო ჯამის 5%-ით მომატების დადგენა საიმედოობის დონეზე $P=0.90$ შეუძლებელია ზემოქმედების სამუშაოთა 20 წლის განმავლობაში წარმოების შემთხვევაშიც კი. ნალექთა

საშუალო ჯამების გაზრდა 10%-ით შესაძლებელია აღმოჩენილი იქნას სანდო ალბათობის დონეზე $P=0.90-0.95$ ექსპერიმენტირების 15 წლიანი პერიოდის განმავლობაში, ხოლო 15%-იანი ნაზრდის დადგენა შესაძლებელი იქნება 5 წელიწადში საიმედოობის დონეზე $P=0.90$, 10 წელიწადში საიმედოობით $P=0.95$ და 15 წელიწადში სანდო ალბათობის დონეზე $P=0.99$.

საკვლევი ტერიტორიის დანარჩენი სამი სადგურისათვის ჩატარებულმა ანალოგიურმა გამოთვლებმა აჩვენა, რომ ზემოქმედების ეფექტის დადგენის პერიოდი სანდო ალბათობის მოცემულ მნიშვნელობისათვის დამოკიდებულია წლის თბილ პერიოდში ნალექთა ჯამების ციკლურ ცვალებადობაზე – იმ წლებში, როდესაც ნალექთა ჯამები აღემატება საშუალო მრავალწლიურ მნიშვნელობას, ზემოქმედების ეფექტის დადგენა შესაძლებელი იქნება 2-ჯერ უფრო მოკლე ვადაში, ვიდრე ნაკლებ ნალექიან ციკლურ პერიოდში.

სტატია [4] ტექნიკური მიზეზების გამო გამოქვეყნდა ნხვ პროექტის კონცეფციის შემუშავებიდან (1977) 4 წლის შემდეგ, როცა კონცეფციამ, როგორც ზემოთ უკვე ითქვა, გარკვეული ცვლილებები განიცადა. კერძოდ, წინამდებარე თავში მიღებული შედეგების გათვალისწინებით, სანდო ალბათობის მისაღებ დონეზე პროექტის შედეგების უზრუნველსაყოფად საჭირო იქნებოდა სამუშაოთა ჩატარება 10-15 წლის განმავლობაში, რაც რესპუბლიკის ხელმძღვანელობისათვის მიუღებელი იყო. ამიტომ აკად. გ. სვანიძის ინიციატივით 1979 წელს მიღებული იქნა გადაწყვეტილება ეფექტურობის კონტროლის სქემა შეცვლილიყო საცდელ ტერიტორიაზე ექსპერიმენტული ერთეულების რანდომიზებული შერჩევის მეთოდით, რაც უზრუნველყოფდა ზემოქმედების ეფექტის 0.90 სანდო ალბათობის დონეზე დადგენას 5-10 წლის განმავლობაში.

ამ გადაწყვეტილების შედეგად გაიზარდა იორის პოლიგონის საცდელ ტერიტორიაზე ზემოქმედების ეფექტის კონტროლისადმი წაყენებული მოთხოვნები – აღნიშნულ ტერიტორიაზე მოეწყო გახშირებული ნალექმზომი ქსელი, გაძლიერდა აუზის ზემო წელში ჰიდროლოგიურ დაკვირვებათა ჩატარების შესაძლებლობები, დაინერგა ზემოქმედების ეფექტურობის ავტომატიზებული რ/ლ მეთოდი, გაძლიერდა სამუშაოები კონვექციური ღრუბლის ოპერატიული მოდელის შესაქმნელად.

რაც შეეხება ხრამი-ფარავნის პოლიგონს, რომელზეც ზემოქმედება ღრუბლებზე მოგვიანებით, 1981 წლიდან დაიწყო, მისი ორივე ნაწილის შედარებით დიდი სიმაღლის გათვალისწინებით, წლის თბილ პერიოდად მიჩნეული იქნა მაის-სექტემბრის მონაკვეთი. ტერიტორიაზე ნალექთა სეზონური ჯამების მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 2.2.

ცხრილი 2.2. ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე წლის თბილი პერიოდის (V-IX) ნალექთა საშუალო ჯამები საცდელ და საკვლევ ტერიტორიებზე (1945-1965 წწ.)

სადგური	სიმაღლე ზ.დ. H, მ	ნალექთა სეზონური ჯამი P, მმ	საშუალო კვადრატული გადახრა σ , მმ	ვარიაციის კოეფიციენტი C_v
საცდელი ტერიტორია				
ნინოწმინდა	2077	365	102	0.28
ფოკა	2080	314	82	0.26
ფარავანი	2100	323	71	0.22
კუში	1500	328	78	0.24
წალკა	1457	406	89	0.22
საკონტროლო ტერიტორია				
ახალქალაქი	1716	320	86	0.27
ტაბაწყური	1995	288	84	0.29
მანგლისი	1195	393	90	0.23

ცხრილში შესულია მონაცემები იმ მეტეოროლოგიური სადგურებისთვის, რომლებზეც დაკვირვების რიგების ხანგრძლივობა 20 წელს აღემატებოდა (1945-1965 წწ. და მეტი).

განსხვავებულ კლიმატურ პირობებში მყოფი ხრამი-ფარავნის პოლიგონის ორი ნაწილისთვის საბაზისო სადგურებად ჩათვლილი იქნა ფარავანი (ფარავნის აუზი) და წალკა (წალკის წყალსაცავის აუზი). მათ შესაბამის ზონაში შემავალ მეტეოსადგურებზე წლის თბილ პერიოდში (V–IX) ნალექთა საშუალო ჯამებს შორის კორელაციური კავშირები საკმაოდ მაღალი აღმოჩნდა (ცხრ. 2.3). თუმცა მიღებული კავშირების გამოყენებით ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ წლის თბილ პერიოდში ნალექთა საშუალო ჯამის 10%-ით მომატების დადგენა სანდო ალბათობის დონეზე $P=0.90$ სადგურ ფარავანზე შეუძლებელია ზემოქმედების სამუშაოთა 25 წლის განმავლობაში წარმოებისას, ხოლო სადგურ წალკაზე – 20 წლის განმავლობაში. ამიტომ ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე 1981 წელს დაწყებული სამუშაოები თავიდანვე ორიენტირებული იყო კონტროლის რანდომიზაციის მეთოდის გამოყენებაზე.

ცხრილი 2.3. კორელაციური კავშირები ხრამი-ფარავნის პოლიგონის საბაზისო და საცდელ-საკონტროლო მეტეოსადგურებს შორის

პოლიგონის ნაწილი	სადგურები	კორელაციის კერძო კოეფიციენტი	კორელაციის მრავლობითი კოეფიციენტი
ფარავნის ტბის აუზი	ფარავანი (საბაზისო) ფოკა ნინოწმინდა ახალქალაქი ტაბაწყური	0.96 ± 0.02 0.82 ± 0.05 0.80 ± 0.06 0.76 ± 0.08	0.86 ± 0.10
წალკის წყალსაცავის აუზი	წალკა (საბაზისო) კუში მანგლისი	0.90 ± 0.02 0.75 ± 0.08	0.78 ± 0.12

აქვე საჭიროა აღინიშნოს, რომ იმავე წლებში (1979-1981) ესპანეთში ჩატარებულ არარანდომიზებული ნხვ საერთაშორისო ექსპერიმენტის (PEP) შედეგების ანალიზის დროს მოგვიანებით მიღებული იქნა რეკომენდაცია მომავალში პროექტის 5 წლით გაგრძელების შემთხვევაში სანდო ალბათობის 0.95 დონის მისაღწევად ზემოქმედება დრუბლებზე რანდომიზებული მეთოდით ჩატარებულიყო [6].

ამის გათვალისწინებით საცდელი ტერიტორიის ორივე ნაწილში მოეწყო ნალექზომთა 10 ერთეულისაგან შემდგარი დამატებითი ქსელი, დაინერგა ზემოქმედების ეფექტურობის რ/ლ კონტროლის ფოტოგრაფიული მეთოდი.

ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე დრუბლებზე ზემოქმედების სამუშაოები გაგრძელდა 1985 წლის ჩათვლით. შემდგომში მათი შეწყვეტა განაპირობა ზემოქმედების საარტილერიო მეთოდის გამოყენებასთან დაკავშირებულმა ტექნიკურმა სიძნელეებმა, რაც ძირითადად, საზენიტო ქვემეხების KC-19 მომსახურებასთან იყო დაკავშირებული.

2.5. ნხვ საერთაშორისო პროექტში 1979-1981 წლებისთვის დასახული მიზნები და პროგრამის შესრულების ძირითადი ხარვეზები

ნხვ საერთაშორისო პროექტი (PEP) ჩაფიქრებული იყო 1974 წელს მმო-ს მიერ, როგორც საკვლის ზონაში (აფრიკა) ხანგრძლივი გვალვის შედეგების შემსუბუქებისაკენ მიმართული მსოფლიო თანამეგობრობის სადემონსტრაციო ღონისძიება. ამ დროისათვის ცალკეულ ქვეყნებში (აშშ, სსრკ, ავსტრალია, კანადა და სხვ.) უკვე არსებობდა ნხვ პროექტების ეროვნული მასშტაბით განხორციელების ათწლიანი გამოცდილება. ამიტომ აპრიორულად ჩათვლილი იქნა, რომ მეცნიერება უკვე ფლობს ძირითად ცოდნას დრუბლებში ნალექთა წარმოქმნის მექანიზმისა და მათზე ხელოვნური ზემოქმედების პრინციპების შესახებ.

თავდაპირველი პრობლემა, რომელიც წარმოიქმნა პროექტის განხორციელების საწყის ეტაპზე, იყო საცდელი ტერიტორიის შერჩევა. საერთაშორისო ღონის კლიმატოლოგთა და

მეტეოროლოგთა ძალისხმევით 1979 წლისთვის 16 კანდიდატი ქვეყნიდან შერჩეული იქნა ესპანეთი. მისთვის დამტკიცდა საველე სამუშაოების 3-წლიანი საქსპერიმენტო პერიოდი (1979-1981), რომლის განმავლობაში უნდა ჩატარებულიყო შერჩეულ ტერიტორიაზე მიმდინარე სინოპტიკური პროცესების, ღრუბელთა მიკროფიზიკური და დინამიკური მახასიათებლების შესწავლა და საღრუბლო სისტემებზე მაკრისტალბელი რეაგენტით ზემოქმედების ეფექტურობის შეფასება [6].

პირველ საველე პერიოდში (1979 წლის მარტი-მაისი) თვითმფრინავებით ღრუბელთა მიკროფიზიკურმა გამოკვლევებმა დაადგინა საცდელ ტერიტორიაზე კრისტალიზაციის გულების ბუნებრივი კონცენტრაციის მოულოდნელად მაღალი დონე და ღრუბელთა რთული მიკროფიზიკური აგებულება, რამაც შეაფერხა მათზე ზემოქმედების ექსპერიმენტების ჩატარება. ამან გამოიწვია ის, რომ ნსგ პროექტის აღმასრულებელ საბჭოს პირველივე საველე სეზონისთვის არ გააჩნდა ზემოქმედებისა და მისი ეფექტურობის კონტროლის სხვა მეთოდოლოგია, გარდა საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიებზე მოსულ ნალექთა შედარების ხერხისა, რაც ვერ უზრუნველყოფდა შეფასების სათანადო სიზუსტეს. ზემოქმედების შეფერხება გამოიწვია აგრეთვე პირველ სეზონში მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორის უქონლობამაც, რომლის ტრანსპორტირება საცდელ ტერიტორიაზე დააგვიანა საბჭოთა მხარემ. პირველ წელს საველე გაზომვები ჩატარდა აშშ და საფრანგეთის მიერ მიწოდებული თვითმფრინავების გამოყენებით.

კრისტალიზაციის ბირთვების ბუნებრივ კონცენტრაციასთან და ღრუბელთა მიკროფიზიკურ აგებულებასთან დაკავშირებული გაურკვეველობა გაგრძელდა მეორე (1980 წლის თებერვალი-მაისი) და მესამე (1981 წლის თებერვალი-მაისი) საველე სეზონებშიც, თუმცა ამ დროისთვის საცდელ ტერიტორიაზე უკვე ამოქმედდა რამდენიმე მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორი, რომლებიც თვითმფრინავებიდან და მიწისპირა დანადგარებიდან მიღებულ ინფორმაციასთან ერთად უზრუნველყოფდნენ სხვადასხვა სახის მონაცემების მიღებას პოლიგონზე არსებული საღრუბლო სისტემების შესახებ.

მესამე საველე სეზონში ნსგ პროექტში მონაწილე ქვეყნების რიცხვმა ათს მიაღწია, რის გამოც გარკვეული სიძნელეები შეიქმნა თვითმფრინავების, რადიოლოკატორების, ნალექმზომი ქსელის, სინოპტიკური ქსელის, რადიოზონდირების სადგურების, წვიმის წვეთებისა და კონდენსაციის გულების გამოზომი ხელსაწყოების გამოყენებით მიღებული მონაცემების დამუშავებასა და ანალიზში. აღსანიშნავია ისიც, რომ მიუხედავად პროექტის მდიდარი აღჭურვილობისა ხელსაწყო-დანადგარებით, სამივე საველე სეზონში ვერ მოხერხდა ღრუბლებზე ზემოქმედების სრულფასოვანი სერიების ჩატარება და მხოლოდ მესამე სეზონის დასრულების შემდეგ პროექტის აღმასრულებელი საბჭოს მიერ დასმული იქნა საკითხი ზემოქმედების რანდომიზებული წესით განხორციელების თაობაზე.

პროექტის ფარგლებში 1979-1981 წწ. განმავლობაში ვერ მოხერხდა საღრუბლო სისტემებზე რიცხვითი მოდელირების ექსპერიმენტების ჩატარება, რაც გუხას გაუხსნიდა ზემოქმედების სამუშაოთა ეფექტურობის ალტერნატიული შეფასების შესრულებას. რაც შეეხება პოლიგონის შერჩევის დროს დაშვებულ ხარვეზებს, მდ. დუეროს აუზში ფიონური ხასიათის ჰაერის დაღმავალ ნაკადებში ღრუბელთა ნალექწარმომქმნელი ეფექტურობის შემცირება პრინციპში ადვილად გასათვალისწინებელი იყო და მისი მხედველობაში მიღება შესაძლებელი იქნებოდა პოლიგონის შერჩევისას სამუშაოთა პირველ ეტაპზე.

შენიშვნა: მსგავსი შეცდომა დაშვებული იყო 1970-იანი წლების მეორე ნახევარში სევანის ტბის აუზში კონვექციური ღრუბლების ხელოვნური გზით შესაქმნელად დანადგარის, ე.წ. „სუპერმეტატრონის“ ადგილის შერჩევისას. 6 რეაქტიული საავიაციო ძრავისაგან შემდგარი ეს დანადგარი აგებული იქნა ტბის მოსაზღვრე ვერამის ქედის ჩრდილო ფერდობზე ჰაერის დაღმავალი ნაკადების ზონაში, რაც აბრკოლებდა ხელოვნური კონვექციის განვითარებას და არაეფექტურს ხდიდა დანადგარის გამოყენებას.

ამასთან ერთად, ნსგ. პროექტში მრავალეროვანი კონტიგენტის მუშაობას თან ახლდა რიგი სპეციფიკური ნაკლოვანი მხარეებისა. კერძოდ, პროექტი ადმინისტრაციულად რთული სამართავი აღმოჩნდა მასში მონაწილე ექსპერტების ძირითად, სხვა სამუშაოებზე

დატვირთვასთან დაკავშირებით. რთული აღმოჩნდა აგრეთვე სხვადასხვა ქვეყნებში მიღებული გაზომვებისა და მეთოდების შეუთავსებლობასთან დაკავშირებული საკითხების მოგვარება, აგრეთვე ერთობლივი ბარიერების პრობლემა. ხელსაწყოებისა და მეთოდების სიმრავლემ გამოიწვია სიძნელეები ოპტიმალური გზების მოძიებაში, დაგროვილი მონაცემების დამუშავებასა და ანალიზში. ამ სირთულეების გათვალისწინებით 1980-იანი წლების პირველ ნახევარში სსრკ და ესპანეთმა დაიწყეს ნხვ ეროვნული პროგრამების დამოუკიდებლად განხორციელება. ამრიგად, პროექტის დასკვნითი ანგარიშის რეზიუმეში ჩამოთვლილ და ტექსტში დეტალურად განხილულ სამეცნიერო-ტექნიკურ მიღწევებთან ერთად (იხ. დანართი 2) ნხვ პროექტის შესრულებაში შესაძლებელია მთელი რიგი ხარვეზების გამოყოფა. მათგან განსაკუთრებით აღსანიშნავია:

1. პროექტის შესრულების სამივე სავსელ სეზონში ვერ მოხერხდა ღრუბლებიდან ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სადემონსტრაციო სამუშაოების ჩატარება, რაც თავდაპირველად პროექტის განხორციელების მიზანს შეადგენდა. ამ ხარვეზის ძირითად მიზეზად შეიძლება დასახელდეს პირველივე სავსელ სეზონში თვითმფრინავების გამოყენებით მიღებული მოულოდნელი შედეგები, რომელიც შეეხება საცდელ ტერიტორიაზე კონდენსაციისა და კრისტალიზაციის გულების განაწილების, აგრეთვე ღრუბელთა მიკროსტრუქტურის თავისებურებებს, რამაც შეაფერხა ღრუბლებზე ზემოქმედების სამუშაოთა მეთოდოლოგიის ჩამოყალიბება. ზემოქმედების საცდელი ექსპერიმენტების ჩატარება დაიგეგმა პროექტის სავარაუდო მომავალ ოთხწლიან პერიოდში (1986-1989 წწ.), რაც უნდა დაყრდნობოდა პირველ სამწლიან პერიოდში (1979-1981 წწ.) მიღებულ სავსელ დაკვირვებების მონაცემთა ანალიზს.
2. ზემოქმედების ექსპერიმენტების ჩატარებლობის გამო ვერ იქნა გამოცდილი ზემოქმედების ეფექტურობის კონტროლის შესაძლო მეთოდები, რასაც დაემატა საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიების შერჩევაში აღმოჩენილი გაურკვევლობები. ეფექტურობის კონტროლის ერთ-ერთ პერსპექტიულ გზად დასახელდა საცდელ და საკონტროლო ღრუბლების რანდომიზებული წესით შერჩევა, თუმცა მისი გამოყენება რთული საღრუბლო სისტემისთვის დიდ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული. ზემოქმედების ეფექტურობის კონტროლის სისტემა მჭიდროდაა დაკავშირებული საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიების თავისებურებასთან. ნხვ ექსპერიმენტის, ანუ ფაქტობრივად მისი მოსამზადებელი ფაზის სამწლიანმა გამოცდილებამ აჩვენა, რომ მდ. დუერის აუზი ვერ აკმაყოფილებს მის წინაშე დასმულ მთელ რიგ მოთხოვნებს, მაგრამ მასზე უკეთესი კანდიდატურა იმ პერიოდში ვერ დასახელდა.
3. მიუხედავად იმისა, რომ მეორე და მესამე სავსელ სეზონების განმავლობაში თვითმფრინავებისა და რადიოლოკატორების დახმარებით შესაძლებელი გახდა მდიდარი ექსპერიმენტული მასალის შეგროვება საცდელ ტერიტორიაზე საღრუბლო სისტემების მიკროფიზიკური და დინამიკური მახასიათებლების შესახებ, 1982 წლისთვის ვერ მოხერხდა ამ ტერიტორიაზე ზემოქმედების შედეგად ნალექთა პოტენციური გაზრდის ფარგლების რაოდენობრივი შეფასება. ცხადია, ეს მნიშვნელოვანწილად დაკავშირებული იყო ზემოთ ნახსენები ორი ფაქტორით გამოწვეულ გაურკვევლობასთან.

დასკვნები

1. ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა დაწყების შესახებ გადაწყვეტილების მიღების წინ შესრულდა სხვადასხვა ქვეყანაში ამ პროფილის სამუშაოთა პრაქტიკული გამოცდილების მიმოხილვა და მათი ეფექტურობის შეფასება;
2. საცდელი და საკონტროლო ტერიტორიების შერჩევის შემდეგ ჩატარდა საქართველოს პირობებში ნხვ სამუშაოთა სხვადასხვა სანდო ალბათობით ზემოქმედების ეფექტის დადგენის ხანგრძლივობის შეფასება;
3. ღრუბლებზე ზემოქმედების ეფექტურობის კონტროლის მეთოდების მიმოხილვის შემდეგ დასმული იქნა ამოცანა იორის პოლიგონის საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიებზე

წლის თბილ პერიოდში ნალექთა ბუნებრივი ცვალებადობის ფონზე სხვადასხვა მოდელირებული ნაზრდის განსხვავებული სანდო ალბათობით აღმოჩენის შესაძლებლობის შესახებ. ბუნებრივ და მოდელირებულ რიგებს შორის შემთხვევითი თუ არაშემთხვევითი სხვაობის დასადგენად გამოყენებული იქნა სტიუდენტის t-კრიტიკერიუმი;

4. ნალექთა ბუნებრივი ვარიაციის 40-წლიანი რიგების სტატისტიკური ანალიზის შედეგად დადგენილი იქნა, რომ ნალექთა საშუალო ჯამების გაზრდა 10%-ით თიანეთის სადგურზე შესაძლებელია აღმოჩენილი იქნას სანდო ალბათობის დონეზე 0.90-0.95 ექსპერიმენტირების 15-წლიანი პერიოდის განმავლობაში, ხოლო 15%-იანი ნაზრდის დადგენა შესაძლებელი იქნება 5 წელიწადში სანდოობის დონეზე 0.90, 10 წელიწადში სანდოობით 0.95 და 15 წელიწადში სანდო ალბათობის დონეზე 0.99. ანალოგიური შედეგები იქნა მიღებული საკონტროლო ტერიტორიის სამი მეტეოსადგურისთვისაც;
5. მიღებულმა შედეგებმა ექსპერიმენტირებისთვის საჭირო პერიოდის შედარებით დიდი ხანგრძლივობის გათვალისწინებით განაპირობა გადაწყვეტილების მიღება იორის პოლიგონზე ზემოქმედების კონტროლის სქემა შეცვლილიყო ექსპერიმენტული ერთეულების რანდომიზებული შერჩევის მეთოდით, რაც უზრუნველყოფდა ზემოქმედების ეფექტის 0.90 სანდო ალბათობის დონეზე დადგენას 5-10 წლის განმავლობაში;
6. ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე ნალექთა ბუნებრივი ვარიაციის 20-წლიანი რიგების ანალიზმა აჩვენა, რომ წლის თბილ პერიოდში ნალექთა საშუალო ჯამის 10%-ით მოდელირებული ნამატის დადგენა სანდო ალბათობის დონეზე 0.90 სადგურ ფარავანზე შეუძლებელია ზემოქმედების სამუშაოთა 25 წლის განმავლობაში წარმოებისას, ხოლო სადგურ წალკაზე - 20 წლის განმავლობაში. ამ შედეგის გათვალისწინებით ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე 1981-1985 წლებში წარმოებული სამუშაოები თავიდანვე ორიენტირებული იყო ზემოქმედების კონტროლის რანდომიზაციის მეთოდზე;
7. 1979-1981 წლებში ესპანეთში ჩატარებულ ნალექთა გაზრდის საერთაშორისო ექსპერიმენტში (PEP), მიუხედავად საცდელ ტერიტორიაზე ღრუბელთა გამოკვლევაში მიღწეული არსებითი სამეცნიერო შედეგებისა, ვერ მოხერხდა სადრუბლო სისტემებზე ზემოქმედების სამუშაოთა ჩატარება და შერჩეულ ტერიტორიაზე ნალექთა პოტენციური გაზრდის საზღვრების რაოდენობრივი შეფასება. პროექტის ბიუჯეტის ამოწურვის შედეგად აღნიშნული სამუშაოების განხორციელება მომდევნო წლებისთვის გადაიდო.

თავი 3. ნალექთა ხელოვნური გაზრდის ფიზიკური საფუძვლები

3.1. ზოგადი შენიშვნები

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მეორე მსოფლიო ომის დასრულების შემდეგ გამოთავისუფლებული ტექნიკის – თვითმფრინავებისა და რადიოლოკატორების ხელმისაწვდომობამ შესაძლებელი გახადა გასული საუკუნის 50-იან წლებში აშშ, ინგლისში, იტალიაში, საფრანგეთში, იაპონიასა და საბჭოთა კავშირში ღრუბლებისა და მათში მიმდინარე ნალექწარმოქმნელი პროცესების ინტენსიური შესწავლა. ამას განსაკუთრებით შეუწყო ხელი 1940-იანი წლების მეორე ნახევარში ვ. შეფერისა და ბ. ვონგატის მიერ მშრალი ყინულისა და იოდოენი ვერცხლის ყინულწარმოქმნელი თვისებების აღმოჩენამ [1, 2, 3]. 1960-იანი წლებისთვის ჩატარებული მრავალრიცხოვანი გამოკვლევების შედეგად დადგენილი იქნა, რომ ღრუბლებში მიმდინარე პროცესების სივრცული და ენერგეტიკული მასშტაბები ბევრად აღემატება ადამიანის მხრიდან ხელმისაწვდომ მასშტაბებს, რის გამოც ატმოსფეროსა და ღრუბლებზე ზემოქმედებისთვის უნდა მოიძებნოს ისეთი კრიტიკული მდგომარეობები, როდესაც მინიმალური ენერჯის დახარჯვისას შესაძლებელია გარკვეული მექანიზმის გამოყენებით მაქსიმალური ეფექტის მიღება. ამ შემთხვევაში ზემოქმედება ასრულებს მხოლოდ „გამშვები მექანიზმის“ როლს გიგანტური სისტემის ასამოქმედებლად მსგავსად იმისა, თუ როგორ შეუძლია სუსტ მექანიკურ იმპულსს იმოქმედოს უზარმაზარი თოვლის ზვავის ჩამოშლასა და ზრდაზე.

3.2. ზემოქმედება გადამეტცივებულ ღრუბლებზე

ღრუბლების შემთხვევაში ერთ-ერთ ასეთ კრიტიკულ მდგომარეობას წარმოადგენს გადამეტცივებული ღრუბლის მდგრადი მდგომარეობა, როდესაც მისი უმნიშვნელო ნაწილის ხელოვნურ კრისტალიზაციას შეუძლია გამოიწვიოს კრისტალების ინტენსიური ზრდა გადამეტცივებული წვეთების ზედაპირიდან ორთქლის გადაქაჩვის ხარჯზე (ბერუერონ-ფინდაიზენის მექანიზმი) და მის შემდგომ ღრუბლის კოლოიდური მდგრადობის დაკარგვა კრისტალების კოაგულაციური ზრდის შედეგად, აგრეთვე მათი გამსხვილებისა და ხორხოშეღად გარდაქმნის გამო. მსგავსად ამისა, მდგრადი თბილი წვრილწვეთოვანი ღრუბლის შემთხვევაში, მასში გიგანტური ჰიგროსკოპული გულების შეყვანამ შეიძლება გამოიწვიოს მსხვილი წვეთების სწრაფი წარმოქმნა, რომელთა ვარდნას თან სდევს მათი მსხვრევისა და მრავალი სხვა წვეთის კოაგულაციური ზრდის ჯაჭვური რეაქციის განვითარება (ლენგმიურის მექანიზმი). ატმოსფეროში ასეთი კრიტიკული მდგომარეობა დამახასიათებელი აღმოჩნდა არამდგრადად სტრატოფიციტრებული ფენებისთვის, როდესაც შედარებით სუსტ სითბურ იმპულსს შეუძლია გამოიწვიოს ჰაერის ვერტიკალური ნაკადების ინტენსიური განვითარება და ღრუბლის წარმოქმნა.

უარყოფით ტემპერატურებზე – 30°C - მდე მყოფ გადამეტცივებულ ღრუბლებზე ზემოქმედების პირველი პრინციპის განსახორციელებლად ამჟამადაც ყველაზე ხშირად გამოიყენება AgI ტიპის მაკრისტალური რეაგენტების აეროზოლები და რიგ შემთხვევაში მშრალი ყინული CO_2 . 0°C -ზე ზემოთ დადებით ტემპერატურებზე მყოფ თბილ ღრუბლებზე ზემოქმედების მეორე პრინციპის ასამოქმედებლად ყველაზე ხშირად იხმარება სუფრის მარილის NaCl ფხვნილები ან ხსნარები. როგორც მაკრისტალური, ისე ჰიგროსკოპული რეაგენტების გამოყენება დამყარებულია კრისტალიზაციისა და კონდენსაციის გულების კონცენტრაციის ხელოვნურ გაზრდაზე. ბოლო ნახევარი საუკუნის განმავლობაში სხვადასხვა ქვეყნებში გამოკვლევების თანახმად ამჟამად მიღებულია, რომ -20°C ტემპერატურაზე და უფრო დაბლა კრისტალიზაციის ბირთვები, რომლებიც წარმოადგენენ სხვადასხვა ნივთიერებათა უმცირეს ნაწილაკებს, იმდენად აქტიურდებიან, რომ იწვევენ არამარტო გადამეტცივებული წვეთების გაყინვას, არამედ თავიანთ ზედაპირზე ყინულის კრისტალების სუბლიმაციურ ზრდას. 0-დან -20°C –მდე ტემპერატურაზე მდგრადი წვეთოვანი ღრუბლების არსებობა აიხსნება ბუნებრივი გულების არასაკმარისი რაოდენობითა და აქტივობით. ამიტომ $-4, -5^{\circ}\text{C}$ და უფრო დაბალ ტემპერატურაზე აქტიური გულების დიდი რაოდენობით (დაახლოებით 10^{13} - 10^{15} ნივთიერების თი-

თოვლი გრამიდან) ხელოვნურ შეყვანას შეუძლია გამოიწვიოს საღრუბლო გარემოს ინტენსიური კრისტალიზაცია როგორც რეაგენტის ნაწილაკებზე ყინულის სუბლიმაციური ზრდის შედეგად, ისე გადამეტცივებული წვეთების გაყინვისა (კონტაქტური ნუკლეაცია) და შემდგომში მათი მცირე კრისტალებად გახლეჩის გამო. ეს პროცესები ახასიათებს AgI ტიპის მაკრისტალბული რეაგენტის მოქმედების მექანიზმს. რაც შეეხება CO₂-ის ტიპის გამაცივებელი რეაგენტის მოქმედებას, საღრუბლო გარემოში ვარდნისა და აორთქლებისას მისი ნაწილაკები თავის გარშემო წარმოქმნიან მეტად დაბალი ტემპერატურულ ველს -70°C-ით ნაწილაკის ზედაპირთან. ამ ტემპერატურებზე წარმოებს საღრუბლო წვეთების ბუნებრივი კრისტალიზაციის მძაფრი პროცესი და ბუნებრივ გულებზე კრისტალების სუბლიმაციური ზრდა.

3.3. ზემოქმედება თბილ ღრუბლებზე

შედარებით დეტალურად იქნა შესწავლილი დადებით ტემპერატურაზე არსებულ ღრუბლებში კონდენსაციის გულების მოქმედების საკითხი, რომელიც წარმოადგენს როგორც საღრუბლო წვეთების წარმოქმნის უშუალო მიზეზს, ისე წვეთების გაყინვის შედეგად ღრუბლებში ყინულის კრისტალების გაჩენის დამატებით წყაროს.

სხვადასხვა ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში ჩატარებულმა ღრუბელთა მიკროსტრუქტურისა და ამ მიკროსტრუქტურის შემქმნელ ჰაერის მასებში კონდენსაციის გულების განაწილების შესწავლამ აშკარად აჩვენა, რომ კონვექციური ღრუბლები, რომლებიც ვითარდება ზღვის კლიმატისათვის დამახასიათებელი კონდენსაციის მსხვილ ჰიგროსკოპულ გულებით (მასით 10⁻⁸–10⁻¹⁰ გ) მდიდარ ჰაერის მასებში, ხასიათდება მცირე კოლოიდური მდგრადობით და 2-3 კმ ვერტიკალური სიმაღლის მიღწევისას კრისტალიზაციის პროცესის ჩაურევლად წარმოქმნიან ნალექებს [4], ხოლო კონტინენტური კლიმატის პირობებში კონდენსაციის წვრილი გულებით (მასით 10⁻¹²–10⁻¹⁵ გ) მდიდარ ჰაერის მასებში წარმოქმნილი კონვექციური ღრუბლები პირიქით, კოლოიდურად მეტად მდგრადებია, და მხოლოდ წვეთოვანი ფრაქციის არსებობის პირობებში ვერტიკალური სიმაღლის 5-6 კმ-მდე მიღწევის შემდეგაც კი არ იძლევიან ნალექს. სწორედ ამ ფაქტორებმა განაპირობა დადებით ტემპერატურაზე არსებულ კონვექციურ ღრუბლებზე ნხვ ექსპერიმენტების ჩატარება მსხვილ ჰიგროსკოპული გულებისა და ხსნარების გაფრქვევის გამოყენებით ღრუბელთა ბუნებრივი კოლოიდური მდგრადობის დასარღვევად და მათში ნალექების წარმოსაქმნელად.

რადგან ტემპერატურული მოქმედების დიაპაზონით მაკრისტალბული და ჰიგროსკოპული რეაგენტები განსხვავდება ერთმანეთისაგან, მათი გამოყენების მასშტაბებიც დამოკიდებულია იმ ფიზიკურ პარამეტრებზე, რომლებიც ახასიათებს ზემოქმედებისათვის შერჩეულ ღრუბლებს: ზღვის თბილი კლიმატის პირობებში უპირატესობა შეიძლება მიეცეს ჰიგროსკოპულ რეაგენტს, ხოლო მშრალი კონტინენტური კლიმატის პირობებში, სადაც ღრუბლის გადამეტცივებული ნაწილის სიმაღლერე დიდია, უფრო ხშირად მაკრისტალბული რეაგენტი გამოიყენება. რადგანაც ნალექთა ხელოვნური გაზრდის ამოცანები უფრო ხშირად მშრალი კლიმატის პირობებში წარმოიქმნება, პრაქტიკაში უფრო ხშირად გლობალური მასშტაბით ნხვ სამუშაოებში მაკრისტალბული რეაგენტები გამოიყენება. ამას ხელს უწყობს ისიც, რომ მთელი რიგი ტექნიკური და ეკონომიკური მიზეზების გამო ამჟამად, სადაც ეს შესაძლებელია, უპირატესობა ეძლევა AgI ტიპის მაკრისტალბული რეაგენტის გამოყენებას. უპირველეს ყოვლისა, ეს განპირობებულია იმით, რომ გადამეტცივებულ ღრუბლებში ზემოთ განხილული მიკროფიზიკური პროცესები უზრუნველყოფენ 10⁻¹⁵ გ საწყისის მასის მქონე რეაგენტის ნაწილაკების საკმაოდ სწრაფ (რამდენიმე ათეული წუთის განმავლობაში) ზრდას ნალექთა ელემენტებამდე მასით 10⁻³ გ. ამრიგად „ზრდის კოეფიციენტი“ ამ ტიპის რეაგენტის ნაწილაკისთვის შეადგენს 10⁻¹² რიგის სიდიდეს, მაშინ როცა NaCl ჰიგროსკოპული რეაგენტის გამოყენების შემთხვევაში იგი არ აღემატება 10⁻⁶ სიდიდეს, რაც შეესაბამება 10⁻⁹ გ მასის მარილის ნაწილაკის ზრდას 10⁻³ გ მასის წვეთამდე. ერთეულ ნაწილაკზე გადათვლილ ჰიგროსკოპული რეაგენტის ესოდენ დაბალ ეფექტურობას უნდა დაემატოს წმინდა ტექნიკური ხასიათის სიძ-

ნელეები, რომლებიც დაკავშირებულია რეაგენტის შენახვასთან, ტრანსპორტირებასა და გაფრქვევასთან.

3.4. ზემოქმედება შერეული ფაზურ მდგომარეობაში მყოფ ღრუბლებზე.

აღსანიშნავია, რომ ბუნებაში, და კერძოდ აღმოსავლეთ საქართველოში, ზაფხულის პერიოდში, მძლავრ კონვექციურ (Cu cong) და გროვა-საწვიმარ (Cb) ღრუბლებში ხშირად აღვილი აქვს ზემოთ განხილული ორივე ნალექწარმოქმნელი პროცესის ერთდროულ განვითარებას. ეს შესაძლებელს ხდის ნზგ ოპერაციების ჩატარებას კომბინირებული გზით-ღრუბლის ქვედა ნაწილში -10°C ტემპერატურამდე ჰიგროსკოპული რეაგენტის შეტანით, ხოლო -10°C -ზე უფრო ცივ გარემოში – მაკრისტალბეული რეაგენტის შეტანით. ღრუბლის ქვედა ნაწილზე ზემოქმედება მიზნად ისახავს ლენგმიურის ჯაჭვური რეაქციის სტიმულირებას და ნალექთა ჩამოშლის დაჩქარებას, ხოლო ზემო ნაწილზე ზემოქმედება – ბერჟერონ-ფინდაიზენის მექანიზმის ამოქმედების შედეგად კრისტალების წარმოქმნას და მათ ზრდას ნალექთა ელემენტების ზომების მიღწევამდე.

უნდა ითქვას, რომ ნალექწარმოქმნელ პროცესებზე კომბინირებული ზემოქმედების მეთოდი ეფექტურია სეტყვასთან ბრძოლის შემთხვევაშიც, რადგან წვიმის სახით ჩამოშლილი ნალექი იწვევს ღრუბლის ქვემოთ ჰაერის დაღმავალი ნაკადების გაჩენას, რაც ღრუბლის ზედა ნაწილის განვითარებისა და სეტყვის ზრდის ხელშემშლელ პირობას წარმოადგენს. აღნიშნული მეთოდი გამოიყენებოდა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მეთოდური ხელმძღვანელობით ქვემო ქართლის ტერიტორიაზე მოქმედ სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებულ ნაწილში. აღნიშნული მეთოდის გამოყენება მიზანშეწონილია სიმწიფის საწყის სტადიაში მყოფ მძლავრ კონვექციის ღრუბელზე ზემოქმედების შემთხვევაში და იგი მოითხოვს ჰიგროსკოპული რეაგენტის საკმაოდ დიდი დოზით შეტანას ღრუბლის თბილ ნაწილში, რაც ტექნიკურად ძნელი განსახორციელებელია მთიანი რელიეფის პირობებში თვითმფრინავის გამოყენების შეუძლებლობის გამო.

რაც შეეხება ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მიერ იორისა და ხრამი-ფარანის პოლიგონებზე ჩატარებულ ნზგ სამუშაოებს, ამჟამად მიღებული კლასიფიკაციის თანახმად [5], ორივე პოლიგონი მდებარეობს მშრალ სუბტროპიკების ზონაში და კლიმატიც აქ აღმოსავლეთ საქართველოსთვის მახასიათებელი კონტინენტურია. ამიტომ ზემოთ მოყვანილი ფაქტორების გათვალისწინებით ზემოქმედება კონვექციურ ღრუბლებზე ტარდებოდა მაკრისტალბეული რეაგენტით. ამას ამყარებს ის გარემოებაც, რომ აეროლოგიური ზონდირების მრავალწლიანი დაკვირვების თანახმად, აღმოსავლეთ საქართველოში 0°C იზოთერმის სიმაღლე ზაფხულის პერიოდში იცვლება ზღვის დონიდან 3-3.5 კმ ფარგლებში [6]. ამ პირობებში 2-3 კმ-ზე მეტი ვერტიკალური სიმძლავრის კონვექციური ღრუბლები, რომელთა ქვედა საზღვარი დაახლოებით იმავე სიმაღლეზე მდებარეობს, -10 -დან -20°C -მდე ტემპერატურულ ინტერვალში გადაცივებულ მდგომარეობაში იმყოფება. ამის გათვალისწინებით ღრუბელთა კოლოიდური მდგრადობის დასარღვევად და ნალექწარმოქმნელი პროცესების ინიცირებისათვის სწორედ მაკრისტალბეული რეაგენტის გამოყენებაა მიზანშეწონილი.

კოლოიდური სტაბილობის ხელოვნურად დარღვევის ზემოთ განხილული ორივე მექანიზმი წარმატებით შეიძლება განხორციელდეს ნალექთა ხელოვნური გაზრდის მიზნით არა მარტო კონვექციურ (Cu cong-Cb), არამედ ფენა-გროვა (Sc) და ოროგრაფიული ფენა (St) ღრუბლებზე ზემოქმედების დროს. პირველ შემთხვევაში განსაკუთრებით ეფექტურია მთიანი რელიეფის პერიოდში ზემოქმედების ჩატარება მთიანი მასივის თავზე წარმოქმნილ საღრუბლო ტალღაზე, რომელიც სტაბილურად დგას ოროგრაფიული ბარიერის თავზე და იძლევა ნალექის მრავალჯერ განმეორებით გამოწვევის/გაძლიერების საშუალებას, ხოლო მეორე შემთხვევაში საქმე გვაქვს ვაკე რელიეფის პირობებში ზამთრის ფენა ღრუბლებიდან თვითმფრინავის გამოყენებით ნალექთა გამოწვევის აპრობირებულ ზემოქმედების პრაქტიკასთან [7].

დასკვნები

1. ნალექწარმომქმნელი პროცესების ხელოვნური ინიცირება -10°C -ზე დაბალ ტემპერატურაზე მყოფ კოლოიდურად სტაბილურ ღრუბელში შესაძლებელია ღრუბლის უმნიშვნელო ნაწილის ხელოვნური კრისტალიზაციის გზით გადამეტცივებული წვეთების ზედაპირიდან ხელოვნური კრისტალების ზედაპირზე ორთქლის გადაქაჩვის ბუნებრივი პროცესის (ბერჟერონ-ფინდაიზენის მექანიზმის) სტიმულირების გამოყენებით.
2. ნალექწარმომქმნელი პროცესების ხელოვნური ინიცირება დადებით ტემპერატურაზე მყოფ კოლოიდურად სტაბილურ წვრილწვეთოვან ღრუბელში შესაძლებელია მასში გიგანტური ჰიგროსკოპული გულეების შეტანით, რომელთა სწრაფ კონდენსაციურ ზრდას და მსხვილი წვეთების გაჩენას, მათ გრავიტაციულ ვარდნასა და მსხვრევას შეუძლია არსებულ წვეთებთან კოაგულაციური ზრდის ჯაჭვური პროცესის (ლენგმიურის მექანიზმის) განვითარება.
3. ზოგიერთ შემთხვევაში სიმწიფის საწყის სტადიაში მყოფ მძლავრ კონვექციურ ღრუბელში ორივე ხსენებული მექანიზმის კომბინირებული გამოყენებით შესაძლებელია როგორც ნალექთა ხელოვნური გაზრდის მიღწევა, ასევე სეტყვის ზრდის პროცესის შეფერხების გამოწვევა.
4. კოლოიდური სტაბილობის ხელოვნურად დარღვევის როგორც ბერჟერონ-ფინდაიზენის, ასევე ლენგმიურის მექანიზმები შეიძლება განხორციელდეს ნალექთა ხელოვნური გაზრდის მიზნით არა მარტო კონვექციურ, არამედ ფენა-გროვა, ოროგრაფიულ და ფრონტალურ ფენა ღრუბლებზე ზემოქმედებისას.

თავი 4. ნაღმთა ხელოვნური გაზრდის მიზნით კონვექციურ ღრუბლებზე ზემოქმედების ჩატარების მეთოდობა

როგორც შესავალში იყო ნათქვამი, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ნხვ ორივე პოლიგონზე 1979 წლიდან დაწყებულმა გამოკვლევის შედეგებმა შესაძლებელი გახადა კონვექციური ღრუბლებიდან დამატებითი ნალექების მიღების მეთოდობა 1987 წლიდან დანერგილიყო ნხვ საწარმოო სამუშაოების პრაქტიკაში სეცეასთან ბროლის გასამხედროებელი სამსახურის ქვედანაყოფებში. ამ სამუშაოთა ჩასატარებლად 1986 წელს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მიერ მომზადდა მეთოდური სახელმძღვანელო [1] სეცეას საწინააღმდეგო ტექნიკის საშუალებით კონვექციურ ღრუბლებიდან ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ორგანიზებისა და ჩატარებისათვის. ეს მეთოდური სახელმძღვანელო შედგენილი იქნა ინსტიტუტის წამყვანი სპეციალისტების მიერ დოკუმენტში [2] ჩამოყალიბებული პრინციპებისა და იორის პოლიგონზე პრაქტიკაში განხორციელებული შედეგების საფუძველზე, რომელშიც გათვალისწინებული იყო მთელი რიგი სამუშაოების თანმიმდევრულად ჩატარება.

4.1. გროვა-საწვიმარი ღრუბლების განვითარების სპეციალიზებული პროგნოზი

მეთოდური სახელმძღვანელო დოკუმენტის თანახმად [1], გროვა-საწვიმარი ღრუბლების ფორმირების ალბათობისა და დღის საათებში მოსულ ნალექთა მაქსიმალური რაოდენობის პროგნოზი მოიცავდა შემდეგი საფეხურების გავლას:

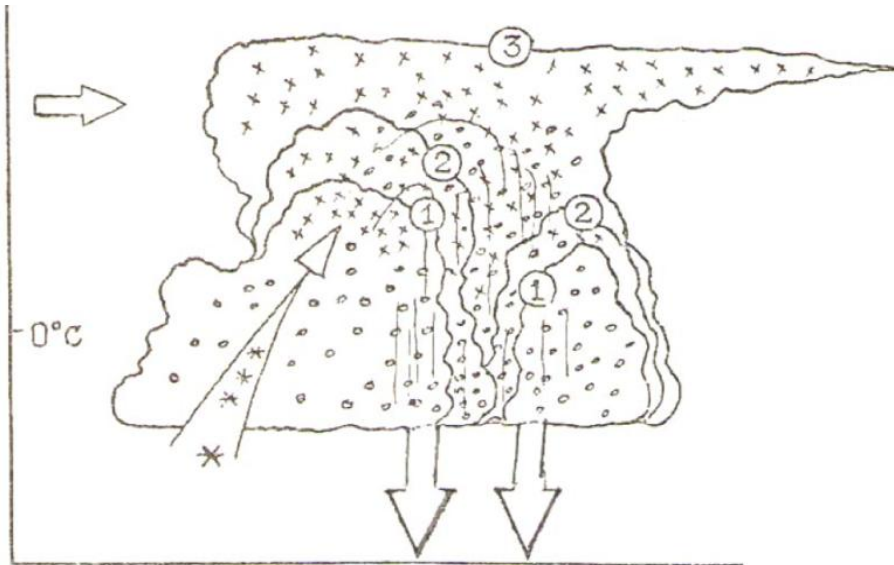
- აეროსინოპტიკური რუკების ანალიზს და მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორების (მრლ), დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრების (დხთ) და ატმოსფეროს რადიოზონდირების მონაცემთა გაცნობას;
- ატმოსფეროს არამდგრადობის გაანგარიშებას, რომელიც ხასიათდება 850-500 ჰჰა ფენაში ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტით;
- ტროპოსფეროს ქვედა და შუა ფენის ტენშემცველობის გაანგარიშებას იგივე ფენაში ნამის წერტილის დეფიციტის მნიშვნელობების მიხედვით;
- ჰაერის ნაკადების მიმართულებისა და სიჩქარის ანალიზს 700, 500 და 400 ჰჰა დონებზე, აგრეთვე ქარის ვერტიკალური ძვრის გაანგარიშებას 850-700 ჰჰა ფენაში;
- გროვა-საწვიმარი ღრუბლების ფორმირების ალბათობის გაანგარიშებას და ნალექთა შესაძლო რაოდენობის შეფასებას წინასწარ შედგენილი ალბათური გრაფიკებისა და ალგორითმის ბლოკ-სქემის მიხედვით.

მეთოდური სახელმძღვანელოს მიხედვით, დროში უახლოესი აეროლოგიური ზონდირების მონაცემებისა და დამხმარე მასალების არსებობის შემთხვევაში მოყვანილი სქემით პროგნოზის შედგენას ესაჭიროება 5-7 წუთი, თუმცა პრაქტიკაში დღის თათბირზე, რომელზედაც ფასდებოდა იორის პოლიგონზე წინა დღეს ღრუბლებზე ჩატარებული ზემოქმედების შედეგები, უმეტესწილად განიხილებოდა საქართველოს ჰიდრომეტცენტრის ამინდის ბიუროში შედგენილი მძლავრი კონვექციის განვითარების პროგნოზი, კორექტირებული რუისპირის რადიოზონდირების მონაცემებით, აგრეთვე პოლიგონზე მიღებული სინოპტიკური რუკებისა და ადგილზე ჩატარებული რ/ლ დაკვირვების მონაცემების მიხედვით. ანალოგიურად, ხრამი-ფარანის პოლიგონის საკომანდო პუნქტზეც დღის განმავლობაში კონვექციის განვითარების შესახებ პროგნოზი მიიღებოდა თეთრიწყაროს გასამხედროებელი ნაწილის საკომანდო პუნქტიდან და კორექტირდებოდა ადგილობრივი რ/ლ სადგურის მონაცემების შესაბამისად.

4.2. ზემოქმედების ობიექტების შერჩევა

ზემოთხსენებული დოკუმენტის [2] შესაბამისად იორის პოლიგონზე ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა მთავარ მიზანს წარმოადგენდა სიონის წყალსაცავის აუზში მდ.იორის წყალშემკრების ზედა ნაწილში მძლავრ კონვექციურ და გროვა-საწვიმარ ღრუბლებზე სარაკეტო მეთოდით ზემოქმედების ჩატარება ღრუბლებში ნალექწარმომქმნელი პროცესების სტიმულირების ან ინტენსიფიკაციის გზით სიონის წყალსაცავის აუზში მოსულ

ნალექთა რაოდენობის გასაზრდელად. შემდგომში იგივე მიზანი იქნა დასახული იმავე ტიპის ღრუბლებზე საარტილერიო მეთოდით ზემოქმედების ჩატარების გზით ფარაენის ტბისა და წალკის წყალსაცავის აუზებში ნალექთა რაოდენობის ხელოვნურად მომატების უზრუნველსაყოფად. ამ მიზნების მისაღწევად, პირველ რიგში იორის პოლიგონისთვის 1977 წლისთვის ნხგ სამუშაოთა საერთაშორისო პრაქტიკაში მიღებული შედეგების გათვალისწინებით, სამუშაოთა ორგანიზების დასაბუთების დოკუმენტში [2] შემუშავდა Cu cong და Cb ტიპის კონვექციურ ღრუბლებზე ზემოქმედების რამდენიმე სქემა. ერთ-ერთი მათგანი, რომელიც ითვალისწინებს მაკრისტალური რეაგენტით ზემოქმედებას მძლავრ გროვა ღრუბელზე მისი განვითარებისა და გროვა-საწვიმარ ღრუბელში გადაზრდის სტიმულირებისათვის, მოყვანილია ნახაზზე 4.1.



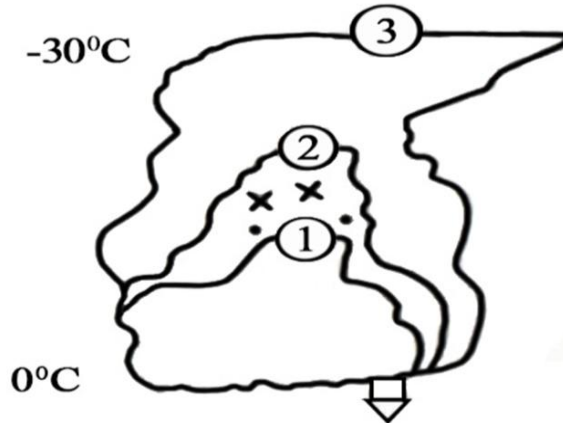
ნახ. 4.1. მძლავრ გროვა ღრუბელზე მაკრისტალური რეაგენტით დინამიკური ზემოქმედების სქემა მისი შემდგომი გადაზრდით გროვა-საწვიმარ ღრუბელში.

აღნიშნული სქემით ზემოქმედებას ეწოდა „დინამიკური ზემოქმედება“, რადგანაც იგი ეყრდნობა ღრუბლის გადამეტცივებული ნაწილის ხელოვნური კრისტალიზაციის დროს ფაზური გადასვლის ფარული სითბოს სწრაფი გამოყოფის პრინციპს, რასაც თან სდევს ღრუბლის ვერტიკალური (ზოგ შემთხვევაში ჰორიზონტალური) განვითარება. ამრიგად, განხილულ შემთხვევაში ზემოქმედება ღრუბლის მიკროფიზიკაზე ვლინდება მისი განვითარების დინამიკურ ეფექტში. განხილული სქემის გამოყენება მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაში, როდესაც ღრუბელი ხასიათდება გადამეტცივებული ნაწილის მნიშვნელოვანი სიმძლავრით, თუმცა მისი შემდგომი განვითარება შესაძლებელია შეფერხდეს მდგრადად სტრატოფიციცირებული შემაკავებელი ფენის ან ქარის ძლიერი ვერტიკალური წანაცვლების არსებობის შემთხვევაში.

ნახაზზე 4.1. ინდექსით 1 აღნიშნულია თერმიკებისაგან თანმიმდევრულად წარმოქმნილი ერთმანეთთან ახლოს მდებარე ორი მძლავრი Cu cong ტიპის გროვა ღრუბლის კონტურები ზემოქმედების დაწყებამდე. ინდექსით 2 ნაჩვენებია დინამიკური ზემოქმედების შედეგად შემაკავებელი ფენის გარღვევის შემდეგ წარმოქმნილი ღრუბელთა კონტურები, რომელთაგან მარცხენა, უფრო ძლიერმა ღრუბელმა პირველმა გაარღვია ჩამკეტი ფენა და ჩაითრია მარჯვენა, უფრო სუსტი ღრუბელი. ინდექსით 3 აღნიშნულია გროვა-საწვიმარი ღრუბლის (Cb) კონტურები, რომელიც წარმოიშვა ორი მძლავრი გროვა ღრუბლის გაერთიანების შედეგად, მიღწია ბუნებრივი კრისტალიზაციის დონეს (რაც ვლინდება მის ზედა საზღვარზე ე. წ. გრდემლის წარმოქმნაში) და იძლევა ნალექს.

აქვე აღსანიშნავია, რომ ნახ. 4.1. ასახავს ზემოქმედების იდეალურ შემთხვევას, როდესაც ერთმანეთთან ახლოს მდებარე ორი მძლავრი გროვა ღრუბელი ვითარდება საკმაოდ სუსტი შემაკავებელი ფენის ქვემოთ, სადაც არსებობს კონვექციური არამდგრადობის

საკმარისად დიდი მარაგი. რეალურად ასეთი შემთხვევები საკმაოდ იშვიათია, თუმცა ცალკეულ მძლავრ ღრუბელზე ზემოქმედების დროს მისი განვითარების სტადიისა და რეაგენტის დოზირების სწორი შერჩევის შემთხვევაში განხილული სქემის მიხედვით ზოგჯერ შესაძლებელია საცდელ ღრუბლიდან ზომიერი ინტენსივობის თქეში ნალექის მიღება. გარდა ამისა, ატმოსფეროს არამდგრადი სტრატეფიკაციისა და ჩამკეტი ფენის არარსებობის დროს დინამიკურ ზემოქმედებას ადვილად შეუძლია ბუნებრივი პროცესების შედეგად უკვე წარმოქმნილი საშუალო Cu med და ძლიერი Cu cong გროვა ღრუბლების შემდგომი ინტენსიფიცირება და მათი გარდაქმნის ხელშეწყობა იზოლირებულ გროვა-საწვიმარ ღრუბლად (ნახ. 4.2), საიდანაც საცდელ ტერიტორიაზე მოსული ნალექი სამართლიანად შეიძლება ჩაითვალოს ღრუბელზე ზემოქმედების შედეგად.



ნახ. 4.2. იზოლირებულ გადამეტცივებულ კონვექციურ ღრუბელზე დინამიკური ზემოქმედების შედეგად ცალკე გროვა-საწვიმარი ღრუბლის წარმოქმნის სქემა.

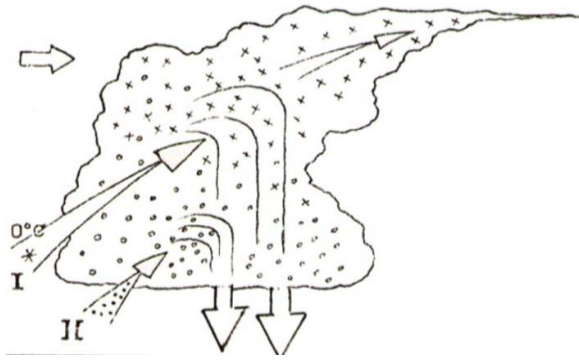
ნახაზზე 4.2. კონტური 1 აღნიშნავს Cu med - Cu cong საწყის სტადიაში მყოფ გროვა ღრუბელს, კონტური 2 შეესაბამება ზემოქმედების შედეგად განვითარების სტადიაში მყოფ მძლავრ გროვა ღრუბელს Cucong, ხოლო კონტური 3 – გროვა-საწვიმარ Cb სტადიაში გადაზრდილ ზემოქმედებაქმნილ ღრუბელს. აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებში აღნიშნული სქემით ჩატარებული ათეულობით ექსპერიმენტის შედეგებმა აჩვენა, რომ ატმოსფეროში ხელშეწყობი პირობების არსებობის შემთხვევაში Cu med - Cu cong სტადიიდან Cb სტადიაში ღრუბლის გადაზრდის პროცესს რეაგენტის ოპტიმალური დოზით შერჩევისას შეიძლება დასჭირდეს 20-60 წთ დრო, ხოლო მოსული თქეში ნალექის ხანგრძლივობამ გასტანოს 10-30 წთ.

გადამეტცივებულ საღრუბლო გარემოში დინამიკური ზემოქმედების გარდა მაკრისტალეული რეაგენტის გამოყენება შესაძლებელია გროვა-საწვიმარ ღრუბელში ნალექწარმოქმნილი პროცესის ინტენსიფიკაციისთვისაც.

ამ სქემით ზემოქმედების მეთოდს საფუძვლად უდევს გროვა-საწვიმარ ღრუბელში ბუნებრივი კრისტალიზაციის გულების არსაკმარისი რაოდენობის ჰიპოთეზა, რაც ღრუბლის გადამეტცივებულ ნაწილში გარკვეული მოცულობების ხელოვნური კრისტალიზაციის საჭიროებას ქმნის ბერჟერონ-ფინდაიზენის პროცესის დასაჩქარებლად და ღრუბელში ნალექთა წარმოსაქმნელად.

ჩვენს ქვეყანაში სეტყვის საწინააღმდეგო სამუშაოების ჩატარების პროცესში წარმოებული მრავალრიცხოვან დაკვირვებათა შედეგებმა აჩვენა, რომ შერეული გროვა-საწვიმარი ღრუბლების გადამეტცივებული ნაწილების დამატებითი ხელოვნური კრისტალიზაციის დროს ხდება ღრუბლებიდან ნალექთა გამოყოფის პროცესის დაჩქარება და ზოგჯერ ღრუბელთა დაშლა რამდენიმე ათეული წუთის განმავლობაში. ეს გარემოება საშუალებას იძლევა ნახ. 4.3 –ზე მოცემული სქემის მიხედვით ჩატარებული ზემოქმედება გამოყენებული იქნას მოცემულ ტერიტორიაზე ნალექთა მოსვლის პროცესების დასაჩქარებლად და წყალგამყოფის საზღვრებს გარეთ მათი გასვლის შესაფერხებლად. გარდა ამისა, ზოგჯერ ღრუბლის მნიშვნელოვანი ნაწილის ხელოვნურ კრისტალიზაციას შეუძლია გამოიწვიოს მისი შემდგომი

ზრდა (მძლავრი გროვა ღრუბლის დინამიკური ზრდის ანალოგიურად) და აღმავალი ნაკადების გაძლიერების ხარჯზე ღრუბლის ნალექწარმოქმნელი ეფექტურობის ამაღლება.

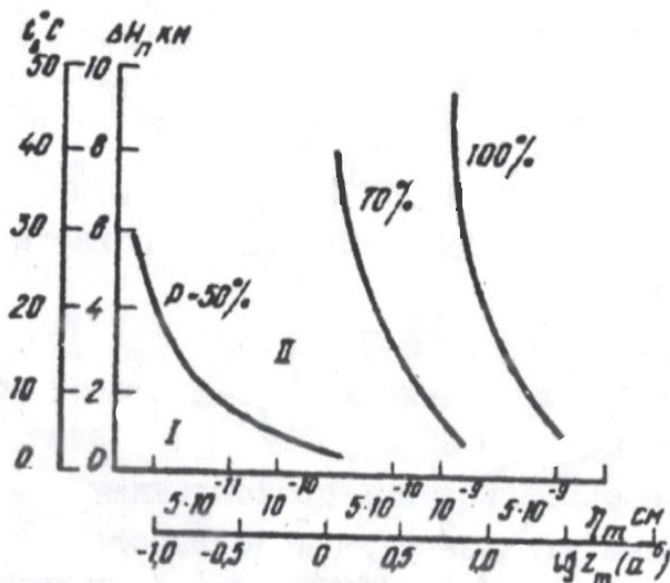


ნახ. 4.3. ნალექწარმოქმნელი პროცესების ინტენსიფიკაციის მიზნით გროვა-საწვიმარ ღრუბელზე ზემოქმედების სქემა.

4.3. კონვექციური ღრუბლის ზემოქმედებისთვის შესაფერისობის კრიტერიუმები

მეთოდურ სახელმძღვანელოში [1] მოყვანილია გრაფიკები რ/ლ პარამეტრების მიხედვით მძლავრი გროვა (Cu cong) და გროვა-საწვიმარი (Cb) კატეგორიის ღრუბლების ერთმანეთისაგან გასარჩევად (ნახ. 4.4).

ეს გრაფიკები აგებულია იორის პოლიგონზე 1979-1985 წლებში MRL-2 და MRL-5 რადიოლოკატორების $\lambda=3.2$ სმ ტალღის სიგრძეზე ჩატარებული დიდი სტატისტიკური უზრუნველყოფის მქონე დაკვირვების მასალაზე დაყრდნობით. ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ $\eta_m=10^{-11}$ სმ⁻¹ რიგის რ/ლ ამრეკლადობის 6 კმ-ზე ნაკლები გადამეტცივებული ნაწილის სიმძლავრის მქონე ღრუბლები უმეტეს წილად რჩება Cu cong სტადიაში, მაგრამ რ/ლ ამრეკლადობის 10^{-10} სმ⁻¹ სიდიდემდე მიღწევის შემდეგ 2 კმ და მეტი სისქის გადაცივებული ნაწილის მქონე ღრუბლები 70%-ის ალბათობით უკვე მიეკუთვნება გროვა-საწვიმარი ღრუბლების კატეგორიას. 10^{-9} და უფრო მაღალი ამრეკლადობის მქონე ყველა ღრუბელი 2 კმ-ზე მეტი ვერტიკალური სიმძლავრის შემთხვევაში განეკუთვნება Cb ღრუბელთა კატეგორიას. 1981-1985 წლებში მოყვანილი სტატისტიკა გადამოწმდა სრამი-ფარანის პოლიგონზეც, სადაც მსგავსი შედეგები იქნა დაფიქსირებული.



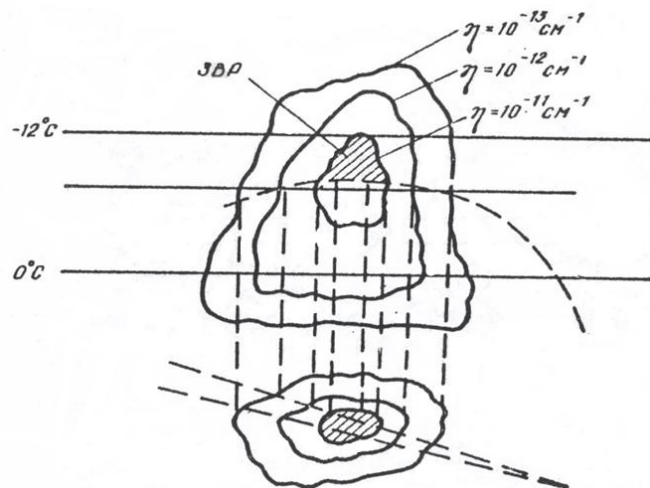
ნახ. 4.4. მძლავრი გროვა ღრუბლების (კატეგორია I) და გროვა-საწვიმარი ღრუბლების (კატეგორია II) დამოკიდებულება მაქსიმალური რ/ლ ამრეკლადობის (η_m), ღრუბლის გადამეტცივებული ნაწილის ვერტიკალური სიმძლავრისა (ΔH_g) და რადიოექოს ზედა საზღვრის ტემპერატურის (T_u) მნიშვნელობებზე [1].

მიღებული კრიტერიუმების გათვალისწინებით მეთოდურ სახელმძღვანელოში შეიღწეული ექსპერიმენტების გამოცდილებაზე დაყრდნობით შემოთავაზებულ იქნა მძლავრ გროვა ღრუბლებსა და გროვა-საწვიმარ ღრუბლებზე ნსგ მიზნით ზემოქმედების ჩატარების ორი განსხვავებული სქემა.

4.4. მძლავრი კონვექციის ღრუბლებზე ზემოქმედების ჩატარების სქემები

აეროსინოპტიკური სიტუაციის გაცნობისა და მძლავრი კონვექციის განვითარების პროგნოზის შედგენის/მიღების შემდეგ ზემოქმედებისათვის შესაფერისი სიტუაციის დასაზუსტებლად ინფორმაცია მიიღება რ/ლ დაკვირვების მონაცემების გამოყენებით. იმ შემთხვევაში, თუ საცდელ ტერიტორიაზე ხდება სუსტი (Cu hum) და საშუალო (Cu med) ღრუბლების გადაზრდა მძლავრ გროვა ღრუბლებში (Cu cong), მაშინ ამ უკანასკნელი ტიპის ღრუბლების გადაცივებული ზედა ნაწილის დამუშავება უნდა მოხდეს ხელოვნური კრისტალიზაციის გზით ზემოთ ნახსენები „დინამიკური ეფექტის“ მისაღწევად (ნახ. 4.5).

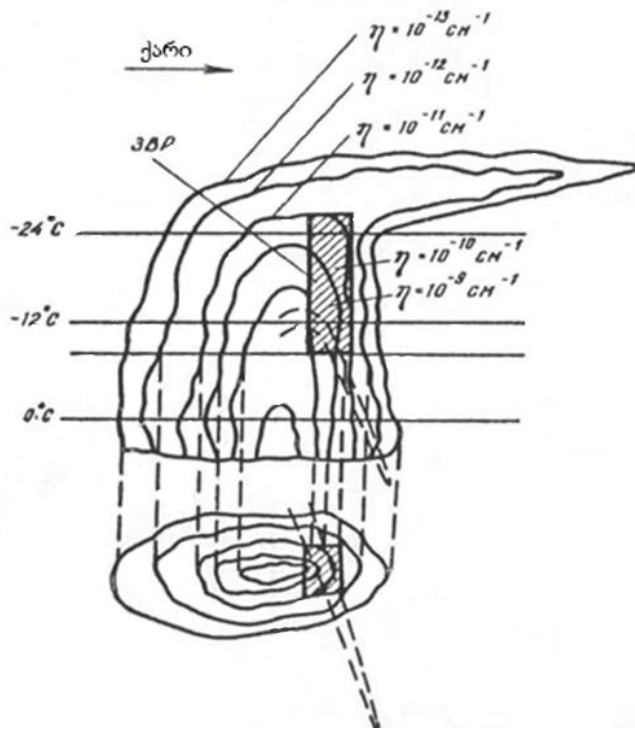
მძლავრ გროვა ღრუბელში მაკრისტალბეული რეაგენტის შეტანა წარმოებს -5 ± -15 იზოთერმებს შორის გაზრდილი ამრეკლადობის ზონის (გაზ) მთელ ფართობზე, რომელიც შემოსაზღვრულია იზოხაზის $\eta_m=10^{-11}$ სმ⁻¹ ($\lambda=3.2$ სმ) კონტურით. ამ შემთხვევაში რეაგენტის შეტანის ზონა (რშზ) განისაზღვრება როგორც გაზ-ის განივკვეთის ფართობის მქონე ცილინდრის მოცულობა, რომლის სიმაღლე იცვლება რეაგენტის შეტანის დონიდან მის ზედა საზღვრამდე. იმ შემთხვევაში, თუ საცდელ ტერიტორიაზე ადგილი აქვს ერთმანეთის მახლობლად რამდენიმე მძლავრი გროვა ღრუბლის ერთდროულ განვითარებას, დამუშავებისას უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ყველაზე ინტენსიურად მზარდ უჯრედს, რათა ხელი შეეწყოს დანარჩენი უჯრედების „ჩათრევის“ შემაფერხებელი ფენის გარღვევაში და მძლავრი კონვექციის შემდგომ განვითარებაში. ნახაზზე 4.5. ქვედა ნაწილში მოცემულია განხილული იზოლირებული ღრუბლის განივკვეთის ჰორიზონტალური პროექცია, რომელზეც დატანილია აგრეთვე რეაგენტის შემტანი რაკეტების ტრაექტორიები.



ნახ. 4.5. მძლავრი გროვა ღრუბლის (Cu cong) მაკრისტალბეული რეაგენტით დამუშავების სქემა (წყვეტილი ხაზი შეესაბამება რაკეტა „ალაზნის“ ტრასას) [1].

ერთუჯრედიანი გროვა-საწვიმარი ღრუბლის (Cb) დამუშავების შემთხვევაში რეაგენტი შეტანილი უნდა იქნას მოძრავი კონვექციური უჯრედის ფრონტალურ ნაწილში (ნახ. 4.6) -5 ± -15 იზოთერმებს შორის.

განხილულ შემთხვევაში რშზ განივკვეთი განისაზღვრება როგორც ამრეკლადობის ორი იზოკონტურით $\eta_m=10^{-11}$ სმ⁻¹ და $\eta_m=10^{-9}$ სმ⁻¹ ($\lambda=3.2$ სმ) შემოსაზღვრული ფართობი, რომლის სიმაღლე მოქცეულია რეაგენტის შეტანის დონესა და გაზ-ის ზედა საზღვარს შორის, ხოლო მოცულობა მათი ნამრავლით.



ნახ. 4.6. ერთუჯრედიანი გროვა-საწვიმარი ღრუბლის მაკრისტალეული რეაგენტით დამუშავების სქემა [1].

ნახ. 4.6-ზე განხილული მარტივი შემთხვევისაგან განსხვავებით გროვა-საწვიმარი ღრუბლები ხშირად რამდენიმე უჯრედისაგან შედგება. ამ შემთხვევაში ზემოქმედება ნახ. 4.6-ზე მოყვანილი სქემით უნდა ჩატარდეს უპირველეს ყოვლისა ყველაზე ინტენსიურად განვითარებად უჯრედზე, რომელიც ყველაზე მაღალი რ/ლ პარამეტრებით ხასიათდება, ხოლო შემდეგ—უფრო სუსტად განვითარებად უჯრედებზე. ისევე როგორც წინა ნახაზზე, ზემოქმედებაქმნილი ღრუბლის ქვეშ მოყვანილია მისი გაზ-ის განივკვეთის ჰორიზონტალური პროექცია მასზე დატანილი რაკეტების ტრაექტორიებით. ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ მოცემული სქემით, რომელიც შეესაბამება იორისა და სრამი-ფარავნის პოლიგონების რეალურ პირობებს, მაკრისტალეული რეაგენტი უნდა იქნას შეტანილი გაზ-ის მოცულობაში ტემპერატურათა დიაპაზონში -10 -დან -30°C -მდე. უფრო დაბალ ტემპერატურებზე, გრდემლის არეში, გადამეტცივებული წვეთების კრისტალიზაცია ბუნებრივად მიმდინარეობს.

4.5. მაკრისტალეული რეაგენტის დოზირება

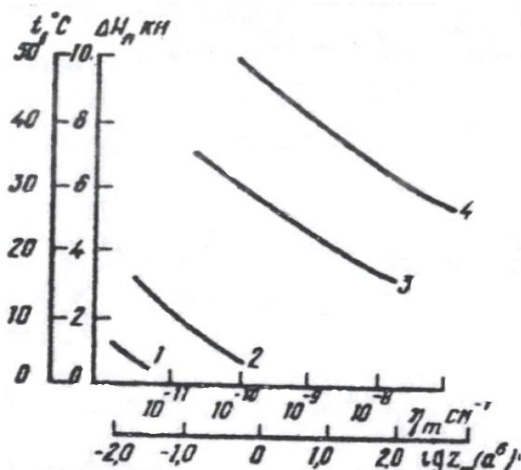
1970-იანი წლებისთვის ჩატარებული ლაბორატორიული, საველე და თეორიული გამოკვლევების შედეგებმა აჩვენეს, რომ სტაბილურ მდგომარეობაში მყოფ გადამეტცივებულ კონვექციურ ღრუბლებში ნალექწარმოქმნელი პროცესების სტიმულირებისათვის ტემპერატურების დიაპაზონში -5 - -15°C საღრუბლო გარემოში საჭიროა ყინულწარმოქმნელი აქტიური გულების კუბურ მეტრში 10^3 - 10^4 კონცენტრაციის შექმნა [3,4,5]. პრაქტიკამ აჩვენა, რომ ამ ამოცანის დაძლევა შესაძლებელია განვითარების სტადიაში მყოფ კონვექციურ უჯრედში სათანადო რაოდენობით AgI ტიპის რეაგენტით აღჭურვილი სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტების ან ჭურვების შეტანით. ამავე დროს დადგინდა იქნა, რომ ნალექწარმოქმნელი პროცესების სტიმულირებისათვის მაკრისტალეული რეაგენტის ზემოთ ნახსენები კონცენტრაცია კონვექციურ ღრუბელში არ უნდა აღემატებოდეს მითითებულ სიდიდეს, რადგანაც ეს გამოიწვევს საღრუბლო გარემოს გადაჭარბებულ დამუშავებას, რაც ზრდის ღრუბელში მაკონკურირებელი გულების ზედმეტი რაოდენობით გაჩენას და მათ კონკურენციას წყლის ორთქლის არსებული მარაგის მითვისებაში. შედეგად კლებულობს ცალკეულ საღრუბლო ნაწილაკების ზრდის სიჩქარე და ყოვნდება მათ მიერ ნალექთა ელემენტების ზომამდე მიღწევა. ნაკლები კონცენტრაციის შექმნის შემთხვევაში საღრუბლო გარემოში არსებული წყლის ორთქლი

აუთვისებელი რჩება, რაც აფერხებს ბერჟერონ-ფინდაიზენის პროცესის ეფექტურ განვითარებას.

ღრუბლებში რეაგენტის შესატანად ჰიდრომეტინსტიტუტის განკარგულებაში იმყოფებოდა ერთ- და ორ საფეხურიანი სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტები „ალაზანი-2მ“ (იორის პოლიგონი) და სეტყვასაწინააღმდეგო ჭურვები „მრწყ-4“ (ხრამი-ფარაენის პოლიგონი). ორსაფეხურიანი რაკეტის მაქსიმალური სიმაღლე და მოქმედების რადიუსი აღწევდა შესაბამისად 9.1 და 8.0 კმ, ხოლო ერთსაფეხურიანისა – 4.3 და 1.5 კმ. საარტილერიო ჭურვის მაქსიმალური სიმაღლე შეადგენდა 11.3 კმ და დაშორება – 13.0 კმ. რაკეტა „ალაზანის“ აქტიური კვამლის კოჭა შეიცავდა 1 კგ პიროტექნიკურ ნაერთს AgI-ის 2%-იანი შედგენილობით. მასში შედიოდა 16.8 გ რეაგენტი, რომელიც რაკეტის ტრასაზე გაიფრქვეოდა 35 წმ-ის განმავლობაში. ჭურვში „მრწყ-4“ მოთავსებული ანალოგიური რეაგენტის მასა შეადგენდა 16.5 გ, რომელიც მყისიერად ქროლდებოდა ჭურვის თვით აფეთქებისას მოცემულ სიმაღლეზე [6].

სახელმძღვანელო [1] –ში მოყვანილი მონაცემების თანახმად, რომლებიც ეყრდნობა სავსე გაზომვის შედეგებს, „ალაზანის“ ტიპის რაკეტის ტრასის, ანუ დიფუზიური ღრუბლის სიგრძე შეადგენდა დაახლოებით 5 კმ, რომლის თითოეულ კილომეტრზე გაიფრქვეოდა 200 გ პიროტექნიკური ნაერთის წვის შედეგად მიღებული კვამლი. ნაერთის ყინულწარმოქმნელი აქტივობა შეადგენდა 10^{13} ყინულწარმოქმნელ ნაწილაკს 1გ ნაერთიდან AgI შემთხვევაში და 10^{12} ნაწილაკს PbI_2 გამოყენებისას. ამ მონაცემებზე დაყრდნობით მოცემული რადიუსისა და ვერტიკალური სიმაღლის კონვექციური უჯრედის დასამუშავებლად ნალექწარმოქმნელი პროცესების ინიცირების/გაძლიერების მიზნით საჭიროა ალაზანის ტიპის რაკეტების რაოდენობა, რომელიც შეიძლება შეფასდეს ემპირიული თანაფარდობით $N \approx 0.1 R \Delta H_g$, სადაც R არის გაზრდილი ამრეკლადობის ($\eta_m \geq 10^{-11} \text{ სმ}^{-1} \cdot \lambda = 3.2 \text{ სმ}$) ზონის რადიუსი და ΔH_g – მისი გადამეტცივებული ნაწილის ვერტიკალური სიმაღლერე (ორივე სიდიდის განზომილება არის კმ). მოყვანილი გამოსახულების თანახმად, მცირე ზომის იზოლირებული Cu cong ღრუბლისთვის ($R=2$ კმ, $\Delta H_g = 3$ კმ) $N = 0.1 \times 2 \times 3 = 0.6 \approx 1$, ხოლო დიდი ზომის იზოლირებული Cu cong უჯრედისთვის ($R=5$ კმ, $\Delta H_g = 6$ კმ) ნალექთა სტიმულირებისათვის საჭირო იქნება $N = 0.1 \times 5 \times 6 = 3$ რაკეტის შეტანა. აქვე აღსანიშნავია, რომ ანალოგიური, შედარებით დიდი ზომის კონვექციური უჯრედიდან სეტყვის მოსვლის თავიდან ასაცილებლად, არსებული მეთოდის თანახმად [6] საჭირო იქნებოდა ერთი რიგით მეტი რაოდენობის რაკეტების შეტანა. მიღებულ გამოსახულებაში კონვექციური უჯრედის რ/ლ ამრეკლადობის გათვალისწინებით სახელმძღვანელოში [1] მოყვანილი იქნა ნხვ სამუშაოებში რაკეტების ოპტიმალური რაოდენობის შესაფასებელი ემპირიული ნომოგრამები, რომლებიც მიღებულია იორის პოლიგონზე 1979-1985 წლებში ჩატარებული დაკვირვებების ვრცელი მასალის გაანალიზების შედეგად (ნახ 4.7).

ამ ნომოგრამებიდან ჩანს, რომ Cu cong ტიპის მცირე ზომის კონვექციური უჯრედიდან პარამეტრებით $\eta_g = 10^{-11} \text{ სმ}^{-1}$, $\Delta H_g = 2$ კმ და $t_g = -10 \text{ }^\circ\text{C}$, ნალექთა სტიმულირებისათვის საკმარისია 1 რაკეტის შეტანა უჯრედის მაქსიმალური ამრეკლადობის ზონაში, მაშინ, როდესაც მძლავრ კონვექციურ უჯრედში მაქსიმალური ამრეკლადობით $\eta_g = 10^{-9} \text{ სმ}^{-1}$, გაზ-ის ვერტიკალური სიმაღლით 5-6 კმ და ტემპერატურით ზედა საზღვარზე $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ ნალექწარმოქმნელი პროცესის ინიცირებისათვის საჭირო იქნება 3 რაკეტის შეტანა. იშვიათ შემთხვევაში, თუ საქმე გვაქვს მძლავრი ფრონტალური პროცესის გავლის შემდეგ დარჩენილ არასეტყვასაში უჯრედთან (უკვე ჩამოცლილი სეტყვით) შემდეგი პარამეტრებით: $\eta_g = 10^{-8} \text{ სმ}^{-1}$, $\Delta H_g = 6-7$ კმ, $t_g = -30 \text{ }^\circ\text{C}$, მასზე ზემოქმედება მიზანშეწონილია 4 რაკეტით.



ნახ. 4.7. ნზე სამუშაოებში „ალახნის“ ტიპის სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტების ხარჯვის ნორმები რადიოლოკაციურ ამრეკლადობასთან, გადამეტცივებული ნაწილის ვერტიკალურ სიმძლავრესა და რადიოექოს ზედა საზღვრის ტემპერატურასთან კავშირში (აღნიშვნები იგივეა, რაც ნახ. 4.4-ზე) [1].

საარტილერიო მეთოდით ზემოქმედების შემთხვევაში, სახელმძღვანელო [1] –ის თანახმად, სეტყვასაწინააღმდეგო ჭურვების „Энрпс-4“ მოხმარების ნორმა 1 კონვექციურ უჯრედზე განისაზღვრება შემდეგი სახით: $N=0.2 \times R^2 \times H_{გაზ}$, სადაც R არის გაზრდილი ამრეკლადობის ზონის რადიუსი, ხოლო $H_{გაზ}$ - მისი სიმაღლე (ორივე პარამეტრის განზომილებაა კმ). მცირე უჯრედზე ($R=2$ კმ, $H_{გაზ}=5$ კმ) ზემოქმედებისათვის მოცემული გამოსახულებით საჭიროა $N=0.2 \times 4 \times 5 = 4$ ჭურვის გამოყენება, ხოლო შედარებით დიდი უჯრედისათვის ($R=3$ კმ, $H_{გაზ}=6$ კმ) საჭირო გახდება $N=0.2 \times 9 \times 6 \approx 10$ ჭურვის გასროლა. პრაქტიკულად, ხრამი-ფარანის პოლიგონზე, დასმული ამოცანის შესრულების უზრუნველსაყოფად, თითო კონვექციური უჯრედის დასამუშავებლად საშუალოდ 8-10 ჭურვი იხარჯებოდა. უნდა ითქვას, რომ მაკრისტალელებელი რეაგენტით დოზირება ამ შემთხვევაშიც 1 რიგით ნაკლები იყო ქვემო ქართლის რეგიონში წარმოებულ სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოებთან შედარებით.

ზემოქმედება უნდა გაგრძელებულიყო მანამ, სანამ ღრუბელი არ გადაიზრდებოდა ნალექის მომცემ გროვა-საწვიმარ ღრუბლად, ან დაიწყებდა დაშლას რ/ლ პარამეტრების მკვეთრი შესუსტებით.

4.6. ზემოქმედების ჩატარებული ოპერაციის დოკუმენტირება, წინასწარი ანალიზი და არქივირება

ზემოქმედების ოპერაციის ჩატარების შემდეგ სავალდებულო იყო ოპერაციის დროს გამოყენებული ყველა მასალის შეგროვება ცალკე ფაილის სახით და მათი წინასწარი ანალიზი შემდეგი სამუშაო დღის დაწყებამდე. გამოყენებულ მასალებში შედიოდა: ზემოქმედების ოპერაციაში მონაწილე სპეციალისტებისა და დამხმარე პერსონალის სია, წამყვანი ორგანიზაციის ამინდის ბიუროდან მიღებული და ადგილობრივი სპეციალისტის მიერ დაზუსტებული ამინდის პროგნოზის ბიულეტენი, ატმოსფეროს რადიოზონდირების მონაცემები, მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორების დახმარებით ჩატარებულ დაკვირვებათა მიმოხილვის მონაცემები, დხთ მონაცემები საღრუბლო სისტემების მდებარეობისა და გადაადგილების შესახებ საკვლევ რეგიონში, შერჩეულ ღრუბლებზე (კონვექციურ უჯრედებზე) უწყვეტი რ/ლ დაკვირვების მონაცემები, ამ ობიექტზე ჩატარებული ზემოქმედების პარამეტრები, ზემოქმედების შედეგების რ/ლ, ფოტო- და ვიზუალური რეგისტრაციის მასალები, ნალექში კსელის მონაცემები ზემოქმედების დღის განმავლობაში პოლიგონზე მოსული ნალექების შესახებ ჰიდროლოგიური საგუშაგოს მონაცემები ზემოქმედების შემდეგ

გასული დღე-ღამის განმავლობაში მდინარის (იორი) დონის ჩამკვეთ კვეთში ცვალებადობის შესახებ. სამუშაო დღის შესახებ ზოგად მონაცემებთან ერთად თითოეული დამუშავებული უჯრედისთვის ზემოქმედების მონაცემები ფორმდებოდა ცალკე ცხრილის სახით, რათა დაცულიყო ყოველი ღრუბლის ინდივიდუალური დამუშავების წესი. კონვექციური უჯრედების გაერთიანების შემთხვევაში გაერთიანებული ღრუბელი ახალ ნუმერაციას დებულა. ღრუბლის დისპაციის სტადიაში გადასვლისას რ/ლ დაკვირვებები გრძელდებოდა მის სრულ დაშლამდე.

ამგვარად, შეგროვილი მონაცემები ზემოქმედებისაგან თავისუფალ მომდევნო დღეებში ანალიზდებოდა დამუშავებული და საკონტროლო უჯრედებისთვის აგებული რ/ლ ამრეკლადობის იზოკონტურებითა და მოსული ნალექების Z-I თანაფარდობის გამოყენებით გაანგარიშების გზით, რაც შემდეგ მოწმდებოდა ნალექზომში ქსელიდან მიღებულ მონაცემებთან შედარებით.

ზემოქმედების ყოველი დღისთვის ამგვარად შედგენილი ფაილები გროვდებოდა სეზონის არქივში და სეზონის დასრულების შემდეგ საფუძველად ედებოდა წლის განმავლობაში ჩატარებული მუშაობის ჯამურ ანგარიშს ზემოქმედების ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტურობის წინასწარი შეფასებით.

დასკვნები

1986 წელს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მიერ მომზადდა მეთოდური სახელმძღვანელო ნხვ სამუშაოთა ჩასატარებლად, რომლის მიხედვითაც ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ნხვ ორივე პოლიგონზე გათვალისწინებული იყო თანმიმდევრულად შემდეგი ოპერაციების ჩატარება.

1. გროვა-საწვიმარი ღრუბლების განვითარების სპეციალიზებული პროგნოზის მომზადება. ეს ოპერაცია ითვალისწინებდა სინოპტიკური რუკების ანალიზსა და მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორების, დხთ და ატმოსფეროს ზონდირების მონაცემთა გაცნობას და შესაბამისი გაანგარიშებების ჩატარებას, აგრეთვე პროგნოზის დაზუსტებასა და განახლებას სხვა დამხმარე წყაროებიდან მიღებული ინფორმაციით;
2. ზემოქმედების ობიექტების შერჩევა რ/ლ და ვიზუალური დაკვირვებების საფუძველზე კონვექციური ღრუბლების ზემოქმედებისთვის შესაფერისობის/ვარგისიანობის კრიტერიუმების გათვალისწინებით. ეს ოპერაცია ძირითადად ეყრდნობოდა 3 სმ სიგრძის ტალღაზე მომუშავე რადიოლოკატორების მონაცემებს ინსტრუქციით გათვალისწინებული სქემების მიხედვით;
3. მძლავრი კონვექციის ღრუბლებზე ზემოქმედების ჩასატარებლად შერჩეული ღრუბლის (კონვექციური უჯრედის) ტიპისა და განვითარების ტრენდის გათვალისწინებით ობიექტის დამუშავების სქემის შერჩევა ინსტრუქციაში მოცემული ვარიანტების შესაბამისად;
4. მაკრისტალბელი რეაგენტის დოზირების შერჩევა ზემოქმედებისათვის გამოყენებული ტექნიკური საშუალების (სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტის თუ ჭურვის) მონაცემთა შესაბამისად რადიოლოკაციურ ამრეკლადობასთან, გადამეტცივებული ნაწილის ვერტიკალური სიმძლავრესა და რადიოექოს ზედა საზღვრის ტემპერატურასთან კავშირში, ინსტრუქციაში მოცემული სქემების მიხედვით;
5. ზემოქმედების ოპერაციების დოკუმენტირება, წინასწარი ანალიზი და არქივირება;
6. სეზონის განმავლობაში ჩატარებული სამუშაოების ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტურობის წინასწარი შეფასება.

თავი 5. ნაღმთა ხელოვნური ბაზრის სამუშაოთა ეფექტურობის კონტროლი

5.1. ზოგადი ცნობები

როგორც აღნიშნული იყო წინამდებარე ნაშრომის მე-2 თავში, იორის პოლიგონზე ნხვ სამუშაოების დაწყებას წინ უძღოდა 1978 წელს საცდელ (მდ.იორის აუზის ზემოწელი) და საკონტროლო (მდ.არაგვის, ქსნისა და ღიახვის აუზები) ტერიტორიებზე წლის თბილ პერიოდში ატმოსფერულ ნალექთა სტატისტიკური მოდელირების ჩატარება, რის შედეგადაც განსაზღვრული იქნა სადგურ თიანეთზე ნალექთა 5-დან 15 %-მდე სავარაუდო მომატების აღმოჩენის შესაძლებლობა 0.90-0.99 საიმედოობის დონეზე 5-დან 20 წლამდე ექსპერიმენტირების შემთხვევაში [1].

1979 წლიდან ღრუბლებზე ზემოქმედების დაწყების შემდეგ საცდელ ტერიტორიად დადგენილ იქნა იორის პოლიგონი ფართობით 1 000 კმ² თიანეთის რაიონის ფარგლებში, სადაც ღრუბლებზე ზემოქმედების სამუშაოებთან ერთად წარმოებდა რ/ლ და ნალექმზომი ქსელის დაკვირვებები კონვექციურ ღრუბლებზე და მათგან მოსულ ნალექებზე, აგრეთვე ჰიდროლოგიური დაკვირვებები მდ.იორის ჩამონადენზე ჰიდროლოგიური საგუშაგო ორხევის ჩამკეტ კვეთში. რ/ლ დაკვირვებები ტარდებოდა იორის პოლიგონის ცენტრალურ ბაზაზე (გორშევარდნის სერი) განთავსებული რ/ლ სადგურების МРЛ-2 და МРЛ-5 გამოყენებით, ხოლო ნალექმზომი ქსელი მოიცავდა პოლიგონის ფართობზე შესაძლებლობის ფარგლებში თანაბრად განლაგებულ 40-მდე ნალექმზომ საგუშაგოს. ადრე შერჩეულ საკონტროლო ტერიტორიებზე ანალოგიური დაკვირვებების მოწყობა შეუძლებელი აღმოჩნდა პროექტის დაფინანსების შეზღუდულობის გამო, ამიტომ ზემოქმედება საცდელ ტერიტორიაზე წარმოებდა რანდომიზაციის მეთოდით 2/3 ალბათობით ზემოქმედების სასარგებლოდ. ექსპერიმენტულ ერთეულად (ე.ე.) მიიჩნეოდა რანდომიზაციის მეთოდით შერჩეულ ნახევარდღელამეში (12 სთ) მოსულ ნალექთა საცდელ ტერიტორიაზე გასაშუალოებული რაოდენობა, თუმცა დამატებით ე.ე. სახით განიხილებოდა აგრეთვე სეზონური ნალექები და მდინარის სეზონური ჩამონადენი, აგრეთვე შესაბამის ნახევარ დღე-ღამეში ცალკეული კონვექციური უჯრედიდან მოსული წვიმის რაოდენობა, გაზომილი რ/ლ მეთოდით.

5.2. საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიებზე წლის თბილ პერიოდში ნალექთა რეჟიმის ცვლილება ზემოქმედების ჩატარების შედეგად

რანდომიზაციის მეთოდზე გადასვლის მიუხედავად, ადრე გამოყოფილ საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიებზე, ზემოქმედების ჩატარების შედეგად, ნალექთა რეჟიმის ცვლილების მიახლოებითი შეფასებისათვის ჩატარებულ იქნა ზემოქმედებამდე (1936-1978 წწ) და ზემოქმედების პერიოდში (1979-1990 წწ) შესაბამის მეტეოსადგურებზე მოსულ ნალექთა სტატისტიკური ანალიზი.

იორის პოლიგონზე ღრუბლებზე ზემოქმედების პერიოდში (1979-1990 წწ) საცდელ (თიანეთი) და საკონტროლო (დუშეთი, ახალგორი, ცხინვალი) ტერიტორიებზე წლის თბილ პერიოდში მოსულ ნალექთა საშუალო მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში 5.1.

ფრჩხილებში მოყვანილი მნიშვნელობები შეესაბამება ნალექთა საშუალო ჯამების გადახრას ზემოქმედებამდე (ცხრ.2.1, 1936-1976 წწ. პერიოდი) და ზემოქმედების პერიოდში. როგორც ამ ცხრილიდან ჩანს, ზემოქმედების ჩატარების პერიოდში ნალექთა სეზონურმა ჯამებმა იორის პოლიგონის როგორც საცდელ, ისე მიმდებარე ტერიტორიებზე იკლო დაახლოებით 10-30 მმ-ით და ფარდობით ერთეულებში საშუალოდ შეადგინა -5%, გარდა ცხინვალისა, სადაც ნალექთა ჯამები პირიქით გაიზარდა 3%-ით. გაზომვის ცდომილების გათვალისწინებით ეს ცვლილებები უმნიშვნელოა, მაგრამ თვალში საცემია კორელაციის კოეფიციენტების მკვეთრი შემცირება ცხინვალისა და თიანეთის მონაცემებს შორის, რომლის გამომწვევი მიზეზებიც ცალკე განხილვას მოითხოვს.

ცხრილში 5.1. თბილი პერიოდის (IV-V) ნალექთა ჯამების საშუალო მნიშვნელობები იორის პოლიგონისა და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე ღრუბლებზე სისტემატური ზემოქმედების წლებში (1979-1990 წწ.)

სადგური	ნალექთა ჯამების საშუალო მნიშვნელობა X_n , მმ	საშუალო კვადრატული გადახრა σ , მმ	ვარიაციის კოეფიციენტი C_v	კორელაციის კერძო კოეფიციენტი r
თიანეთი	599 (-6)	105	0.18	
დუშეთი	486 (-34)	99	0.20	0.81
ახალგორი	436 (-38)	74	0.17	0.60
ცხინვალი	396 (+12)	81	0.21	0.30

ანალოგიური შეფასებები ჩატარდა ხრამი-ფარავნის პოლიგონისა და მის მიმდებარე ტერიტორიებისთვისაც (ცხრ. 5.2).

ცხრილი 5.2. თბილი პერიოდის (IV-V) ნალექთა ჯამების საშუალო მნიშვნელობები ხრამი-ფარავნისა პოლიგონისა და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე ღრუბლებზე სისტემატური ზემოქმედების წლებში (1981-1985 წწ.)

სადგური	ნალექთა ჯამების საშუალო მნიშვნელობა X_n , მმ	საშუალო კვადრატული გადახრა σ , მმ	ვარიაციის კოეფიციენტი C_v	კორელაციის კერძო კოეფიციენტი r
ფარავანი	364 (+41)	68	0.19	–
ტაბაწყური	316 (+28)	67	0.21	0.31
წალკა	481 (+75)	89	0.18	–
კუშჩი	407 (+79)	110	0.27	0.93
მანგლისი	426 (+33)	108	0.25	0.83

დაკვირვების რიგების სიმცირის გამო ცხრილში მოყვანილ მონაცემებს ძირითადად საილუსტრაციო ხასიათი გააჩნია და მიუხედავად ხუთივე სადგურზე ნალექთა ჯამების 12%-იანი მომატებისა, ხრამი-ფარავნის პოლიგონის ტერიტორიაზე ზემოქმედების შედეგად ნალექთა რეჟიმის რაიმე ცვლილებაზე მსჯელობა არ იქნება მიზანშეწონილი.

5.3. რანდომიზებული ზემოქმედების პირობებში საცდელ ტერიტორიაზე ნსგ სამუშაოთა ეფექტურობის შეფასება სტატისტიკური მოდელირებით

იორის პოლიგონზე 1979 წლიდან დაწყებული ზემოქმედების სამუშაოებთან ერთად, მიღებული შედეგების საიმედოობის გასაკონტროლებლად და სამუშაოთა გეგმის ოპტიმიზაციის მიზნით დაიწყო მასალის შეგროვება რ/ლ და ნალექმზომის ქსელის დაკვირვებების მონაცემთა საფუძველზე სტატისტიკური მოდელირების ჩასატარებლად. მოდელირების მიზანს შეადგენდა ზემოქმედების ეფექტურობის შესაფასებლად საჭირო ნალექმზომთა ოპტიმალური რაოდენობის დადგენა, ექსპერიმენტირების პერიოდის ხანგრძლივობის შეფასება, რანდომიზაციის გეგმის ოპტიმიზაცია, სტატისტიკური მეთოდებისა და ტესტების შერჩევა და ექსპერიმენტული ერთეულის დადგენა, რომელიც უზრუნველყოფდა პოლიგონის კონკრეტულ პირობებში ალბათობის მისაღებ ღონეზე შექმედებისდაგვარად მოკლე ხანში საიმედო შედეგების მიღებას.

დასმულ კითხვებზე პასუხის გაცემის პირველი მცდელობა მოხერხდა დაკვირვების მონაცემთა საკმარისი მოცულობით მოპოვების შემდეგ 1980-იანი წლების შუა პერიოდისთვის ნაშრომში [2], რომელშიც წარმოდგენილია მონტე-კარლოს მეთოდის გამოყენებაზე დამყარებული კონვექციური ღრუბლების სტატისტიკური მოდელირების ზოგადი სქემა. ამავე დროს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში დამუშავდა ცალკეულ კონვექციურ უჯრედზე ნსგ მიზნით ზემოქმედების ეფექტურობის რ/ლ შეფასების ორიგინალური მეთოდიკა [3]. ამ

სტატიებში ნსგ სამუშაოთა ეფექტურობის შეფასების საკითხზე მიღებული შედეგები 1991 წელს შევსებული იქნა დამატებითი, უფრო სრული მონაცემებით, რაც აისახა მომდევნო წლებში გამოქვეყნებულ შრომებში [4,5,6,7].

კერძოდ, სტატიაში [5] მოყვანილი სტატისტიკური მოდელირების შედეგების თანახმად, ცალკეულ კონვექციურ უჯრედიდან ნალექთა 10-30%-ით გაზრდის შემთხვევაში ტერიტორიაზე გასაშუალოებული ჯგუფური ეფექტი არ ვლინდება. ცალკეული უჯრედიდან ნალექთა 40-60%-ით ფარდობითი გაზრდისას აღინიშნება ნალექთა საშუალო ტერიტორიული რაოდენობის მომატება 25-35%-ით, ხოლო ცალკეული უჯრედიდან ნალექთა 100%-ით გაზრდის შემთხვევაში ტერიტორიაზე გასაშუალოებული ნალექთა ჯამი იზრდება 40-60%-ით.

მოდელირების განხილული სქემა გამოყენებული იქნა აგრეთვე ზემოთ ჩამოთვლილი სხვა ამოცანების გადასატრედად. კერძოდ, დადგენილი იქნა იორის პოლიგონზე ექსპერიმენტირების ოპტიმალური ხანგრძლივობა რანდომიზაციის მეთოდთან, ნიშნადობის დონესა და ზემოქმედების ეფექტურობის შეფასების კრიტერიუმებთან კავშირში, მიღებული იქნა შესაბამისი ექსპერიმენტული ერთეულები და ნალექშომი ქსელის სიხშირე. მაგალითად, რანდომიზაციის გეგმის 2/3 ალბათობით ზემოქმედების სასარგებლოდ გამოყენებისას ცალკეული კონვექციური ღრუბლიდან 40-50%-ით ნალექთა გაზრდის საშუალო ჯამური ეფექტი სტიუდენტის კრიტერიუმის გამოყენებისას შესაძლებელია აღმოჩენილი იქნას 2-3 წლიანი ექსპერიმენტირების დროს ნიშნადობის დონეზე 0.1–0.05, თუ საკონტროლო ჯგუფი მოიცავს 45 უჯრედს, ხოლო საცდელი ჯგუფი – დაახლოებით 80 კონვექციურ უჯრედს. გამოთვლებმა აჩვენა აგრეთვე, რომ ნალექთა გაზრდის მინიმალური ჯგუფური ეფექტის (10%) შემთხვევაში უმაღლესი სიზუსტის ($\alpha = 0.02$) მიღწევა შესაძლებელია ექსპერიმენტირების ხანგრძლივობისას 14-დან 20 წლამდე.

ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად დადგენილ იქნა, რომ ზემოთ ჩამოთვლილი პირობებიდან ზემოქმედების ეფექტის აღმოსაჩენად ყველაზე ხელსაყრელია შემთხვევები, როდესაც ექსპერიმენტულ ერთეულად შერჩეულია კონვექციური უჯრედი, ხოლო რანდომიზაცია ტარდება ამ უჯრედების ერთობლიობის გამოყენებით 2/3 ალბათობით ზემოქმედების სასარგებლოდ. ამ პირობებში საცდელ ჯგუფში ნალექთა საშუალო ფარდობითი მომატება საკონტროლო ჯგუფთან შედარებით სულ მცირე 10%-ით შეიძლება აღმოჩენილი იქნას $\alpha = 0.1$ ნიშნადობის დონეზე ექსპერიმენტირების 9-10 წლის შემდეგ, თუ საკონტროლო და საცდელი უჯრედების რაოდენობა მიაღწევს დაახლოებით 150-250-ს შესაბამისად.

რაც შეეხება ექსპერიმენტული ერთეულის დადგენის საკითხს, ზემოთ ნახსენებ ცალკეულ კონვექციურ უჯრედებთან ერთად განხილული იქნა საცდელ ტერიტორიაზე გასაშუალოებულ ნალექთა ნახევარდღელამური ჯამები. ამ სახით წარმოდგენილი ერთეულებისთვის ჩატარებულმა სტატისტიკურმა მოდელირებამ აჩვენა, რომ ნალექშომი ქსელის ოპტიმალური სიხშირე იორის პოლიგონის პირობებისათვის შეადგენს 30-40 ხელსაწყოს 1000 კმ² ფართობზე. ამ სიხშირის გამოყენების შემთხვევაში როგორც სტიუდენტის, ასევე სანდოობის შეფარდების კრიტერიუმებისა და შერჩევითი ჯამების მეთოდის დახმარებით ზემოქმედების შედეგი ნიშნადობის დონეზე $\alpha = 0.05 - 0.10$ შეიძლება აღმოჩენილი იქნას 5-10 წლის ხანგრძლივობის ექსპერიმენტირებისას, თუ ნალექთა ნახევარდღელამური ჯამების მომატება აღწევს 20-30%-ს.

იორის პოლიგონის ნალექშომი ქსელზე 1981-1989 წლებში ჩატარებული დაკვირვების მონაცემთა ანალიზმა აჩვენა, რომ ტერიტორიაზე გასაშუალოებული ნალექების მომატება საცდელ დღეებში 25-30%-ით სტატისტიკურად უზრუნველყოფილია ნიშნადობის დონეზე $\alpha = 0.2 - 0.1$. ეს ამტკიცებს მოდელირების შედეგების სიახლოვეს რეალური მასალის გამოყენებით მიღებულ შეფასებებთან.

მიღებული შედეგების გათვალისწინებით 1991 წლის დასასრულისთვის შესაძლებელი გახდა ზემოთ მოყვანილი სტატისტიკური მოდელირების შედეგების შედარება რ/ლ გაზომვებით დადგენილ ცალკეულ უჯრედებიდან ნალექთა გაზრდის ემპირიული შეფარდებისა

საცდელ ტერიტორიაზე ნალექზომი ქსელით მიღებულ გასაშუალოებულ ნალექთა მომატებასთან. ამ პერიოდში მომზადებული შემაჯამებელი ნაშრომის [4] თანახმად, იორის პოლიგონის მონაცემთა 5-წლიანი ამონაკრებიდან, რომელიც შეიცავდა 90 საცდელ და 33 საკონტროლო უჯრედს, ცალკეული კონვექციური უჯრედიდან ნალექთა ფარდობითი ნაზრდის საშუალო მნიშვნელობამ შეადგინა 75%, ხოლო ტერიტორიაზე ნალექთა შეფარდებითი მომატება ტოლი აღმოჩნდა 25-30%-ის. შეფასებები მიღებული იქნა სარწმუნო ალბათობის დონეზე 0.9, რაც შემდგომში დადასტურებული იქნა შრომებში [6] და [7].

ანალოგიური ანალიზი ჩატარდა ხრამი-ფარაენის პოლიგონის უფრო შეზღუდული რაოდენობის ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე (1981-1985 წწ.). ზემოქმედების ობიექტების შესარჩევი კრიტერიუმები და რანდომიზაციის წესი ამ პოლიგონზეც იგივე იყო, რაც იორის პოლიგონის შემთხვევაში, თუმცა განსხვავებული კლიმატური პირობების გამო სტატისტიკური მოდელირების შედეგები ხრამი-ფარაენის პოლიგონისთვის განსხვავებული აღმოჩნდა. კერძოდ, ცალკეული კონვექციური უჯრედიდან მოსულ ნალექთა ფარდობითი ნაზრდის საშუალო მნიშვნელობამ ხრამი-ფარაენის პოლიგონზე შეადგინა 40%, ნაცვლად 75%-ისა იორის პოლიგონზე, ხოლო ნახევარდღეამეში საცდელ ტერიტორიაზე გასაშუალოებულ მოსულ დამატებით ნალექთა ფარდობითმა ნაზრდმა შეადგინა 20% ნაცვლად 25-30%-ისა იორის პოლიგონზე. ამან შესაბამისად გამოიწვია ის, რომ სეზონური ნალექების საშუალო მომატება ხრამი-ფარაენის პოლიგონზე აღმოჩნდა 40 მმ (სეზონური ჯამის 5-10%), რაც დაახლოებით 2-ჯერ ნაკლებია იორის პოლიგონისათვის მიღებულ სიდიდეზე (60-90 მმ აბსოლუტურ ერთეულებში და 10-15% ფარდობით ერთეულებში). მონაცემთა ნაკლები სტატისტიკური უზრუნველყოფის გამო ზემოქმედების ეფექტის შეფასებათა სარწმუნო ალბათობის დონემ ხრამი-ფარაენის პოლიგონზე შეადგინა 0.85. უფრო დეტალური ინფორმაცია ორივე პოლიგონზე ჩატარებული სამუშაოების შესახებ მოცემულია შემაჯამებელ ცხრილში 6.1.

5.4. ზემოქმედების ეფექტის შეფასება რადიოლოკაციური მონაცემების საფუძველზე

ნხგ სამუშაოთა ჩატარების მეთოდოლოგიაში ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტია რ/ლ დაკვირვების წარმოება, რის საფუძველზეც ხდება კონვექციური უჯრედების ან საღრუბლო სისტემების ადგილმდებარეობისა და გადაადგილების პარამეტრების დადგენა, მათი გეომეტრიული ზომებისა და რ/ლ მახასიათებლების განსაზღვრა, რომელთა საფუძველზეც მიიღება გადაწყვეტილება ზემოქმედებისათვის ღრუბელთა ვარგისიანობის შესახებ, მათზე ზემოქმედების ჩატარებისა თუ საკონტროლოდ დატოვების მიზანშეწონილობაზე. შესაფერისი კონვექციური ღრუბლების არსებობის შემთხვევაში რ/ლ დაკვირვებები გრძელდება ღრუბლის მიერ საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებს გარეთ გასვლამდე ან მის დაშლამდე. წინამდებარე ნაშრომის მე-4 თავში განხილულია რ/ლ პარამეტრები, რომელთა გაზომვა აუცილებელია ზემოქმედების ჩატარების ან მის საკონტროლოდ დატოვების შემთხვევაში ($\Lambda=3.2$ სმ ტალღის სიგრძეზე მომუშავე ლოკატორებისათვის რ/ლ ამრეკლადობის $\eta \geq 10^{-11}$ სმ⁻¹ იზოკონტურების განლაგება და დინამიკა, მაქსიმალური რ/ლ ამრეკლადობის η_m მნიშვნელობა, სიმაღლე და დინამიკა, გაზრდილი რ/ლ ამრეკლადობის ზონის მნიშვნელობა, რომელშიც ამრეკლადობა 1 რიგით ნაკლებია η_m -ზე, იზოკონტურები და დინამიკა და სხვ.).

ნხგ სამუშაოთა ეფექტურობის დასადგენად არა ნაკლებ მნიშვნელოვანია საღრუბლო ობიექტებიდან მოსულ ნალექთა ინტენსივობისა და ხანგრძლივობის, მათ მიერ მოცული ფართობის შეფასება, რაც მოითხოვს რადიოლოკატორის დაგრადუირებას Z-I თანაფარდობის დადგენის მიზნით და დაკვირვების წარმოებას საკვლევი ტერიტორიაზე განთავსებული ნალექზომი ქსელის მონაცემებთან შესადარებლად. ყოველივე ეს მოწმობს რ/ლ დაკვირვების გადაწყვეტ მნიშვნელობაზე ნხგ სამუშაოთა ეფექტურობის დადგენის საქმეში და მათი ჩატარების სიზუსტისადმი წაყენებულ მაღალ მოთხოვნებს [8].

იორის პოლიგონზე ნხვ რანდომიზებულ ოპერაციების დაწევის პირველ ეტაპზე 1978 წლიდან რ/დ წარმოებდა $\lambda=3.2$ სმ სიგრძის ტალღაზე MRL -2-ის, ხოლო 1980 წლიდან MRL-5 სადგურის გამოყენებით. რადიოლოკატორები იმართებოდა ხელით, ჟურნალში ფიქსირდებოდა დაკვირვების დრო, კონვექციური უჯრედის მაქსიმალური რ/ლ ამრეკლადობა, მისი აზიმუტი, დაშორება და სიმაღლე, ასევე გაზრდილი ამრეკლადობის ზონის გეომეტრიული ზომები, ყოველ სიმაღლეზე შესაბამისი ტემპერატურები. ეს იძლეოდა კონვექციური უჯრედის გადაადგილების მიმართულებისა და სიჩქარის, მისი განვითარების განსაზღვრის საშუალებას. დაკვირვება წარმოებდა 10-წუთიანი ინტერვალით და რადიოლოკატორის ეკრანზე ხდებოდა მიღებული ცალკეული უჯრედის რადიოექოს იზოკონტურების კალკირება და ფოტოგრაფირება თითოეულ უჯრედზე დაკვირვების მთელი ციკლის განმავლობაში. Z-I თანაფარდობაზე დამყარებული წინასწარ შემუშავებული მეთოდით გამოითვლებოდა რ/ლ მეთოდით განსაზღვრული უჯრედიდან მოსული ნალექის მასა (კილოტონებში). ამის შემდეგ მიიღებოდა ნახევარდღელამის განმავლობაში საცდელ ტერიტორიაზე დაკვირვებულ უჯრედებიდან მოსულ ნალექთა ჯამური მნიშვნელობა (მილიმეტრებში) და ხდებოდა საცდელი ტერიტორიის მთელი ფართობზე გასაშუალოებული ამ მნიშვნელობების შედარება ნალექშომი ქსელის შესაბამის მონაცემებთან.

ექსპერიმენტული მასალის დაგროვების კვალობაზე რ/ლ დაკვირვების შედეგების გამოქვეყნება დაიწყო 1988 წლიდან [9,10], რასაც შემდგომში მოჰყვა სტატიები [11,12] და 1992 წელს გამოქვეყნებული შემაჯამებელი ნაშრომი [4].

ნხვ სამუშაოთა ეფექტურობის დასადგენად რ/ლ გაზომვებისა და ნალექშომი ქსელის მონაცემების კომპლექსური გამოყენებით შრომაში [2] დამუშავდა სტატისტიკური მონაცემების სქემა, რომელიც დახვეწის შემდეგ მოიცავდა ექსპერიმენტების ჩატარების დროს შემდეგი ოპერაციების იმიტაციას [6]:

- დღეების შერჩევა, როდესაც საცდელ ტერიტორიაზე ადგილი აქვს კონვექციის განვითარებას და ნალექების მოსვლას. გათამაშება წარმოებს ყოველი თვისთვის ცალ-ცალკე იმ ემპირიული განაწილების შესაბამისად, რომელიც დღის განმავლობაში მიღებულია პოლიგონზე კონვექციური ღრუბლებისა და ნალექებზე ჩატარებული რ/ლ დაკვირვებების შედეგად. სტატისტიკური უკმარისობის გამო შემთხვევების ემპირიული განაწილება აპროქსიმირდებოდა ნორმალური განაწილებით.
- დღის განმავლობაში დაკვირვებული კონვექციური უჯრედების შერჩევა, რომლებიც აკმაყოფილებდა ზემოქმედებისთვის ვარგისიანობის/შესაფერისობის კრიტერიუმებს. ამისთვის ყოველი თვისთვის დადგენილ იქნა დღე-ღამის განმავლობაში დაკვირვებული უჯრედების განაწილების ფუნქცია, რომელიც, წინა შემთხვევის ანალოგიურად, აპროქსიმებული იყო ნორმალური განაწილებით.
- ცალკეულ კონვექციურ უჯრედიდან მოსულ ნალექთა რაოდენობის (კილოტონებში) გათამაშება. რადიოლოკაციურ მონაცემებზე დაყრდნობით Z-I თანაფარდობის გამოყენებით გამოითვლებოდა ყოველ 10-წუთიან ინტერვალში მოსულ ნალექთა რაოდენობა, აგრეთვე ღრუბლის მთელი არსებობის მანძილზე მოსულ ჯამურ ნალექთა განაწილების ალბათობის სიმკვრივის ფუნქცია აპროქსიმებული გამა განაწილებით.
- პოლიგონზე მოსულ ნალექთა ნახევარდღელამური ჯამების გამოთვლა. ამისათვის ყოველი i -ური კონვექციური უჯრედისათვის სრულდებოდა მოსულ ნალექთა S_i ფართობის გათამაშება ამ სიდიდის ალბათობის სიმკვრივის განაწილების შესაბამისად, რომელიც განისაზღვრებოდა გაზომვებული ნალექშომი ქსელის მონაცემთა მიხედვით. მოძრავი უჯრედებისთვის წარმოებდა აგრეთვე იორის პოლიგონზე 1979-1990 წლებში ჩატარებული დაკვირვების მასალიდან მიღებული კონვექციური უჯრედების მოძრაობის მიმართულებისა და საშუალო სიჩქარის გათამაშება. კონვექციური უჯრედის რადიოექოს 10^{-10} სმ⁻¹ ამრეკლადობის შესაბამისი კონტურის ფართობების (კმ²) განაწილების ალბათობის სიმკვრივის ფუნქცია აპროქსიმდებოდა გამა განაწილებით კოლმოგოროვის კრიტერიუმთან

შესაბამისობის შემოწმებით. უჯრედების არსებობის ხანგრძლივობისათვის მიიღებოდა ნორმალური განაწილება.

- საცდელ და საკონტროლო დღეების (ნახევარდღელამეების) შემთხვევითი შერჩევა რანდომიზაციის პრამეტრების გათვალისწინებით. საცდელი დღეებისათვის ცალკეული უჯრედიდან მოსულ ნალექთა რაოდენობა პირობითად იზრდებოდა 10-დან 200%-მდე. ექსპერიმენტის ჩატარების ამ გეგმისთვის განიხილებოდა 2 ძირითადი ექსპერიმენტული ერთეული: ა) ცალკეული უჯრედიდან მოსულ ნალექთა რაოდენობა (კილოტონებში) და ბ) ნახევარდღელამურ ნალექთა ჯამები (მმ), რომელიც მიიღებოდა ცალკეულ უჯრედებიდან მოსულ ნალექთა შეჯამებით და პოლიგონის მთელ ფართობზე გასაშუალოებით.
- ექსპერიმენტის გეგმის განხორციელება ზემოქმედების ობიექტის რანდომიზაციით p (საცდელი უჯრედი) და q (საკონტროლო უჯრედი), სადაც $q=1-p$.

იორის პოლიგონის პირობებისთვის იმ შემთხვევაში, როცა ექსპერიმენტულ ერთეულად მიიჩნეოდა ცალკეულ უჯრედიდან მოსულ ნალექთა რაოდენობა და რანდომიზაცია ტარდებოდა $2/3$ ალბათობით ზემოქმედების სასარგებლოდ, გამოთვლების შედეგად მიღებულ იქნა, რომ ცალკეული უჯრედიდან ნალექთა 20%-ით გაზრდის შემთხვევაში უჯრედების ერთობლიობაში ჯამური დადებითი შედეგი ფიქსირდება 5-6 წლის ექსპერიმენტირების პერიოდში სარწმუნო ალბათობის დონეზე 0.80. აღსანიშნავია, რომ საცდელი ჯგუფის ცალკეული უჯრედისათვის გასაშუალოებული ნალექთა ფარდობითმა ნაზრდმა ამ შემთხვევისათვის შეადგინა 10%. შეფარდებულ პარამეტრებს შორის სხვაობები დადგენილ იქნა სტიუდენტის კრიტერიუმის გამოყენებით. ცალკეული უჯრედიდან ნალექთა 50%-ით გაზრდის შემთხვევაში გამოთვლებმა აჩვენა ზემოქმედების დადებითი ეფექტის აღმოჩენის შესაძლებლობა ნსგ სამუშაოთა 1 წლის განმავლობაში წარმოებისას სარწმუნო ალბათობის დონეზე 0.90-0.99.

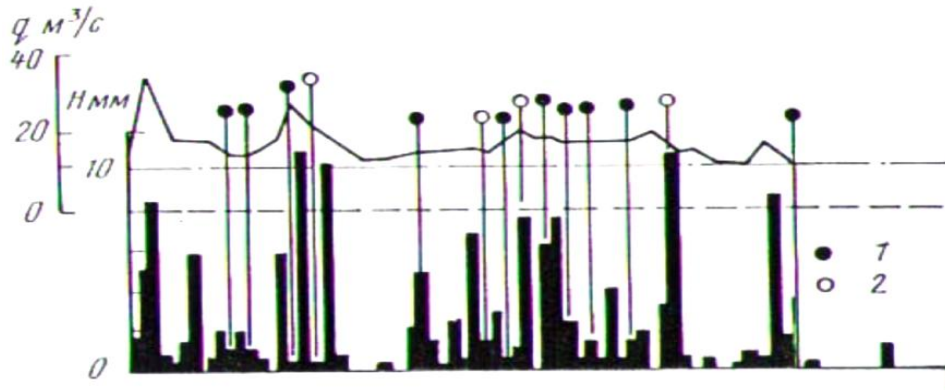
რაც შეეხება ექსპერიმენტულ ერთეულად საცდელ ტერიტორიაზე ნალექთა ნახევარდღელამური გასაშუალოებული ჯამების შერჩევის შემთხვევას, გამოთვლებმა აჩვენა, რომ 1000 კმ² ტერიტორიაზე 30-40 ნალექმზომის არსებობის შემთხვევაში სტიუდენტისა და დამაჯერებლობათა შეფარდების კრიტერიუმების გამოყენებით ზემოქმედების შედეგი შეიძლება აღმოჩენილი იქნას $\alpha = 0.05 - 0.10$ ნიშნადობის დონეზე 5-10 წლის ექსპერიმენტირების ხანგრძლივობისას, თუ ნახევარდღელამური ჯამების ნაზრდი შეადგენს 20-30%. იორის პოლიგონის 1981-1990 წწ. ნალექმზომ ქსელის მონაცემთა ანალიზმა აჩვენა, რომ საცდელ დღეებში გასაშუალოებული ტერიტორიული ნალექების საშუალო ფარდობითი მომატება 25-30 %-ით სტატისტიკურად უზრუნველყოფილია ნიშნადობის დონეზე $\alpha = 0.2 - 0.10$ [4]. ეს ადასტურებს მოდელირების შედეგების სიახლოვეს რეალური დაკვირვების მონაცემებთან. ექსპერიმენტული მონაცემების სიმცირის გამო ანალოგიური შეფასებები ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე არ ჩატარებულა.

5.5. სტატისტიკური მეთოდების გამოყენება ზემოქმედების ეფექტურობის ჰიდროლოგიურ შეფასებაში

აღმოსავლეთ საქართველოში ნსგ სამუშაოთა გასაშუალოდ იორის პოლიგონის შერჩევის ძირითად არგუმენტს წარმოადგენდა მდ.იორის ზემო წელში ნალექებსა და მდინარის ჩამონადენს შორის მჭიდრო კორელაციური კავშირების დამყარების შესაძლებლობა, რაც ხეობის თავისებურებითაა განპირობებული. 1979 წელს ნსგ სამუშაოთა დაწყების შემდეგ იორის პოლიგონზე რ/ლ დაკვირვებებთან ერთად დაიწყო განშირებული ნალექმზომი ქსელის მოწყობა. ეს შესაძლებლობას ქმნიდა ღრუბლებზე ზემოქმედების ოპერაციებთან ერთად ჩატარებულიყო მოსულ ნალექებზე რ/ლ და ნალექმზომი დაკვირვებები და მდინარის ჩამონადენის ცვლილების გაზომვები. ზემოქმედების ჩასატარებლად 4 სარაკეტო წერტილის ამოქმედებასთან ერთად რ/ლ დაკვირვებები ტარდებოდა MPJI-2 და MPJI-5 ტიპის რადიოლოკატორებით, მოეწყო 40 ნალექმზომით აღჭურვილი სადამკვირვებლო ქსელი, ამავე დროს ჰიდროლოგიური გაზომვები ტარდებოდა მდინარის ზემოწელში მდებარე ლელოვანისა

და ორხევის საგუშაგოებზე. ამ სამუშაოთა მასალებზე დაყრდნობით 1985 წლისთვის ინსტიტუტში შესაძლებელი გახდა მდინარის ჩამონადენის ფორმირების მოდელის შექმნა მდინარის აუზში ღრუბლებიდან ნალექთა ხელოვნური გაზრდის ეფექტის შესაფასებლად [13, 14]. ექსპერიმენტული მასალის დაგროვების შედეგად მოდელმა 1988 წლისთვის მიიღო პრაქტიკულ სამუშაოებში ადვილად გამოსაყენებელი სახე [15].

1981-1983 წლებში იორის პოლიგონზე ღრუბლებზე რანდომიზებულ ექსპერიმენტებში ზემოქმედების ეფექტის ჰიდროლოგიური მეთოდით შეფასების საილუსტრაციოდ ნაშრომში [13] მოყვანილია საგ. ლელოვანის მასალაზე აგებული მდ.იორის 1982 წლის მაისის თვის კომპლექსური ჰიდროგრაფი (ნახ. 5.1), რომელზედაც Q_i აღნიშნავს i -ურ ექსპერიმენტულ ერთეულში (ნახევარდღელამეში) მდინარის ხარჯს ჰიდროლოგიურ კვეთში ($m^3/წმ$), ხოლო H_i - საცდელ ტერიტორიაზე ნალექთა ჯამურ ფენას ($მმ$) i -ურ ექსპერიმენტულ ერთეულში.



ნახ. 5.1. მდ.იორის კომპლექსური ჰიდროგრაფი საგ. ლელოვანზე (1982 წლის მაისი). 1-დღეები ზემოქმედებით (საცდელი), 2-დღეები ზემოქმედების გარეშე (საკონტროლო). ექსპერიმენტული ერთეული – ნახევარდღელამე (12 სთ).

ნალექთა ნახევარდღელამური ჯამები განისაზღვრებოდა ჩამკეტი კვეთის ზემოთ მიმდებარე 12 ნალექმზომის მონაცემთა გასაშუალოებით, წყალშემკრების ფართობი შეადგენდა 494 კმ², მდინარის სიგრძე – 43 კმ, კალაპოტური გარბენის სიჩქარე – დაახლოებით 1 მ/წმ და გარბენის სრული დრო – 12 სთ.

ნახაზიდან კარგად ჩანს, რომ მაისის პირველ ნახევარში 3 ნახევარდღელამის განმავლობაში თითქმის ერთმანეთის მიყოლებით ჩატარებული ზემოქმედების ოპერაციების შემდეგ მდინარის ჩამონადენმა პიკს მიაღწია, რასაც შემდგომში მოჰყვა მისი საგრძნობი შემცირება თვის მეორე ნახევარში ზემოქმედების განახლებამდე.

1990 წლისთვის იორის პოლიგონზე კონვექციურ ღრუბლებზე რანდომიზებული ზემოქმედების ჯამური მონაცემების გამოყენებით ჩატარებულ სამუშაოთა ჰიდროლოგიური მეთოდით ეფექტურობის შეფასებისათვის გამოყენებულ იქნა სტატისტიკური მოდელირების მიდგომა [16]. ნაშრომში აღნიშნულია, რომ ზემოქმედების ინტეგრალური ეფექტი ამ მიდგომით ფასდება საცდელ ტერიტორიაზე მოსულ ნალექთა ნახევარდღელამური ჯამებისა და საცდელ აუზში მდინარის შესაბამისი ჩამონადენის ცვლილების შეჯერების გზით. მსოფლიოს სხვა რეგიონებში შესრულებული პროექტებისაგან განსხვავებით ზემოქმედების ეფექტურობის შეფასების ჰიდროლოგიური მეთოდი იორის პოლიგონის შემთხვევაში გამოიყენებოდა არა საცდელ და საკონტროლო მდინარეთა აუზებში წყლის ხარჯების დამაკავშირებელი ისტორიული რეგრესიის განტოლებათა გამოყენების გზით, არამედ პირველად იქნა შემოთავაზებული და წარმატებით განხორციელდა კიდევ საცდელ აუზში მდინარის ნახევარდღელამური ჩამონადენის ცვლილების შეფასების მეთოდიკა, რომელიც ემყარება ნახევარდღელამეების რანდომიზაციით მიღებულ საცდელ და საკონტროლო ჯგუფებს შორის შედარებას და ფორმულირებულია შრომაში [15]. აქვე აღსანიშნავია, რომ აღნიშნულ მეთოდიკაში ნალექმზომი ქსელის მეშვეობით გაზომილი ნალექთა

ნახევარდღელამური ჯამები კონტროლდება რ/ლ გაზომვებით მიღებული ნალექების მონაცემებით.

დამუშავებული მეთოდის თანახმად, კომპლექსური ჰიდროგრაფის დახმარებით წარმოებდა საცდელ და საკონტროლო ნახევარდღელამეში ფორმირებული თითოეული წყალმოვარდნის პიკის მოცულობის გაანგარიშება. მაგრამ ამ შემთხვევაში ამოცანა რთულდებოდა იმით, რომ ჰიდროგრაფზე წყალმოვარდნის პიკის ხანგრძლივობა დამოკიდებული იყო ჩამონადენის ფორმირების პირობებზე. ამიტომ უმეტეს შემთხვევაში წყალმოვარდნის ტალღა იქმნებოდა არა მხოლოდ ერთი ნახევარდღელამის ნალექებით და წარმოადგენდა ცალკეული პიკების ერთობლიობას.

ამრიგად, ამოცანას შეადგენდა წყალმოვარდნის ტალღის მოცულობიდან მისი ერთეულოვანი მოცულობების გამოყოფა, რომლებიც შეესაბამებოდა ამა თუ იმ საცდელ ან საკონტროლო ერთეულს. ამოცანის გადასაჭრელად გამოყენებული იქნა ჩამონადენის ფორმირების მათემატიკური მოდელი, რომელიც აკავშირებს წყალშემკრებზე მოსულ ნალექთა რაოდენობას საცდელი აუზის კვეთში მდინარის გაზომილ ხარჯთან. იორის პოლიგონის შემთხვევაში, სადაც ტალღის გარბენის დრო (12 სთ) დაემთხვა ე.ე. ხანგრძლივობას, ამოცანის ამოხსნა ადვილდება, რაც საშუალებას იძლევა გამოყენებული იქნას ჩამონადენის ფორმირების მარტივი ფიზიკური მოდელი შემდეგი სახით:

$$W_i = K_i Q_i F,$$

რომელიც აკავშირებს i -ური წყალმოვარდნის ტალღის W_i მოცულობას ნახევარდღელამეში მოსულ ნალექთა ჯამურ რაოდენობასთან Q_i . ამ გამოსახულებაში K_i არის i -ური წყალმოვარდნის ტალღის დამახასიათებელი ჩამონადენის კოეფიციენტი და F – წყალშემკრების ფართობი. W_i გამოითვლებოდა კომპლექსური ჰიდროგრაფის დროში ინტეგრებით, ხოლო Q_i განისაზღვრებოდა ნალექშომი ქსელისა და რ/ლ გაზომვების მონაცემებით. ამ გზით ხდებოდა შედგენა მდინარის ჩამონადენის საცდელი და საკონტროლო ამონაკრებებისა, რომელთა განაწილების ფუნქციების ერთმანეთთან შედარება ხდებოდა ზემოქმედების ეფექტის გამოსავლენად და ნიშნადობის დონის დასადგენად სხვადასხვა სტატისტიკური კრიტერიუმების გამოყენებისას [16].

ღრუბლებზე რანდომიზებული ზემოქმედების ეფექტურობის დადგენის ამ ჰიდროლოგიური მეთოდის გამოყენებით ექსპერიმენტირების პერიოდის ხანგრძლივობის შესაფასებლად დაშვებული იქნა, რომ ჩამონადენის ნახევარდღელამური სიდიდეები ექსპერიმენტულ მასალაში ნორმალურადაა განაწილებული. ამის გათვალისწინებით სტიუდენტის კრიტერიუმის გამოყენებით მიღებული იქნა, რომ იორის პოლიგონისთვის ნიშნადობის დონეზე $\alpha = 0.10$ ზემოქმედების ეფექტის აღმოსაჩენად ექსპერიმენტირების პერიოდი იცვლება შუალედში 5-10 წელი, თუ ე.ე. რაოდენობა ერთ სეზონში შეადგენს 30-50 ერთეულს ამონაკრებთა დისპერსიის საშუალო კვადრატული გადახრით 10-20% ფარგლებში. ნაშრომში [6] მოყვანილი შედეგების თანახმად, ზემოქმედების ეფექტურობის შეფასების შემოთავაზებული ჰიდროლოგიური მეთოდის გამოყენებით ჩატარებულმა დამატებითმა სტატისტიკურმა მოდელირებამ დაადასტურა ამ შეფასების მართებულობა. კერძოდ, წყალშემკრებზე ნახევარდღელამური ნალექების 80-100 %-ით გაზრდას თან სდევს ნახევარდღელამური ჩამონადენის მოცულობის მომატება 20-50%-ით. ექსპერიმენტირების 5-10- წლიანი პერიოდის ხანგრძლივობისას ამ ეფექტის დადგენა შესაძლებელია ნიშნადობის დონეზე 0.10 სტიუდენტისა და დამაჯერებლობათა შეფარდების კრიტერიუმების გამოყენებით.

რთული რელიეფის გამო ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე, რომელიც 2 მდინარის აუზს მოიცავს, ზემოქმედების ეფექტურობა რ/ლ მეთოდით არ შეფასებულა.

5.6. ნხვ სამუშაოთა ეკონომიკური ეფექტურობა

ნხვ სამუშაოთა ეფექტურობის მთავარი მაჩვენებელია მათი რენტაბელობა, გამოხატული სამუშაოთა ჩატარებაზე გახარჯული თანხების შეფარდებაში ზემოქმედების ჩატარების შედეგად მიღებული დამატებითი ნალექების გამოყენებით განპირობებული ეკონომიკური საქმიან-

ობის ღირებულობასთან. იორის პოლიგონზე ნხვ ოპერაციების ჩატარების მთავარ მიზანს შეადგენდა მდ.იორის წყლის რესურსების გაზრდა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის პირობების ხელშესაწყობად, ჰესების კასკადის ენერგოეფექტურობის ამაღლება და ქალაქების-თბილისისა და რუსთავის წყალმომარაგების გაუმჯობესება. იორის პოლიგონის ფუნქციონირების ეფექტურად წარმოჩენის ხელსაყრელი პირობები შეიქმნა 1989 წელს, როდესაც ხანგრძლივი გვალვის გამო გარდაბნისა და საგარეჯოს რაიონების სოფლის მეურნეობის სექტორი, რომელშიც 20 ათასი ჰა სავარგულები იყო გაერთიანებული, განადგურების საშიშროების წინაშე აღმოჩნდა. ამ საფრთხისაგან ხსენებული რაიონები იხსნა სიონის წყალსაცავში დაგროვილმა წყლის რესურსებმა, რომლებიც მოხმარდა ამ რაიონებში სავარგულების რწყვას. შექმნილი სიტუაცია აღწერილი იქნა ნაშრომში [17], რომელშიც ფაქტობრივ მასალაზე ნაჩვენებია ნხვ სამუშაოთა ეკონომიკური ეფექტურობა და მათი განვითარების შესაძლებლობა აღმოსავლეთ საქართველოს სხვა რაიონებში.

კერძოდ, სტატიაში აღნიშნულია, რომ მეტეოროლოგიური ქსელის მონაცემების თანახმად 1989 წლის იანვარ-ოქტომბერში განხილულ რეგიონში მოსულმა ნალექებმა კლიმატური ნორმის ნახევარი შეადგინა. სავარგულების ინტენსიურმა რწყვამ გამოიწვია სიონის წყალსაცავში წყლის მოცულობის შემცირება 164-დან 13 მლნ მ³-მდე, საიდანაც ორივე რაიონში სავარგულების სარწყავად მიწოდებულ იქნა 16 მლნ მ³ საქსტატის მონაცემებით გარდაბნის რაიონის 10247 ჰა სარწყავი სავარგულებისთვის რწყვის საერთო ეკონომიკურმა ეფექტურობამ შეადგინა 14.4 მლნ მანეთი, ხოლო საგარეჯოს რაიონის 7 594 ჰა სარწყავი სავარგულებისთვის 13.7 მლნ მანეთი, ანუ სულ რეგიონისთვის 28.1 მლნ მანეთი. ამვე დროს საქენერგოს მონაცემებით, ზემო სამგორის ენერგეტიკულ კასკადში შემავალმა 4 ჰიდროელექტროსადგურმა 1989 წელს ფაქტობრივად გამოიმუშავა 51.6 მლნ კვტ.სთ ელექტროენერგია, რომლის საერთო ღირებულებამ მაშინდელ ფასებში 1.03 მლნ მანეთი შეადგინა. ამრიგად, 1989 წელს სიონის წყალსაცავიდან გამოიმუშავებული წყლის რესურსების საერთო ეკონომიკურმა ეფექტურობამ მხოლოდ სოფლის მეურნეობისა და ჰიდროენერგეტიკის გათვალისწინებით 29 მლნ მანეთს გადააჭარბა.

დამატებითმა გაანგარიშებებმა, რომელიც „თბილწყალკანალის“ მონაცემებით, ჩატარდა ქ. თბილისის მოსახლეობაში, სახელმწიფო ორგანიზაციებში, საყოფაცხოვრებო კომბინატებში, მშენებლობაში, ვაჭრობაში და სხვა მომხმარებლებში წყლის რესურსების გამოყენების შესაფასებლად აჩვენა, რომ ამ რესურსების ეკონომიკურმა უკუგებამ 1989 წელს შეადგინა 3 მლნ მანეთზე მეტი. ამის გათვალისწინებით სიონის წყალსაცავის წყლის რესურსების მოხმარების ეკონომიკური ეფექტურობის მაჩვენებელი რუსთავისა და საგარეჯოს საქალაქო მეურნეობების გათვალისწინების გარეშე საერთო ჯამში გაუტოლდა 32 მლნ მანეთს [4].

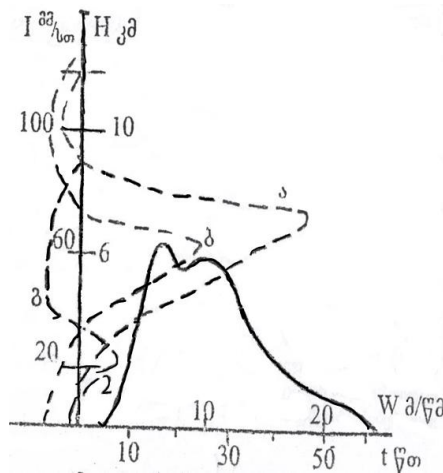
რაც შეეხება იმავე წელს იორის პოლიგონზე ზემოქმედების შედეგად მიღებული დამატებითი ნალექების ღირებულებას, მის შესაფასებლად გათვალისწინებულია, რომ 1985-1989 წწ. მონაცემებზე დაყრდნობით ზემოქმედება იწვევს თითოეული კონვექციური უჯრედიდან ნალექთა საერთო რაოდენობის გაზრდას საშუალოდ 85%-ით, რასაც შეესაბამება წყლის ნამატის აბსოლუტური სიდიდე დაახლოებით 300 ათასი კუბური მეტრი. 1989 წლის 26 სამუშაო დღიდან რანდომიზაციის შედეგად ზემოქმედება იორის პოლიგონზე ჩატარდა 14 დღის განმავლობაში, ხოლო 12 დღე დატოვილი იქნა საკონტროლოდ. დამუშავებული იქნა 34 კონვექციური ღრუბელი, რომელთაგან მიღებული საერთო დამატებითი ნალექი, ზემოთ მოყვანილი შეფასებების თანახმად, შეიძლება შეფასებული იქნას 10 მლნ კუბურ მეტრად. თუ ჩამონადენის კოეფიციენტს მივიჩნევთ 0.5-ის ტოლად, ეს მოგვცემს სიონის წყალსაცავში ზემოქმედების შედეგად ჩასული დამატებითი წყლის რაოდენობას 5 მლნ. კუბური მეტრის ოდენობით, რაც წყალსაცავიდან გამოშვებული წყლის საერთო რაოდენობის 3%-ს შეადგენს. თუ გავიხსენებთ, რომ 1989 წელს წყალსაცავიდან გამოშვებული წყლის ჯამურ რაოდენობას 150 მლნ. კუბურმეტრს შეესაბამებოდა 29 მლნ ეკონომიკური ეფექტი, 5 მლნ კუბური მეტრის ექვივალენტური ეკონომიკური ეფექტურობა 1 მლნ მანეთის ტოლი იქნება. ამ ეფექტის მისაღებად 1989 წელს იორის პოლიგონის ფუნქციონირებაზე დაახლოებით 200 ათასი მანეთი იქნა და-

ხარჯული, რასაც შეესაბამება სამუშაოთა რენტაბელობა 1:5. საწარმოო მასშტაბით ზემოქმედების ჩატარებისას, როცა რანდომიზაციის გარეშე სეზონის განმავლობაში პოლიგონზე შეიძლება დამუშავდეს 100-150 ღრუბელი, ამ ღონისძიებათა ეკონომიკურმა ეფექტურობამ შესაძლოა მიაღწიოს 3 მლნ მანეთს, რენტაბელობამ კი შეადგინოს 1:10.

ანალოგიური შეფასებების ჩასატარებლად ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე საჭირო იქნებოდა 2 რაიონის – წალკისა და ნინოწმინდის ტერიტორიაზე მოსული დამატებითი ნალექების გავლენის შეფასება ამ რაიონების ძირითადი ეკონომიკური დარგის – მეკარტოფილეობის მოსავლიანობაზე, აგრეთვე ამ ნალექებით განპირობებული საძოვრების პროდუქტიულობის გაზრდაზე და წალკის წყალსაცავზე დამოკიდებული ხრამქვის ენერგოგამომუშავების მომატებაზე. შესაბამისი სტატისტიკური მონაცემების უქონლობის გამო ამ შეფასებათა ჩატარება ვერ მოხერხდა, რაც განაპირობა აგრეთვე ექსპერიმენტირების პერიოდის მოკლე დრომ.

5.7. ნხვ სამუშაოთა ეფექტურობის კონტროლი მათემატიკური მოდელირების გამოყენებით

ნალექწარმომქმნელი პროცესების მათემატიკური მოდელირების საკითხების დამუშავება ჰიდრომეტეოროლოგიაში დაიწყო 1970-იანი წლების დასაწყისში, როდესაც აქტუალური გახდა ინსტიტუტში დამუშავებული სეტყვასთან ბრძოლის ორიგინალური მეთოდის თეორიული დასაბუთება. ამასთან დაკავშირებით 70-იანი წლების შუა პერიოდისთვის შეიქმნა თეორიული ბაზა კონვექციური ღრუბლების ნალექწარმომქმნელი პროცესების კინეტიკაზე ხელოვნური ზემოქმედების რიცხვითი მოდელირების ჩასატარებლად [18], რასაც 1980-იანი წლების დასაწყისში მოჰყვა როგორც სეტყვასთან ბრძოლის, ისე ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა რიგი საკითხების მათემატიკური მოდელირების მეთოდებით გადაჭრის ცდები [19]. იორის პოლიგონზე ამ პერიოდში ნხვ სამუშაოთა დაწყებამ დღის წესრიგში დააყენა კონვექციური ღრუბლის შედარებით მარტივი, ოპერატიულ სამუშაოებში პრაქტიკულად გამოსაყენებელი რიცხვითი მოდელის შემუშავება, რომელიც იორის პოლიგონის პირობებში ხელს შეუწყობდა როგორც ზემოქმედების ოპერაციების მართვას აეროლოგიური ზონდირების ადგილობრივ მონაცემებზე დაყრდნობით, ისე ზემოქმედების პროცედურების ანალიზს და მათი შედეგების ეფექტურობის შეფასებას. ინსტიტუტში ღრუბელთა ფიზიკის განყოფილების თეორიული მოდელირების ჯგუფის ძალისხმევით ასეთი ოპერატიული მოდელი შეიქმნა 1990-იანი წლების დასაწყისისთვის [20]. მისი ერთი ვარიანტის თვლის დრო პერსონალურ კომპიუტერზე არ აღემატება 5-10 წუთს. მოდელი გამოთვლილ იქნა თეთრიწყაროს რადიოზონდირების მონაცემების გამოყენებით და აჩვენა კონვექციური ღრუბლის განვითარების სხვადასხვა სტადიის, მათ შორის ნალექთა გამოყოფის პერიოდის ასახვის შესაძლებლობა (ნახ. 5.2).



ნახ. 5.2. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში დამუშავებული კონვექციური ღრუბლის ოპერატიული რიცხვითი მოდელის გამოცდის მაგალითი [20].

ამ ნახაზზე ნაჩვენებია 1974 წლის 18 ივნისის თეთრიწყაროს რადიოზონდირების მონაცემებით აკებული ვერტიკალური სიჩქარის (W) განაწილების მრუდები და ღრუბლებიდან გამოყოფილ ნალექთა ინტენსივობის (I) ცვლილება დროში. საწყის მომენტში ატმოსფეროს 2 კმ-იან ფენაში $\Delta W=1$ მ/წმ დინამიკური იმპულსის მიცემიდან 5 წთ-ის შემდეგ ხდება ღრუბლის ჩასახვა, რომელიც მე-12 წუთისთვის აღწევს 13 კმ-ს წყლიანობით 5.6 გ/კგ. 30-ე წუთზე იწყება ღრუბლის დისიპაცია და დაახლოებით 1 სთ შემდეგ იგი მთლიანად იშლება. თქვენი წვიმის მაქსიმალური ინტენსივობა აღინიშნება მე-15 წუთზე და აღწევს 60 მმ/სთ. მთლიანად ღრუბლიდან მოსული ნალექის საერთო რაოდენობა შეადგენს 3.2×10^5 ტონას.

სამწუხაროდ, ქვეყანაში შექმნილი არასტაბილური მდგომარეობის გამო 1991 წლიდან იორის პოლიგონზე ნხვ სამუშაოები შეწყდა და აღნიშნული ოპერატიული მოდელის პრაქტიკული რეალიზაცია ვეღარ მოხერხდა. 1995 წლის შემდეგ რადიოლოკატორების მწყობრიდან გამოსვლისა და სექცვასაწინააღმდეგო რაკეტების სხვა მიზნებისთვის გამოყენების გამო ნხვ სამუშაოებმა დროებით დაკარგა აქტუალობა და ინსტიტუტის თემატიკაში პრიორიტეტული ადგილი კლიმატის ცვლილების პრობლემამ დაიკავა.

5.8. ნხვ სამუშაოთა გარემოზე ზემოქმედების შეფასება

1979 წლიდან, ნხვ სამუშაოთა დაწყების შემდეგ, ჰიდრომეტინსტიტუტის მიერ იორის პოლიგონზე და მის მიმდებარე საკონტროლო ტერიტორიებზე სისტემატურად ტარდებოდა გარემოს დაჭუჭყიანების დონის საექსპედიციო გაზომვები. 1981 წლიდან დაემატა ხრამი-ფარაენის პოლიგონზე პერიოდულად ჩატარებული გაზომვებიც. ეს სამუშაოები გულისხმობდა სინჯების აღებას ჰაერში, ატმოსფერულ ნალექებში. ზედაპირულ წყლებსა და ნიადაგში მძიმე ლითონების კონცენტრაციის დასადგენად, რაც წარმოებდა ინსტიტუტის სპეციალიზებულ ლაბორატორიაში. მიღებული მონაცემებით გამოვლენილ იქნა, რომ გარემოს აღნიშნულ კომპონენტებში მძიმე ლითონების შემცველობა იცვლება ნორმის ფარგლებში და ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოები არ ახდენენ გავლენას მათ კონცენტრაციებზე [21].

ამ მონაცემების დასაზუსტებლად მოგვიანებით, 2000 წლისთვის ნაშრომში [22] დამატებით ჩატარდა ნხვ სამუშაოებში გამოყენებულ რეაგენტში შემავალი ელემენტებით – ვერცხლითა და იოდით ბუნებრივი გარემოს დაბინძურების ახალი შეფასებები. უპირველეს ყოვლისა აღნიშნულ იქნა, რომ ატმოსფეროში გაფრქვეული ვერცხლის იოდის მზის ულტრაიისფერი გამოსხივების ზეგავლენით განიცდის სწრაფ დეგრადაციას და 2-6 საათის შემდეგ იშლება შემადგენელ ელემენტებად. მათი საშუალო კონცენტრაცია ჰაერში, მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონებში ჩატარებული გაზომვების თანახმად, ზემოქმედების დღეებში იცვლება შუალედში $(1.1-2.4) \cdot 10^{-7}$ მგ/მ³, ხოლო მაქსიმალური კონცენტრაცია ერთჯერადი ზემოქმედების არეში შეადგენს $(1.6-1.8) \cdot 10^{-5}$ მგ/მ³, რაც 5 რიგით ნაკლებია ნორმატულ დოკუმენტებით ორივე ელემენტისთვის (Ag და I) დაშვებულ კონცენტრაციაზე. ვერცხლის იოდის 1კმ² ფართობზე სეზონური დაგროვებისთვის 30-40 სამუშაო დღის პირობებში მიღებული იქნა სიდიდე 1.4–2.7 გ იოდოვანი ვერცხლი. ამ მონაცემების გათვალისწინებით ნიადაგის 10 სმ-იან ფენაში რეაგენტისა და მისი კომპონენტების წლის განმავლობაში დაგროვილი კონცენტრაციები ტოლი აღმოჩნდა:

ვერცხლის იოდისთვის $(0.7-1.4) \cdot 10^{-5}$ მკგ/გ,

ვერცხლისთვის $(3.2-6.4) \cdot 10^{-4}$ მკგ/გ,

იოდისთვის $(3.6-7.2) \cdot 10^{-4}$ მკგ/გ.

1982-1986 წლების მონაცემებით აღმოსავლეთ საქართველოში რეაგენტისა და მისი კომპონენტების ფონური კონცენტრაციები იცვლებოდა ფარგლებში 0.20-0.36 მკგ/გ, რაც 4 რიგით აღემატება ზემოთ მოყვანილ სიდიდეებს.

ამრიგად, იორის პოლიგონის ფუნქციონირების შემთხვევაში 16.8 გ AgI-ის შემცველი სექცვასაწინააღმდეგო რაკეტა „ალაზანში“ გამოყენებული რეაგენტის სარგებლობის დროს

გარემოს მნიშვნელოვანი დაჭუჭყიანება მოსალოდნელი იქნება დაახლოებით 10 ათასი წლის შემდეგ.

დასკვნები

1. წლის თბილი სეზონის ნალექთა ჯამების შედარებამ 1940-1970-იან წლებსა და 1980-იან წლებში ღრუბლებზე ზემოქმედების პერიოდში იორისა და ხრამი-ფარაენის პოლიგონებზე ვერ გამოავლინა სტატისტიკურად ნიშნადი ტრენდების არსებობა ნალექთა ჯამების ცვლილებაში. ნალექთა ბუნებრივი რყევადობის ფონზე დაკვირვების რიგების მცირე ხანგრძლივობის გათვალისწინებით ეს შედეგი მოსალოდნელი იყო, სარწმუნო ალბათობის დონეზე 0.90. სხვაობების გამოსავლენად დაკვირვებები სულ მცირე 10-15 წლის მანძილზე უნდა გაგრძელდეს უფრო.
2. რანდომიზებული ზემოქმედების პირობებში იორის პოლიგონზე ნხვ სამუშაოთა ეფექტურობის სტატისტიკური მოდელირებით შეფასებამ 1979-1990 წწ. მონაცემებზე დაყრდნობით აჩვენა, რომ ცალკეული კონვექციური უჯრედებიდან ზემოქმედების შედეგად ნალექთა 10-30%-ით გაზრდის შემთხვევაში ტერიტორიაზე გასაშუალოებული ჯგუფური ეფექტი არ ვლინდება, ხოლო ცალკეული უჯრედებიდან ნალექთა 40-60%-ით გაზრდისას აღინიშნება ნალექთა საშუალო ტერიტორიული რაოდენობის მომატება 25-35%-ით.
3. იორის პოლიგონის პირობებში ზემოქმედების ეფექტის აღმოსაჩენად ყველაზე ხელსაყრელი აღმოჩნდა ექსპერიმენტულ ერთეულად კონვექციური უჯრედის შერჩევა, ხოლო რანდომიზაციის ჩატარება – ამ ერთობლიობის გამოყენებით 2/3 ალბათობით ზემოქმედების სასარგებლოდ. ამასთან ერთად, ზემოქმედების ეფექტის ტერიტორიული განაწილების დასადგენად ხელსაყრელია ექსპერიმენტულ ერთეულად ტერიტორიაზე გასაშუალოებული ნალექთა ნახევარდღეღამური ჯამების განხილვა. ამ შემთხვევაში ნალექმზომი ქსელის ოპტიმალური სიხშირე იორის პოლიგონისთვის შეადგენს 30-40 ხელსაწყოს 1 000 მ² ფართობზე.
4. იორის პოლიგონზე 1981-1989 წლებში ჩატარებული კომპლექსური ნალექმზომი და რ/ლ დაკვირვებების ანალიზმა აჩვენა, მონაცემთა 5-წლიან ამონაკრებში, რომელიც შეიცავდა 90 საცდელ და 33 საკონტროლო კონვექციურ უჯრედს, ცალკეული უჯრედიდან ნალექთა ფარდობითი ნაზრდის საშუალო მნიშვნელობამ შეადგინა 75%, ხოლო ტერიტორიაზე გასაშუალოებული ნალექთა ფარდობითი მომატება ტოლი აღმოჩნდა 25-30%-ისა სარწმუნო ალბათობის დონეზე 0.90.
5. ხრამი ფარაენის პოლიგონის უფრო შეზღუდული ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე (1981-1985 წწ.) ცალკეული კონვექციური უჯრედიდან მოსულ ნალექთა ფარდობითი ნაზრდის საშუალო მნიშვნელობამ შეადგინა 40%, ხოლო ნახევარდღეღამეში საცდელ ტერიტორიაზე გასაშუალოებული დამატებითი ნალექების ფარდობითი ნაზრდი გაუტოლდა 20%-ს სარწმუნო ალბათობის დონეზე 0.85.
6. რ/ლ გაზომვებისა და ნალექმზომი ქსელის მონაცემების კომპლექსური გამოყენებით იორის პოლიგონზე ნხვ სამუშაოების ეფექტურობის დასადგენად დამუშავდა სტატისტიკური მოდელირების 6-საფეხურიანი სქემა, რომელშიც ექსპერიმენტულ ერთეულებად განიხილებოდა ცალკეული უჯრედიდან მოსულ ნალექთა რაოდენობა (კოლოტონებში) და პოლიგონის მთელ ფართობზე გასაშუალოებულ ნახევარდღეღამურ ნალექთა ჯამები (მილიმეტრებში).
7. იორის პოლიგონზე ღრუბლებზე რანდომიზებული ექსპერიმენტებში ზემოქმედების ეფექტის ჰიდროლოგიური მეთოდით შეფასების სქემას საფუძველად დაედო 1985 წლისთვის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში შემუშავებული მდინარის ჩამონადენის ფორმირების ორიგინალური მოდელი, რომელიც ემყარება ნახევარდღეღამეების რანდომიზაციით მიღებულ საცდელ და საკონტროლო ჯგუფებს შორის შედარებას და ნალექმზომი ქსელის მეშვეობით გაზომილ ნალექთა ნახევარდღეღამური ჯამების გაკონტროლებას რ/ლ გაზომვებით მიღებული ნალექების მონაცემებით. ამ მეთოდის გამოყენებით დადგენილ იქნა,

რომ იორის პოლიგონისთვის ნიშნადობის დონეზე $\alpha = 0.10$ ზემოქმედების ეფექტის აღმოსა-
 ჩნად საჭირო ექსპერიმენტირების პერიოდი იცვლება შუალედში 5-10 წელი, თუ ექსპე-
 რიმენტული ერთეულების რაოდენობა ერთ სეზონში შეადგენს 30-50 ერთეულს ამონა-
 კრებთა დისპერსიის საშუალო კვადრატული გადახრით 10-20% ფარგლებში. დამატებითა
 სტატისტიკურმა მოდელირებამ აჩვენა, რომ წყალშემკრებზე ნახევარდღელამური
 ნალექების 80-100%-ით გაზრდას თან სდევს ნახევარდღელამური ჩამონადენის მოცულობის
 მომატება 20-50%-ით. ხრამი-ფარანის პოლიგონზე ზემოქმედების ეფექტურობა ჰიდროლო-
 გიური მეთოდით არ შეფასებულა.

8. ნხვ სამუშაოთა ეკონომიკური ეფექტურობა შეფასდა იორის პოლიგონის მაგალითზე 1989
 წელს, როდესაც სიონის წყალსაცავში დაგროვილმა წყლის რესურსებმა განად-
 გურებისაგან იხსნა გარდაბნისა და საგარეჯოს რაიონების 20-ათასი ჰა სასოფლო-
 სამეურნეო სავარგულები. რწყვის ეკონომიკურმა ეფექტურობამ ამ ორ ტერიტორიაზე
 შეადგინა 28.1 მლნ მანეთი. ამავე დროს ზემო სამგორის სისტემის ენერგეტიკულ კასკადში
 შემაგაღმა 4 ჰიდროელექტროსადგურმა 1989 წელს ფაქტობრივად გამოიმუშავა 1.03 მლნ
 მანეთად ღირებული 51.6 მლნ კვტ.სთ ელექტროენერგია, რის შედეგადაც ამ წელს სიონის
 წყალსაცავიდან გამოიმუშავებული წყლის რესურსების საერთო ეკონომიკურმა
 ეფექტურობამ 29 მლნ მანეთს გადააჭარბა. ამავე დროს, პოლიგონზე ჩატარებული
 გამოკვლევების თანახმად, ზემოქმედება იწვევს თითოეული კონვექციური უჯრედიდან
 ნალექთა საერთო რაოდენობის გაზრდას საშუალოდ 85%-ით, რასაც შეესაბამება წყლის
 ნამატი დაახლოებით 300 ათასი კუბური მეტრი. 1989 წელს ჩატარებული ზემოქმედების
 შედეგად მიღებული დამატებითი წყლის ეკონომიკურ ეფექტურობას შეესაბამება 1 მლნ
 მანეთი, რაც პოლიგონის ფუნქციონირებაზე დახარჯული 200 ათასი მანეთის
 მხედველობაში მიღებით იძლევა ნხვ სამუშაოთა რენტაბელობას 1:5. რანდომიზაციის
 გარეშე საწარმოო მასშტაბით ზემოქმედების ჩატარებისას პოლიგონზე სეზონის
 განმავლობაში 100-ზე მეტი ღრუბლის დამუშავების შემთხვევაში სამუშაოთა
 რენტაბელობას შეეძლო მიეღწია 1:10 მაჩვენებლისთვის. ხრამი-ფარანის პოლიგონში
 შემაგაღმა ბოგდანოვკისა და წაღკის რაიონებისთვის ეკონომიკის სტრუქტურის იორის
 პოლიგონთან გარკვეული მსგავსების გამო, რენტაბელობის მაჩვენებელი ამ
 პოლიგონისთვისაც იგივე რიგის სიდიდედ იქნა ჩათვლილი.
9. იორისა და ხრამი-ფარანის პოლიგონებზე და მათ მიმდებარე ტერიტორიებზე ჩატარებ-
 ულმა გაზომვებმა აჩვენა, რომ ჰაერში ვერცხლის იოდიდისა და მისი კომპონენტების მა-
 ქსიმალური კონცენტრაცია ერთჯერადი ზემოქმედების არეში 5 რიგით ნაკლებია ნორმა-
 ტიული დოკუმენტებით დაშვებულ სიდიდეზე. ნიადაგის 10 სმ-იან ფენაში ზემოქმედების
 წლებში ჩატარებული გაზომვების თანახმად AgI და მისი კომპონენტების ფონური
 კონცენტრაციები აღმოსავლეთ საქართველოში იცვლებოდა 0.20-0.36 მკგ/გ ფარგლებში,
 რაც 4 რიგით აღემატება ამ ფენაში წლის განმავლობაში დაგროვილ კონცენტრაციებს და
 ამრიგად, გამოყენებული ტექნოლოგიის პირობებში გარემოს მნიშვნელოვანი დაჭუჭყიანება
 ზემოქმედების შედეგად მოსალოდნელი იქნება 10 ათასი წლის შემდეგ.

თავი 6. პროექტის შინაჯამებული მონაცემები

6.1. ნხვ ექსპერიმენტულ სამუშაოთა შედეგები

1978 წლიდან აღმოსავლეთ საქართველოში ნხვ სამუშაოთა პროგრამის დამტკიცების შემდეგ (პროექტი „იორი“), პროექტის მონაწილეებმა დაიწყეს სხვადასხვა რესპუბლიკურ თუ საკავშირო შეხვედრებზე პრეზენტაციების ჩატარება პროექტის მიზნებისა და სამუშაოთა დაგეგმარების საკითხების შესახებ. სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოებთან ერთად, რომლებიც 1960-იანი წლების დასაწყისიდან მიმდინარეობდა საქართველოში, ნაღვეთა ხელოვნური გამოწვევა, თანაც რანდომიზებული პროგრამით, ქვეყნისთვის ახალი მიმართულება იყო და ამიტომაც მას თავიდანვე დიდი ინტერესით შეხვდა სამეცნიერო საზოგადოება. 1980-იანი წლების დასაწყისიდან, სავსე სამუშაოებში ექსპერიმენტული მასალის დაგროვების კვალობაზე, სამეცნიერო ლიტერატურაში დაიწყო პუბლიკაციების გამოქვეყნება პროექტ „იორში“ მიღებული შედეგების შესახებ, რამაც 80-იანი წლების დასასრულისთვის, საკავშირო ჰიდრომეტსამსახურში „აქტიური ზემოქმედების“ პრობლემების დიდი ინტერესის ფონზე ხელი შეუწყო ინსტიტუტის ავტორიტეტის შემდგომ ამაღლებას. აღნიშნულ პერიოდში პროექტის შემსრულებლებმა მონაწილეობა მიიღეს სხვადასხვა ქვეყნებში ჩატარებულ სამეცნიერო კონფერენციებში და სემინარებში (თბილისი, მოსკოვი, ნაღჩიკი, ჰონოლულუ, კიევი, პეკინი) და გამოაქვეყნეს 20-ზე მეტი სამეცნიერო სტატია, რომელთა დასახელება მოყვანილია წინამდებარე მონოგრაფიის თავების მიხედვით ციტირებულ ლიტერატურაში. რაც შეეხება კონფერენციებსა და სამეცნიერო სესიებზე წაკითხულ მოხსენებებს, მათი ჩამონათვალი მოცემულია დანართში 4.

1991 წლიდან პროექტის საქმიანობის გაუთვალისწინებელი შეწყვეტის შემდეგ, მისი შედეგების ანალიზის ამსახველი მასალების გამოქვეყნება კიდევ გრძელდებოდა რამდენიმე წლის განმავლობაში. იგი შეჯამებული იქნა პროექტის შემსრულებლების მიერ 1995 წელს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიაში ჩატარებულ თბილისის გეოფიზიკურ ობსერვატორიის საიუბილეო სესიაზე წაკითხული მოხსენებებით, რომლის ტექსტი გამოქვეყნდა 1996 წელს გამოცემულ სამეცნიერო შრომების თემატურ კრებულში [1]. თუმცა, შეიძლება ითქვას, რომ 2000 –იანი წლების დასაწყისში, აღნიშნული პრობლემისადმი ინტერესის განახლების შემდეგ, დაიწყო ნხვ სამუშაოთა აღდგენის საკითხის განხილვა [2,3]. ამას, უდავოდ, ხელი შეუწყო 2013 წლიდან საქართველოს ახალი ხელისუფლების ინიციატივით კახეთის რეგიონში სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოთა განახლების გადაწყვეტილებამ.

იმის გათვალისწინებით, რომ წინამდებარე მონოგრაფია ძირითად მიზნად ისახავს 1979-1990 წლებში ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მიერ წარმოებული ნხვ სამუშაოების რეტროსპექტულ ანალიზს, ქვემოთ მოყვანილი იქნება პროექტ „იორის“ 1995 წლისთვის ინსტიტუტში მიღებული შემაჯამებელი მონაცემები, რომლებიც ნხვ სამუშაოთა განახლების პირობებში, ეჭვგარეშეა, გამოდგება როგორც ამ საქმიანობის საწყისი ეტაპის ამსახველი მასალა.

ცხრილში მოყვანილი მონაცემების განხილვისას ყურადღებას იმსახურებს ის ფაქტი, რომ კლიმატური პირობების სხვადასხვაობის გამო რესურსული ღრუბლების რაოდენობა პოლიგონებზე საკმაოდ განსხვავებულია: ძირითად ექსპერიმენტულ ერთეულთა რიცხვი ზემოქმედებით იორის პოლიგონზე თითქმის 3-ჯერ აღემატება ექსპერიმენტულ ერთეულთა რიცხვს ხრამი-ფარაფნის პოლიგონზე (პ.17). იგივე თითქმის რ/ლ გაზომვებით მიღებულ ცალკეული კონვექციურ უჯრედიდან მიღებული დამატებითი ნაღვეების რაოდენობაზეც, რომელიც იორის პოლიგონზე საშუალოდ 1.7-ჯერ მეტი აღმოჩნდა ხრამი-ფარაფნის პოლიგონთან შედარებით (პ.22). შესაბამისად, სეზონური ნაღვეების საშუალო მომატებამ პირველ პოლიგონზე 1.9-ჯერ გადააჭარბა მეორე პოლიგონზე მიღებულ შესაბამის მნიშვნელობებს (პ.25). ეს მონაცემები მოწმობს მდ.იორის აუზის ზემოწელში ნხვ სამუშაოთა წარმოების უფრო მაღალ ეფექტურობაზე, რაც აშკარად გამოვლინდა 1 ტ დამატებითი წყლის ფასში ამ ორ პოლიგონს შორის (პ.29).

ცხრილი 6.1. აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის ექსპერიმენტულ სამუშაოთა შედეგები [1]

№	მახასიათებელი	პოლიგონი	
		იორი	ფარავანი
1	ექსპერიმენტთა ჩატარების პერიოდი	1979-1990	1981-1985
2	საცდელი ტერიტორიის ფართობი კმ ²	1000	2000
3	საკონტროლო ტერიტორიის ფართობი კმ ²	4000	2000
4	სამუშაო სეზონი (თვეები)	IV-X	V-IX
5	საცდელ ტერიტორიაზე ნალექთა საშუალო წლიური ჯამები, მმ	800-1200	500-600
6	წლის განმავლობაში ნალექიან დღეთა საშუალო რიცხვი	150	100
7	სამუშაო სეზონის განმავლობაში საცდელ ტერიტორიაზე ნალექთა საშუალო ჯამები, მმ	500-800	250-400
8	სამუშაო სეზონში დღეთა საშუალო რიცხვი რესურსული ღრუბლებით	50-80	40-60
9	ზემოქმედების ობიექტი	კონვექციური უჯრედები, მახასიათებელი R=2-5 კმ, გადაცივებული ნაწილის ვერტიკალური სიმაღლით H>2 კმ და რ/ლ ამრეკლადობით >10 ⁻¹¹ სმ ⁻¹ λ=3.2 სმ ტალღაზე	
10	სამუშაო დღეებში საცდელ ტერიტორიაზე 24 სთ განმავლობაში კონვექციური უჯრედების საშუალო რაოდენობა	10-15	5-10
11	ზემოქმედების პუნქტების რაოდენობა	4	6
12	ღრუბლებში რეაგენტის შეტანის საშუალება	სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტები „ალაზანი“	სეტყვასაწინააღმდეგო ჭურვები „ელბრუსი“
13	მაკრისტალური რეაგენტის ოპტიმალური დოზები მ ³	10 ² -10 ⁴	
14	ძირითადი ექსპერიმენტული ერთეულები	12 საათში მოსული ნალექი	
15	დამატებითი ექსპერიმენტული ერთეული	სეზონური ნალექები და მდინარეთა ჩამონადენი, ცალკეული კონვექციური უჯრედიდან მოსული წვიმის რაოდენობა	სეზონური ნალექები, ცალკეული კონვექციური უჯრედიდან მოსული წვიმის რაოდენობა
16	რანდომიზაციის ალბათობა	2/3 ზემოქმედების სასარგებლოდ	
17	ძირითად ექსპერიმენტულ ერთეულთა რიცხვი ზემოქმედებით	165	61
18	ძირითად ექსპერიმენტულ ერთეულთა რიცხვი ზემოქმედების გარეშე	80	28
19	სეზონში დამუშავებული უჯრედების საშუალო რიცხვი	50-60	30-40
20	სეზონში საკონტროლო უჯრედების საშუალო რიცხვი	20-30	10-20
21	1 უჯრედზე დახარჯული ნაწარმის საშუალო რიცხვი	2-3 რაკეტა „ალაზანი“	8-10 ჭურვი „ელბრუსი“
22	1 უჯრედიდან მოსული დამატებითი ნალექების საშუალო რაოდენობა კტ (%)	200-300 (50-100)	100-200 (30-50)
23	ნახევარ დღელამეში საცდელ ტერიტორიაზე მოსული დამატებითი ნალექების საშუალო რაოდენობა მმ (%)	0.7(30)	0.5(20)
24	საცდელ აუზში ნახევარ დღეში მოსული ნალექების შესაბამისი ჩამონადენის მომატება კტ (%)	200(30)	-
25	სეზონური (წლიური) ნალექების საშუალო მომატება მმ (%)	60-90 (10-15)	40 (5-10)

ცხრილი 6.1-ის გაგრძელება			
26	ზემოქმედების ეფექტის შეფასებათა სანდო ალბათობა	0.90	0.85
27	წყლის პოტენციური დამატებითი რესურსების სიდიდე, მლნ.ტ	30-70	30-50
28	ნხვ სამუშაოთა ჩასატარებლად წლიური დანახარჯები, ათასი მან.	300	200
29	1 ტ ხელოვნურად მიღებული დამატებითი წყლის ფასი კაპ.	2-3	3-4
30	ნხვ სამუშაოთა პოტენციური რენტაბელობა	1:5	1:10

რაც შეეხება მდ.იორის ხრამისა და ფარავნის ტბის აუზებში დამატებით მიღებული წყლის რესურსების მოცულობას წლის თბილ პერიოდში, იგი ჯამში შეიძლება შეფასდეს 60-120 მლნ მ³ ტოლად (პ. 27). რანდომიზაციიდან ოპერატიულ ზემოქმედებაზე გადასვლის შემთხვევაში, როდესაც ოპერაციები ჩატარდება ყველა რესურსულ ღრუბლებზე, შესაძლებელი იქნება იორის პოლიგონზე წყლის რესურსების ყოველწლიური გაზრდა 15-30%-ით, ფარავნის ტბისა და წალკის წყალსაცავის აუზებში კი 10-20%-ით (პ.25-ის გათვალისწინებით).

წარმოდგენილი მონაცემებიდან ერთ-ერთი ყველაზე საყურადღებო მომენტი დაკავშირებულია პ.22-ში მიღებულ შედეგთან, რომლის თანახმად იორის პოლიგონზე სულ რამდენიმე რაკეტით ჩატარებული ზემოქმედების შედეგად საშუალო ზომის კონვექციური უჯრედიდან შესაძლებელია ღრუბელში ნალექწარმოქმნელი პროცესების არსებითი სტიმულირება, რასაც თან სდევს ღრუბელში გენერირებული ნალექების ხელოვნურად გაზრდა საშუალოდ 75%-ით. უფრო მშრალ კლიმატურ პირობებში და ზემოქმედების საარტილერიო მეთოდის გამოყენებისას, სამხრეთ საქართველოს ეს სიდიდე საშუალოდ 40% აღმოჩნდა.

ნაშრომში [1] აღნიშნულია, რომ ცხრილში 6.1 მოყვანილი ნხვ სამუშაოთა ეკონომიკური შეფასებები და რენტაბელობის მაჩვენებლები (პპ.28-30) მიღებულია 1980-იან წლებში მოქმედი სიციალისტური ეკონომიკის პირობებისათვის და საბაზრო ურთიერთობების შემთხვევაში ამ შეფასებათა შედეგები შეიძლება გარკვეულად შეიცვალოს. თუმცა, ამავე დროს მხედველობაშია მისაღები, რომ ნხვ სამუშაოთა განსახორციელებლად და დამატებითი წყლის რესურსების გამოყენებით მიღებული პროდუქციის ღირებულებებს შორის არსებობს სათანადო პროპორციული დამოკიდებულება. ამიტომ ჩატარებული შეფასებები, თუნდაც მიახლოებით, მაინც ახასიათებს მითითებული სამუშაოების პოტენციურ რენტაბელობას.

აქვე აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ 80-იანი წლების დასასრულს აღმოსავლეთ საქართველოს რიგ რაიონებში ნხვ დარგში მიღებული შედეგები დაინერგა სექცვასთან ბრძოლის გასამხედროებელი სამსახურის ოპერატიული ქვედანაყოფების საწარმოო პრაქტიკაში საერთო ფართობზე 5000 კმ². ზემოქმედების ეფექტურობა ფასდებოდა ზემოქმედებაქმნილი და სხვადასხვა მიზეზით ზემოქმედების გარეშე დარჩენილი მსგავსი პარამეტრების მქონე ღრუბლებიდან მოსულ ნალექთა რაოდენობის რ/დ გაზომვების მონაცემების საფუძველზე.

ამ შედარების შედეგების 50-ზე მეტი შემთხვევის მასალების განხილვამ აჩვენა, რომ ცალკეული კონვექციური უჯრედიდან ზემოქმედების შედეგად მიღებულ ნალექთა რაოდენობა შესაძლებელია გაიზარდოს 80-100%-ით, რაც შეესაბამება მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონში მიღებულ შედეგებს [4].

გარდა ამისა, 1987-1990 წლებში აღმოსავლეთ საქართველოს სხვადასხვა რაიონში ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტზე მიმაგრებული მფრინავი ლაბორატორიის ЯК-40 გამოყენებით ჩატარდა გარდამავალი სეზონების საღრუბლო სისტემებზე ზემოქმედების 19 ექსპერიმენტი [5]. ღრუბლებში თვითმფრინავის ბორტიდან რეაგენტის (AgI) შეტანა წარმოებდა პიროტექნიკური ვახნების ПБ-26 დახმარებით. ზემოქმედება ტარდებოდა Sc, Cu cong ტიპის გადამეტცივებული ღრუბლებზე, რომელთა ვერტიკალური სიმაღლე აჭარბებდა 1.5 კმ-ს და საშუალო წყლიანობა – 1გ/მ³-ს.

ნაღებქმზომი ქსელის მონაცემებისა და ნაღებქწარმოქმნის გამარტივებული მოღელით შესრულებული გამოთველების თანახმად 15 ექსპერიმენტში დაფიქსირებულ იქნა დაღებითი შეღევი, ერთში უარყოფითი და სამში – გაურკვეველი. ზემოქმეღების ეფექტურობის ჩატარებულმა შეფასებებმა აჩვენა თითოეული ზემოქმეღებაქმნილი ზონიდან ან საღრუბლო სისტემიდან ნაღებქთა 75%-ით მომატების შესაძლებლობა საკონტროლო ზონებთან შეღარებით, რასაც აბსოლუტურ ერთეულებში შეესაბამებოდა დაახლოებით 450 კტ. დამუშავებული ზონების საშუალო ფართობი შეადგენდა 116კმ², ხოლო თითოეულ მათგანზე გაზნების ხარჯი უღრიდა საშუალოდ 45-ს. ცხრილში 6.1. მოყვანილი მონაცემები ადასტურებს ჰიდრომეტრისტიტუტის პოლიგონზე გამოყენებული მეთოღიკის პერსპექტიულობას და ნაღებქთა სტიმულირების მაღალ ეკონომიკურ რენტაბელობას, რაც აგრეთვე ხაზგასმული იყო უფრო აღრე გამოქვეყნებულ ნაშრომში [5].

6.2. საცღელ ღრუბელთა რეაღირება ზემოქმეღებაზე საკონტროლო ღრუბლებთან შეღარებით

ზემოთ აღნიშნულ შემაჯამებელ სტატიაში [5], რომელშიც განხილულ იქნა ამიერკავკასიაში 1980-იან წლებში წარმოებულ ნხგ სამუშაოთა ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტურობა, უმეტესი აღგილი დაეთმო იორის პოლიგონზე კონვექციურ უჯრეღებზე ჩატარებული რანღომიზებული ზემოქმეღების შეღეგებს. გაანალიზებული იქნა 1985-1990 წწ პერიოღში 90 საცღელი და 41 საკონტროლო უჯრეღის ფიზიკურ პარამეტრებზე განხორციელებული კომპლექსური რ/ღ და ნაღებქმზომი დაკვირვებების მონაცემები, რომელთა გასაშუალოებული მნიშვნელობები წარმოღგენიღია ცხრილში 6.2.

ცხრილი 6.2. იორის პოლიგონზე კონვექციურ უჯრეღებზე რანღომიზებული ზემოქმეღების შეღეგად ნაღებქთა რაოღენობის ცვლიღების გასაშუალოებული მონაცემები

წლები	უჯრეღების რაოღენობა		საცღელ უჯრეღებიდან მოსულ ნაღებქთა საშ. რაოღენობა, კტ				საკონტრ. უჯრეღებიდან მოსულ ნაღებქთა საშ. რაოღენობა, კტ				შეფარღება M+/M-		$\frac{\sum M_-^0}{\sum M +K}$
	O	K	$\bar{M} -$	$\bar{M} +$	$\sum M_-$	$\sum M_+$	$\bar{M} -$	$\bar{M} +$	$\sum M_-$	$\sum M_+$	O	K	
1985	18	4	94	105	372	391	179	191	468	691	1.12	1.07	0.57
1986	19	7	68	145	275	613	73	78	363	295	2.13	1.07	2.08
1987	17	4	296	305	888	1148	261	113	361	377	1.03	0.43	3.05
1988	20	5	98	186	267	716	427	82	336	317	1.90	0.65	2.26
1989	16	13	268	284	659	754	307	151	620	376	1.06	0.49	2.00
1990	-	8	-	-	-	-	99	44	394	177	-	0.44	-
სულ	90	41											2.00
საშ.	-	-	165	492	492	724	174	110	447	372	1.45	0.69	2.00

***შენიშვნა:** ამ წელს „ფსევღო ზემოქმეღება“ ტარებოდა მხოლოდ საკონტროლო უჯრეღებზე, რადგანაც სხვადასხვა საზოგადოებრივი ორგანიზაციის მოთხოვნით საქართველოს მთავრობამ 1990-1992 წლებში მორატორიუმი დააწესა ღრუბლებზე ზემოქმეღების ყველა სამუშაოს.

ამ ცხრილში ინღექსები O და K შესაბამისად აღნიშნავს საცღელი და საკონტროლო უჯრეღების ჯგუფებს, ხოლო ინღექსები (-) და (+) ზემოქმეღებამღე და ზემოქმეღების შემღეგ მოსულ ნაღებქთა ჯგუფებისადმი მიკუთვნებას. \bar{M} აღნიშნავს ცალკეულ უჯრეღიდან 10- წუთიან ინტერვალში მოსულ ნაღებქთა გასაშუალოებულ რაოღენობას კილოტონებში (კტ) ზემოქმეღებამღე და მის შემღეგ, $\sum M$ –მათ ჯამურ რაოღენობას. მოსულ ნაღებქთა რაოღენობა განისაზღვრებოდა Z-I თანაფარღობის გამოყენებით ნაშრომში [6] მოყვანილ მეთოღიკის თანახმად, 1979-1990 წწ. პერიოღში საცღელი და საკონტროლო ღრუბლების რაოღენობა მნიშვნელოვნად აღემატება ცხრილში განხილული უჯრეღების რიცხვს, მაგრამ ტექნიკური მიზეზების გამო ღრუბლებიდან მოსულ ნაღებქებზე რაღიოლოკაციურ მონაცემთა

დამუშავება მოხერხდა მხოლოდ მათი ნაწილისთვის. ცხრილში 6.2. შევიდა მხოლოდ ხარვეზებისაგან თავისუფალი მასალა, რომელიც სრულად ასახავს კავშირს განხილულ სიდიდეებს შორის.

ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ საცდელი უჯრედებიდან ზემოქმედების შემდეგ მოსულ ნალექთა ჯამების საშუალო მნიშვნელობა ($\Sigma M_+ = 724$ კტ) თითქმის 350 კილოტონით, ანუ 94%-ით აღემატება საკონტროლო ღრუბლებისათვის მიღებულ შესაბამის მნიშვნელობას (372 კტ). აქვე უნდა აღინიშნოს, საკონტროლოდ გამოყენებული 1990 წელი აღმოსავლეთ საქართველოში გამოირჩეოდა კონვექციური პროცესების ანომალურად სუსტი განვითარებით, რამაც გამოიწვია მონაცემების O და K ჯგუფებს შორის აღნიშნული მკვეთრი სხვაობა. 1985-1988 წლებისთვის ჩატარებულმა დამატებითმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ამ პერიოდს შეესაბამება O და K ჯგუფების საშუალოებს შორის სხვაობა 311 კტ, რაც ფარდობით ერთეულებში 94%-ის ნაცვლად იძლევა 84%-ს.

10-წუთიანი ინტერვალში მოსულ ნალექთა საშუალო რაოდენობა ზემოქმედების ჩატარების შემდეგ და ზემოქმედებამდე, რომელიც ხასიათდება სიდიდით $\bar{M} + \bar{M} -$, საცდელი ღრუბლების ჯგუფისათვის საშუალოდ ტოლი აღმოჩნდა 1.45, მაშინ, როცა საკონტროლო ღრუბლებისათვის ამ შეფარდება შეადგინა 0.69. მიღებული მონაცემები მეტყველებს იმაზე, რომ საცდელ „O“ ჯგუფში ნალექთა არსებითი ნაწილი (60%-ზე მეტი) მოდის ზემოქმედების ჩატარების შემდეგ, ხოლო საკონტროლო „K“ ჯგუფში „ფსევდოზემოქმედების“ შემდეგ მოდის მათი საერთო რაოდენობის მხოლოდ 40%. ეს შედეგი შეიძლება აიხსნას ზემოქმედების გავლენით ღრუბელში მიმდინარე ნალექწარმომქმნელ პროცესებზე, თუმცა შესაძლებელია მასზე იმოქმედოს ფსევდოზემოქმედების მომენტის დაგვიანებულმა დადგენამაც.

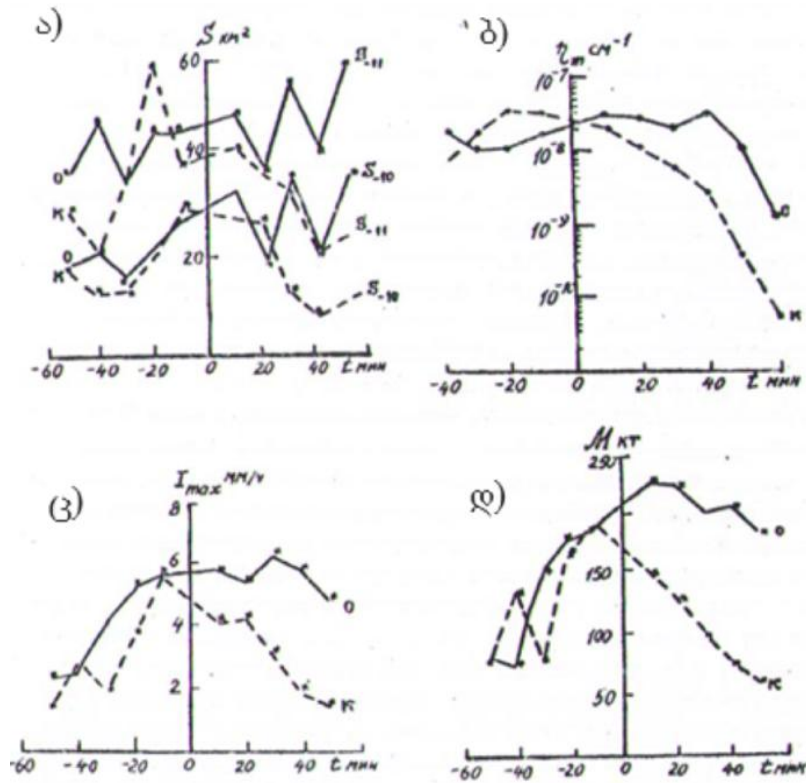
რაც შეეხება ზემოქმედების პროცედურის შემდეგ მოსულ ნალექთა რაოდენობას საცდელ და საკონტროლო ჯგუფებში, მათი შეფარდება (მოცემული ცხრილი 6.2-ის ბოლო გრაფაში) საშუალოდ ხუთივე განხილული წლისთვის 2.0-ის ტოლი აღმოჩნდა, რაც მიუთითებს ზემოქმედების შედეგად კონვექციური ღრუბლიდან ნალექთა გაორმაგების შესაძლებლობაზე. ეს შედეგი ფაქტობრივად იმეორებს ΣM_+ სიდიდეებისთვის O და K ჯგუფებში ზემოთ უკვე დადგენილ თანაფარდობას.

იორის პოლიგონზე ჩატარებული ზემოქმედების ყველა წლებში გახარჯული ნაწარმის ანალიზმა აჩვენა, რომ რაკეტების საშუალო ხარჯი 1 კონვექციური უჯრედის დამუშავებაზე შეადგენდა 2.2-ს, რაც უზრუნველყოფდა ღრუბელში ყინულწარმომქმნელი გულების 10^2-10^3 მ³ რიგის საშუალო კონცენტრაციას, რომელიც საჭიროა „მიკროფიზიკური“ ზემოქმედების სქემის განსახორციელებლად.

ღრუბელთა ფიზიკური მახასიათებლების ზემოქმედებაზე რეაგირების დასადგენად გაანალიზებული იქნა შერჩეულ საცდელ და საკონტროლო ჯგუფებში ზემოქმედების ჩატარებამდე და მის შემდეგ რ/ლ დაკვირვების მასალები რადიოექოსა და გაზრდილი ამრეკლადობის ზონის (გაზ) ზედა საზღვარზე, მაქსიმალური რ/ლ ამრეკლადობის η_m მდებარეობისა და სხვადასხვა იზოკონტურების სიმაღლეებზე, რომლებისთვისაც წარმოებდა მოსულ ნალექთა ინტენსივობისა და მასის გამოთვლები. ანალიზმა ცხადყო, რომ რადიოექოს ზედა საზღვრისა და გაზ-ის სიმაღლეები, აგრეთვე ამრეკლადობის $\eta = 10^{-11}$ და 10^{-10} სმ⁻¹ (ტალღის სიგრძეზე $\lambda = 3.2$ სმ) იზოკონტურების ფართობები ზემოქმედების დონეზე და მის ქვემოთ პრაქტიკულად არ რეაგირებს ზემოქმედებაზე, მაშინ როცა იზოკონტურების ფართობები ზემოქმედების დონიდან 1.5-2 კმ-ით მაღლა, მაქსიმალური ამრეკლადობა, მოსულ ნალექთა ინტენსივობა და მასის გამოთვლილი მნიშვნელობები არსებითად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან „O“ და „K“ ჯგუფებში ზემოქმედების შემდეგ (ნახ. 6.1).

ნახ 6.1-ზე წარმოდგენილ გრაფიკებზე ნათლად ჩანს, რომ საცდელ უჯრედებში $\eta_m = 10^{-10}$ და $\eta_m = 10^{-11}$ სმ⁻¹ იზოკონტურების ფართობები ზემოქმედების ჩატარების შემდეგ განიცდიან ფლუქტუაციას და გარკვეულწილად იზრდებიან კიდევაც 30-50 კმ² მნიშვნელობამდე, მაშინ

როდესაც საკონტროლო უჯრედებში იზოკონტურების ფართობები თანაბრად მცირდება 20-10 კმ მნიშვნელობამდე.



ნახ. 6.1. საცდელ და საკონტროლო კონვექციური უჯრედების რ/ლ პარამეტრებისა და მათი წარმოებული სიდიდეების დროში ცვლილება: ა) $\eta = 10^{-10}$ და 10^{-11} სმ⁻¹ იზოკონტურების ფართობები რეაგენტის შეტანის დონიდან 1.5-2-კმ-ით ზემოთ; ბ) მაქსიმალური რ/ლ ამრეკლადობის სიდიდე; გ) მოსული ნალექების მაქსიმალური ინტენსივობა; დ) მოსულ ნალექთა მასა. —საცდელი —საკონტროლო უჯრედები [5].

დაახლოებით იგივე მსვლელობა აქვს მაქსიმალურ ამრეკლადობასაც η_m , რომელიც საცდელ ღრუბელში მაღალ მნიშვნელობას ინარჩუნებს ზემოქმედებიდან 40 წთ-ის შემდეგ, თუმცა საკონტროლო ღრუბლებში აღინიშნება მისი მკვეთრი და სტაბილური შემცირება ფსევდოზემოქმედებიდან პირველივე 10 წთ-ის შემდეგ. ნახაზებიდან ჩანს აგრეთვე, რომ ნალექთა მაქსიმალურ ინტენსივობაში I_{max} ზემოქმედების ჩატარებამდე შეინიშნება მცირე განსხვავდება „O“ და „K“ ჯგუფებს შორის, მაგრამ თუ ზემოქმედების შემდეგ საცდელ ჯგუფში იგი მდგრადად ინარჩუნებს მნიშვნელობას 6 მმ/სთ დონეზე 30-40 წთ-ის განმავლობაში, საკონტროლო ჯგუფში იგი სწრაფად ეცემა დროის იმავე მონაკვეთში 5-დან 2 მმ/სთ-მდე. მსგავსად ამისა, თუ დროის 10-წუთიან მონაკვეთებში ზემოქმედების ჩატარებამდე მეტნაკლებად სტაბილურად ინარჩუნებს მნიშვნელობას 180 კტ დონეზე, ზემოქმედების შემდეგ საცდელ ღრუბლებში დაიკვირვება ნალექწარმოქმნელი პროცესების გაძლიერება და 10-წუთიან ინტერვალში მათი გამოთვლილი მასა 40 წთ განმავლობაში რჩება 200-220 კტ დონეზე, მაშინ როცა საკონტროლო ჯგუფში იგი სტაბილურად მცირდება 170-დან 50 კტ მნიშვნელობამდე. აღსანიშნავია, რომ ორივე ჯგუფში მონაცემები რეაგენტის შეტანამდე პრაქტიკულად მცირედ განსხვავდება ერთმანეთისაგან, რაც მიუთითებს მიკროფიზიკურ ზემოქმედების ეფექტურობაზე ნალექწარმოქმნელი პროცესების გაძლიერებაში. ამასთან ერთად ეს მსგავსება ადასტურებს საცდელ და საკონტროლო ჯგუფებში კონვექციური უჯრედების კორექტულ შერჩევას.

მსგავსი მონაცემები მიღებული იქნა ხრამი-ფარავნის პოლიგონზედაც, მაგრამ ჩატარებული ექსპერიმენტების არასაკმარისი რაოდენობის გამო ეს მონაცემები სტატისტიკურად ნაკლებად უზრუნველყოფილი აღმოჩნდა.

დასკვნები

1. ცხრილში 6.1 მოყვანილია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის იორისა და ხრამი—ფარავნის პოლიგონებზე 1979-1990 წლებში ჩატარებულ ნალექთა ხელოვნური გაზრდის ექსპერიმენტულ სამუშაოთა შედეგები. კლიმატურ მონაცემთა განხილვის შემდეგ დახასიათებულია კონვექციური უჯრედების ფიზიკური მახასიათებლები, რომლებზედაც ტარდებოდა ზემოქმედება და რომლებიც რანდომიზებული წესით შეირჩეოდა საკონტროლო ობიექტებად. დახასიათებულია აგრეთვე დამატებითი ექსპერიმენტული ერთეულები, რომელთა გამოყენებითაც ტარდებოდა ზემოქმედების ეფექტურობის დამატებითი კონტროლი.
2. დადგენილია, რომ იორის პოლიგონზე 1 კონვექციური უჯრედიდან მოსული დამატებითი ნალექის საშუალო რაოდენობა იცვლება 200-300 კილოტონის (კტ) ფარგლებში, ხოლო ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე 100-200 კტ საზღვრებში, რაც ექვივალენტურია ბუნებრივი ნალექების ხელოვნური ნაზრდისა ფარდობით ერთეულებში შესაბამისად 50-100 და 50-30% საზღვრებში.
3. სეზონური ნალექების საშუალო მომატება შეფასებულია იორის პოლიგონზე 60-90 მმ (10-15%), ხოლო ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე 40 მმ (5-10%) ფარგლებში.
4. თითოეული კონვექციური უჯრედიდან სასურველი შედეგის მისაღწევად იორის პოლიგონზე საჭიროა 2-3 სექვასაწინააღმდეგო რაკეტის გამოყენება, ხოლო ხრამი-ფარავნის პოლიგონზე 8-10 საზენიტო ჭურვისა, რაც 1 რიგით ნაკლებია რეაგენტის ხარჯზე საშუალო ინტენსივობის პროცესების დროს სექვასთან ბრძოლის შემთხვევაში.
5. ორივე პოლიგონზე წყლის პოტენციური დამატებითი რესურსების სიდიდე ჯამში შეფასდა 60-120 მლნ ტონად, ამავე დროს ნსგ სამუშაოთა პოტენციური რენტაბელობა აღმოჩნდა 1:5-დან 1:10-მდე ფარგლებში ცვლადი სიდიდე.
6. საცდელი ღრუბლების ზემოქმედებაზე რეაგირების დასადგენად გაანალიზდა იორის პოლიგონზე 1985-1990 წწ პერიოდში 90 საცდელი და 41 საკონტროლო კონვექციური უჯრედის ფიზიკურ პარამეტრებზე განხორციელებული კომპლექსური რ/ლ და ნალექმზომი ქსელის დაკვირვების მონაცემები, რომელთა საფუძველზე მიღებული იქნა, რომ საცდელ უჯრედებიდან ზემოქმედების შემდეგ მოსულ ნალექთა ჯამების საშუალო მნიშვნელობა 2-ჯერ აღემატება საკონტროლო ღრუბლებისათვის მიღებულ შესაბამის მნიშვნელობას.
7. ღრუბელთა საცდელ ჯგუფში ნალექთა 60%-ზე მეტი მოდის ზემოქმედების ჩატარების შემდეგ, ხოლო საკონტროლო ჯგუფში „ფსევდოზემოქმედების“ შემდეგ მოდის მათი საერთო რაოდენობის 40%-ზე ნაკლები.
8. საცდელ უჯრედებში $\eta=10^{-10}$ და 10^{-11} სმ⁻¹ იზოკონტურების ფართობები ზემოქმედების ჩატარების შემდეგ განიცდიან ფლუქტუაციას 30-50 კმ² მნიშვნელობის დონეზე ზემოქმედებიდან 40-50 წთ-ის განმავლობაში, მაშინ როცა საკონტროლო უჯრედებში იზოკონტურების ფართობები თანაბრად მცირდება 20-10 კმ² მნიშვნელობამდე. მსგავსი მსვლელობა ახასიათებს მაქსიმალურ ამრეკლადობასაც η_m , რომელიც საცდელ ღრუბლებში მაღალ მნიშვნელობას ინარჩუნებს ზემოქმედებიდან 40 წთ შემდეგ, თუმცა საკონტროლო ღრუბლებში აღინიშნება მისი მდგრადი შემცირება ფსევდოზემოქმედებიდან პირველივე 10 წთ შემდეგ.
9. ნალექთა მაქსიმალური ინტენსივობა I_{max} ზემოქმედების ჩატარებამდე მცირე განსხვავდება საცდელ და საკონტროლო ჯგუფებს შორის, მაგრამ ზემოქმედების შემდეგ საცდელ ჯგუფში იგი მდგრადად ინარჩუნებს მნიშვნელობას 30-40 წთ განმავლობაში, ხოლო საკონტროლო ჯგუფში იგი სწრაფად ეცემა დროის იმავე მონაკვეთში უმნიშვნელო სიდიდემდე. მსგავსად ამისა დროის 10-წუთიან მონაკვეთებში ნალექთა გამოთვლილი მასა ზემოქმედების ჩატარებამდე მეტნაკლებად სტაბილურად ინარჩუნებს თავის მნიშვნელობას, ხოლო ზემოქმედების შემდეგ საცდელ ღრუბლებში

დაიკვირვება ნაღვეწარმოქმნელი პროცესების გაძლიერება და 10-წუთიან ინტერვალებში მათი გამოთვლილი მასა 40 წთ-ის განმავლობაში რჩება მაქსიმალური ნიშნელობის დონეზე, მაშინ როცა საკონტროლო ჯგუფში ის სტაბილურად მცირდება დაბალ სიდიდემდე.

თავი 7. აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური რეგულირების სამუშაოთა აღდგენის პერსპექტივები

7.1. ზოგადი ცნობები

აღმოსავლეთ საქართველოს კლიმატურ თავისებურებათა გათვალისწინებით სასოფლო სამეურნეო წარმოება აღნიშნულ ტერიტორიაზე რწყვის გარეშე დიდ რისკებთანაა დაკავშირებული. გვალვიანი პერიოდი ქართლისა და კახეთის რეგიონებში შეიძლება გაგრძელდეს 60-80 დღეს [1], რაც მოსავლის განადგურების სრულ გარანტიას იძლევა. ამიტომაც საუკუნეების მანძილზე სარწყავი სისტემების მოწყობას აღმოსავლეთ საქართველოში დიდი ყურადღება ექცეოდა [2]. ამჟამინდელი საირიგაციო სისტემების ძირითად კომპონენტად მოიაზრება არხების სისტემასთან დაკავშირებული მარეგულირებელი წყალსაცავების არსებობა, რომლებშიც წყლის რესურსების შევსების ერთ-ერთ დამატებით წყაროდ ნალექთა ხელოვნური გაზრდა (ნხგ) სახელდება. სწორედ ამით იყო განპირობებული ჯერ კიდევ 1950-იან წლებში ნხგ სამუშაოთა განვითარება კალიფორნიის მოსახლურე სიერანევადას მთებში. ამ იდეაზეა აგრეთვე დამყარებული მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონში მსგავს სამუშაოთა დიდი ნაწილის შესრულება წყლის ინტეგრირებული მართვის სისტემის განსახორციელებლად [3].

ნხგ სამუშაოთა ექსპერიმენტული ფაზა აღმოსავლეთ საქართველოში ჩატარდა 1979-1990 წლებში. კლიმატური მასალების, რ/ლ და ნალექშომი ქსელის დაკვირვების მონაცემთა გამოყენებით დეტალურად იქნა შეფასებული აღმოსავლეთ საქართველოში ნხგ სამუშაოთა პოტენციალი და მათი განვითარების პერსპექტივები, თუმცა ახალი რეალობის გათვალისწინებით, ამჟამად შესაძლებელია ნხგ სამუშაოთა განვითარების თანამედროვე პერსპექტივების დასახვა და საზოგადოების, ტექნოლოგიებისა და მეცნიერების არსებულ დონესთან მათი ადაპტირების გზების შეფასება.

7.2. ნხგ სამუშაოთა აღდგენის პერსპექტივები კლიმატურ მონაცემთა გათვალისწინებით

კლიმატოლოგიური მონაცემების თანახმად, ქვედა იარუსის ღრუბლები, რომლებიც აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ძირითად ობიექტს წარმოადგენს, წლის განმავლობაში ხასიათდება საშუალო ბალიანობით 4-6, ხოლო ქვედა იარუსზე მოღრუბლულ დღეთა წლიური ჯამები იცვლება 50-დან 80-მდე. კონვექციური ღრუბლებიდან წლის თბილ პერიოდში მოსული ნალექები მათი წლიური ჯამების დაახლოებით 3/4-ს შეადგენს. ამ ტიპის ღრუბლების განვითარების თავისებურებანი დეტალურად იქნა შესწავლილი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტისა და სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურის პოლიგონებზე მდ.იორის ხეობაში, ჯავახეთში, ქვემო ქართლსა და კახეთში რ/ლ სადგურისა და სხვა ტექნიკურ საშუალებათა გამოყენებით. კერძოდ, დადგენილი იქნა, რომ თითოეული პოლიგონის ფარგლებში კონვექციური პროცესების განვითარების დროს დღის განმავლობაში დაფიქსირებული კონვექციური უჯრედების რაოდენობა საშუალოდ 5-15-ს შეადგენს, ხოლო მათი ზედა საზღვრის სიმაღლის ცვლილება 6-დან 10-12 კმ-მდე ზღვის დონიდან. უჯრედების მახასიათებელი რადიუსი 2-5 კმ-ის, ხოლო მოცულობები 30-დან 400 კმ³-ის ფარგლებში აღმოჩნდა. ცალკეული კონვექციური უჯრედიდან მოსული ნალექის რაოდენობა აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებში იცვლება 30-დან 400 კილოტონამდე და საშუალოდ 10² კილოტონას შეადგენს. მძლავრი კონვექციის განვითარების პირობებში ეს სიდიდე შეიძლება 2-3 რიგით აჭარბებდეს საშუალო მაჩვენებელს.

წლის განმავლობაში ცივ პერიოდში, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მფრინავი ლაბორატორიის გამოყენებით მიღებული შედეგების თანახმად, ფენა და ფენა-გროვა ღრუბელთა სისტემის ვერტიკალური სიმძლავრე საშუალოდ 2-3 კმ შეადგენდა და ხშირად 4-5 კმ-საც აღწევდა, ხოლო აღნიშნული ტიპის ღრუბელთა არსებობის ხანგრძლივობა

დამოკიდებულია ფრონტალური პროცესების ინტენსივობაზე და საშუალოდ 3-5 დღეს შეადგენს.

აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ნალექთა საშუალო წლიური და სეზონური ჯამების განაწილების კლიმატოლოგიური მონაცემების, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტისა და სეტყვასთან ბრძოლის პოლიგონებზე მიღებული მასალების გამოყენებით ნაშრომში [4] გამოყოფილია დამატებით ნალექთა ხელოვნური სტიმულირების თვალსაზრისით პერსპექტიული რეგიონები:

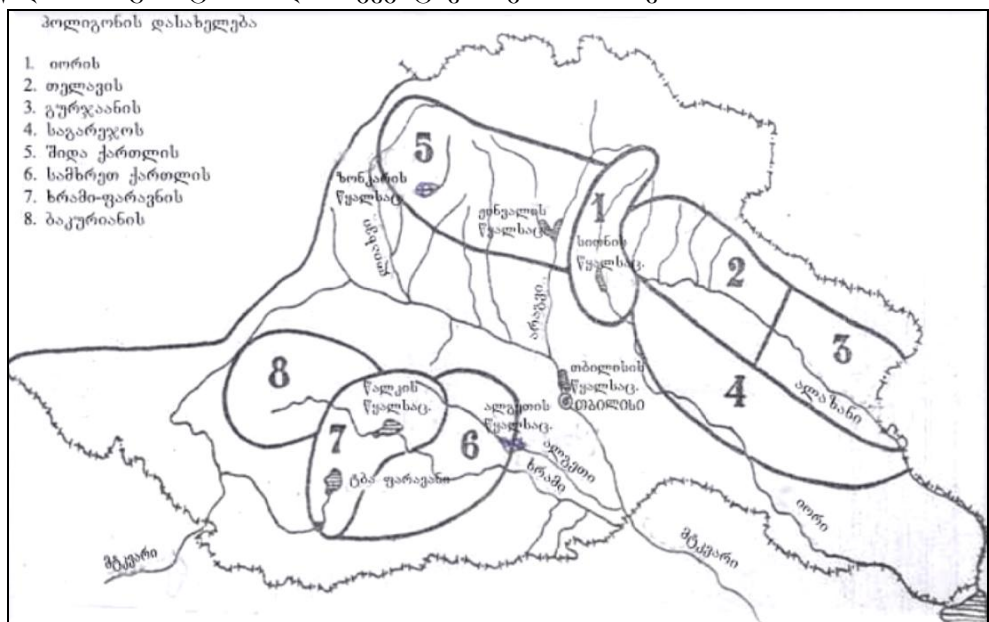
- კავკასიონის სამხრეთი ფერდობები მდ. ღიახვის, არაგვის, იორისა და ალაზნის ზემო წელის ზონაში (ნალექთა წლიური ჯამები 800-1200 მმ);
- სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის ზონა, შემავალი თრიალეთის, სამსარისა და ჯავახეთის ქედების არეში (ნალექთა წლიური ჯამები 600-800 მმ);

ნალექთა ხელოვნური სტიმულირების თვალსაზრისით ნაკლებად პერსპექტიულადაა ჩათვლილი შემდეგი რაიონები:

- იორის ზეგანი მდ იორის ქვემოწელის ზონაში (ნალექთა წლიური ჯამები 400-500 მმ);
- ქვემო ქართლის ვაკე (ნალექთა წლიური ჯამები 400-500 მმ);
- სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილი (ნალექთა წლიური ჯამები 600 მმ-მდე);
- შიდა ქართლის ვაკე (ნალექთა წლიური ჯამები 400-500 მმ);

აქვე აღსანიშნავია, რომ ნალექთა აღნიშნული ჯამები შეესაბამება მიმდინარე საუკუნის დასაწყისისათვის არსებულ მდგომარეობას. კლიმატის გლობალური დათბობის ზეგავლენით XXI საუკუნის დასასრულისთვის აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე მოსალოდნელია ნალექთა წლიური ჯამების საშუალოდ 15%-ით შემცირება [6]. ეს პროგნოზი გარკვეულწილად შეამცირებს ნალექთა ხელოვნური რეგულირებისათვის შესაფერისი მოღრუბლულობის სარესურსო პოტენციალს, მაგრამ ამავე დროს გაზრდის ნხვ სამუშაოთა ჩატარების საჭიროებასა და მნიშვნელობას.

აღმოსავლეთ საქართველოში ღრუბლიანობისა და ნალექთა განაწილების თავისებურებათა გათვალისწინებით ხელოვნური სტიმულირებისათვის პერსპექტიულ რაიონებში პირობითად შესაძლებელია 8 პოლიგონის გამოყოფა (ნახ. 7.1). თითოეული მათგანისთვის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტისა და სეტყვასთან ბრძოლის სამსახურის პოლიგონებზე მიღებული მონაცემების გამოყენებით შეფასებულ იქნა ნალექთა გაზრდის სამუშაოთა პოტენციალი წლის როგორც თბილ, ასევე ცივი სეზონისათვის.



ნახ. 7.1. ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პოლიგონების პირობითი განლაგების სქემა აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე

წლიური ჯამების ძირითადი კომპონენტისთვის – თბილი სეზონის ნალექებისთვის გაანგარიშების შედეგები მოყვანილია ცხრილში 7.1.

ცხრილი 7.1. დამატებით ნალექთა შესაძლო რაოდენობა წლის თბილ პერიოდში აღმოსავლეთ საქართველოს სხვადასხვა პოლიგონისთვის

№	პოლიგონის დასახელება	S, კმ ²	N, უჯრედი	ΔP, მმ	P _{საშ.} მმ	$\frac{\Delta P}{P}$, %	ΔM, 10 ⁶ მ ³
1	იორი	1000	400	120	600	20	120
2	თელავი	1500	500	100	500	20	150
3	გურჯაანი	1200	400	100	600	17	120
4	საგარეჯო	2000	400	60	400	15	120
5	შიდა ქართლი	2000	500	75	500	15	150
6	ქვემო ქართლი	1500	300	60	500	12	90
7	ხრამი-ფარავანი	1500	150	30	500	6	45
8	ბაკურიანი	1000	300	90	700	13	90
	სულ	11700	2950				885

ამ ცხრილში S აღნიშნავს პოლიგონის ფართობს, N – სეზონის განმავლობაში დასამუშავებელი კონვექციური უჯრედების რაოდენობას, ΔP – პოლიგონის ფართობზე გაანგარიშებულ შესაძლო დამატებით ნალექთა რაოდენობას, P_{საშ.} – თბილი პერიოდის ნალექთა კლიმატურ ჯამს განსახილველ რეგიონში, ΔM - პოტენციურ დამატებითი ნალექების მასას. ცხრილის შედგენისას დაშვებული იყო, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებში თითოეული სეზონი (აპრილიდან ოქტომბრის ჩათვლით) შეიცავს დაახლოებით 100 დღეს კონვექციის განვითარებით, საიდანაც, მინიმალური შეფასებით, ნახევარი შეიძლება ხასიათდებოდეს ნალექთა ხელოვნური რეგულირებისათვის შესაფერისი დრუბლიანობით. ეს დაშვება ახლოსაა ცხრილში 6.1 იორის პოლიგონისათვის მოყვანილ რეალურ მონაცემებთან, რომლის თანახმადაც სამუშაო სეზონში დღეთა საშუალო რიცხვი რესურსული დრუბლებით იცვლება შუალედში 50-80 (პ. 7), ხოლო სამუშაო დღეში საცდელ ტერიტორიაზე კონვექციური უჯრედების საშუალო რაოდენობა შეიძლება შეადგენდეს 10-ს (პ 10), რაც ჯამში იძლევა N=500 უჯრედს. ანალოგიური მინიმალური შეფასება მიიღება ხრამი-ფარავნის პოლიგონისთვისაც (40 დღე x 5 უჯრედზე = 200 უჯრედს).

მიღებული შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ შერჩეულ 8 პოლიგონზე წლის თბილ პერიოდში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა საწარმოო მასშტაბით ჩატარებისას შესაძლებელია მიღებული იქნას დამატებითი ნალექის რაოდენობა სეზონური ჯამის 6-დან 20%-მდე (საშუალოდ 15%) ოდენობით. აბსოლუტური გამოსახულებით ამას შეესაბამება წვიმის სახით მიღებული წყლის რაოდენობა 45-დან 150 მლნ მ³-მდე, რაც ჯამში იძლევა 885 მლნ მ³-ს. ეს ციფრი ემთხვევა ჯამში მიღებული 2950 კონვექციური უჯრედიდან მიღებული დამატებითი წყლის რაოდენობას იმ დაშვებით, რომ თითოეული უჯრედიდან ზემოქმედების შედეგად შესაძლებელია საშუალოდ 300 კილოტონა (3.10⁵ მ³) დამატებითი ნალექის მიღება (ცხრ. 6.1, პ.2.2). ის ფაქტი, რომ გასაშუალოებისას მიღებული იქნა ამ ცხრილში 1 უჯრედიდან მოსული დამატებითი ნალექის მაქსიმალური რაოდენობა შეიძლება აიხსნას იმით, რომ სხვა პოლიგონებზე, (მაგ. თელავის, გურჯაანის, შიდა ქართლის) გასაშუალოებაში მონაწილე უჯრედები ხშირ შემთხვევაში ზემოქმედების შედეგად შეიძლება იძლეოდეს იორის პოლიგონისთვის მიღებულ საშუალოზე არსებითად მეტ ნალექს. რაც შეეხება ცივ პერიოდში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პოტენციალს, თოვლიან დღეთა რაოდენობისა და თოვლის საფარის ხანგრძლივობის შესახებ კლიმატური მონაცემების გათვალისწინებით სადრუბლო სისტემებზე ზემოქმედებისათვის პერსპექტიულად იქნა ჩათვლილი პოლიგონების №1, 5 და ნაწილობრივ №7 და №8 ტერიტორია. ზამთარში თოვლის მდგრადი საფარი, 1980-იან წლებში გლობალური დათბობის დაწყებამდე, აქ წარმოიქმნებოდა 800-1200 მ სიმაღლეზე და ზემოთ, ხოლო მისი ხანგრძლივობა იცვლებოდა 80-დან 150-200 დღემდე. ამჟამად ეს მონაცემები, შესაძლოა, კორექტირებას მოითხოვს. განხილული ტერიტორია მოიცავს მდ. ლიახვის, ქსნის, არაგვის, იორისა და ალაზნის

ზემოწელს, აგრეთვე მდ. ფარავნისა და ხრამის სათავეებს და ბორჯომის ხეობის ზედა ნაწილს. ცივი სეზონის დამატებითი ნალექების შესაფასებლად საორიენტაციოდ აღებული იქნა სევანის ტბის აუზში მიწისზედა სააეროზოლო გენერატორების გამოყენებით 10 წლის მანძილზე ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგი, რომლის თანახმად ზამთრის პერიოდში ზემოქმედებისას შესაძლებელია ნალექთა (თოვლის) დღეღამური ჯამების გაზრდა საკონტროლო ტერიტორიასთან შედარებით 40%-ით [7] და სეზონური ჯამების 30%-მდე მომატება. იორისა და შიდა ქართლის პოლიგონებზე, სადაც ზამთრის ნალექთა საშუალო ჯამები 150-300 მმ შეადგენს, ცივ პერიოდში სისტემატური ზემოქმედების შედეგად შესაძლებელია 150-180 მლნ მ³ დამატებითი ნალექის მიღება. სამხრეთ საქართველოს პოლიგონების მაღალმთიანი ნაწილისთვის საერთო ფართობი 1000 კმ² ნალექთა პოტენციურმა დანამატმა შესაძლოა 45 მლნ მ³-ს მიაღწიოს. მიღებული სიდიდეები, მართალია, 4-5-ჯერ ნაკლებია თბილისის პერიოდის ნალექთა შესაძლო დანამატებზე, მაგრამ მაინც მიუთითებს ზამთრის ნალექებზე ზემოქმედების ჩატარების პერსპექტიულობაზე მათი რაციონალურად გამოყენების შემთხვევაში (მაგ. სათხილამურო სპორტის განვითარების მიზნით).

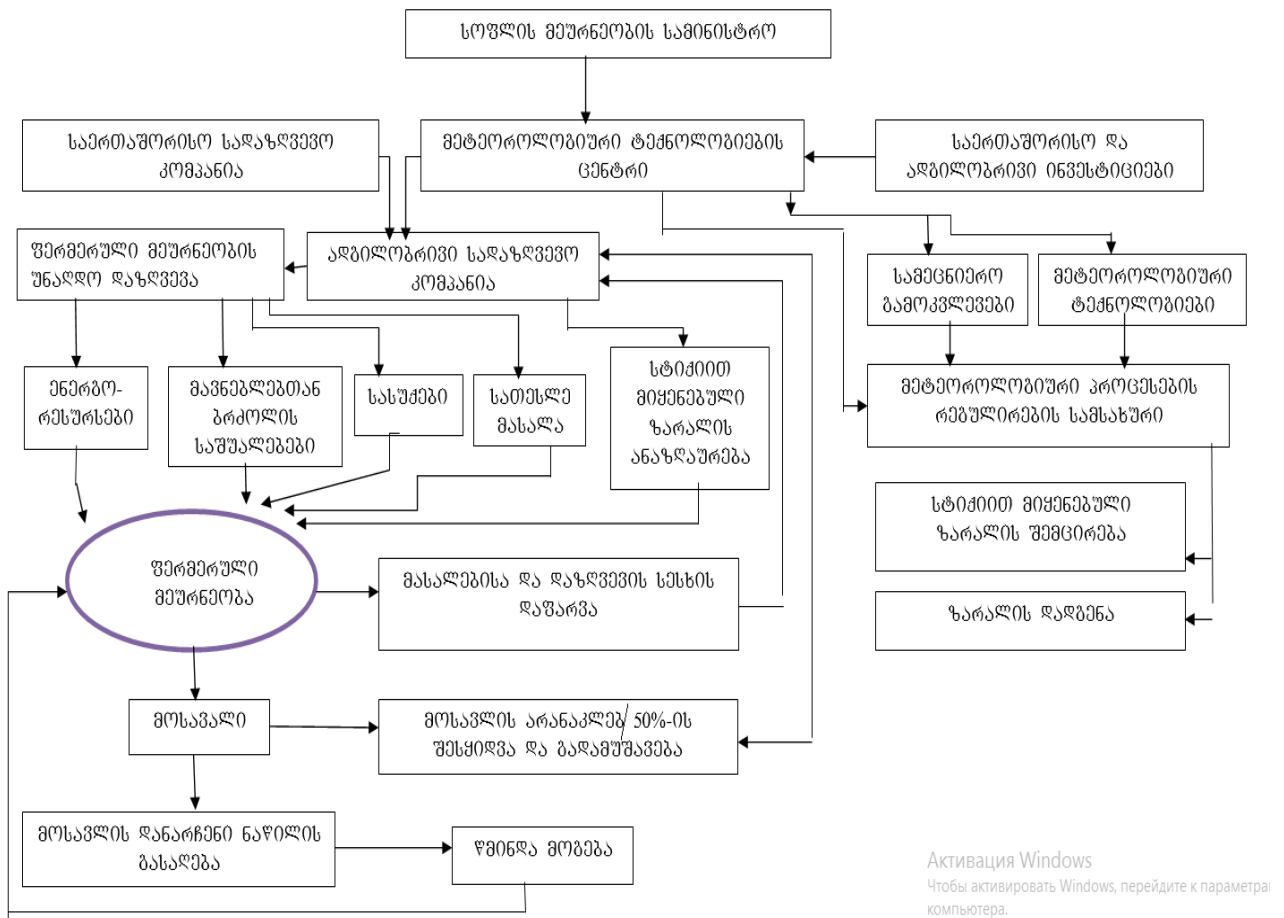
7.3. ნხვ სამუშაოთა ორგანიზაციისა და წარმოების საკითხები საბაზრო ეკონომიკის პირობებში

როგორც ნაშრომის წინა თავში იყო აღნიშნული, 1950-იანი წლების დასაწყისში, ვერცხლის იოდისა და მშრალი ყინულის მაკრისტალელები თვისებების აღმოჩენის შემდეგ აშშ-ში ინტენსიურად დაიწყო ნხვ სამუშაოების განვითარება წყალსატევებში წყლის რესურსების გასაზრდელად ენერგეტიკისა და რწყვის ეფექტურობის ამაღლების მიზნით. სამუშაოთა საწარმოებლად შეიქმნა კერძო კომპანიები, რომლებიც ფინანსდებოდა ენერგეტიკული კომპანიებისა და ფერმერების ხარჯებით. საწყის ეტაპზე სამუშაოები ტარდებოდა შედარებით მარტივი ტექნოლოგიების გამოყენებით, რომლებიც ემყარებოდა რეაგენტის შეტანას დრუბელში ჰაერის აღმავალი ნაკადების დახმარებით. შემდგომში დრუბლის დასამუშავებლად დაიწყო მსუბუქი ავიაციის გამოყენება, რაც გულისხმობდა თვითმფრინავის ბორტიდან დრუბლის დამუშავებას პიროტექნიკური ვაზნებით ან გამაცივებელი რეაგენტებით. 1970-იან წლებში გეოფიზიკისა და ჰიდრომეტეოლოგიის თანამშრომლებს აშშ-ში ვიზიტის დროს საშუალება მიეცათ გასცნობოდნენ კალიფორნიაში ბაზირებული ერთ-ერთი ასეთი კომპანიის „Atmospherics Inc.“ მუშაობას, რომელიც მის განკარგულებაში მყოფი 10-მდე მსუბუქმოტორიანი Cessna ტიპის თვითმფრინავის გამოყენებით აწარმოებდა ნხვ სამუშაოებს ინდოეთში, არგენტინაში, სამხრეთ აფრიკისა და აფრიკის კონტინენტის სხვა რამდენიმე ქვეყანაში.

სოციალისტური ეკონომიკის პირობებში ატმოსფერულ პროცესებზე ხელოვნური ზემოქმედების სამუშაოები დირექტიული ორგანოების გადაწყვეტილების თანახმად სრულდებოდა, რომელსაც თან ახლდა შესაბამისი საბიუჯეტო დაფინანსებაც. ამის მაგალითად შეიძლება გამოვსვათ წინამდებარე ნაშრომის №1 დანართში მოყვანილი საქართველოს ხელმძღვანელი ორგანოების ერთობლივი დადგენილება ნხვ სამუშაოების ორგანიზების შესახებ, რამაც შესაძლებელი გახადა სახელმწიფოს მხრიდან სუბსიდირებული აღნიშნული საქმიანობის 1977 წლიდან 1990 წლამდე წარმოება.

აღმოსავლეთ საქართველოს კლიმატურ პირობებში ნხვ სამუშაოთა ჩატარების აქტუალობამ 2000-იანი წლების დასაწყისში განაპირობა ახალ რეალობაში ამ სამუშაოთა სხვა ფორმით განხორციელების ძიება, რომლის ერთერთი მცდელობა ასახულია ნაშრომში [8]. ამ ნაშრომის თანახმად, ამინდის საშიში მოვლენებისგან სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მწარმოებლის დაცვის მიზნით ახალი სამსახური უნდა იყოს მოწეული მოსავლის ნებაყოფლობითი უნაღლო დაკრედიტების შემადგენელი ნაწილი, რომელიც დამყარებული იქნება ფერმერული მეურნეობის წინასწარ უზრუნველყოფაზე მოსავლის მოსაყვანად საჭირო ყველა კომპონენტებით, ამინდის მავნე მოვლენებისაგან მის დაზღვევაზე და მოსავლის

წინასწარ განსაზღვრული ნაწილის გარანტირებულ რეალიზებაზე ზემოთ ჩამოთვლილი ხარჯების დაფარვით. ამ სისტემის ორგანიზების ნაწილობრივ მოდიფიცირებული სავარაუდო ბლოკ-სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 7.2.

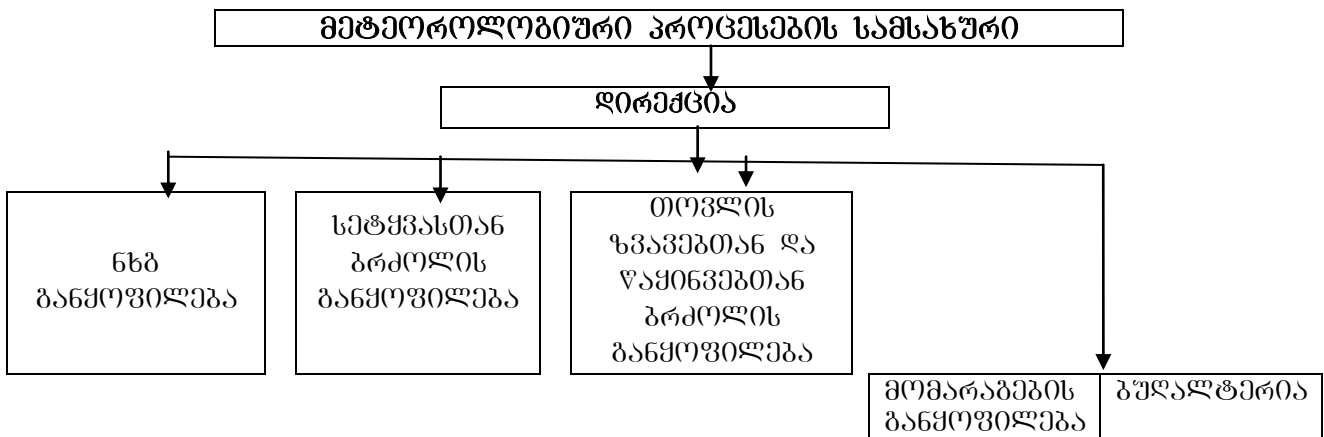


ნახ. 7.2. ადმოსავლეთ საქართველოში ფერმერული მეურნეობებისა და გადამამუშავებელი მრეწველობის სტიმულირების ორგანიზების სავარაუდო ბლოკ-სქემა

ამ სქემაში ადგილობრივი სადაზღვევო კომპანია, რომელი ყოველი სეზონის დაწყების წინ აწარმოებს ფერმერული მეურნეობის უნაღლო დაკრედიტებას ენერგორესურსების (საწვავ-საცხები მასალები სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის ფუნქციონირებისათვის), მავნებლებთან ბრძოლის საშუალებების, სასუქებისა და სათესლე მასალების შესაძენად, აგრეთვე სტიქიისაგან (გვალვა, სეტყვა, თოვლის ზვავები, წაყინვები) მიყენებული შესაძლო ზარალის გარანტირებულ დაზღვევას, წარმოადგენს რომელიმე მსხვილი საერთაშორისო სადაზღვევო კომპანიის, მაგ. „Vienna Insurance Group“ შვილობილ კომპანიას. ვადაში ბაზირებული მსოფლიო ბრენდის მფლობელი ეს კომპანია აერთიანებს 25 ქვეყანაში მოქმედ 50 სადაზღვევო კომპანიას ცენტრალურ და ადმოსავლეთ ევროპის ქვეყნებში. საქართველოში მისი შვილობილი კომპანიაა IRAO da GPIH. მათგან უკანასკნელი აწარმოებს აგროდაზღვევის მიმართულებით ანაზღაურებას შემდეგი რისკებისაგან: სეტყვა, ქარიშხალი, ჭარბი ნალექი და საშემოდგომო წაყინვები. 2015 წელს საქართველოში აგროდაზღვევის სფეროში ამ კომპანიის მიერ ანაზღაურებულმა ზარალმა 400 ათასი ლარი შეადგინა [9].

სეზონის დასასრულს, აღებული მოსავლის ხარჯით მასალებზე გაწეული დანახარჯებისა და უნაღლო დაზღვევის ანაზღაურების შემდეგ, ადგილობრივი სადაზღვევო კომპანია უზრუნველყოფს მეურნეობაში მოწეული მოსავლის არანაკლებ 50%-ის საბაზრო ფასებში შესყიდვას და მის გადამამუშავებას შესაბამისი პროფილის ადგილობრივ საწარმოებში. ამ შესყიდვიდან მიღებულ თანხას, ფერმერის წმინდა მოგების სახით, ემატება შემოსავალი, რომელსაც იგი მიიღებს მოსავლის დანარჩენი ნაწილის თავისი ნება-სურვილით გასაღების შედეგად.

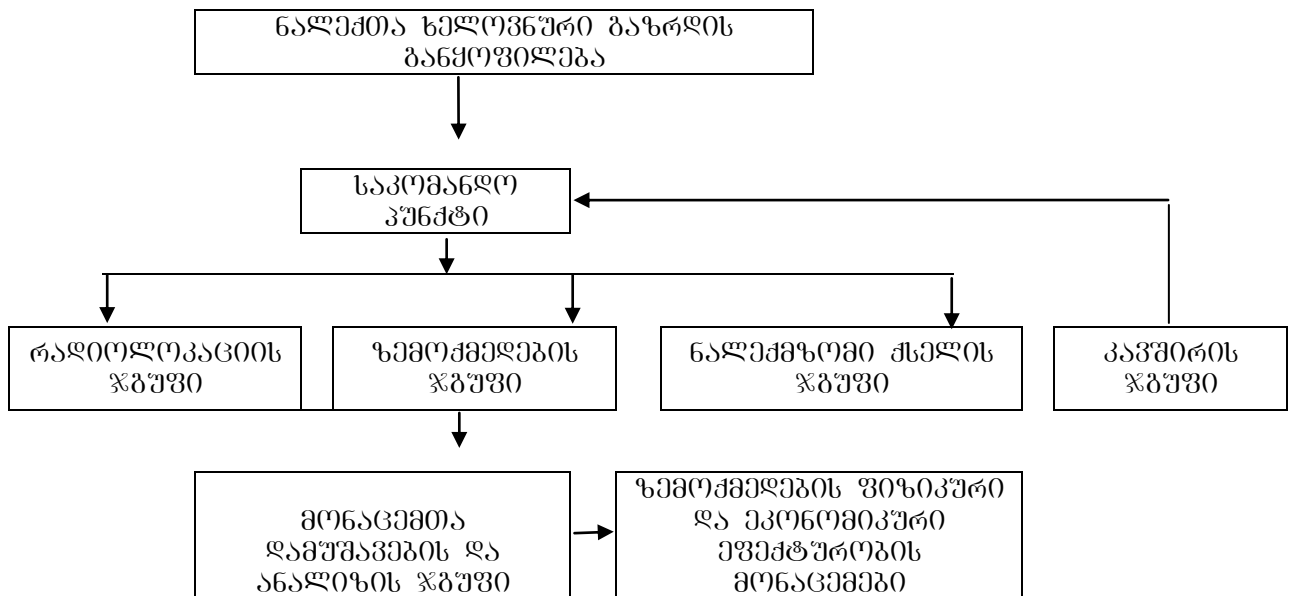
რაც შეეხება დაგეგმილი სამუშაოების სამეცნიერო-ტექნიკურ ნაწილს, თავმოყრილი იქნება სოფლის მეურნეობის სამინისტროსთან არსებულ მეტეოროლოგიური ტექნოლოგიების ცენტრში, რომელიც ამავედროულად იქნება ადგილობრივი სადაზღვევო კომპანიის ერთ-ერთი დამფუძნებელი. ეს ცენტრი, საერთაშორისო ინვესტიციების მოზიდვასთან ერთად, აწარმოებს სამეცნიერო გამოკვლევებს ქვეყანაში სტიქიური მოვლენების გენეზისისა და კლიმატის მიმდინარე ცვლილებასთან მათი კავშირის დარგში, აგრეთვე მათთან ადაპტირებისა და ბრძოლის ტექნოლოგიების შემუშავების მიმართულებით. აღნიშნული ცენტრი გარემოს ეროვნულ სააგენტოსთან ერთად აყალიბებს მეტეოროლოგიური პროცესების რეგულირების (მპრს) სამსახურს, რომელიც ჰიდრომეტეოროლოგიისა და გეოფიზიკის ინსტიტუტების სამეცნიერო-მეთოდური ხელმძღვანელობის ქვეშ აწარმოებს ოპერატიულ სამუშაოებს ნალექთა ხელოვნური გაზრდის, წაყინვებთან ბრძოლისა და სეტყვისაგან მიყენებული ზარალის შემცირების დარგში. მიზანშეწონილი იქნება მომავალში ამ სამსახურში შევიდეს აგრეთვე წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვისა და რწყვის თანამედროვე ტექნოლოგიების დანერგვის მიმართულებაც. ცენტრი უზრუნველყოფს საერთაშორისო და ადგილობრივი ინვესტიციების შემოდინებას მიმდინარე სამუშაოების გასაფართოვებლად და მიღებული გამოცდილების გადასაცემად სხვა ქვეყნებში, აგრეთვე სათანადო პოტენციალისა და პრაქტიკული გამოცდილების მქონე ქვეყნებიდან უახლესი მეტეოროლოგიური ტექნოლოგიების შესყიდვასა და დანერგვას. მეტეოპროცესების რეგულირების სამსახურის მუშაობის საორიენტაციო ბლოკ-სქემა მისი განვითარების პირველი ეტაპისთვის მოცემულია ნახ. 7.3-ზე.



ნახ. 7.3. მეტეოპროცესების რეგულირების სამსახურის ორგანიზების სავარაუდო ბლოკ-სქემა

მპრ სამსახურის ორგანიზაციის ელემენტების უმეტესობა ნიმუშად გამოდგება 1980-იან წლებში აღმოსავლეთ საქართველოში მოქმედი სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებული სამსახურის მაგალითი, რომელიც ორგანიზების მაღალი დონითა და ანგარიშგების სანიმუშო პუნქტუალობით ხასიათდებოდა. მისი პრაქტიკული გამოცდილების გათვალისწინებით ნახ. 7.4-ზე მოყვანილია ჰიდრომეტეოპროცესების რეგულირების ჰიპოთეტური სამსახურის ერთ-ერთი ქვედანაყოფის – ნალექთა ხელოვნური რეგულირების განყოფილების ორგანიზების სავარაუდო ბლოკ-სქემა

სამეცნიერო ტექნიკური ცენტრის „დელტას“ გამოცდილების მხედველობაში მიღებით, რომელმაც 2014 წლიდან განაახლა კახეთის რეგიონში სეტყვასთან ბრძოლის საწარმოო სამუშაოები [10], რ/ლ დაკვირვებები და მიღებული ინფორმაციის დამუშავება, აგრეთვე ღრუბლებზე ზემოქმედების ტექნოლოგია მპრ სამსახურში თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისად უნდა იყოს ორგანიზებული. განსაკუთრებით ყურადღება უნდა დაეთმოს ზემოქმედებისა და მისი ეფექტის რეგისტრირების მონაცემთა ელექტრონული არქივის სათანადო დონეზე შექმნას, რაც შესაძლებელს გახდის ზემოქმედების შედეგების ობიექტურ წარმონიშნას, გაანალიზებას, აგრეთვე შესაფერისი რიცხვითი მონაცემების აგებას და მათ ოპერატიულ სამუშაოებში დანერგვას ზემოქმედების ეფექტურობის შესაფასებლად.



ნახ. 7.4. მეტეოროლოგიური პროცესების რეგულირების სამსახურის ნხგ განყოფილების ორგანიზების სავარაოდო ბლოკ-სქემა

7.4. ნხგ სამუშაოთა ჩატარების სამართლებრივი ასპექტები

ნალექთა ხელოვნური გაზრდა არის გარკვეულ ტერიტორიაზე ადამიანის ხელოვნური ჩარევა ბუნებრივ პროცესებში, რომელიც უნდა იმართებოდეს „საქართველოს კანონის გარემოს დაცვის შესახებ“ შესაბამისად ამ კანონის ბოლო რედაქციის (01.01.2017 წ.) მე-5 თავის „გარემოს დაცვის ძირითადი პრინციპები“ (ბ) მუხლის (მდგრადობის პრინციპის) თანახმად ამ საქმიანობის განხორციელებისას საშიშროება არ უნდა ექმნებოდეს საზოგადოების განვითარებას და უზრუნველყოფილი უნდა იყოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვა შეუქცევადი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილებებისაგან.

აღმოსავლეთ საქართველოში 1980-იან წლებში წარმოებული ნხგ სამუშაოები გარემოზე ზემოქმედების მასშტაბებით ბევრად ჩამოუვარდებოდა მსხვილი დასახლების (თბილისი, რუსთავი) გარემოზე ზემოქმედებას ტრანსპორტისა და სამრეწველო გამონაბოლქვის მოცულობის თვალსაზრისით, მაგრამ ხანგრძლივი და უწყვეტი ზემოქმედების შედეგად მას შეუძლია გარკვეული ცვლილებების შეტანა ისეთი მგრძობიარე ელემენტის მსვლელობაში, როგორცაა ატმოსფერული ნალექები, ჰაერის სინოტივე და ტემპერატურა, ზედაპირული ჩამონადენი, მიწისქვეშა წყლების დონე და სხვ.

წინა თავებში მოყვანილი კლიმატური მონაცემების თანახმად, ჰიდრომეტინსტიტუტის ნხგ პოლიგონების და მათ მიმდებარე ტერიტორიებზე ნალექთა სეზონური ჯამების ბუნებრივი ვარიაციები საშუალოდ 20-25% ფარგლებში იცვლება, ამავე დროს დაკვირვების 10-წლიანი პერიოდის განმავლობაში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ წლის თბილ პერიოდში ზემოქმედების შედეგად ნალექთა სეზონური ჯამების გაზრდა საკვლევ ტერიტორიაზე შესაძლებელია მაქსიმუმ 10-15%-ით, რაც თითქმის ორჯერ ნაკლებია მათი ბუნებრივი ვარიაციის ფარგლებზე. ამის გათვალისწინებით, ნაშრომში [8] მიღებული დასკვნის თანახმად, შედარებით ხანმოკლე დროის მონაკვეთში (5-10 წელი) ნხგ სამუშაოებს არ შეუძლია მნიშვნელოვანი გავლენის მოხდენა ბუნებრივი გარემოს დატენიანების რეჟიმზე. მიუხედავად ამისა, ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით ნალექთა (წვიმისა და სეტყვის) რეჟიმის შესაცვლელად გამოიხილული ფართომასშტაბური და ხანგრძლივი პროექტების განხორციელების შემთხვევაში შესაძლებელია მოხდეს ამ რეჟიმის მდგრადი ცვლილება, რასაც შეიძლება მოჰყვეს საცდელ რეგიონში რადიაციული და სითბური ბალანსის გარკვეული ტრანსფორმირება. ეს, თავის მხრივ, გამოიწვევს რეგიონში კლიმატის შესაბამის ცვლილებას, მასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური შედეგებით [11], რაც შეიძლება უარყოფითად აისახოს საზოგადოების განვითარებაზე და გამოიწვიოს მოსახლეობის უკმაყოფილება. აღნიშნული საკითხი დეტალური სა-

მეცნიერო განხილვის საგნად უნდა იქცეს მანამ, სანამ გადაწყდება შერჩეულ რეგიონში მაკროისტრატეგიული რეაგენტის გამოყენებით ფართომასშტაბური ზემოქმედების სამუშაოთა ჩატარება ნაღვეთა ხელოვნური გამოწვევის მიზნით. ამ გამოკვლევაში გათვალისწინებული უნდა იყოს როგორც გარემოს დატუჭიანება გამოყენებული რეაგენტებით, ასევე ეკოსისტემების ადაპტირება ზემოქმედების შედეგად შეცვლილ კლიმატურ პირობებთან.

ამჟამად ღრუბლებზე ზემოქმედებისთვის გამოყენებული ძირითადი მაკროისტრატეგიული რეაგენტის – ვერცხლის იოდის ბუნებრივ გარემოზე ზემოქმედების საკითხი განხილულია წინამდებარე მონოგრაფიის მე-5 თავში (პ. 5.8). მასში ნაჩვენებია, რომ ნხვ სამუშაოებში ზაფხულის პერიოდში ნაღვეთა სტიმულირებისთვის ეფექტის მისაღწევად AgI-ის გამოყენებული კონცენტრაციები მცირეა და მათი გავლენა გარემოს დაბინძურებაზე შესამჩნევი შეიძლება გახდეს ათასობითი წლის შემდეგ [8], რა დროშიც კაცობრიობა ღრუბლებზე ზემოქმედებისათვის, შესაძლებელია, სულ სხვა ტექნოლოგიებზე გადავიდეს. რაც შეეხება ზამთრის პერიოდში მთიან რეგიონებში ნხვ სამუშაოთა სისტემატურ და ხშირ გამოყენებას, ამან შეიძლება მოსახლეობის მხრიდან უარყოფითი რეაქცია გამოიწვიოს გზებზე დიდთოვლობის შედეგად სატრანსპორტო მიმოსვლის გართულების გამო.

ატმოსფერულ პროცესებზე ზემოქმედების კიდევ ერთ სამართლებრივ ასპექტს წარმოადგენს მეზობელ ქვეყნებს შორის ნაღვეთა ტერიტორიული გადანაწილების საკითხი. როგორც ზემოთ უკვე იყო აღნიშნული (თავი 1), აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე წლის თბილ პერიოდში ნაღვეთა წარმოქმნილი პროცესების შემოჭრას უმეტესწილად ადგილი აქვს დასავლეთიდან. ამ პერიოდში ნაღვეთის მომცემი საღრუბლო სისტემები გადაადგილდება საქართველოდან აზერბაიჯანის მიმართულებით. ნაღვეთა ხელოვნურმა გაზრდამ ზაფხულის კონვექციური ღრუბლებიდან შესაძლოა საზოგადოების ნაწილში გამოიწვიოს პროტესტი იმის გამო, რომ საქართველო ნხვ სამუშაოებით თითქოს „თვისებს“ წვიმის იმ რაოდენობას, რომელიც ბუნებრივად უნდა მოსულიყო მის აღმოსავლეთით მდებარე ტერიტორიებზე, სპეციალისტებს შორის ამ საკითხზე დავა თითქმის დასრულებულია, რადგანაც როგორც თეორიულად [12], ისე სავსე დაკვირვებებითაც [13] დადგენილია, რომ ფრონტლური პროცესების დროს ჰაერის მოძრაობა მასში ხდება ნაღვეთა წარმოქმნილი პროცესების სწრაფი რეგენერაცია სხვადასხვა ფიზიკური თვისებების მქონე ჰაერის მასების ინტენსიური შერევის შედეგად. ამ მასშტაბური პროცესების ფონზე ცალკეული რაიონის ფარგლებში ღრუბლის ნაღვეთა წარმოქმნელ მექანიზმზე ლოკალური ზემოქმედება ვერ ახდენს შესამჩნევ გავლენას ნაღვეთა გენერირებასა და გამოყოფაზე მთლიანი რეგიონის მასშტაბით. რაც შეეხება ჰაერის ცალკეულ მასაში წარმოქმნილი შიდამასიური კონვექციური ღრუბლებიდან ნაღვეთის გამოწვევას, რომელთა წილი აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებში 30-40%-ს შეადგენს [14], ზემოქმედებამ შესაძლებელია მართლაც გამოიწვიოს გარკვეული ცვლილება ნაღვეთა ტერიტორიულ განაწილებაში კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებით დაკავებულ ამ რეგიონში, თუმცა საერთაშორისო თანამშრომლობის ფარგლებში ანალოგიური სამუშაოების გაგრძელება ისტორიული საინგილოს ტერიტორიაზე აზერბაიჯანშიც სასიკეთოდ წაადგებოდა მინგეჩაურის წყალსაცავის შევსებას წყლის დამატებითი რესურსებით. აქვე ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ შრომაში [13] მიღებული შედეგი კახეთის რაიონებში სექტემბრის ბრძოლის სამუშაოთა სეზონურ ნაღვეთებზე უმნიშვნელო გავლენის შესახებ მიუთითებს იმაზე, რომ ნხვ სამუშაოებში ერთი რიგით ნაკლები კონცენტრაციით რეაგენტის დოზირება ოპტიმალურია ღრუბლის გარკვეულ სტადიაზე ნაღვეთა სტიმულირებისათვის, 1 რიგით გაზრდილი დოზირებისას კი იწვევს ნაღვეთა წარმოქმნილი პროცესების ჩახშობას. რაც შეეხება ცივ პერიოდში სამხრეთ კავკასიის ქვეყნებს შორის ნაღვეთა გადანაწილების პრობლემას ნხვ სამუშაოთა ჩატარების შემთხვევაში, აზერბაიჯანისთვის ნაკლებად აქტუალურია საქართველოს მიმდებარე რაიონებში თოვლის სიმცირის გამო, ხოლო სომხეთისათვის საკითხი მოითხოვს დამატებით გამოკვლევას.

7.5. ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა ნსგ სამუშაოებში

წინამდებარე მონოგრაფიის ზემოთ განხილულ თავებში წარმოდგენილია პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მიერ 1980-იან წლებში ნსგ დარგში ჩატარებულ სამუშაოთა შედეგები, რომლებშიც გამოყენებული იყო იმ დროისათვის საბჭოთა კავშირში მიღებული მეთოდები და ტექნოლოგიები (დანართი 3). 1990-იან წლებში ჩვენს ქვეყანაში მომხდარი პოლიტიკურ-ეკონომიკური ცვლილებების შემდეგ ბევრი რამ არსებითად შეიცვალა, რამაც 2010-იანი წლების შუა პერიოდისთვის კახეთის რეგიონში განახლებულ სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოებში მოითხოვა ახალი თაობის ტექნოლოგიების დანერგვა [10]. ამის აუცილებლობაზე საუბარი იყო ჯერ კიდევ 2002 წელს სტატიაში [8] და შემდგომ 2013 წელს ნაშრომში [15]. კერძოდ, განვლილ პერიოდში სოციალისტური ბლოკის ქვეყნებში კარდინლურად შეიცვალა სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოებში წარმოებული რ/ლ დაკვირვებებისა და ღრუბლებში რეაგენტის შეტანის ტექნოლოგია, დაკვირვების მონაცემთა მიღების, დამუშავებისა და არქივირების წესები, კავშირგაბმულობის ტექნიკა და სხვ. ყოველივე ამან მოითხოვა სამეცნიერო-ტექნიკურ ცენტრში „დელტა“ სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოების ახალ საფეხურზე აყვანა, რაც გათვალისწინებული უნდა იქნეს ნსგ სამუშაოების ახალ პირობებში საწარმოებლად. აღნიშნულ ცენტრში სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოების პრაქტიკაში გამოყენებული ძირითადი ტექნიკური საშუალებების ჩამონათვალი მოყვანილია დანართში 6.

ამასთან ერთად გათვალისწინებულია ისიც, რომ 1990-იანი წლების შემდეგ ნალექთა ხელოვნური რეგულირების სამუშაოები არ შეწყვეტილა რუსეთის ფედერაციაში, სადაც არსებული ინფორმაციის თანახმად [16] მის სამხრეთ რეგიონებში 2015 წლისთვის დაინერგა სეტყვის პროცესებზე ზემოქმედების მართვის ავტომატიზებული სისტემა (მას) „ანტიგრადი“. ეს სისტემა უზრუნველყოფს სეტყვის პროცესების აღმოჩენის, გარჩევისა და აქტიური ზემოქმედების ოპერაციების ავტომატიზაციას, ზემოქმედების კონტროლს, ინფორმაციის დოკუმენტირებასა და არქივირებას. „ანტიგრადის“ ძირითადი შემადგენელი ქვესისტემებია:

- ღრუბლისა და ღრუბელთა სისტემების შესახებ რ/ლ ინფორმაციის მისაღები რ/ლ კომპლექსი;
- პირველადი რ/ლ ინფორმაციის კომპიუტერზე დამუშავებისათვის საჭირო ფორმაში გარდამქმნელი პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი;
- რ/ლ ინფორმაციის მეორადი დამუშავებისა და ღრუბლებზე ზემოქმედების ბრძანებათა გამომუშავების პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი;
- სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტების ავტომატიზებული გამშვები დანადგარის მართვის ტელემექანიკური სისტემის პროგრამულ-ტექნიკური კომპლექსი.

სეტყვასაწინააღმდეგო დაცვის სისტემაში გამოიყენება რაკეტა „ალანი“, რომელიც რაკეტა „ალაზანთან“ შედარებით იოლოვანი ვერცხლის ნაწილაკების გენერაციისა და გაბნევის უფრო მაღალი ეფექტურობით ხასიათდება.

სააქციო საზოგადოება „ინტერმეტეომ“ ახალი თაობის ავტომატიზებული სარაკეტო კომპლექსის საფუძველზე სეტყვისაგან დიდი ტერიტორიების (200 ათასიდან 1 მლნ ჰა-მდე) მაღალი ეფექტურობით (90%) დაცვის მიზნით შექმნა ახალი ტექნოლოგია, რომელიც შემდეგი ძირითადი ელემენტებისაგან შედგება:

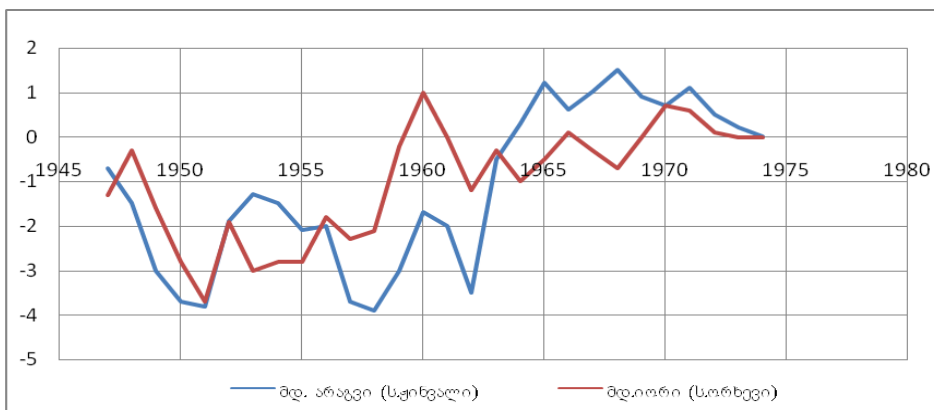
- სეტყვის დეტალიზებული პროგნოზი;
- სეტყვიანი, სეტყვასაშიში და პოტენციურად სეტყვასაშიში ღრუბლების აღმოჩენა და გარჩევა;
- სეტყვის წარმოქმნის პროცესების სტრუქტურის, განვითარების დინამიკისა და მასშტაბების გათვალისწინებით ღრუბლებზე ზემოქმედების შესაფერისი სტრატეგიის შერჩევა და განხორციელება;
- ზემოქმედების ფიზიკური და ეკონომიკური ეფექტურობის შეფასების მეთოდების გამოყენება.

სეტყვასთან ბრძოლისა და ნხვ სამუშაოების ტექნოლოგიებს შორის დიდი მსგავსების გათვალისწინებით ბუნებრივია, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე ნალექთა სტიმულირების ჩვენს მიერ განხილულ პერსპექტიულ სამუშაოებში ახალი ტექნოლოგიების დანერგვის ერთ-ერთი ვარიანტად შეიძლება განხილული იქნას ზემოთ მოყვანილი ცნობებიც.

7.6 ნხვ სამუშაოთა ჩართვა აღმოსავლეთ საქართველოში წყლის ინტეგრირებული მართვის სამომავლო სისტემაში

აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ნხვ სამუშაოთა საწარმოებლად შერჩეულ პოლიგონებზე მიღებული წყლის პოტენციური დამატებითი რესურსების ეფექტურად გამოყენების ერთ-ერთ რეალურ გზად შეიძლება დასახელდეს თბილისი-რუსთავის ურბანული აგლომერაციის გარშემო არსებული 3 წყალსაცავის ერთობლივ გამოყენებაზე აკებული ინტეგრირებული მენეჯმენტის სისტემის ამოქმედება. ბოლო პერიოდში ამ სისტემის ფუნქციონირების ზოგადი სქემა განხილული იქნა ნარომში [17]. მასში აღნიშნულია, რომ იორი-არაგვის კომპლექსური ჰიდროსისტემა, რომელშიც შედის სიონისა და ჟინვალის წყალსაცავები და მათი შემადგენელი თბილისის წყალსაცავი, მიზნად ისახავს წყლის რესურსების ინტეგრირებულ გამოყენებას ეკონომიკის სხვადასხვა დარგში. კერძოდ, მდ.იორის ჩამონადენი გროვდება სიონის წყალსაცავში და ძირითადად გამოიყენება სამგორის სარწყავი სისტემით გარდაბნისა და საგარეჯოს რაიონების სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სარწყავად და ზემო სამგორის ენერგეტიკულ კასკადში შემავალ 4 ჰიდროელექტროსადგურზე ელექტროენერჯის გამოსამუშავებლად. ამასთან ერთად, სიონის წყალსაცავის დარეგულირებული წყალი ზემო მაგისტრალური არხით ამარაგებს თბილისის წყალსაცავს, რომელიც უზრუნველყოფს თბილისისა და რუსთავის წყალმომარაგებას და მათი შემოგარენის ირიგაციას. თავის მხრივ, ჟინვალის წყალსაცავი ემსახურება მდ. არაგვის წყლით თბილისის წყალმომარაგებას, მცხეთის რაიონის სავარგულების მორწყვასა და ჟინვალზე ელექტროენერჯის გენერირებას. ამ წყალსატევებისა და თბილისის წყალსაცავის შეთანხმებულ რეჟიმში მუშაობას დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან ცვალებადია თითოეული მათგანის როგორც შემოსავლითი ნაწილის მოცულობა, ასევე გამოყენებითი ხარჯი. მიუხედავად იმისა, რომ განხილული ორი მდინარის ხეობა მეზობლადაა განთავსებული, მათი ჩამონადენის პარამეტრები საგრძნობლად განსხვავდება ერთმანეთისგან (ნახ. 7.5 და 7.6), რაც გამოწვეულია მდ. არაგვის კვებაში მყინვარების ნარჩენების მონაწილეობით, მაშინ, როცა მდ.იორი იკვებება მხოლოდ ატმოსფერული ნალექებითა და მიწისქვეშა წყლებით.

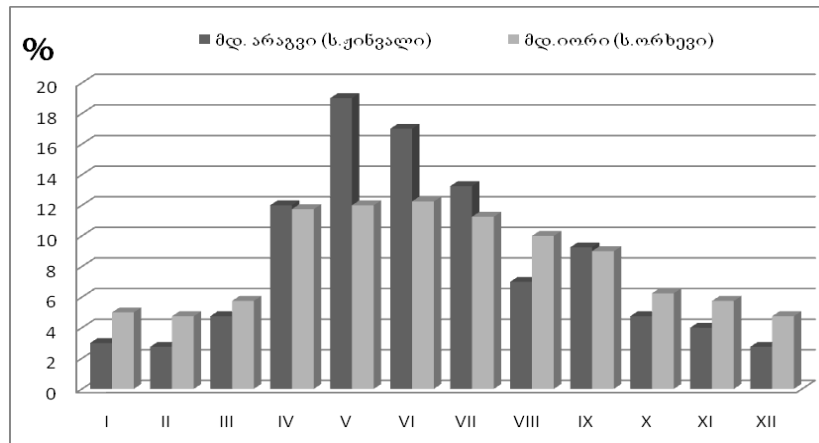
$$\sum_{i=1}^m \frac{(ki-1)}{Cv}$$



ნახ. 7.5. მდ არაგვისა და იორის წლიური ჩამონადენის ინტეგრალური მრუდები

სიონისა და ჟინვალის წყალსაცავების რესურსების შეთანხმებული გამოყენებისათვის საჭიროა წყალმომარაგების დროს გარკვეული პერიოდისათვის ჩამონადენის ხარჯის, ანდა მისი უზრუნველყოფის ცოდნა, რათა შემდგომ მასზე დაყრდნობით განისაზღვროს წყალადების მოცულობის უზრუნველყოფა გვაღვის პერიოდში მოსალოდნელი დეფიციტის

გათვალისწინებით. აღნიშნული წყალსაცავების პარალელურ რეჟიმში მუშაობისათვის აუცილებელია მათი მკვებავი მდინარეების ჩამონადენის მრავალწლიური რყევადობის ერთობლივი ანალიზი.



ნახ. 7.6. მდ არაგვისა და იორის ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილება პროცენტებში

განგარიშებათა მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს ამ მდინარეთა ჩამონადენისა და მათი განმაპირობებელი ფაქტორების ჯგუფური მოდელირებით გათამაშებული სხვადასხვა სცენარების მიღება, რომელთა საფუძველზეც უნდა შეიქმნას წყალსაცავების ოპტიმალური მართვის სადისპეჩერო გრაფიკები წყალმოთხოვნილების პრიორიტეტების გათვალისწინებით. ჯგუფური მოდელირების ძირითად სიძნელეს წარმოადგენს ყველა ცვლადისათვის ერთიანი განაწილების კანონის შერჩევა, რომელსაც მარტივი კავშირი ექნება ნორმალურ განაწილებასთან. არანაკლებ მნიშვნელოვანია აგრეთვე წყალსაცავებით მოსარგებლე ხარჯვითი ობიექტების ინვენტარიზაცია და მათი წყალმომარების ნორმების დადგენა, წყლის გამანაწილებელი სისტემის აღჭურვა წყლის ხარჯის გამზომი ხელსაწყოებით და მათი ცენტრალიზებული ქსელის შექმნა, წყლის გამანაწილებელი სისტემის ტექნიკური მომსახურება.

განხილული 3 წყალსაცავის საერთო აუზში ნხვ სამუშაოთა პირველ და მე-5 პოლიგონებზე (ნახ. 7.1) ჩატარების შედეგად მიღებული დამატებითი წყლის რესურსების წილის გამოყოფა წყლის საერთო ხარჯებში ცალკე ამოცანას წარმოადგენს. თუმცა ზამთარში, თოვლის საფარის ფიქსირებულ ტერიტორიაზე ზემოქმედების შედეგად მისი გაზრდის შემთხვევაში ეს ამოცანა შედარებით მარტივად შეიძლება გადაიჭრას.

კონვექციურ ღრუბლებზე ზემოქმედების სამუშაოთა საკმაო პერიოდის (5-10 წლის) განმავლობაში ჩატარების დროს შესაძლებელი გახდება ამ დანამატის იდენტიფიცირება სხვადასხვა ფიზიკური და სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით, თუმცა სამუშაოთა წარმოების პირველ ეტაპზე, სათანადო მეთოდის საიმედო ფორმით დამუშავებამდე, აღნიშნული დანამატის სანდო მაღალ დონეზე გამოყოფა, როგორც ჩანს, ჯერ ძნელი იქნება.

წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის პრინციპები შეიძლება გამოყენებული იქნას აგრეთვე საქართველოს სამხრეთ მთიანეთში შერჩეული პოლიგონებისთვისაც. კერძოდ, მე-6, მე-7 და მე-8 პოლიგონებზე ორივე სეზონში ჩატარებული ზემოქმედების შედეგად ფარაენის ტბაში, წალკისა და ალგეთის წყალსაცავებში დაგროვილი წყლის დამატებითი რესურსები შეიძლება მოხმარდეს ნინოწმინდის, წალკისა და თეთრიწყაროს რაიონების რწყვას, ხრამის კასკადისა და ფარაენის ტბის ელექტროსადგურებზე დამატებითი ენერჯის გამომუშავებას, ტურისტულ-რეკრეაციული პოტენციალის გაზრდას ბაკურიანისა და თეთრიწყაროს ბაზებზე, მეთევზეობის განვითარებას პოლიგონებში შემავალი დიდ და საშუალო ზომის წყალსაცავებზე. წყლის ინტეგრირებული მართვის ამოცანა სამხრეთ საქართველოს რეგიონში მოცემულ ეტაპზე შედარებით გაადვილებული იქნება მოცემულ ეტაპზე მსხვილი ქალაქებისა და სამრეწველო საწარმოების არ არსებობით.

დასკვნები

1. აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ნალექთა ხელოვნური გაზრდისთვის პერსპექტიულ რაიონებში პირობითად გამოყოფილია 8 პოლიგონი, რომელთათვისაც შეფასებულია წლის თბილ პერიოდში ზემოქმედებისთვის შესაფერისი კონვექციური უჯრედებისა და მათგან პოტენციურად შესაძლებელი დამატებითი ნალექების რაოდენობა. ეს რიცხვი სხვადასხვა პოლიგონზე შეიძლება იცვლებოდეს კლიმატური ნორმის 6-დან 20%-მდე და საშუალოდ შეადგენს 15%-ს, რაც ჯამში შესაძლებელია აღწევდეს 885 მლნ მ³-ს, წლის ცივ პერიოდში მიწისპირა აეროზოლური გენერატორების გამოყენებით შესაძლებელი იქნება ამავე პოლიგონების მთიან რაიონებში თოვლის სახით კიდევ დაახლოებით 200 მლნ მ³ დამატებითი ნალექის მიღება.
2. საბაზრო ეკონომიკის პირობებში ნხვ სამუშაოთა ახალი ფორმით განხორციელების ძიების გზაზე შემოთავაზებულია მათი ჩატარების სავარაუდო ბლოკ-სქემა, რომლის თანახმადაც ფერმერული მეურნეობის უნაღლო დაზღვევა წარმოებს საერთაშორისო სადაზღვევო კომპანიის შვილობილი ადგილობრივი სადაზღვევო კომპანიის მიერ. მის შექმნაში მონაწილეობს სოფლის მეურნეობის სამინისტროსთან არსებული მეტეოროლოგიური ტექნოლოგიების ცენტრი, რომელიც მოიზიდავს საერთაშორისო და ადგილობრივ ინვესტიციებს და აყალიბებს მეტეოროლოგიური პროცესების რეგულირების სამსახურს, რომლის მთავარ მიზანს შეადგენს სტიქიისაგან მიყენებული ზარალის შემცირება. ეს სამსახური, სავარაუდოდ, აერთიანებს რამდენიმე სამეცნიერო-საწარმოო განყოფილებას, მათ შორის ნალექთა ხელოვნური გაზრდის, სექცვასთან ბრძოლის, თოვლის ზვავებისა და წაყინვებთან ბრძოლის განყოფილებებს.
ადგილობრივი სადაზღვევო კომპანია უზრუნველყოფს ფერმერულ მეურნეობას მოსავლის მისაღებად საჭირო ყველა კომპონენტების უნაღლო დაფინანსებით, რომელიც მოსავლის აღების შემდეგ იფარება მიღებული მოსავლის ნაწილით, ხოლო დანარჩენი ნაწილი გამოიყენება ფერმერული მეურნეობის მიერ თავისუფალ ბაზარზე გასაყიდად.
3. ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოები შეიძლება შეიცავდეს რიგ სამართლებრივ ასპექტებსაც. ნალექთა სეზონური ჯამების ბუნებრივი ვარიაციების გათვალისწინებით, რომელიც საშუალოდ 20-25% ფარგლებში იცვლება. 5-10 წლის განმავლობაში ნხვ სამუშაოებს არ შეუძლია მნიშვნელოვანი გავლენის მოხდენა ბუნებრივი გარემოს დატენიანების რეჟიმზე, თუმცა ფართომასშტაბური და ხანგრძლივი პროექტების განხორციელების შემთხვევაში შესაძლებელია მოხდეს ამ რეჟიმის მდგრადი ცვლილება თანამდევო ეკოლოგიური შედეგებით. ეს შეიძლება უარყოფითად აისახოს საზოგადოების განვითარებაზე, რის გამოც საკითხი დეტალური სამეცნიერო განხილვის საგნად უნდა იქცეს. ნხვ სამუშაოებში ზაფხულის პერიოდში ნალექთა სტიმულირებისთვის ეფექტის მისაღწევად ვერცხლის იოდიდის გამოყენებული კონცენტრაციები მცირეა და მათი გავლენა გარემოს დაბინძურებაზე უმნიშვნელოა. თუმცა ზამთრის პერიოდში მთიან რაიონებში ნხვ სამუშაოების სისტემატიურმა ჩატარებამ შესაძლებელია მოსახლეობის მხრიდან პროტესტი გამოიწვიოს გზაზე დიდთოვლობის გამო სატრანსპორტო მოძრაობის შეფერხების შედეგად. ატმოსფერულ პროცესებზე ზემოქმედების კიდევ ერთ სამართლებრივ ასპექტს წარმოადგენს მეზობელ ქვეყნებს შორის ნალექთა ტერიტორიული განაწილების საკითხი. ეს პრობლემა ძირითადად შეეხება კახეთის რაიონებში შიდამასიური კონვექციური ღრუბლებიდან ნალექთა მასიურ ხელოვნურ გაზრდას, რაც აზერბაიჯანთან საერთაშორისო თანამშრომლობის ფარგლებში შეიძლება იქნას დაძლეული ორივე მხარესთვის სარგებელის მოტანით.
4. ნხვ სამუშაოების ახალ პირობებში საწარმოებლად საჭირო იქნება რ/ლ დაკვირვებები-სა და ღრუბლებში რეაგენტის შეტანის ტექნოლოგიების თანამედროვე დონეზე აყვანა, დაკვირვების მონაცემთა მიღების, დამუშავებისა და არქივირების წესების შეცვლა, ახ-

ალი სატელეკომუნიკაციო ტექნიკის დანერგვა, რაც შეიძლება ჩატარდეს სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრის „დელტას“ მიერ სექცევასთან ბრძოლის სამუშაოების წარმოების უახლესი გამოცდილების გამოყენებით.

5. აღმოსავლეთ საქართველოში ნხვ სამუშაოთა შედეგად პოტენციურად შესაძლებელი დამატებითი წყლის რესურსები ეფექტურად შეიძლება იქნას გამოყენებული იორი-არაგვის ჰიდროსისტემაში შემავალი სიონის, ჟინვალისა და თბილისის წყალსაცავების წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის სტრუქტურაში, რომელიც საშუალებას მოგვცემს წინასწარ დამუშავებული მოდელის მიხედვით ოპტიმალურად გამოვიყენოთ არაგვისა და იორის აუზებში მოსული ნალექები ირიგაციის, ჰიდროენერგეტიკის, ურბანული წყალმომარებისა და სხვა სამეურნეო მიზნებისათვის. წყლის რესურსების ინტეგრირებული მართვის პრინციპები შეიძლება გამოყენებული იქნას აგრეთვე საქართველოს სამხრეთ მთიანეთში არსებული წყალსაცავების (ფარაენის ტბა, წალკისა და ალგეთის წყალსაცავები) აუზებში ღრუბლებზე ზემოქმედების შედეგად მიღებული წყლის დამატებითი რესურსების ეკონომიკაში ეფექტური გამოყენებისთვის.

დანართები

დანართი 1.

საქართველოს კპ ცენტრალური კომიტეტი და საქართველოს სსრ
მინისტრთა საბჭო
დადგენილება

ქ. თბილისი

№ 478

1977 წ. 21 ივნისი

ნალექთა ხელოვნური გაზრდის საცდელ-საწარმოო სამუშაოთა ჩატარების შესახებ

საქართველოს კპ ცენტრალური კომიტეტი და საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭო აღნიშნავენ, რომ სარწყავი მიწათმოქმედების შემდგომი განვითარებისთვის მეტად მნიშვნელოვანია დამატებითი წყლის რესურსების ახალი გზების მოძიება, განსაკუთრებით აღმოსავლეთ საქართველოს რაიონებში. ატმოსფეროს ფიზიკის დარგში მოპოვებული თანამედროვე სამეცნიერო მიღწევები აჩვენებს, რომ ერთ-ერთი ასეთ გზას წარმოადგენს ნალექთა გაზრდის მიზნით ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედება. სსრკ მინისტრთა საბჭოსთან არსებული ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის მთავარი სამმართველოს ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევით ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გამოავლინა ამ ღონისძიების განხორციელების პერსპექტიულობა.

რესპუბლიკაში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის სამუშაოთა ორგანიზების მიზანშეწონილობის გათვალისწინებითა და ამ სამუშაოთა დიდი მნიშვნელობის მხედველობაში მიღებით, საქართველოს კპ ცენტრალური კომიტეტი და საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭო ადგენენ:

1. დაევალოს ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევით ჰიდრომეტეოროლოგიურ ინსტიტუტს:
 - 1977-1980 წლებში ნალექთა გაზრდის საცდელ-საწარმოო სამუშაოთა ჩატარება, აგრეთვე მდ.იორის აუზში თიანეთის რაიონის ტერიტორიაზე სეტყვასთან ბრძოლის მიზანშეწონილობის დასადგენად საკონტროლო დაკვირვებათა ორგანიზება როგორც მდინარეების – არაგვის, ქსნის, ღიახვისა და ილტოს აუზებში, ისე ხრამი-ფარავანის წყალშემკრებების ტერიტორიაზე, შემდგომში ნალექთა გაზრდის სამუშაოთა გაფართოების გათვალისწინებით;
 - საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიებზე ნალექმზომი და მდინარის ჩამონადენის გასაზომი ქსელით აღჭურვილი ექსპერიმენტული ჰიდრომეტეოროლოგიური პოლიგონის ორგანიზება, ჩატარებულ სამუშაოთა ეფექტურობის შესაფასებელი მეთოდის შესამუშავებლად და ინსტიტუტში სპეციალიზებული ლაბორატორიის შექმნა, ამ სამუშაოთა სამეცნიერო-მეთოდური ხელმძღვანელობის უზრუნველსაყოფად;
 - ჩატარებული გამოკვლევების ყოველწლიური შეჯამება და 1980 წლისთვის მიღებული შედეგების განზოგადება შეთავაზებული მეთოდის ეფექტურობის შესახებ, და რესპუბლიკის სხვა რაიონებში აღნიშნული მიმართულებით სამუშაოთა შემდგომი გაფართოების შესაძლებლობის რეკომენდაციით;
 - ღრუბლებზე ზემოქმედების ოპერაციების ჩატარების შედეგად გარემოს დაბინძურების დონის კონტროლის დაწესება.
2. საქართველოს სსრ სოფლის მეურნეობის სამინისტროს დაევალოს:
 - საქართველოს სსრ სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებელი სამსახურის სისტემაში თიანეთის რაიონში ექსპერიმენტულ ჰიდრომეტეოროლოგიურ პოლიგონზე ცალკე სპეციალიზებული რაზმის „იორის“ ორგანიზება 1977-1980 წლებში მდ.იორის აუზში ნალექთა გაზრდის სამუშაოთა ჩატარებლად;
 - 1977 წელს სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებულ სამსახურს სპეციალიზებული რაზმის „იორის“ შესაქმნელად გაეზარდოს ხელფასის ფონდი 48.1 ათასი მანეთით საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროსთვის დამტკიცებული ფონდების ხარჯზე;
 - 1977 წლის III კვარტალში სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებულ სამსახურს „იორის“ რაზმისთვის გამოეყოს ერთი სატვირთო ავტომანქანა გაზ-66;
 - განახორციელოს 1978 წელს მშენებლობა თიანეთის რაიონში „იორის“ რაზმის ბაზის სეტყვასთან ბრძოლის გასამხედროებელი სამსახურის, გურჯაანის გასამხედროებელი

ნაწილის ბაზის არსებული პროექტის გამოყენებით, აგრეთვე ოთხი სარეკეტო საგუშაგოს აგება.

3. ეთხოვოს სსრკ მინისტრთა საბჭოსთან არსებულ ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის მთავარ სამმართველოს:

ა) გამოუყოს ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევით ჰიდრომეტეოროლოგიურ ინსტიტუტს დამატებითი საშტატო ერთეულები, ხელფასის ფონდი და აღჭურვილობა ექსპერიმენტული ჰიდრომეტეოროლოგიური პოლიგონის ქსელის მოსაწყობად და მომსახურების უზრუნველსაყოფად;

ბ) დაავალოს სსრკ მინისტრთა საბჭოსთან არსებული ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის მთავარი სამმართველოს საქართველოს სსრ სექციასთან ბრძოლის ცალკე გასამხედროებულ ნაწილს:

– ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევით ჰიდრომეტეოროლოგიურ ინსტიტუტთან ერთად 1977 წელს ჩაატაროს მდ.იორის აუზში ნალექთა გაზრდის სამუშაოთა საწარმოებლად საჭირო რ/ლ დაკვირვებები, რისთვისაც გამოუყოს ხსენებულ ინსტიტუტს ერთი რ/ლ სადგური მრლ-1;

– აღიჭურვოს საქართველოს სსრ სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სექციასთან ბრძოლის სამსახურის სისტემაში შექმნილი „იორის“ რაზმის საცეცხლე წერტილები საზენიტო ქვემეხებით KC-19, რისთვისაც გამოუყოს 1977 წელს „იორის“ რაზმს 4 საზენიტო ქვემეხი KC -19 და ჰიგროსკოპული რეაგენტით შევსებული 300 ჭურვი „Эльсрус-4“;

– გაეწიოს დახმარება „იორის“ სპეციალიზებულ რაზმს კადრების მომზადებაში და რ/ლ სადგურისა და საზენიტო ქვემეხების ტექნიკურ მომსახურებაში.

4. საქართველოს სსრ სოფლის მეურნეობის სამინისტრომ დააფინანსოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სექციასთან ბრძოლის გასამხედროებელი სამსახურისა და ცალკე გასამხედროებელი სამსახურისთვის 1977 წელს გათვალისწინებული სამუშაოები სამინისტროსთვის გამოყოფილი თანხების ხარჯზე.

5. დაევალოს საქართველოს სსრ ფინანსთა სამინისტროს და საქართველოს სსრ სოფლის მეურნეობის სამინისტროს ყოველწლიურად, დაწყებული 1978 წლიდან, რესპუბლიკის ბიუჯეტის პროექტებში გათვალისწინებულ იქნას ნალექთა გაზრდის საცდელ-საწარმოო სამუშაოთა დაფინანსება ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევითი ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის წარდგინების შესაბამისად.

6. დაევალოს საქართველოს სსრ კავშირგაბმულობის სამინისტროს:

– 1977 წლის IV კვარტლიდან გადაეცეს იჯარით ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევით ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტს თიანეთი-თბილისის სატელეფონო კავშირის მაღალი სიხშირის არხი სამოქალაქო ავიაციისა და სამხედრო-საჰაერო ძალების ორგანოებთან მუდმივი კავშირის უზრუნველსაყოფად;

– გამოუყოს ქ. თბილისში ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევით ჰიდრომეტეოროლოგიურ ინსტიტუტს სატელეფონო ხაზის ერთი ნომერი „იორის“ რაზმსა და სამოქალაქო ავიაციისა და სამხედრო-საჰაერო ძალების ორგანოებს შორის სამუშაოთა კოორდინაციისთვის.

7. დაევალოს თიანეთის რაიონის მშრომელთა დეპუტატების საბჭოს აღმასრულებელ კომიტეტს:

– ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევით ჰიდრომეტეოროლოგიურ ინსტიტუტთან და საქართველოს სსრ სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სექციასთან ბრძოლის გასამხედროებულ სამსახურთან ერთად, განიხილოს საკითხი შესაბამისი პროექტებით გათვალისწინებული ბაზისა და ოთხი საცეცხლე წერტილის ასაშენებლად „იორის“ რაზმის მიწის ნაკვეთების გამოყოფისა და დადგენილ ვადაში საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოში წინადადებების წარდგენის შესახებ;

– მიიღოს ზომები საჭირო პირობების შესაქმნელად „იორის“ რაზმის ნორმალური მუშაობის საწარმოებლად და საცეცხლე წერტილების ელექტროგანათებითა და მისასვლელი გზებით უზრუნველსაყოფად;

– გაეწიოს დახმარება „იორის“ რაზმს ტექნიკური პერსონალის საჭირო კადრებით

დაკომპლექტების საქმეში.

8. დაევალოს მშრომელთა დეპუტატების თბილისის საქალაქო საბჭოს ადმინისტრაციულ კომიტეტს ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევით ჰიდრომეტეოროლოგიურ ინსტიტუტთან ერთად შეარჩიოს და გამოყოს მიწის ნაკვეთი, ხსენებული ინსტიტუტის საველეექსპერიმენტული ბაზის ცენტრის ასაშენებლად ქ. თბილისის საქარხნო რაიონის ტეროტორიაზე.

საქართველოს კპ ცენტრალური
კომიტეტის მდივანი
ე. შევარდნაძე

საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს
თავმჯდომარე
ზ.პატარიძე

დანართი 2.

მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის ნალექთა გაზრდის პროექტის მოკლე მიმოხილვა – 1985წ. (ნხგ მოხსენება №34). უენევა, 1987წ.

Краткий обзор проекта ВМО по увеличению осадков – 1985г. (Доклад ПУО №34). Женева, 1987г.

რეზიუმე

ნალექთა ხელოვნური გაზრდის (ნხგ) პროექტის საწყის ამოცანას წარმოადგენდა ნალექთა შესამჩნევი გაზრდის მიზნით ამინდზე ზემოქმედების მეცნიერულად დასაბუთებული სამუშაოების დემონსტრირება. თავიდანვე იკულისხმებოდა, რომ არსებული ცოდნა საკმარისი იყო, რათა პროექტის ფარგლებში უარი თქმულიყო უშუალოდ კვლევით კომპონენტზე. პროექტი წარმოადგენდა ერთობლივ ღონისძიებას, რომელშიც მონაწილეობდნენ ცალკეული მეცნიერები, ინსტიტუტები, დამოუკიდებელი სახელმწიფოები და საერთაშორისო ორგანიზაციები; ამავე დროს მისი დაგეგმარება და განხორციელება დაევადა მსოფლიო მეტეოროლოგიურ ორგანიზაციას (მმო).

თავდაპირველად პროექტის დაწყება დაგეგმილი იყო 1974 წელს, აფრიკაში საჰელის ზონაში წყლის უკმარისობასთან დაკავშირებული სიტუაციის გაუმჯობესებაში შესაძლო წვლილის სადემონსტრაციოდ. ღრუბლებზე ზემოქმედების ჩასატარებლად მიღებულ იქნა სამეტაპიანი შერჩევის პროცესი პოლიგონისა, სადაც არსებობდა საჩვენებელი პროექტის განხორციელებისათვის დამაკმაყოფილებელი პირობები. პროექტის წინაშე დასმული ამოცანები საკმარის ვიწრო და შეზღუდული იყო. კერძოდ, ზემოქმედების სადემონსტრაციო ეტაპზე ხუთწლიანი პერიოდის განმავლობაში უნდა მიღწეულიყო მეცნიერულად დასაბუთებული შედეგების მიღება.

დასმული ამოცანის გადასატრედად მმო-ს წევრების მიერ შეთავაზებულ იქნა 16 პოლიგონი. მატერიალურ-ტექნიკური მომარაგების, პოტენციური საწევრო გადასახადებისა და კლიმატოლოგიისა და ღრუბელთა ფიზიკის რეპერული სისტემების არსებობის პირობების გათვალისწინებით შერჩეულ იქნა მდ. დუეროს აუზი ესპანეთში, რომელიც უნდა გამხდარიყო საველე გაზომვების პოლიგონი ნხგ წინაშე დასმული ამოცანების გადასატრედად.

საველე გაზომვები ტარდებოდა ორიდან ოთხ თვემდე ხანგრძლივობის პერიოდების განმავლობაში 1979, 1980 და 1981 წლებში. ღრუბლებზე ზემოქმედების სამუშაოები ამ პერიოდებში არ ჩატარებულა. მიმდინარეობდა მხოლოდ სინოპტიკურიდან დაწყებული ღრუბელთა მიკრომასშტაბით დასრულებული მონაცემების შეგროვება და ანალიზი. ამ სამუშაოს შედეგად შემუშავებულ იქნა რიგი ახალი მეთოდებისა ყინულწარმოქმნელი ნივთიერებებით ნალექთა გაზრდის პოტენციალის შესაფასებლად, თუმცა ანალიზის სხვადასხვა მეთოდებმა გამოიწვია ურთიერთსაწინააღმდეგო შედეგების მიღება. თვით ანალიზის მეთოდებიც აღმოჩნდა შეუმოწმებელი და ერთმანეთთან შეუთავსებელი. ამიტომ პოლიგონის შესაფერისობის შესახებ დასკვნის გამოტანამდე საჭირო გახდა სამეცნიერო და არა სადემონსტრაციო ხასიათის დამატებითი გამოკვლევების ჩატარება. მაგრამ საფინანსო სიძნელეებთან დაკავშირებით საველე სამუშაოებზე ორიენტირებული საჭირო კვლევების განხორციელება შეუძლებელი აღმოჩნდა 1983 წლამდე.

ამინდზე ხელოვნური ზემოქმედების სამეცნიერო და ტექნიკური ასპექტები ჩატარებული სამუშაოების შედეგად გამდიდრდა შემდეგი მონაპოვრებით:

– ტექნოლოგიის გადაცემა:

ა) გაჩნდა დეტალური მონაცემები სამეცნიერო საზოგადოების თანამედროვე შეხედულებებზე ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პროექტის დაგეგმარებისა და სამეცნიერო გამოკვლევების შესახებ და დაიწყო ამ იდეების რეალურ გარემოში გამოყენების დემონსტრირება. აღნიშნულ საკითხებს ეძღვნება ნხგ სერიაში მმო-ს მიერ გამოქვეყნებული 33 მოხსენება;

ბ) შეიქმნა საექსპერტო სისტემა ჩვეულებრივ მეტეოროლოგიურ მონაცემთა გამოყენებით ნალექთა გაზრდის პოტენციალის შესაფასებლად.

– მეთოდური სამუშაოები:

ა) შეიქმნა მათემატიკური სქემები (მოდელები), რომლებშიც განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორების ან მფრინავი ლაბორატორიების მონაცემებს (ორივე შემთხვევაში საქმე გვაქვს სავსე მონაცემებთან), რომელთა დახმარებით შესაძლებელია რადიოლოკაციური გამოთვლების ჩატარება ნალექთა იმ მოცულობის შესახებ, რომელიც შეიძლება მიღებული იქნას დრუბელზე ზემოქმედების შედეგად;

ბ) შემუშავდა მეთოდი, რომლის დახმარებითაც თვითმფრინავი ღებულობს მონაცემებს დრუბელთა მიკროფიზიკური თვისებების შესახებ; ეს მეთოდი შესაძლებელია ექსტრაპოლირებული იქნას მთელ საკვლევ რაიონზე იმისთვის, რომ შეფასდეს ზემოქმედების შედეგად ნალექთა პოტენციური გაზრდის ფარგლები;

გ) გამოვლინდა ორი ჰიპოთეზა მეთოდების შესახებ, რომელთა დახმარებით შესაძლებელია მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორებით მიღებული ინფორმაციის გამოყენება ვრცელი სადრუბლო სისტემებიდან ზემოქმედების შედეგად ნალექთა გაზრდის შესახებ;

დ) დამუშავდა მეთოდი, რომელიც საშუალებას იძლევა მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორის საპროგნოზო მონაცემებით დადგინდეს იქნას ნალექებზე ზემოქმედების მოსალოდნელი შედეგები.

– სამეცნიერო გამოკვლევები:

ა) მიმდინარეობს ბუნებრივი და ზემოქმედებაქმნილი დრუბლების ევოლუციის რიცხვითი გამოკვლევები, რის შედეგადაც მიიღება ახალი ჰიპოთეზები, რომლებიც უკავშირდება დიდი და სტრატეგიული სადრუბლო სისტემების „დინამიკური“ დამუშავების პოტენციალს;

ბ) მიღებულ იქნა უნიკალური ინფორმაცია ფართომასშტაბური დრუბლიანობის მიკროფიზიკური აგებულებისა და დინამიკური თვისებების შესახებ. ეს მონაცემები, რომლებიც ასახავს ყინულის ნაწილაკების ჩვეულებრივზე მაღალ და მოულოდნელ კონცენტრაციას, მოითხოვს მიზეზების ახსნა-განმარტებას;

გ) არსებობს სარწმუნო მოწმობა იმისა, რომ სამრეწველო გამონაბოლქვის კვამლის ნაკადს შეუძლია ნალექთა გამოწვევა, რაც ამინდზე გაუთვალისწინებელი ზემოქმედების დიდ მნიშვნელობასთან ერთად გულისხმობს ნალექთა გაზრდის წინასწარ გამიზნულ შესაძლებლობას.

ნხვ პროექტის ფარგლებში წარმატებით გამოიყენებოდა მის წინაშე დასახული ამოცანების შესასრულებლად გამოყოფილი რესურსები. პროექტის შეჩერება მანამდე, სანამ შესაძლებელი გახდა მისი მიზნების მიღწევა, დამახასიათებელია ამინდზე ზემოქმედების ექსპერიმენტების უმეტესი ნაწილისთვის. სამწუხაროდ, პროექტის ნაადრევი შეჩერების ან შეწყვეტის შესახებ გადაწყვეტილების მიღება, რომელიც გამოწვეულია ეკონომიკური თუ სხვა არაფიზიკური მიზეზებით, ხშირ შემთხვევაში უმართებულოდ აღიქმება როგორც ნხვ პროექტის მიერ მის წინაშე დასმული ფიზიკური ამოცანების დაძლევის შეუძლებლობა. ამ ფაქტის მართებული ახსნა მდგომარეობს იმაში, რომ ძალიან ძნელია ინტერესის შენარჩუნება პროექტისადმი, რომლის დასრულება მოითხოვს მრავალ წელს და რომლის შედეგი წინასწარ არ არის განსაზღვრული. ასეთ დროს ძნელია ყოველწლიური შედეგების დემონსტრირება, რაც იწვევს სპონსორების მხრიდან ინტერესის ნაადრევ კარგვას ექსპერიმენტისადმი მანამდე, სანამ მიღებული იქნება მეცნიერულად დასაბუთებული შედეგები. ამიტომ ამინდის მოვლენებზე ხელოვნური ზემოქმედების პროექტები როგორც ეროვნულ, ისე საერთაშორისო დონეზე, უნდა იგეგმებოდეს ისეთნაირად, რომ მნიშვნელოვანი ქვეამოცანების შესრულება ესწრებოდეს დროის ისეთ მონაკვეთებში, რომ იძლეოდეს პროექტის გაგრძელების სტიმულს.

პროექტმა ცხადყო, რომ სხვადასხვა სოციალურ-პოლიტიკური წყობის ქვეყნების მეცნიერებს შეუძლიათ აღნიშნულ დარგში ენთუზიაზმით ერთად მუშაობა დროის

ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში (რამდენიმე თვე წელიწადში, სულ მცირე სამი წლის განმავლობაში). პროექტში მონაწილე ყველა ცნობილმა მეცნიერმა მასში მონაწილეობის გაგრძელების სურვილი გამოთქვა.

ამინდის მოვლენებზე ხელოვნური ზემოქმედების დარგში მეცნიერებამ და ტექნიკამ ჯერ ვერ მიაღწია ისეთ მდგომარეობას, რომ პროექტის, და კერძოდ ნხვ მიმართულების სადემონსტრაციო ნაწილის ჩატარება პრაქტიკულად გამართლებული იყოს. სადემონსტრაციო სტადიის ჩატარებამდე საჭიროა სამეცნიერო გამოკვლევების შესრულება.

სამწლიანი ექსპერიმენტირების მონაცემთა ანალიზმა აჩვენა, რომ მდ. დუეროს აუზი არ აკმაყოფილებს ნხვ პროექტის წინაშე დასმული ამოცანების შესრულების მოთხოვნებს. ამ დასკვნის შესამოწმებლად საჭიროა ნხვ ახალი პროექტის რეალური ჩატარება პოლიგონზე, რომელიც შესაძლებელს გახდის პროექტის ეკონომიკურ მხარდაჭერას. მიუხედავად ამ წინააღმდეგობრივი შენიშვნებისა, ესპანეთში განხორციელებულმა ნხვ პროექტმა გზა გაუკვალა მეცნიერულად დაგეგმილ და მომავალში ჩასატარებელი ამინდის მოვლენებზე ზემოქმედების შემდგომ პროექტებს, რომლებიც მოწოდებული იქნება თეორიულად მიღებული რეკომენდაციების შესამოწმებლად ამინდის მოვლენებზე ზემოქმედების სფეროში.

1979-1981 წლების განმავლობაში ნხვ პროექტის შესრულებაში დაკავებული იყო 10 ქვეყნის 231 სპეციალისტი, მათ შორის დაგეგმარებასა და ხელმძღვანელობაში 29 მეცნიერი, 100 – საველე სამუშაოების განხორციელებაში (ტექნიკური პერსონალის გარდა) და 102 – სხვადასხვა დროს მოწვეული სამეცნიერო კონსულტანტი.

პროექტის შესრულების ეტაპები

1. მოსამზადებელი ეტაპი

- * ამინდზე ხელოვნური ზემოქმედების პროგრამის დამტკიცება მმო მეშვიდე კონგრესზე (1975წ.), რომელშიც შედიოდა ნხვ პროექტის გეგმის განხილვაც.
- * ნხვ პროექტის მიზნების ჩამოყალიბება მმო აღმასრულებელი საბჭოს 28-ე სესიაზე (1976). ეს მიზნები მოიცავდა შემდეგ ამოცანებს:
 - ა) ნხვ ექსპერიმენტული სამუშაოების ჩატარება 10 000 კმ² საცდელ ტერიტორიაზე, რომელიც უნდა შედიოდეს პროექტის მთლიან ტერიტორიაში, საკონტროლოს ჩათვლით, ფართობით 50 000 კმ²;
 - ბ) სტატისტიკური უზრუნველყოფის დამაკმაყოფილებელ დონეზე ნალექთა გაზრდის დემონსტრირება შედარებით ხანმოკლე პერიოდში (დაახლოებით 5 წელიწადში);
 - გ) საცდელ ტერიტორიაზე მეტეოროლოგიური მოვლენებისა და ღრუბელთა ფიზიკის პროცესების საკმარისი სიღრმით გარკვევა, რათა უზრუნველყოფილი იქნას სტატისტიკური კავშირი ღრუბლებზე ზემოქმედებასა და ნალექთა ნებისმიერ ცვლილებას შორის.
 - დ) გამოკვლევების წარმოება ექსპერიმენტის ჩატარების მოსახდურე ტერიტორიებზე ნალექთა რეჟიმის ცვლილების დასადგენად საცდელ ტერიტორიაზე ზემოქმედების შედეგად;
 - ე) ზემოქმედების გავლენის შეფასება ღრუბლებში მიმდინარე მეზო – და მიკრომასშტაბურ პროცესებზე;
 - ვ) ღრუბლებზე ზემოქმედების ეფექტის ოპტიმიზაცია ღრუბლებში მიმდინარე პროცესების უფრო დეტალური შესწავლის გზით;
 - ზ) ნხვ პროცედურების გამოყენების რეკომენდაციები დედამიწის სხვა რაიონებში;
 - თ) ბუნებრივ გარემოზე ნხვ პროექტის ზემოქმედების შეფასება.

ამავე წელს შეიქმნა ნხვ პროექტის საბჭო, რომელშიც შედიოდნენ აღმასრულებელი საბჭოს ექსპერტთა ჯგუფი და სამეცნიერო დაგეგმარების ჯგუფი. საბჭომ შეიმუშავა ექსპერიმენტის ჩატარების გეგმა, რომელიც დაყოფილ იქნა 3 ფაზად:

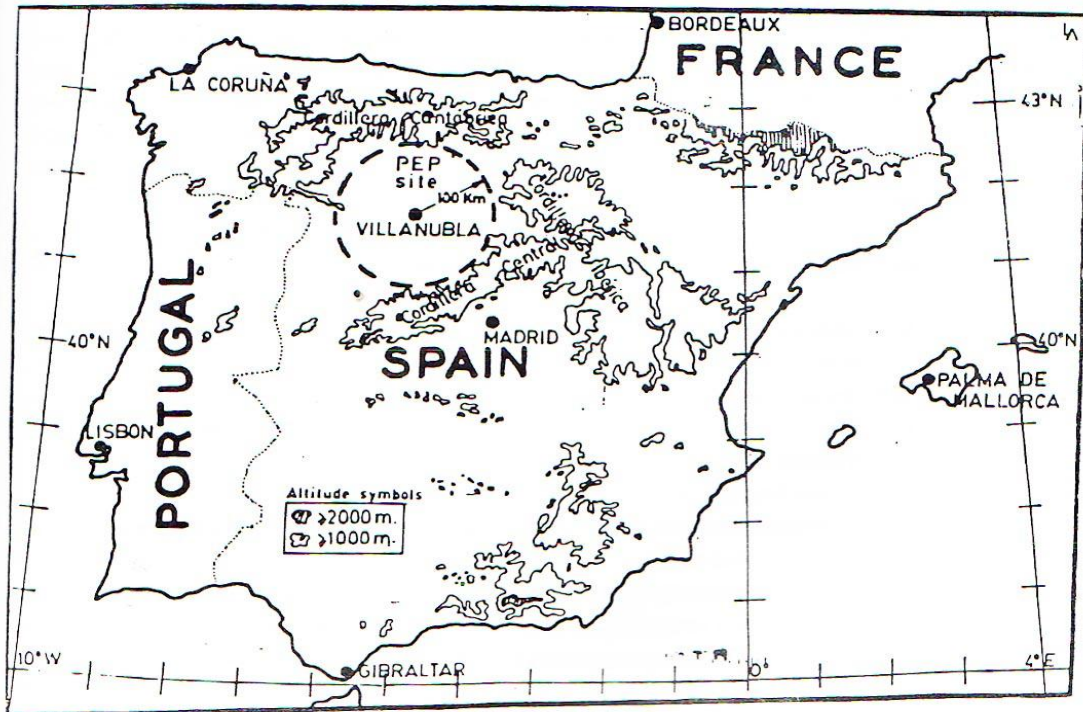
- ა) მომზადება, პოლიგონის შერჩევის ჩათვლით (2-3 წელი);

- ბ) საველე ექსპერიმენტის ჩატარება, რომელიც მოიცავდა ღრუბლებზე ზემოქმედების წარმოებასა და დადგენილი გაზომვების შესრულებას (სავარაუდოდ 5 წელი);
- გ) შეფასება, მათ შორის მონაცემთა შეგროვება და მათი ნაწილობრივი ანალიზი (სავარაუდოდ 1 წელი).

მოსამზადებელი ეტაპის მთავარ კომპონენტად ჩათვლილი იქნა პოლიგონის შერჩევის ფაზა. ექპერტთა ჯგუფის მიერ წინასწარ შემუშავდა კრიტერიუმების სია, რომელსაც უნდა აკმაყოფილებდეს შესარჩევი პოლიგონი: იგი უნდა მდებარეობდეს მსოფლიოს ნახევრად არიდულ რეგიონში, ხასიათდებოდეს ბუნებრივი ღრუბლიანობისა და ნალექების (არა უმცირეს 250 მმ) საკმარისი რეგულარული რაოდენობით, მისი ფართობი უნდა შეადგენდეს რიგით 50 000 კმ², საიდანაც ექსპერიმენტები უნდა ტარდებოდეს დაახლოებით 10 000 კმ² ფართობზე, შერჩეული ტერიტორიისთვის უნდა არსებობდეს ნალექებზე რეგულარული დაკვირვების ისტორიული რიგები ხანგრძლივობით სულ მცირე 10 წელი, საცდელ და საკონტროლო ტერიტორიებზე მოსულ ნალექთა შორის უნდა არსებობდეს მაღალი კორელაცია და ნალექთა ბუნებრივი რყევადობა არ უნდა იყოს დიდი, რათა შესაძლებელი იყოს 5-წლიან პერიოდში ნალექთა 10-15%-იანი ნაზრდის დადგენა სტატისტიკურად მისაღებ ნიშნად დონეზე, პოლიგონზე უნდა არსებობდეს შესაფერისი ინფრასტრუქტურა და შესაძლებელი უნდა იყოს მასზე მიღებული შედეგების გათვალისწინებით ანალოგიური პროექტების განხორციელება დედამიწის სხვა რეგიონებშიც.

ამ მოთხოვნების გათვალისწინებით პოლიგონის შესარჩევად განხილულ იქნა შემდეგი ქვეყნები: ალჟირი, ავსტრალია, ინდოეთი, ესპანეთი, ტუნისი და თურქეთი, სარეზერვოდ ჩაითვადა არგენტინა და მექსიკა.

1978 წლის აპრილში პროექტის აღმასრულებელმა საბჭომ წევრთა გამოკითხვის შედეგად გადაწყვიტა პოლიგონის შერჩევა ესპანეთში. საველე ოპერაციების დაწყება დაიწყო მდ. დუეროს აუზში 1979 წლის იანვრიდან. ნხვ პროექტის ჩატარების ადგილი (PEP site), რომლის ცენტრია ქ. ვილანუბლა, ნახევნებისა ნახ. დ1-ზე.



ნახ. დ1-1 – ესპანეთში 1979-1981 წლებში ნხვ ექსპერიმენტის ჩასატარებლად შერჩეული ტერიტორია.

2. საველე ექსპერიმენტების ჩატარების ეტაპი

საველე ექსპერიმენტების ჩატარების ეტაპი მოიცავდა 3 საველე სეზონის განმავლობაში (1979-1981წწ.) ჩატარებულ სამუშაოებს.

პირველი საველე სეზონი (14.III – 8.V. 1979) შესრულდა შემდეგი ქვეყნების მონაწილეობით და მათ მიერ მოწოდებული ხელსაწყო-დანადგარების გამოყენებით:

- ა) ღრუბელთა ფიზიკა (თვითმფრინავები)
 - DC -7 (საფრანგეთი)
 - კუინ-ეირი (აშშ)
 - საჰაერო სივრცის კონტროლი (ესპანეთი)
- ბ) სინოპტიკური ლაბორატორია
 - სინოპტიკური სადგურების ქსელი (ესპანეთი)
 - ამინდის პროგნოზი (მმო, ესპანეთი, აშშ)
 - ისტორიული სინოპტიკური მონაცემები (მმო, ესპანეთი, აშშ, საფრანგეთი)
 - დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრი (დხთ) (საფრანგეთი)
 - კავშირგაბმულობა (ესპანეთი)
 - რადიოზონდირება (საფრანგეთი, ესპანეთი)
- გ) მიწისპირა გაზომვები (ადგილობრივ დონეზე)
 - ნალექშომი ქსელი (ესპანეთი)
 - წვიმის წვეთების გაზომვა (შვეიცარია)
 - ღრუბელთა მიკროფიზიკა (საფრანგეთი, ესპანეთი)

მთავარი კომპონენტი, რომელიც აკლდა გაზომვების ჩატარებას, იყო მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორი, რომელიც გეგმის თანახმად, უნდა მოეწოდებინა საბჭოთა კავშირს.

მეორე საველე სეზონში (13.II – 9.V. 1980) მონაწილეობდნენ შემდეგი ქვეყნები მათ მიერ შემოთავაზებული ტექნოლოგიებით:

- ა) ღრუბელთა ფიზიკის შემსწავლელი თვითმფრინავები
 - კუინ-ეირი (აშშ)
 - ჰაიპერ აცტეკი (საფრანგეთი)
 - სესნა 206 (საფრანგეთი)
 - საჰაერო სივრცის კონტროლი (ესპანეთი)
 - კავშირი (ესპანეთი, აშშ, საფრანგეთი)
- ბ) მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორები
 - მრლ-5 (სსრკ)
 - მონაცემთა ციფრული რეგისტრატორი მრლ-5-თვის (კანადა)
 - BCP-74 (ესპანეთი)
- გ) სინოპტიკური ლაბორატორია
 - სინოპტიკური სადგურების ქსელი (ესპანეთი)
 - ამინდის პროგნოზი (ესპანეთი)
 - დხთ (საფრანგეთი, ესპანეთი)
 - კავშირი (ესპანეთი)
 - რადიოზონდირება (ესპანეთი, საფრანგეთი)
- დ) მიწისპირა გაზომვები (ადგილობრივ დონეზე)
 - ნალექშომი ქსელი (ესპანეთი)
 - წვიმის წვეთების სპექტრის გაზომვა (შვეიცარია)
 - კრისტალიზაციისა და კონდენსაციის გულეების გაზომვა (საფრანგეთი, ესპანეთი, ბულგარეთი, ავსტრალია)
 - ღრუბელთა ფოტოგრაფირება (საფრანგეთი, აშშ)
- ე) საველე მონაცემთა ანალიზი
 - თვითმფრინავის მონაცემები (აშშ, საფრანგეთი)
 - რ/ლ მონაცემები (სსრკ)

– სინთეზი (მმო, ბულგარეთი, კანადა)

მესამე საველე სეზონში (1.II–26.V.1981) ათმა ქვეყანამ მიაწოდა ნხვ პროექტს მატერიალური მომარაგება და/ან პერსონალი. მათ შორის:

ა) ღრუბელთა ფიზიკა (თვითმფრინავიდან წარმოებული დაკვირვებები)

- კუინ-ეირი (აშშ)
- პაიპერ აცტეკი (საფრანგეთი)
- სესნა 206 (საფრანგეთი)

ბ) ღრუბელთა ფიზიკა (მიწისპირა დაკვირვებები)

- წვიმის წვეთების გაზომვა (საფრანგეთი)
- ღრუბელთა სიმაღლის გაზომვა (ესპანეთი)
- ნალექშიზომი ქსელი (ესპანეთი)
- კონდენსაციის გულების გაზომვა (საფრანგეთი)

გ) დისტანციური რ/ლ გაზომვები

- მრლ-5 (სსრკ)
- სიგნალების ციფრული რეგისტრატორი მრლ-5-თვის (კანადა)
- რ/ლ სისტემა „დოპლერი-8 მმ“ (საფრანგეთი)
- რ/ლ სისტემა „დოპლერი-3 სმ“ (საფრანგეთი)
- რადიოლოკატორი BCP – 74 (ესპანეთი)
- ტექნიკური მომსახურება (მექსიკა, შვეიცარია)

დ) სინოპტიკური ლაბორატორია

- სინოპტიკური სადგურების ქსელი (ესპანეთი)
- ამინდის პროგნოზი (ესპანეთი, აშშ, მმო)
- ღხთ (საფრანგეთი)
- კავშირი (ესპანეთი)
- რადიოზონდირება (ესპანეთი)
- მონაცემთა ანალიზი (ბულგარეთი, პოლონეთი, ესპანეთი, იუგოსლავია და მმო).

ნხვ ექსპერიმენტის გეგმის თანახმად საველე სეზონებში სამეცნიერო დაკვირვებების გარდა სხვა პერიოდებში საცდელ ტერიტორიაზე ეპიზოდურად წარმოებდა ზემოქმედება ღრუბლებზე, რომლებიც აკმაყოფილებდა „ზემოქმედებისთვის ვარგისიანობის“ კრიტერიუმებს (გეომეტრიული ზომები, დინამიკური მახასიათებლები, მიკროფიზიკური სტრუქტურა და სხვ.). ზემოქმედება ტარდებოდა თვითმფრინავის ბორტიდან შესაფერის ღრუბლებზე იმ ვარაუდით, რომ სამუშაო პერიოდის ბოლოსთვის შესაძლებელი გახდებოდა მიღებული შედეგებით ზემოქმედების ეფექტის დადგენა ნალექთა სეზონურ ჯამებზე და საკონტროლო ტერიტორიასთან შედარებით ამ სხვაობის შეფასება. ამავე დროს წარმოებდა ცალკეულ ღრუბლებზე ზემოქმედების ეფექტის ფოტორეგისტრირება. პროექტის საბოლოო ანგარიშში შეფასებათა გაურკვევლობის გამო ზემოქმედების შედეგები არ არის განხილული. ღრუბლებზე რანდომიზებული ზემოქმედების ჩატარების საკითხი დაისვა მხოლოდ 1981 წლის საველე სეზონის დასრულების შემდეგ.

3. მონაცემთა ანალიზი და მიღებული შედეგების შეფასება

ნხვ პროექტის განხორციელებისას, განსაკუთრებით მისი საველე სეზონის მესამე ფაზის შესრულების დროს, განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო პროექტის ფარგლებში მიღებული მონაცემებისა და შედეგების ანალიზს. განხილული საკითხებიდან ერთ-ერთი მთავარი იყო პოლიგონის ვარგისიანობის (switability) შეფასება ნხვ ექსპერიმენტის ჩასატარებლად. მონაცემთა ანალიზის შედეგად მიღებულ იქნა შემდეგი შედეგები.

3.1. პროექტის წინაშე დასმულ ამოცანაზე პასუხის გასაცემად პოლიგონის შეფასების მთავარ კრიტერიუმს წარმოადგენდა ჩვენება იმისა, რომ საცდელ ტერიტორიაზე შედარებით მოკლე დროის განმავლობაში (5 წელი) ნიშნადობის საკმარის დონეზე დედამიწის

ზედაპირზე მიღებული ნალექთა ნებისმიერი გაზრდა დაკავშირებულია ზემოქმედებასთან და არ არის შემთხვევითი.

მონაცემთა მრავალმხრივი ანალიზის შედეგად დადგინდა იქნა, რომ ოროგრაფია შერჩეული რაიონისა, რომელიც მოიცავს მდ. დუეროს აუზს, აღნიშნული თვალსაზრისით არაადაპტაციურობა. საცდელი ტერიტორია მდებარეობს დაახლოებით 800 მ სიმაღლეზე და ხასიათდება ვაკე რელიეფით, მაგრამ უმეტესწილად გარშემორტყმულია მაღლობებით, რის გამოც მეტეოსისტემები იძლევა ნალექებს ამ მაღლობების ქარპირა მხარეებზე, საცდელ ტერიტორიაზე ფიონური ეფექტის გამო აღწევს გამომშრალი სახით და მათი ნალექწარმოქმნელი ეფექტურობა დაბალია. მომავალში სხვა პოლიგონის შერჩევას უპირატესობა უნდა მიეცეს უფრო მთიანი რელიეფის მქონე ტერიტორიას, რომელიც ხელს შეუწყობს ოროგრაფიულ ბარიერზე შექმნილი, განვითარების უფრო ხანმოკლე პერიოდის მქონე ღრუბლების წარმოქმნას. ამასთან დაკავშირებით, მომავალში საცდელ და საკონტროლო პოლიგონებზე უნდა შეიქმნას ნალექმზომთა ოპტიმალური ქსელი, რომელიც უნდა ეყრდნობოდეს ნალექთა ველების რიცხვითი მოდელირების შედეგებს.

3.2. სამივე საველე სეზონში თვითმფრინავების გამოყენებით ჩატარებულმა გაზომვებმა აჩვენა, რომ საკვლევ რეგიონში ღრუბელთა მიკროფიზიკური აგებულება/სტრუქტურა მოსალოდნელზე გაცილებით უფრო რთულია. განსაკუთრებით ბევრი საკითხი წამოიჭრა ყინულწარმოქმნელი და კონდენსაციის გულების წარმოშობისა და მათი ურთიერთქმედების პრობლემებთან დაკავშირებით. მან გამოიწვია ზემოქმედების შედეგად ნალექთა პოტენციურად შესაძლებელი ნაზრდის შეფასების გაუკვევლობა, რამაც კიდევ ერთხელ გაუსვა ხაზი საცდელ ტერიტორიაზე კვლევითი ფაზის გაგრძელების აუცილებლობას. ღრუბელთა მიკროფიზიკური სტრუქტურა უშუალოდ კავშირში აღმოჩნდა სინოპტიკურ პროცესებთან, რომელთა ზეგავლენით ყალიბდება საკვლევ რეგიონში შემოჭრილი ჰაერის მასები და მათში წარმოქმნილი საღრუბლო სისტემები.

3.3. ნხვ ჯგუფის ექსპერტთა სამუშაო ჯგუფის XIII სესიაზე (1982 წლის მარტი)

პოლიგონის შერჩევის ანალიზის შედეგად მიღებულ იქნა შემდეგი დასკვნები:

- ა) მდ. დუეროს აუზში არსებობს ღრუბლები და საღრუბლო სისტემები, რომლებიც შესაფერისია ყინულწარმოქმნელი რეაგენტებით ზემოქმედებისთვის;
- ბ) ფართობზე გასაშუალოებული სეზონური ნალექებისთვის შესაძლებელია ზემოქმედების შედეგად 5-დან 30%-მდე ნაზრდის მიღება;
- გ) სეზონურ ნალექთა 30%-იანი ნაზრდის აღმოსაჩენად საჭიროა რანდომიზებული ზემოქმედების პროგრამის შემუშავება დაახლოებით 5 წლის ხანგრძლივობით, რაც დუეროს აუზის პირობებში უზრუნველყოფს 5%-იანი ნიშნადობის დონეზე ზემოქმედების ეფექტის დადგენას 80%-იანი ალბათობით. მათე დროს ნალექთა 5%-იანი ნაზრდის დასადგენად საჭირო იქნებოდა ექსპერიმენტირების ხანგრძლივობის გაგრძელება 10 წლამდე;
- დ) ზემოქმედებისთვის შესაფერისი ღრუბლების შესარჩევად საუკეთესო გზად უნდა ჩაითვალოს რ/ლ მეთოდების გამოყენება, რაც არსებითად ამცირებს ზემოქმედების ეფექტურობის შეფასების განუსაზღვრელობას/ცდომილებას.

3.4. ექსპერტთა ჯგუფის ამავე სესიაზე ნხვ პროექტის ესპანეთის ტერიტორიაზე 1984 წლის ბოლომდე გაგრძელების შემთხვევაში მიღებულ იქნა შემდეგი რეკომენდაციები:

- ა) მიღებულ იქნა ზემოქმედებისთვის შესაფერისი არეების აღმოჩენის რ/ლ მეთოდების გამოყენება;
- ბ) საველე ექსპერიმენტების ჩატარების გზით შემოწმდეს ღრუბლებზე ზემოქმედების შედეგის კვალის გაჩენა და შესწავლილ იქნას რ/ლ სიგნალების ევოლუცია ზემოქმედებაქმნილ და დაუმუშავებელ ღრუბლებში;
- გ) ჩატარდეს ღრუბლებზე ზემოქმედების ეფექტების მოდელირება და მისი შედეგების საველე მონაცემებთან შედარება;
- დ) რ/ლ და ნალექმზომი მონაცემების გამოყენებით ჩატარდეს საცდელ და საკონტროლო

- დ) ტერიტორიებს შორის კორელაციის კოეფიციენტის დასადგენად საჭირო გამოკვლევები;
- ე) ჩატარდეს ნალექთა გაზომვები რ/ლ მეთოდების გამოყენებით (დეპოლარიზაციის მეთოდის ჩათვლით);
- ვ) დაიწყოს ზემოქმედების ექსპერიმენტული დაგეგმვის გამოკვლევები;
- ზ) ჩატარდეს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განვითარების მოდელირება და

ეკონომიკური გამოკვლევები გაეროს გარემოს დაცვით პროგრამასთან (UNEP) და სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციასთან (FAO) თანამშრომლობით.

იმ შემთხვევაში, თუ ხსენებული სამუშაოების შედეგად დამტკიცდება ზემოქმედების ექსპერიმენტის ჩატარების მიზანშეწონილობა, ღრუბლებზე ზემოქმედების საცდელი რანდომიზებული სტატისტიკური ექსპერიმენტი ჩატარდეს მომავალ ოთხწლიან პერიოდში (1986-1989წწ.).

1982 წლის ივნისში ნხვ პროექტის აღმასრულებელმა საბჭომ მიიღო გადაწყვეტილება, რომლის თანახმად მსოფლიო მეტეოროლოგიურ ორგანიზაციას მიეცა რეკომენდაცია ამაჟამად არ ჩაატაროს ესპანეთში ღრუბლებზე რანდომიზებული ზემოქმედების ექსპერიმენტი. საბჭომ დაბეჯითებით მოუწოდა ნხვ პროექტის მონაწილეებს დაასრულონ შეგროვილი მონაცემების ანალიზი და შეასრულონ მონაცემთა არქივირება. ამავე დროს მმო-მ უნდა უზრუნველყოს სათანადო ფონდების გამოყოფა აღნიშნული მიმართულებით კვლევების გასაგრძელებლად.

3.5. მიუხედავად იმისა, რომ ნხვ პროექტის ორგანიზაციული სტრუქტურა გარკვეულწილად მოუხერხებელი აღმოჩნდა, მისმა ყველა მონაწილემ გამოავლინა კეთილი ნება და პროექტის წარმატებით დასრულების დიდი სურვილი. ნხვ პროექტის ძირითადი მხარდამჭერი წევრები იყვნენ აშშ, სსრკ, კანადა, საფრანგეთი და ესპანეთი. საველე სამუშაოებში მონაწილე რამდენიმე მეცნიერი ღებულობდა საერთაშორისო დახმარებას მმო ფონდების გამოყენებით.

3.6. მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის IX კონგრესზე, რომელიც ჩატარდა 1983 წლის მაისში, განხილულ იქნა ნხვ პოლიგონის შეფასების შედეგები. აღნიშნულ იქნა პოლიგონზე საკვლევი სამუშაოების ჩატარების აუცილებლობა ნხვ ამოცანების გადასაჭრელად და უფრო ზუსტი შეფასებების მისაღებად. კონგრესი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ არსებული საფინანსო სიძნელეები არ აძლევს საშუალებას მმო-ს ნხვ საველე გამოკვლევების გასაგრძელებლად, მაგრამ მისასაღებელია მიღებულ საველე მონაცემთა მუდმივი ანალიზის გაგრძელება.

პროექტის ძირითადი შედეგები ზოგადი სახით მოყვანილია რეზიუმეში.

დანართი 3.

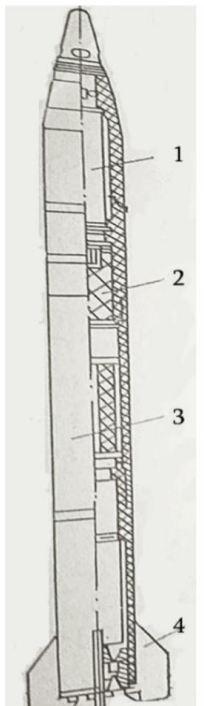
„იორის“ პროექტში გამოყენებული ტექნიკური საშუალებები



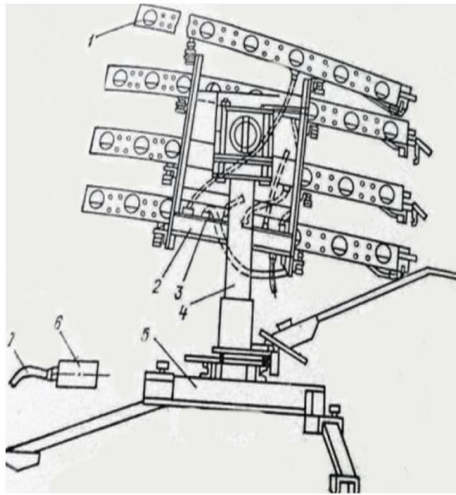
სურათი დ3-1. რადიოლოკატორი „MPJ-2“



სურათი დ3-2. რადიოლოკატორი „MPJ-5“



ნახ. დ3-1. სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტა „ალაზანი-2M“. 1-სათავე ნაწილი აქტიური კვამლის კოჭათი, 2-ლიკვიდატორის კოჭა, 3-პრაგა, 4-სტაბილიზატორის ფრთა.



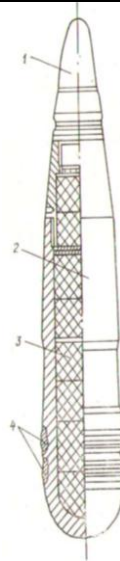
ნახ. დ3-2. გამშვები დანადგარი ТКБ-040 1- მიმართველი, 2-თაროელი, 3 გამანაწილებელი ფარი, 4-მთავარი ღერძი, 5-ფუძე, 6-სამართავი პულტი, 7-შემაერთებელი კაბელი



სურათი დ3-3. პირველი თაობის სეტყვასაწინააღმდეგო რაკეტა „ალაზანი-2M“-ისა და გამშვები დანადგარი ТКБ-040-ის საერთო ხედი



ა



ბ

ნახ. დ3-3. სეტყვასაწინააღმდეგო ჭურვი „Мнрыс-4“. ა).საერთო ხედი, 1-ამფეთქებელი, 2-ჭურვი რეაგენტით, 3-მასრა მუხტით, 4-კაფსული; ბ).მუშა ნაწილი, 1-ამფეთქებელი, 2-ჭურვის კორპუსი, კოჭა რეაგენტის ნაერთით, 4-მიმართველები.

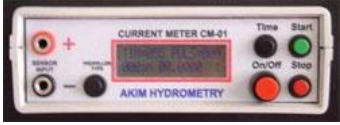



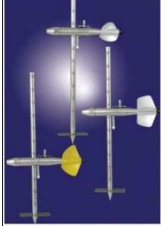



სურათი დ3-4. 100 მმ-იანი საზენიტო ქვემეხის KC -19 საერთო ხედი

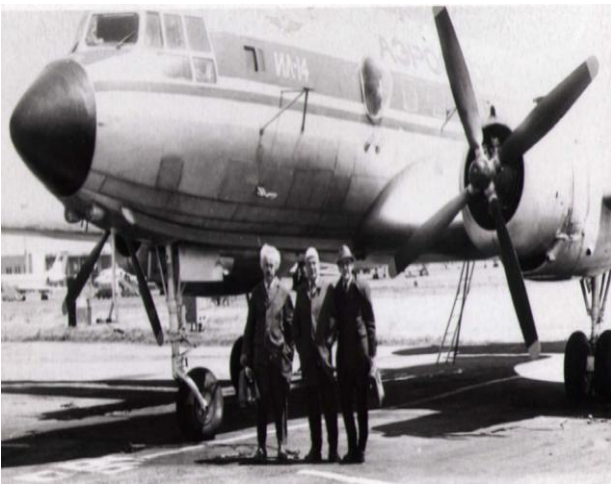
მეტეოროლოგიური საშუაბო



სურათი A3-5. ტრეტიაკოვის ნალექზომი

<p>მდინარის დინების სიჩქარის აღმრიცხველი</p>	<p>მდინარის დონის თვითმწერი „ვალდაი“:</p>	
		
		

სურათი დ3-6. ჰიდროლოგიური საგუშაგო



სურათი დ3-7,8. საცდელ ფრენებში გამოყენებული მფრინავი ლაბორატორიები ИЛ-14 და ЯК-40.



სურათი დ3-9. ზემოქმედებისთვის მზადება

დანართი 4.

პროექტის შემსრულებელთა მონაწილეობა კონფერენციებში, სამეცნიერო სესიებსა და სხვა შეხვედრებში

1. XXIV научная сессия ЗакНИГМИ. Тбилиси, 1977 г. О планировании работ по искусственному увеличению осадков в бассейне р. Иори (проект „Иори“).
2. Всесоюзная конференция по физике облаков и активным воздействиям на них. Нальчик, 17-21 апреля, 1979г.
 - 2.1. Сванидзе Г.Г. Программа эксперимента по увеличению осадков в бассейне р. Иори (Программа „Иори“).
 - 2.2. Сванидзе Г.Г. Бериташвили Б.Ш. Оценка длительности периода экспериментирования для установления эффекта воздействия на конвективные облака с целью увеличения осадков по проекту „Иори“.
3. Всесоюзный симпозиум по микрофизике облаков и осадков. Тбилиси, 9-14 октября 1979г. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Джапаридзе Н.Д., Прейс И.Ф., Робиташвили Г.А., Степанов В.Н., Хачатурян Э.Г. Теоретические и экспериментальные исследования воздействия искусственного стимулирования осадков.
4. XXVII научная сессия ЗакНИГМИ. Тбилиси, 14-15 мая 1980г. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Робиташвили Г.А., Ватьян М.Р. Предварительные результаты опытно-производственных работ по увеличению осадков.
5. Республиканская научная сессия по гидрометеорологии. Тбилиси, 12-14 мая 1981г. Сванидзе Г.Г., Бибилашвили Н.Ш., Бегалишвили Н.А., Ватьян М.Р. Основные результаты выполнения программы проекта „Иори“ в 1977-1980 гг. и планирование работ по увеличению осадков по проекту „Иори“ на 1982-1985 гг.
6. XXXI научная сессия ЗакНИГМИ, Тбилиси, 14-15 мая 1984 г. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Ватьян М.Р. О результатах оценки эффективности работ по искусственному увеличению осадков исследовательской фазе проектов „Иори“ и „Паравани“.
7. Всесоюзный семинар по планированию и оценке эффективности работ по искусственному увеличению осадков. Москва, 25-29 июня 1984г.
 - 7.1. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Шакарашвили В.Ш. К вопросу планирования проекта увеличения осадков (ПУО) на основе статистического моделирования экспериментов.
 - 7.2. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н. О гидрологическом методе оценки эффективности воздействия в рандомизированных опытах по увеличению конвективных осадков.
 - 7.3. Бартишвили И.Т., Ватьян М.Р., Менабде Ш.Ш., Одикадзе М.Я. Оценка влияния некоторых метеорологических факторов и норма расхода реагента на результаты работ по увеличению осадков в бассейне р. Иори.
 - 7.4. Бегалишвили Н.А., Менабде Ш.Ш., Церетели З.З. Шакарашвили В.Ш. К вопросу физической оценки эффекта воздействия на конвективные облака с целью увеличения осадков.
 - 7.5. Ватьян М.Р., Капанадзе Н.И., Менабде Ш.Ш., Метревели А. З., Одикадзе М.Я., Серафимов В.К. Радиолокационный способ индикации мощно-кучевых и кучево-дождевых облаков и расчет количества выпавших из них осадков.
 - 7.6. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Ватьян М.Р. О результатах оценки эффективности работ по искусственному увеличению осадков в исследовательской фазе проектов „Иори“ и „Паравани“.
8. XXXII научная сессия ЗакНИИ. Тбилиси, 21-22 мая 1985 г.
 - 8.1. Бегалишвили Н.А., Сванидзе Г.Г. Результаты экспериментальных работ по искусственному увеличению осадков в горных районах в Грузии.
 - 8.2. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А. Экономическая оценка эффективности исследований, выполняемых по проблеме искусственного увеличения осадков.
9. IV WMO Scientific Conference on Modification. A. Joint WMO/JAMAP Symposium. Honolulu, Hawaii,

- USA. 1985, WMO/TD-N 53, PP/ 525-528. Svanidze G.G., Vatian M.R., Begalishvi N. A., Kuznetsov A.A. Karbatkin-zade G.Z., Ushintsev V.F. Results of experiments on precipitation artificial enhancement in mountain regions.
10. XXXIII научная сессия ЗакНИИ. Тбилиси, 21-22 мая 1985 г. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Робиташвили Г.А., Ватян М.Р. О результатах экспериментальных и опытно-производственных работ по увеличению осадков в Грузинской ССР.
 11. V Всесоюзный гидрологический съезд. Ленинград, 1986. Сванидзе Г.Г. Водные ресурсы и водный баланс.
 12. III Всесоюзный семинар-совещание по Планирование и оценке эффективности работ по искусственному увеличению осадков. Тбилиси, 11-16 ноября 1986г.
 - 12.1. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А. О методике оценки эффективности воздействия в работах по увеличению осадков, приводимых на горных полигонах в Закавказье в XII пятилетке.
 - 12.2. Сванидзе Г.Г., Ватян М.Р., Капанадзе Н.И. К оценке рандомизированных экспериментов в проекте увеличения осадков "Иори".
 - 12.3. Ватян М.Р., Капанадзе Н.И., Одикадзе М.Я., Цинцадзе Т.Н. Об учете естественной изменчивости полусуточных сумм осадков в оценках работ по воздействию на конвективные облака в бассейне реки Иори.
 - 12.4. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Никогосян Г.Т., Смирнов Д.Е. О результатах работ по искусственному увеличению осадков в Закавказье.
 13. Научная конференция по проблеме развития производительных сил горных областей. Тбилиси, 24 декабря 1986 г. Сванидзе Г.Г., Ватян М.Р., Капанадзе Н.И. О статистической оценке результатов увеличения осадков в рандомизированных экспериментах проекта "Иори".
 14. Всесоюзная конференция по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. Киев, 17-21 ноября 1987 г.
 - 14.1. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Робиташвили Г.А., Рухадзе И.И., Джапаридзе Н.Д., Шакаршвили В.Ш. Планирование работ по искусственному увеличению осадков в Закавказье.
 - 14.2. Ватян М.Р., Робиташвили Г.А., Сванидзе Г.Г. К оценке климатических ресурсов конвективной облачности, пригодных для воздействия в районах Восточной Грузии.
 - 14.3. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Ватян М.Р., Зорян З.А., Никогосян Г.Т., Цинцадзе Т.Н., Шакаршвили В.Ш., Менабде Ш.Ш., Смирнов Д.Е. О методах и результатах оценки работ по искусственному увеличению осадков в Закавказье.
 15. XXXVI майская научная сессия ЗакНИГМИ, Тбилиси, 18-19 мая 1989 г. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Ватиашвили М.Р., Мецхваришвили Т. Хачатурян Э.Г., Бахсолиани М. Г. Основные перспективы развития работ по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы.
 16. V WMO Scientific Conference on Wea. Modification on Appl. Couch Physics. Beijing, China, 8-12 Mai 1989. WMO/TD-N 269, vol. I, Geneva, 1989. Svanidze G.G., Begalishvi N. A., Beritashvili B.SH., Vatiashvili M.R., Robitashvili G.A., Ruchadze I.I. On planning methods and results of efficiency evolution of precipitation enhancement projects in Transcaucasia.
 17. XXVII майская научная конференция ЗакНИГМИ, Тбилиси, 16-18 мая 1990 г.
 - 17.1. Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Шакаршвили В.Ш. Результаты физико- статистической оценки рандомизированных экспериментов по искусственному увеличению осадков из конвективных облаков.
 - 17.2. Бегалишвили Н.А., Шакаршвили В.Ш. Статистическое моделирование рандомизированного эксперимента по воздействию на конвективные облака с целью искусственного увеличения осадков.
 18. XXVIII майская научная конференция ЗакНИГМИ, Тбилиси, 15-17 мая 1991 г. Ватиашвили М.Р., Капанадзе Н.И., Мирианашвили Н.Н. К оценке эффективности рандомизированных экспериментов по ИУО на основе данных полусуточных осадков Иорского полигона по схеме „плавающей мишени“.
 19. Всесоюзная конференция по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. Нальчик, 22-25 октября 1991г. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Шакаршвили В.Ш. Сравнение результатов статистического моделирования экспериментов по искусственному увеличению осадков с эмпирической оценкой их физической эффективности.

20. Всесоюзная конференция по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. Нальчик, 17-21 ноября 1991г. Азнаурян М.Г., Бегалишвили Н.А. Измерение осадков посредством метеорологического радиолокационного вычисленного комплекса (МРВК) в бассейне оз. Севан и возможности МРВК при проведении активных воздействий в бассейне.
21. Georgian symposium for project development and conversion . May 15-18, Tbilisi, 1995. Svanidze G., Beritashvili B., Begalishvi N. Methods and Technology of the artificial regulation of precipitation for its enhancement and reduction of hail damage.
22. თბილისის გეოფიზიკური ობსერვატორიის 150 წლისთავისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენცია. თბილისი, 11-13 ოქტომბერი, 1995 წ. სვანიძე გ., ბეგალიშვილი ნ., ბერიტაშვილი ბ. აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პროექტის შესრულების შედეგები.

სულ 1977-1995 წლებში ჩატარებულ 22 კონფერენციაზე, სამეცნიერო სესიასა და სხვადასხვა შეხვედრაზე მოსმენილ იქნა პროექტის 11 მონაწილის 35 მოხსენება.

დანართი 5.

პროექტის შემსრულებელთა სია.

1	სვანიძე გივი	24	ასიტაშვილი ქეთევანი
2	ქარცივაძე ამირანი	25	ქვანაკიძე ავთანდილი
3	ბეგალიშვილი ნოდარი	26	ხომასურიძე მარიამი
4	ბერიტაშვილი ბაკური	27	რობიტაშვილი მიხეილი
5	ბართიშვილი იასე	28	პატაშური ჯუმბერი
6	ღუღუშაური შოთა	29	სეთურიძე პაველე
7	ბახსოლიანი მურაზი	30	დორეული ნელი
8	ცინცაძე თენგიზი	31	მეტრეველი აზა
9	ხურციძე ალექსანდრე	32	ტომასიანი ელენე
10	გიორგობიანი თემური	33	სვანიძე თამაზი
11	ვათიაშვილი მიხეილი	34	გაზაშვილი ავთანდილი
12	რობიტაშვილი გივი	35	მადლაფერიძე თენგიზი
13	კაპანაძე ნაილი	36	ბურდული ფიქრია
14	შაქარაშვილი ვასილი	37	ბურდული მარიკა
15	ბალარჯიშვილი გიორგი	38	ჭელიძე გულქანი (მზია)
16	მენაბდე შოთა	39	ზურაბიშვილი ციური
17	ბერიძე ტურფა	40	კვესელავა ნუგზარი
18	წერეთელი ზაზა	41	ხვინგია შოთა
19	შავერდაშვილი პეტრე	42	ცისკარიშვილი შამილი
20	მეცხვარიშვილი თამაზი	43	წიკლაური ვარლამი
21	ჩხაპელია მიმოზა	44	ქაჯაია ელგუჯა
22	ბერუჩაშვილი ავთანდილი	45	ივანიშვილი ესმა
23	წიკლაური ვიქტორი	46	ბიჩინაშვილი ქეთევანი
		47	ხაჩიძე ეთერი

დანართი 6.

ნსგ სამუშაოთა განახლების შემთხვევაში გამოსაყენებელი ტექნიკური საშუალებები



სურათი დნ-1 რ/ლ სადგური „მეტეორ 735CDP10“



ГЛАБО УСТАНОВКА

სურათი დნ-2 ჩეხური წარმოების ამინდის რადარი skySCANner



სურათი დნ-3. სამეცნიერო-ტექნიკური ცენტრის „დელტას“ წარმოების სეტყვის საწინააღმდეგო რაკეტების SK-6 –ის თანამედროვე დისტანციური მართვის სტაციონარული ავტომატური გამშვები დანადგარი CD-26.



სურათი დნ-4. სეტყვა საწინააღმდეგო სამუშაოებში ამჟამად გამოყენებული რაკეტა SK-6. (მარცხნივ კონტეინერში, მარჯვნივ – კონტეინერის გარეშე).



ПУ "МС-280Н" и ПГИ "Алан-2"



ПУ "Элия" и "Элия-МР" и ПГИ "Алазань-5" и "Алазань-6"



ПУ "Элия-2" для пуска ПГИ семейства "Алазань"



ПГИ "Ас", "Алан-3" и "Алазань9"



ПУ "Элия-2" для пуска ПГИ "Ас" и "Алан-3" с минометным стартом

სურათი დ6-5. მესამე თაობის ავტომატიზებული სარაკეტო კომპლექსი

დანართი 7.

სპეციალური ტერმინების განმარტებითი ლექსიკონი

- აეროლოგიური ზონდირება** – ატმოსფეროში 40 კმ სიმაღლემდე მეტეოროლოგიური ელემენტების (ჰაერის ტემპერატურა და სინოტივე, ქარი, ატმოსფერული წნევა) ვერტიკალური განაწილების გაზომვა რადიოზონდის საშუალებით.
- აეროსინოპტიკური მონაცემები** – ატმოსფეროში დიდი ტერიტორიის (რეგიონი, კონტინენტი, ნახევარსფერო) თავზე მეტეოროლოგიური ელემენტების სივრცული განაწილება, რომელიც საშუალებს იძლევა 40 კმ სიმაღლემდე დადგენილ იქნას ძირითადი ბარიული წარმონაქმნების (ციკლონი, ანტიციკლონი, ატმოსფერული ფრონტები, ტროპიკული ქარიშხლები და სხვ.) კონფიგურაცია და მოძრაობის სიჩქარე, აგრეთვე მოცემულ ტერიტორიაზე ცალკეული დრუბლებისა და საღრუბლო სისტემების განვითარების შესაძლებლობა. აღნიშნული მონაცემების მისაღებად საჭიროა სხვადასხვა პუნქტებიდან ჩატარებული აეროლოგიური ზონდირების მასალების ერთობლივი ანალიზი.
- არამდგრადობა** – ატმოსფეროში ტემპერატურის ვერტიკალური განაწილების ისეთი შემთხვევა, როდესაც ამომგდები ძალის ზეგავლენით წარმოიქმნება ჰაერის აღმავალი ნაკადი.
- გადამეტცივებული (წყალი, წვეთი)** – უარყოფით ტემპერატურაზე თხევად ფაზაში მყოფი წყალი. მინარევების გარეშე წყლის მცირე წვეთები ატმოსფეროში ხშირად არსებობენ -20°C ტემპერატურამდე. მინარევების შეტანისას წვეთები იწყებენ გაყინვას -5°C და უფრო დაბალ ტემპერატურაზე.
- გაზრდილი ამრეკლადობის ზონა** – ღრუბელში რ/ლ ამრეკლადობის არე, რომელიც შემოსახლდრულია ამავე ღრუბელში მაქსიმალურ ამრეკლადობაზე ერთი რიგით ნაკლები ამრეკლადობის იზოკონტურით.
- გრდემლი** – სეტყვასაშიშ სტადიაში გადასული მძლავრი კონვექციური ღრუბლის გრდემლის ფორმის მქონე ზედა ნაწილი, რომელიც ყინულის კრისტალებისგან შედგება.
- თერმიკი** – ატმოსფეროში კონვექციური მოძრაობის შემქმნელი ძირითადი ელემენტი, რომელიც წარმოადგენს გარემოსთან შედარებით უფრო თბილი ჰაერით დაკავებულ სფერული ფორმის მოცულობას. კონდენსაციის დონის მიღწევის შემდეგ თერმიკი, რომლის დიამეტრი ჩვეულებრივ რამდენიმე კმ-ს შეადგენს, იქცევა კონვექციური ღრუბლის შემქმნელ ელემენტად. ატმოსფეროში ღრუბელთა განვითარებისთვის ხელშემწყობი პირობების არსებობისას თერმიკების ერთობლიობა ქმნის ჰაერის აღმავალ ნაკადებს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება კონვექციური ღრუბლები.
- იზოკონტური** – ღრუბლის რადიოლოკაციურ ჭრილში თანაბარი ამრეკლადობის მნიშვნელობათა შემაერთებელი ხაზი,
- კოაგულაცია** – ღრუბელში წყლის წვეთების ან ყინულის კრისტალების ურთიერთშერწყმის პროცესი, რომელსაც თან სდევს საღრუბლო ნაწილაკების ზომების ზრდა და, საბოლოო ჯამში მათი გამოყოფა ნალექების სახით.
- კონდენსაცია** – ატმოსფეროში არსებულ აეროზოლურ მინარევებზე წყლის წვეთების წარმოქმნის მექანიზმი. ამ აეროზოლურ ნაწილაკებს ჩვეულებრივ კონდენსაციის გულებს ან კონდენსაციის ბირთვებს უწოდებენ.
- კონვექციური უჯრედი** – აღმავალ თერმიკებში წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგად წარმოქმნილი კონვექციური ღრუბლის ძირითადი სტრუქტურული ელემენტი, რომელიც სათანადო პირობებში შეიძლება გარდაიქმნას წვიმის ან სეტყვის მომცემ მძლავრ კონვექციურ ღრუბლად.
- მრავალუჯრედიანი კონვექციური ღრუბელი** – რამდენიმე უჯრედისგან შემდგარი კომპლექსური კონვექციური ღრუბელი, რომელშიც უჯრედები, შესაძლებელია გან-

ვითარების სხვადასხვა სტადიაში იმყოფებოდეს. ასეთი ტიპის კონვექციური ღრუბელი შეიძლება დამოუკიდებლადაც ვითარდებოდეს და შეიძლება სუპერუჯრედიანი ღრუბლის ფრონტალურ ნაწილსაც წარმოადგენდეს.

რანდომიზაცია – შემთხვევითი არჩევანის პრინციპზე აგებული გადაწყვეტილების მიღების წესი

რეაგენტი – ქიმიური ნივთიერება, რომლის შეტანა ღრუბელში იწვევს მისი ფაზური ან კოლოიდური მდგომარეობის დარღვევას. პირველ შემთხვევაში ეს არის მაკრისტალური რეაგენტი (უმეტეს შემთხვევაში იოდოვანი ვერცხლის AgI შემცველი ნივთიერება), რომლის ნაწილაკები უარყოფით ტემპერატურაზე იწვევს ყინულის კრისტალების გაჩენას საღრუბლო წვეთების გაყინვის ან წყლის ორთქლის მათზე სუბლიმაციის გზით. მეორე შემთხვევაში ეს არის პიგროსკოპული რეაგენტი (უმეტესწილად სუფრის მარილი NaCl), რომლის ნაწილაკები იწვევს მათზე კონდენსაციის გზით წყლის წვეთების წარმოქმნას და ამ წვეთების შემდგომ კოაგულაციურ ზრდას.

საკომანდო პუნქტი – ღრუბლებზე ზემოქმედების ჩატარების საკვანძო ცენტრი, რომელშიც თავს იყრის ზემოქმედებისათვის საჭირო ინფორმაცია, გაიცემა ბრძანებები მის ჩასატარებლად, მიიღება გადაწყვეტილებამის შესასრულებლად ან დასასრულებლად, საინსპექციო ჯგუფების ადგილებზე გასაგზავნად და სხვა ოპერატიული საქმიანობის საწარმოებლად.

ბამოყენებული ლიტერატურა

I თავი

1. Физика облаков (под ред. А.Х. Хргиана). Гидрометеиздат, Ленинград, 1961.
2. Сванидзе Г.Г., Бериташвили Б.Ш. О современном состоянии проблемы искусственного увеличения осадков. ВНИИГМИ-МЦД, Обнинск, 1978.
3. Обоснование работ по исследованию возможностей искусственного регулирования атмосферных осадков в бассейне р. Иори с целью увеличения располагаемых водных ресурсов Сионского и Тбилисского водохранилищ – Проект Иори, (Рук. акад. Г.Г. Сванидзе, авт.исп. Б.Ш. Бериташвили, ЗакНИГМИ, Тбилиси, 1978.
4. Краткий обзор проекта ВМО по увеличению осадков – 1985 г. Доклад ПУО № 34. ВМО, Женева, 1987.
5. საქართველოს სსრ კურორტები და საკურორტო რესურსები. კლიმატური დროება. მოსკოვი, 1989, გვ. 25.
6. კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება. საქ. გარემოსა და ბუნ. რეს. დაცვის სამინისტრო. თბილისი 2015.
7. Справочник по климату СССР, вып. 14, часть I. Солнечная радиация. Гидрометеиздат, Ленинград, 1968.
8. Справочник по климату СССР, вып. 14, часть II. Температура воздуха и почвы. Гидрометеиздат, Ленинград, 1967.
9. Справочник по климату СССР, вып. 14, часть IV. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Гидрометеиздат, Ленинград, 1970.
10. Справочник по климату СССР, вып. 14, часть V. Облачность и атмосферные явления. Гидрометеиздат, Ленинград, 1970.
11. Справочник по климату СССР, вып. 14, часть III. Ветер. Гидрометеиздат, Ленинград, 1968.
12. საქართველოს ნიადაგების რუკა (რედ. ურუშაძე). „კარტოგრაფია“, თბილისი, 1999.
13. Беручашвили Н. Л. Кавказ: ландшафты, модели, эксперименты. ТГУ, Тбилиси, 1995.
14. უკლება ნ. საქართველოს წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენება სახალხო მეურნეობაში. თსუ გამომცემლობა, თბილისი 1977.
15. საქართველოს გეოგრაფიული ატლასი. ქარნახაძის გამომცემლობა, 2012.
16. Ресурсы поверхностных вод СССР, том 9, вып. 1. Западное Закавказье. Гидрометеиздат, Ленинград, 1974, с. 547.
17. Владимирова Л.А., Шакаршвили Д. И., Габричидзе Т.И. Водный баланс Грузии. Мецниереба, Тбилиси, 1974, с. 51.
18. Google. თიანეთის მუნიციპალიტეტი
19. Google. წალკის მუნიციპალიტეტი
20. Google. ნინოწმინდის მუნიციპალიტეტი
21. სალუქვაძე თ., ხელაია ე. ატმოსფერულ ნალექთა ხელოვნური რეგულირების თანამედროვე მდგომარეობა. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, 2002, ტომი № 107, გვ. 194-199.

II თავი

1. Сванидзе Г.Г., Бериташвили Б.Ш. О современном состоянии проблемы искусственного увеличения осадков. ВНИИГМИ-МЦД, Обнинск, 1978.
2. Осипова Г.И., Фридман Ю.С. К вопросу об оценке эффективности воздействия на облака с целью увеличения осадков. Тр. ГГО, 1964, вып. 156, с. 31-45.
3. Обоснование организации работ по исследованию возможностей искусственного стимулирования атмосферных осадков в бассейне р. Иори с целью увеличения располагаемых водных ресурсов Сионского и Тбилисского водохранилищ (Проект Иори), ЗакНИГМИ, Тбилиси, 1978.
4. Сванидзе Г.Г., Бериташвили Б.Ш., Мирианашвили Н.Н. К оценке обнаружения по осадкомерным данным эффекта воздействия на облака с целью искусственного увеличения осадков в теплый период года. Тр. Зак. регионального научно-исслед. института (ЗакНИИ), 1981, вып. 73(79), с. 3-18.
5. List R. Objectives and status of the WMO precipitation enhancement project (PEP). Trans. II WMO Sci. Conf. on Wea. Mod. Boulder, Colo., 2-6 Aug. 1976. WMO N443, p. 445-453.
6. Краткий обзор проекта ВМО по увеличению осадков – 1985 г. Доклад ПУО № 34. ВМО, Женева, 1987, с. 64.

III თავი

1. Мейсон Б. Дж. Физика облаков. Гидрометеиздат, Ленинград, 1961.
2. Физика облаков (под ред. А.Х. Хргиана). Гидрометеиздат, Ленинград, 1961.
3. Шишкин Н. С. Облака, осадки и грозовое электричество. Гидрометеиздат, Ленинград, 1964.
4. Fletcher N.N. The physics of rainclouds. Cambridge Univ. Press, 1962.
5. საქართველოს სსრ კურორტები და საკურორტო რესურსები. კლიმატური დროება. მოსკოვი, 1989, გვ. 25.
6. ხვედელიძე ზ. (რედ.). ჰავის თანამედროვე ცვლილება საქართველოში. ჰავის განმსაზღვრელი ზოგიერთი პარამეტრის რეჟიმი და მათი ცვალებადობა. პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2006, გვ. 22.
7. Лесков Б.Н., Половина И.П. Воздействия на облака холодного периода года с целью увеличения осадков. Труды VIII Всесоюзной конференции по физике облаков и активным воздействиям. Гидрометеиздат, Ленинград, 1970, с. 457-463.

IV თავი

1. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Ватьян М.Р., Карцивадзе А. И., Гудушаури Ш.Л. Методические указания по организации и проведению работ по искусственному увеличению осадков из конвективных облаков с помощью противоголовоградной техники. МО Гидрометеиздата, Москва, 1986.
2. Обоснование организации работ по исследованию возможностей искусственного стимулирования атмосферных осадков в бассейне р. Иори с целью увеличения располагаемых водных ресурсов Сионского и Тбилисского водохранилищ (Проект Иори), ЗакНИГМИ, Тбилиси, 1978.
3. Сталевич Д.Д., Учеваткина Т.С. К вопросу об оптимальных расходах льдообразующих реагентов при воздействии на облака с целью вызывания осадков. Труды ГГО, 1968, вып. 224.
4. Довгалюк Ю.А., Сталевич Д.Д., Учеваткина Т.С., Шишкин Н. С. Об искусственном регулировании процесса образования осадков при воздействиях на облака. Труды VIII Всесоюзной конференции по физике облаков и активным воздействиям. Гидрометеиздат, Ленинград, 1970, с. 221-228.
5. Громова Е.Н., Лекшин В.Т., Сталевич Д.Д. О принципе выбора реагентов для воздействия на конвективные облака с целью вызывания осадков. Труды VIII Всесоюзной конференции по физике облаков и активным воздействиям. Гидрометеиздат, Ленинград, 1970, с. 286-293.
6. Библашвили Н.Ш., Бурцев И.И., Серегин Ю.А. Руководство по организации и проведению противоголовоградных работ. Гидрометеиздат, Ленинград, 1981.

V თავი

1. Сванидзе Г.Г., Бериташвили Б.Ш. Мирианашвили Н.Н. К оценке обнаружения по осадкомерным данным эффекта воздействия на облака с целью искусственного увеличения осадков в теплый период года. Тр. ЗакНИИ, 1981, ып. 73(79), с. 3-18.
2. Бегалишвили Н.А., Сванидзе Г.Г., Шакарашвили В.Ш. К вопросу планирования проекта увеличения осадков (ПУО) на основе статистического моделирования экспериментов. Планирование и оценка эффективности работ по искусственному увеличению осадков. М. Гидрометеиздат, 1988, с. 216-220.
3. Ватиашвили М.Р., Бахсолиани М.Г., Газашвили А. Г., Капанадзе Н.И., Шавердашвили П.П. К радиолокационной оценке физической эффективности единичного воздействия в работах по увеличению осадков. Сб. работ гидрометеорологического центра им. В.П. Ломинадзе, вып. 1. Гидрометеиздат Ленинград, 1988, с. 124-128.
4. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш. О физической и экономической эффективности работ по искусственному увеличению осадков Закавказье. Тр. ВГИ, 1992, вып. 85, с. 80-90.
5. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш., Шакарашвили В.Ш. Сравнение результатов статистического моделирования экспериментов по искусственному увеличению осадков с эмпирической оценкой их физической эффективности. Тр. Всесоюзной конференции, Нальчик, 22-25 октября 1991 г. Гидрометеиздат, СПб, 1995, с. 19-24.
6. 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 прикл. промышл. матем., сер. вероятн. и статист., „ТВП“, Москва, 1996, том 3, вып. 2, с. 193-203.
7. სვანიძე გ., ბეგალიშვილი ნ., ბერიტაშვილი ბ. აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პროექტის შესრულების შედეგები. თბილისის გეოფიზიკური ობსერვატორიის 150 წლისთავისადმი მიძღვნილი შრომათა კრებული. „მეცნიერება“, თბილისი, 1997, გვ. 51-58.
 8. Радиолокационные характеристики облаков. В кн. „Облака и облачная атмосфера“ под ред. И.П. Мазина и А.Х. Хргиана. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1989, с. 460-524.
 9. Бегалишвили Н.А., Менабде Ш.Ш., Церетели З.З., Шакаршвили В.Ш. К вопросу физической оценки эффекта воздействия на конвективные облака с целью увеличения осадков. Планирование и оценка эффективности работ по искусственному увеличению осадков. Гидрометеоиздат, Москва, 1988, с. 197-203.
 10. Бартишвили И.Т., Ватьян М.Р., Капанадзе Н.И., Менабде Ш.Ш., Одикадзе М.Я. Оценка влияния некоторых метеорологических факторов и нормы расхода кристаллизующего реагента на результаты работ по искусственному увеличению осадков в бассейне р. Иори. Планирование и оценка эффективности работ по искусственному увеличению осадков. Гидрометеоиздат, Москва, 1988, с. 188-196.
 11. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Менабде Ш.Ш., Шакаршвили В.Ш. Применение радиолокационных данных для оценки результатов воздействия на отдельные ячейки в экспериментах по увеличению осадков. Радиометеорология. Труды VII Всесоюзного совещания. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1989, с. 221-223.
 12. Ватиашвили М.Р., Бахсолиани М.Г., Газашвили А.Г., Капанадзе Н.И. К вопросу радиолокационной оценки единичного воздействия в работах по искусственному увеличению осадков. Труды ВГИ, вып. 85.с. 103-110.
 13. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Цинцадзе Т.Н. О гидрологическом методе оценки эффекта воздействия в рандомизированных экспериментах по увеличению осадков из конвективных облаков. Сообщения АН Груз. ССР, 1985, том 117, № 1, с. 69-72.
 14. Tsintsadze T.N. A mathematical model of formation of the river run-off in the case of anthropogenic on cloud systems. Conference Hydrological Processes in the Catchment. Krakov, Poland, 1986, pp. 163-169.
 15. Бегалишвили Н.А., Сванидзе Г.Г., Цинцадзе Т.Н. О гидрологическом методе оценки эффекта воздействия в рандомизированных экспериментах по увеличению конвективных осадков. Планирование и оценка эффективности работ по искусственному увеличению осадков. Гидрометеоиздат, Москва, 1988, с.208-216.
 16. Сванидзе Г.Г., Бегалишвили Н.А., Бериташвили Б.Ш. Применение статистических методов в оценке эффективности работ по искусственному увеличению осадков. Обзорение прикл. промышл. матем., сер. вероятн. и статист. „ТПВ“ Москва, 1996, том 3, вып. 2, с. 215-224.
 17. სვანიძე გ., ბეგალიშვილი ნ., ბერიტაშვილი ბ., შავიშვილი ნ. სიონის წყალსაცავის წყლის რესურსების გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობა (1989 წლის მგალითზე). საქ სსრ მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 1990, ტომი 139, №3, გვ. 649-652.
 18. Енукашвили И.М., Бегалишвили Н.А., Джапаридзе Н.Д., Цицвашвили Ш.И. О численном моделировании методом Монте-Карло активных воздействий на кинетику осадкообразования в конвективных облаках. Труды ЗаКНИГМИ, 1974, вып.55(61), с. 12-29.
 19. Бегалишвили Н.А., Джапаридзе Н.Д., Робиташвили Г.А. Численные моделирование процесса осадкообразования в конвективном облаке. Труды ЗаКНИГМИ, 1981, вып. 73(79), с. 19-29.
 20. ბეგალიშვილი ნ., რობიტაშვილი გ., შაქარაშვილი ვ. კონვექციური დრუბლის ოპერატიული რიცხვითი მოდელი. ჰიდრომეტ. ინსტიტუტის შრომები, 1996, ტ. 100, გვ. 112-117.
 21. ბერიტაშვილი ბ. ნალექთა ხელოვნური რეგულირების სამუშაოთა წარმოების მეთოდოლოგიური საფუძვლები (აღმოსავლეთ საქართველოს მაგალითზე). დისერტაცია გეოგრაფიულ მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. თსუ, თბილისი, 1994.
 22. Амиранашвили А.Г., Бахсолиани М.Г., Бегалишвили Н.А., Беридзе Н. И., Бериташвили Б.Ш., Рехвиашвили Р.Г., Цинцадзе Т.Н., Рухадзе Н.П., Капанадзе Н.И. О возобновлении работ по регулированию осадков в Восточной Грузии.Труды Института гидрометеорологии АН Грузии, 2002, том 108, с. 249-260.

VI თავი

1. სვანიძე გ., ბეგალიშვილი ნ., ბერიტაშვილი ბ. აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექთა ხელოვნური გაზრდის პროექტის შესრულების შედეგები. თბილისის გეოფიზიკური ობსერვატორიის 150 წლისთავისადმი მიძღვნილი შრომათა კრებული. „მეცნიერება“, თბილისი, 1997, გვ. 51-58.
2. ამირანაშვილი ა.გ., ბახსოლიანი მ.გ., ბეგალიშვილი ნ.ა., ბერაძე ნ. ი., ბერიტაშვილი ბ.შ., რეხვიაშვილი რ.გ., ცინცაძე თ.ნ., რუხაძე ნ.პ., კაპანაძე ნ.ი. О возобновлении работ по регулированию осадков в Восточной Грузии. Труды Института гидрометеорологии АН Грузии, 2002, том 108, с. 249-260.
3. ამირანაშვილი ა.გ., ბახსოლიანი მ.გ., ბეგალიშვილი ნ.ა., ბერიტაშვილი ბ.შ., რეხვიაშვილი რ.გ., ცინცაძე თ.ნ., ჩიტანავა რ.ბ. О необходимости возобновления работ по искусственному регулированию атмосферных процессов в Грузии. Труды Института гидрометеорологии ТГУ, 2013, том 119, с. 150-158.
4. Howell W.E. and Todd C.T. Strong responses of selected cloud classes across many seeding projects. WMP Rep. N2, WMO/TD N 53. Geneva, 1985, pp. 669-673.
5. სვანიძე გ.გ., ბეგალიშვილი ნ.ა., ბერიტაშვილი ბ.შ. О физической и экономической эффективности работ по искусственному увеличению осадков Закавказье. Труды ВГИ, 1992, вып. 85, с. 80-90.
6. ბეგალიშვილი ნ.ა., მენაბდე შ.შ., ცერეთელი ჯ.ჯ., შაკარაშვილი ვ.შ. . К вопросу физической оценки эффекта воздействия на конвективные облака с целью увеличения осадков. Планирования и оценка эффективности работ по искусственному увеличению осадков. Гидрометеоздат, Москва, 1988, с. 197-203.

VII თავი

1. Климат и климатические ресурсы Грузии. Труды ЗаКНИГМИ, 1971, вып. 44(50). Гидрометеоздат, Ленинград, с. 245.
2. უკლება ნ. საქართველოს წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენება სახალხო მეურნეობაში. თსუ გამომცემლობა, თბილისი 1977.
3. ფრანგიშვილი ა., გასიტაშვილი ზ., ცინცაძე თ., ბერიტაშვილი ბ. მდ.იორის აუზში წყლის ინტეგრირებული მენეჯმენტის სისტემის შექმნის დასაბუთება. ნაწილი I. ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების მონიტორინგის სისტემა. ნალექთა ხელოვნური გაზრდა. სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2016, გვ. 51-52.
4. ბერიტაშვილი ბ. ნალექთა ხელოვნური რეგულირების სამუშაოთა წარმოების მეთოდოლოგიური საფუძვლები (აღმოსავლეთ საქართველოს მაგალითზე). დისერტაცია გეოგრაფიულ მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. თსუ, თბილისი, 1994.
5. Справочник по климату СССР, вып. 14, часть V. Облачность и атмосферные явления. Гидрометеоздат, Ленинград, 1970.
6. კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება. გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრო. თბილისი, 2015, გვ. 265-285.
7. სვანიძე გ.გ., ბეგალიშვილი ნ.ა., ვატიან მ.რ., ზორიან ჯ.ა., ნიკოგოсяნ გ.ტ., ცინცაძე თ.ნ., შაკარაშვილი ვ.შ., მენაბდე შ.შ., სმირნოვ დ.ე. О методах и результатах оценки работ по искусственному увеличению осадков в Закавказье. Всесоюзная конференция по активным воздействиям на гидрометеорологические процессы. Тезисы докладов, г. Киев, 17-21 ноября 1987 г. Обнинск, 1987, с. 185-186.
8. ამირანაშვილი ა.გ., ბახსოლიანი მ.გ., ბეგალიშვილი ნ.ა., ბერაძე ნ. ი., ბერიტაშვილი ბ.შ., რეხვიაშვილი რ.გ., ცინცაძე თ.ნ., რუხაძე ნ.პ., კაპანაძე ნ.ი. О возобновлении работ по регулированию осадков в Восточной Грузии. Труды Института гидрометеорологии АН Грузии, 2002, том 108, с. 249-260.
9. Google, Vienna Insurance Group.
10. ამირანაშვილი ა.გ. и др. Характеристики наземных средств воздействия на градовые процессы в Кахетии. Труды Института геофизики им М. Нодиа, 2016, Том LXVI, с. 39-52.

11. Денис А. Изучение погоды засевом облаков „Мир“, Москва, 1983.
12. Ломинадзе В.П., Робиташвили Г.А., Цицвашвили Ш.И. К вопросу теории фронтов и фронтальных облаков. Труды VIII Всесоюзной конференции по физике облаков и активным воздействиям. Гидрометеиздат, Ленинград, 1970, с. 31-47.
13. Ватиашвили М.Р., Капанадзе Н.И., Одиладзе М.Я. Перераспределения осадков в районах Восточной Грузии при воздействии на градовые процессы. Труды Всесоюзного семинара „Активные воздействия на градовые процессы и перспективы усовершенствования льдообразующих реагентов для практики активных воздействий“. Гидрометеиздат, Москва, 1991, с. 243-251.
14. ჯავახიშვილი შ. ატმოსფერული ნალექები საქართველოს ტერიტორიაზე. თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 1981, გვ. 61-63.
15. ცინცაძე თ., ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., სალუქვაძე მ. საქართველოში სეტყვასთან და ზვავებთან ბრძოლის სამუშაოთა განახლების საკითხისთვის. სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. თბილისი, 2013.
16. Google, Агентство Атмосферных Технологий.
17. გრიგოლია გ., საბაძე ე., ხმაღაძე გ. გვალვის შედეგების შერბილების შესაძლებლობა იორი-არაგვის წყალსამეურნეო კომპლექსური სისტემის გამოყენებით. საქ. მეცნ. აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, თბილისი, 2002, ტომი 107, გვ. 200-205.



ბაკურ ბერიტაშვილი

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მთავარი
მეცნიერი თანამშრომელი, გეოგრაფიის
მეცნიერებათა დოქტორი

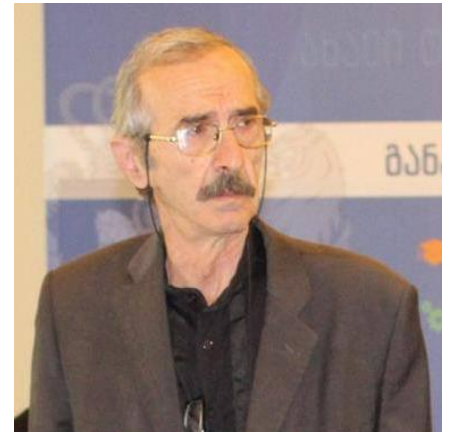
BAKUR BERITASHVILI – Dr. Sci. in Geography
Б.Ш. БЕРИТАШВИЛИ – Доктор географических наук

თენგიზ ცინცაძე

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის დირექტორი
ტექნიკურ მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი

**TENGIZ TSINTSADZE – Director of the Institute of Hydrometeo-
rology, Academic Dr. in Technical Science**

**Т. Н. ЦИНЦАДЗЕ – Директор Института Гидрометеорологии,
Академический Доктор технических наук**



ნაილი კაპანაძე

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის უფროსი
მეცნიერი თანამშრომელი, გეოგრაფიის
მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი

NAILI KAPANADZE – Academic Dr. Sci. in Geography
Н.И. КАПАНАДЗЕ – Акад. Доктор геогр. наук

