

ელიზბარ ელიზბარაშვილი, მარიამ ელიზბარაშვილი

**სტიქიური მეტეოროლოგიური  
მოვლენები საქართველოს  
ტერიტორიაზე**

**Elizbar Elizbarashvili, Mariam Elizbarashvili**

**EXTREME WEATHER EVENTS OVER  
THE TERRITORY OF GEORGIA**

**Элизбар Шалвович Элизбарашвили,  
Мария Элизбаровна Элизбарашвили**

**СТИХИЙНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ  
ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ**

**თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ  
2012**



УДК 551.524.37

Рассмотрены география, структура, ареалы и динамика таких стихийных метеорологических явлений, какими являются экстремально аномальные температуры, засухи, заморозки, ураганные ветры, ливневые осадки и град, опасные туманы, грозовые явления и гололед.

Предназначена для научных работников, инженеров-практиков, работников сельского хозяйства, а также для студентов, аспирантов и докторантов по специальности метеорология, климатология, агрометеорология .

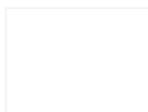
Под редакцией доктора географических наук, профессора  
Э.Ш.Элизбарашвили

Рецензенты:

доктор геогр.наук, проф. Л.Г.Картвелишвили (Грузия),  
доктор геогр.наук, проф. С.Г.Сафаров ( Азербайджан),  
доктор геогр.наук, доцент Т.Г.Варданян (Армения)

**ISBN 978-9941-0-3087-1**

საქართველოს ტექნიკური  
უნივერსიტეტის  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი  
© Institute of Hydrometeorology of the Georgian Technical University 2012  
Институт гидрометеорологии  
Грузинского Технического Университета



## С о д е р ж а н и е

Предисловие .....	5
Глава 1. Экстремальные температуры воздуха .....	7
1.1. Дискомфортные температуры .....	7
1.2. Жаркие дни в Восточной Грузии .....	10
1.3. Повторяемость и динамика экстремальных аномалий температуры воздуха .....	11
1.4. Атмосферные осадки и сток рек в условиях экстремальных аномалий температуры воздуха .....	17
1.5. Динамика оледенения Кавказа в условиях экстремальных аномалий температуры воздуха .....	20
Литература к главе 1 .....	27
Глава 2. Засухи .....	28
2.1. Метеорологические условия формирования засухи .....	28
2.2. Интенсивность засухи .....	31
2.3. Районирование Восточной Грузии по риску формирования и развития засухи .....	32
2.4. Вероятность засух .....	34
2.5. Ареал засух .....	37
2.6. Вероятность засушливых месяцев в Восточной Грузии.	38
2.7. Влияние глобального потепления на засуху .....	43
Литература к главе 2 .....	47
Глава 3. Заморозки .....	48
3.1. География заморозков .....	48
3.2. Интенсивность и вероятность заморозков .....	51
3.3. Ареал заморозков .....	53
3.4. Влияние глобального потепления на заморозки .....	55
Литература к главе 3 .....	57
Глава 4. Ураганные ветры .....	58
4.1. Общая характеристика ураганных ветров .....	58
4.2. Пространственная структура ураганных ветров .....	60

4.3. Повторяемость ураганных ветров .....	61
4.4. Ареал ураганных ветров .....	66
Литература к главе 4 .....	67
<b>Глава 5. Туманы .....</b>	<b>68</b>
5.1. География туманов .....	68
5.2. Вероятность образования тумана .....	69
5.3. Число дней и продолжительность опасных туманов .....	70
5.4. Ареалы опасных туманов .....	78
5.5. Годовой ход числа дней с опасным туманом .....	80
5.6. Вертикальная мощность и температурный режим туманов .....	81
5.7. Вероятность образования и продолжительность туманов на основных автомагистралях Восточной Грузии ...	82
Литература к главе 5 .....	84
<b>Глава 6. Грозы .....</b>	<b>85</b>
6.1. Основные характеристики грозовой деятельности .....	85
6.2. Функции распределения числа дней с грозой .....	87
6.3. Пространственная структура грозовых процессов .....	88
Литература к главе 6 .....	89
<b>Глава 7. Обильные атмосферные осадки и град .....</b>	<b>90</b>
7.1. Географическое распределение характеристик обильных осадков .....	90
7.2. Обильные осадки в Западной Грузии .....	92
7.3. Град .....	95
Литература к главе 7 .....	98
<b>Глава 8. Обледенение .....</b>	<b>99</b>
8.1. Интенсивность обледенения проводов .....	99
8.2. Повторяемость отложений различной массы и толщины .....	102

<b>8.3. Влияние орографии и метеорологических условий на обледенение .....</b>	<b>103</b>
<b>Литература к главе 8 .....</b>	<b>104</b>

## **Предисловие**

Под стихийными метеорологическими явлениями понимают опасные явления погоды, создающие условия возникновения чрезвычайных ситуаций. К таким явлениям относятся экстремально аномальные температуры, засухи, заморозки, ураганные ветры, ливневые осадки и град, опасные туманы, грозовые явления, метели, пыльные бури, оттепели, гололед и др. Они приносят существенный материальный ущерб, и нередко являются причиной человеческих жертв. Готовность общества к снижению последствий стихийных метеорологических явлений, зависит от знания пространственно-временного распределения характеристик интенсивности и повторяемости этих явлений в данной местности.

Характерные для природы экстремальные явления погоды, в результате современных антропогенных воздействий существенно активизировались, приобрели катастрофический характер. Это стало ощутимым и для экосистемы и экономики Грузии, о чем свидетельствуют последствия влияния глобального потепления на региональный климат, и даже на ландшафтную структуру.

Исследования некоторых опасных явлений погоды (сильные ветры, экстремальные осадки, облачность, грозовые процессы) были начаты одним из авторов настоящей монографии еще в конце 70-х, начале 80-х годов прошлого столетия. Результаты этих исследований опубликованы в журналах «Известия АН СССР, серия географическая», «Метеорология и гидрология» и в сборниках трудов Главной Геофизической Обсерватории им. А.И.Воейкова, а также в отдельной монографии, изданной «Гидрометеоздатом». Работа над данной проблематикой была продолжена авторами в Институте

Гидрометеорологии АН Грузии, и в начале 2000-х годов были исследованы вероятностные характеристики туманов- главные автомагистрали Восточной Грузии охарактеризованы по степени опасности туманообразования («Известия РАН»).

В последние годы работа над стихийными метеорологическими явлениями была продолжена в рамках проекта Национального Научного фонда Грузии по исследованию стихийных природных явлений, руководимого О.Ш.Варазанашвили (грант №GNSE /ST06/ 5-068, 2007-2009гг). Полученные результаты опубликованы в основном в журнале «Метеорология и гидрология» и доложены на Международных конференциях (Болгария, Грузия).

Публикации результатов исследований в авторитетных Международных журналах свидетельствуют о том, что они прошли серьезную проверку и получили соответствующее подтверждение. Поэтому авторы решили дополнить эти исследования новыми материалами и издать отдельной монографией.

В книге рассматриваются такие стихийные метеорологические явления, какими являются экстремально аномальные температуры, засухи, заморозки, ураганные ветры, ливневые осадки и град, опасные туманы, грозовые явления и гололед.

Работая над монографией, авторы пользовались консультациями, архивами и другими материалами подготовленными совместно с коллегами, а также любезно предоставленными ими - О.Ш.Варазанашвили и Н.С.Церетели (Институт геофизики М.З.Нодиа), Л.Г.Картвелишвили, Р.Ш.Месхия, Л.Д.Мегрелидзе (Национальное Агентство Охраны Окружающей Среды), Р.Д.Самукашвили, Д.И.Вачнадзе, Г.Г.Меладзе (Институт гидрометеорологии ), В.Э.Горгишели и Т.К.Зубиташвили (Телавский Государственный Университет им.Я.Гогебашвили), о чем свидетельствуют и совместно опубликованные статьи.

Авторы искренне благодарны всем перечисленным лицам.

## **Глава 1. Экстремальные температуры воздуха**

### **1.1. Дискомфортные температуры**

Экстремально высокие и низкие температуры отрицательно воздействуют на организм человека, на строительные материалы и технику, железнодорожный транспорт и т.д., а если температура воздуха приближается температуре тела человека, то она влияет на ее здоровье. Экстремально высокие температуры угрожают стрессовыми тепловыми нагрузками организму человека, которые не могут быть сняты даже полным комплексом гигиенических и градостроительных мероприятий. Экстремально низкие температуры вызывают обморожение людей на открытом воздухе, нарушают систему эксплуатации зданий и условий работы техники, приводят к глубокому промерзанию грунта

Отрицательный эффект воздействия высоких температур зависит от их непрерывной продолжительности.

Распределение высоких температур на территории Грузии обусловлено радиационным режимом, атмосферной циркуляцией и местными орографическими условиями. На черноморском побережье продолжительность высоких температур невелика, с удалением от побережья она возрастает и достигает максимума во внутренних районах Колхидской низменности(рис.1.1.1.).

Из представленной карты следует, что на значительной части территории Колхидской низменности, а также в восточной части Грузии средняя непрерывная продолжительность высоких

дискомфортных(более  $30^0$ ) температур составляет 4 час, в центральной части Колхидской низменности возрастает до 8 час, а в горных районах Большого Кавказа и Южно-Грузинского нагорья такие температуры не отмечаются.

Следует отметить, что представленная карта отражает пространственное распределение лишь средней непрерывной продолжительности высоких температур, в реальных же условиях она изменяется в широком диапазоне. Так, например, при средней продолжительности высоких температур около 8 час (Колхидская низменность) в отдельных случаях она может длиться более 20 час. При этом температура в дневные часы превышает  $40^0$  и ее продолжительность в июле-августе составляет 4 час.

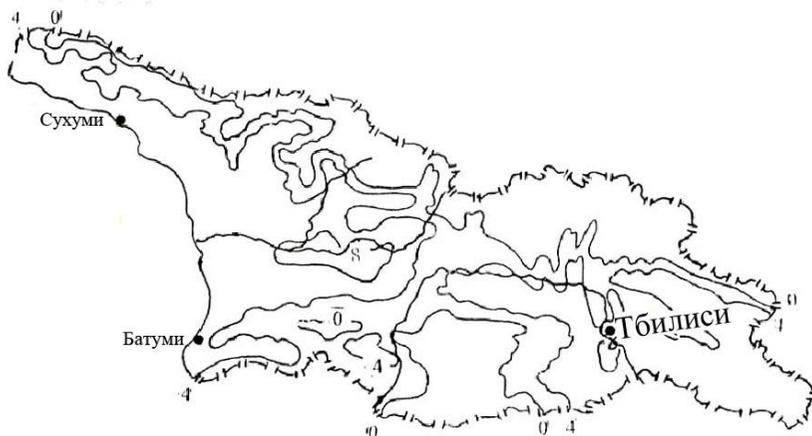


рис.1.1.1. Непрерывная продолжительность высоких дискомфортных(более  $30^0$ ) температур. час.[8]

При дискомфортных отрицательных температурах в организме человека отмечается нарушение многих физиологических процессов. Для оценки теплового комфорта таких условий в медицинской климатологии используются различные показатели, в том числе индекс «суровости» Бодмана:

$$S=(1-0,04T)(1+0,272V), \quad (1.1.2)$$

где  $T$ –температура воздуха,  $V$ –скорость ветра.

Формула Бодмана получена экспериментально, при котором в качестве упрощенной модели человека был принят наполненный водой сосуд. Ясно, что такая модель не учитывает физиологические свойства человека, поэтому В.Н.Адаменко еще в 1979 году ввел понятие приведенной температуры, учитывающей влияние метеорологических факторов на тепловой режим организма человека, метаболизм и теплопродукцию человека:

$$Q = T - 8,2\sqrt{V} \quad (1.1.1)$$

где Q-приведенная температура, T-температура воздуха, V-скорость ветра.

В.Н.Адаменко рекомендует следующую шкалу приведенных температур:

$Q > -20^0$  –**близко к комфорту**;

$-20^0 > Q > -27^0$  –**слабый дискомфорт**, ограничивается пребывание человека в под открытым небом;

$-27^0 > Q > -33^0$  –**умеренный дискомфорт**, нарушается кровообращение в открытых частях тела;  $-33^0 > Q > -38^0$

–**сильный дискомфорт**, начинается полное прекращение кровообращения и гипотермия;

$-38^0 > Q > -40^0$  –**суровый дискомфорт**, ограничивается даже кратковременное пребывание на воздухе без применения специальных мер.

В таблице 1.1.1 представлены значения средней температуры января и скорости ветра, а также рассчитанные значения приведенной температуры для некоторых пунктов Грузии. В этой же таблице представлены индексы «суровости» Бодмана.

**Таблица 1.1.1. Показатели теплового дискомфорта января[8]**

Пункт	T <sup>0</sup>	V <sub>м/с</sub>	Q <sup>0</sup>	Степень дискомфорта	S
Мамисонский пер.	-12,0	6,6	-32	умеренный	4,13
Крестовый пер.	-11,4	2,2	-24	слабый	2,32

Гагрский хр.	-3,9	4,2	-23	слабый	2,46
Гудаури	-6,7	1,5	-19	близко к комфорту	1,79
Коби	-0,8	1,7	-20	слабый	1,93
Пасанаури	-4,1	0,9	-11	близко к комфорту	1,44
Шови	-5,6	1,1	-13	близко к комфорту	1,59
Местиа	-6,0	0,6	-15	близко к комфорту	1,44
Казбеги в/г	-15,0	7,0	-35	сильный	4,64
Омало	-9,1	0,8	-18	близко к комфорту	1,66
Мта-Сабуети	-3,9	8,8	-30	умеренный	3,90
Бахмаро	-5,2	3,0	-21	слабый	2,20
Бакуриани	-7,2	2,2	-19	близко к комфорту	2,06
Цхрацкаро	-10,9	6,8	-32	умеренный	4,07
Ахалкалаки	-7,2	3,7	-25	слабый	3,52

Согласно таблицы, на Крестовом перевале, где температура воздуха менее минус  $11^{\circ}$ , создаются условия слабого дискомфорта, в то время как в Мта-Сабуети и Цхрацкаро, где температура значительно выше, создаются условия умеренного дискомфорта. Это обусловлено низким значением скорости ветра на Крестовом перевале.

Дискомфортные условия в высокогорной зоне длятся почти в течении всего года. Так, например, на высокогорной Казбеги сильный дискомфорт кроме января отмечается в декабре, феврале и марте. В октябре, ноябре и апреле интенсивность дискомфорта несколько ослабляется и принимает умеренный характер. На Мамисонском перевале и в Цхрацкаро условия умеренного дискомфорта отмечаются с декабря по март, после чего формируется слабый дискомфорт.

## 1.2. Жаркие дни в Восточной Грузии

Жаркими считаются дни, когда средняя суточная температура воздуха превышает  $25^{\circ}$ . В это время в дневные часы температура достигает  $35-40^{\circ}$  и более. Такие дни часто отмечаются в Восточной Грузии, в основном в июле-августе, редко- в июне. Пространственное распределение числа дней с

суточной температурой более  $25^{\circ}$  на территории Восточной Грузии представлено на рис.1.2.1.

Из представленной на рис карты следует, что число дней со средней суточной температурой воздуха более  $25^{\circ}$  на территории Восточной Грузии колеблется в пределах от 0 до 40. Наибольшее число дней фиксируется в Квемо Картли, а наименьшее- в высокогорной зоне Большого Кавказа и на Джавахетском нагорье.

Число жарких дней в Джавахети составляет 0-2, В предгорных районах Кавказа и в западной части Квемо Картли число таких дней колеблется в пределах 6-11. В пределах 11-20 колеблется число дней со средней суточной температурой воздуха более  $25^{\circ}$  в Ширакской равнине, на значительной части территории Шида Картли, на левом побережье реки Алазани и частично на Иорском плоскогорье.

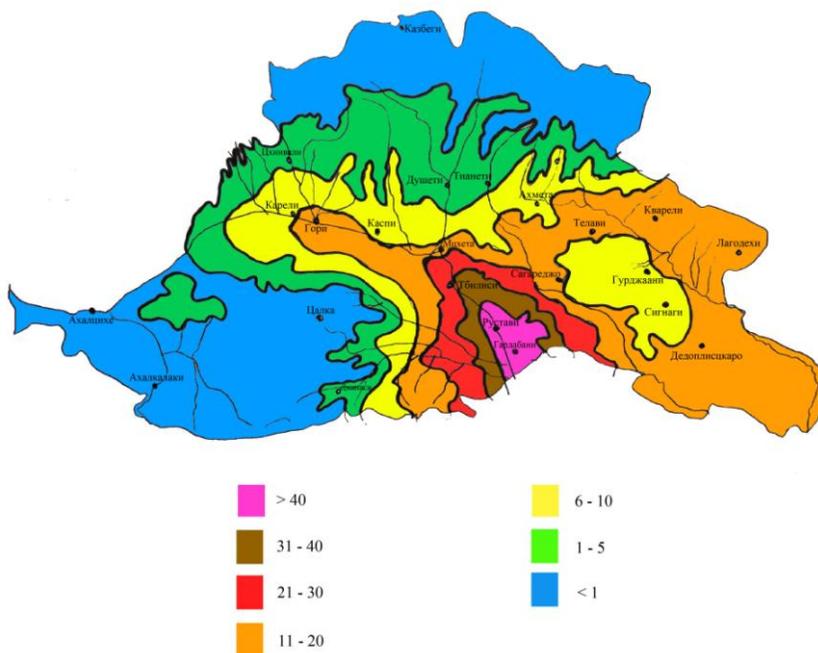


Рис.1.2.1. Число дней со средней суточной температурой воздуха более 25<sup>0</sup> (по В.Э.Горгишели)

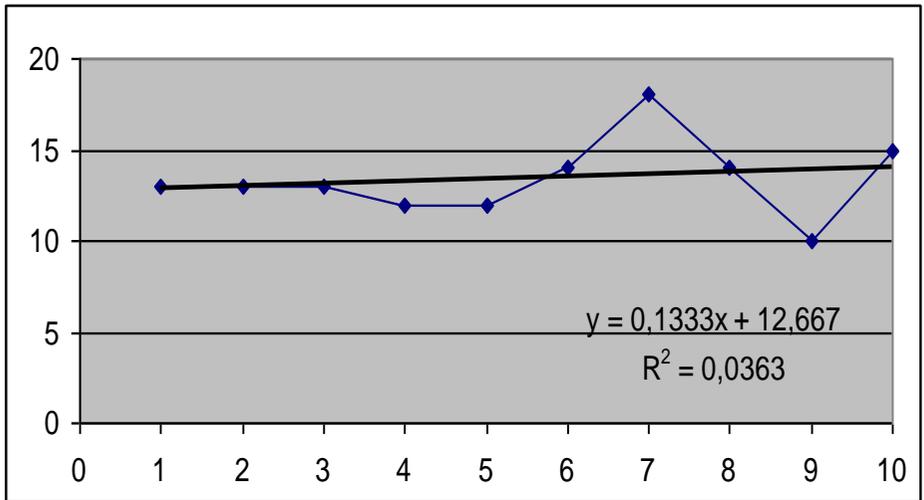
Число жарких дней в пределах 21-30 отмечается на значительной части территории Квемо Картли, а в районах Рустави и Гардабани превышает 40. В то же время в высокогорной зоне Большого Кавказа такие дни не фиксируются.

### **1.3.Повторяемость и динамика экстремальных аномалий температуры воздуха**

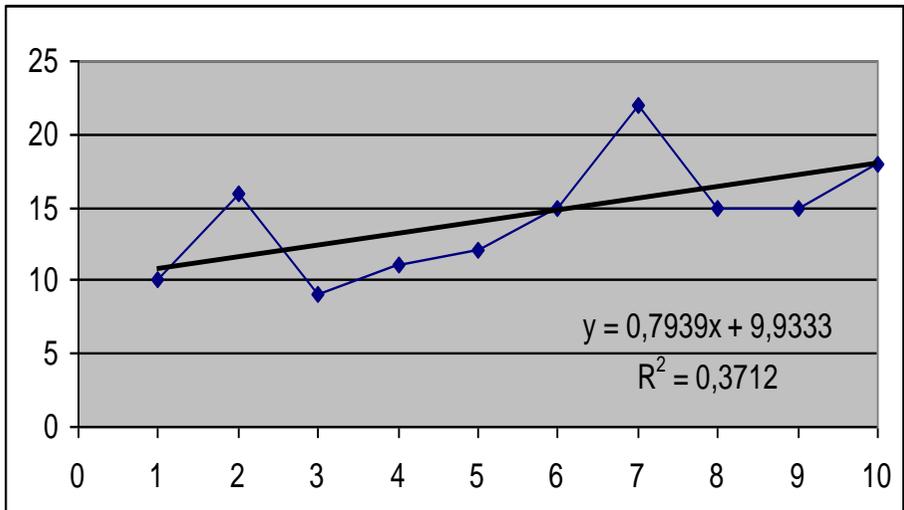
При исследовании экстремально аномальных отклонений температуры воздуха в условиях Грузии за период 1901-2000г.г. (20 станций в западной и 20 станций в восточной Грузии) за критерий экстремальности месяцев принимались отклонения среднемесячной температуры воздуха от средней многолетней нормы на 2 °С[4]. Результаты исследования показали, что повторяемость экстремально теплых месяцев в среднем составила в Западной Грузии 13%, в Восточной Грузии-14%, а повторяемость экстремально холодных месяцев - соответственно 10% и 9%.

О тенденции современных изменений повторяемостей экстремально теплых и экстремально холодных месяцев осредненных для Западной и Восточной Грузии можно судить по рис.1.3.1.

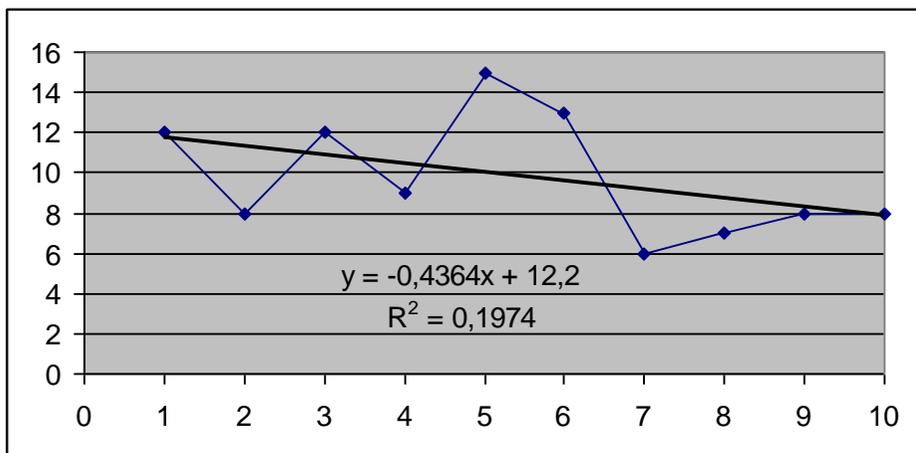
у



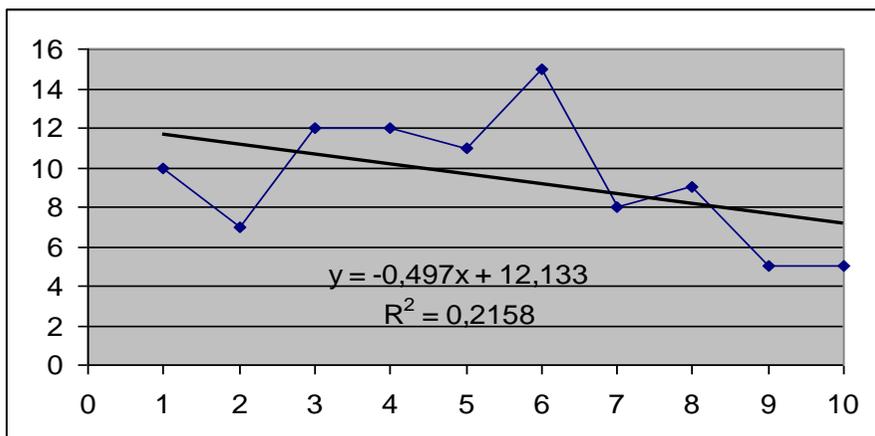
1)



2)



3)



4)

x

Рис.1.3.1. Динамика повторяемостей (у) экстремально теплых (1,2) и экстремально холодных (3,4) месяцев по десятилетиям в Западной (1,3) и Восточной (2,4) Грузии, линейный тренд за XX столетие и соответствующее уравнение регрессии. x= 1,2,3,.....10 – порядковые номера десятилетий XX века; R- коэффициент корреляции [4]

Общей закономерностью векового хода повторяемости теплых месяцев в западной и восточной Грузии по десятилетиям является тенденция роста их повторяемости. Так, за XX столетие повторяемость положительных аномалий температуры возросла в западной Грузии на 1,3 %, а в восточной Грузии – на 7,9%. Ход повторяемости экстремально холодных месяцев имеет тенденцию убывания и составляет 4,4% и 5% соответственно в западной и восточной Грузии. Несмотря на указанные тенденции, коэффициент линейной корреляции значимым является лишь для положительных аномалий температуры воздуха в восточной Грузии (0,61), в остальных же случаях эти изменения носят случайный характер.

Повторяемость экстремально высоких аномалий температуры воздуха особенно возросла за период 1961-1970 годы, а повторяемость экстремально низких аномалий температуры возросла в западной Грузии в 1941-1950 годы, а в восточной Грузии – в 1951-1960 годы. Повторяемость экстремально высоких аномалий температуры воздуха минимальной была в западной Грузии в 1981-1990 годы, а в восточной Грузии – в 1921-1930 годы. Повторяемость же экстремально низких аномалий температуры на территории всей Грузии минимальной была в конце XX столетия.

Связь повторяемостей экстремально теплых и экстремально холодных месяцев между западной и восточной Грузией довольно высокая, коэффициент корреляции составляет 0,66-0,67. Это объясняется интенсивными общециркуляционными процессами, которые охватывают значительные территории, различия же между повторяемостями аномалий в западной и восточной Грузии обусловлены воздействием на них местных физико-географических особенностей.

Анализ циркуляционных процессов атмосферы за XX столетие показал, что в Грузии при экстремально теплых месяцах преобладали зональная или меридиональная восточного типа циркуляции, а при

экстремально холодных месяцах – меридиональная циркуляция западного типа.

Анализ векового хода повторяемостей экстремально теплых и экстремально холодных месяцев по десятилетиям выявил, что за период 1921-1960 годы по сравнению с периодом 1961-2000 годы, которая соответствует условиям интенсивной антропогенной нагрузки, повторяемость теплых месяцев была несколько меньше, а повторяемость холодных месяцев – больше (таблица 1.3.1).

Как видно из таблицы 1.3.1 общей закономерностью годового хода повторяемостей экстремально теплых и экстремально холодных месяцев в западной и восточной Грузии является наступление максимума зимой, и минимума летом.

Таблица 1.3.1. Повторяемость экстремально теплых и экстремально холодных месяцев за различные периоды XX столетия, %.[4]

Район	Аномалия °С	Период, годы	Сезон				Год
			Зима	Весна	Лето	Осень	
Западная Грузия	Экстремально высокая	1921-1960	21	11	7	12	13
		1961-2000	28	16	4	9	14
	Экстремально низкая	1921-1960	18	14	7	10	12
Восточная Грузия	Экстремально высокая	1961-2000	12	3	4	10	7
		1921-1960	22	8	7	11	12
	Экстремально низкая	1961-2000	31	19	10	10	18
		1921-1960	22	12	5	11	12
		1961-2000	13	3	2	8	7

Повторяемость экстремально теплых месяцев по сезонам во втором сороколетии XX века по сравнению с предыдущим сороколетием в западной и восточной Грузии увеличилась зимой и весной, и уменьшилась в западной Грузии летом и осенью. Повторяемость экстремально холодных месяцев за второй период во все сезоны года уменьшилась как в западной, также в восточной Грузии.

Увеличение повторяемостей экстремально высоких аномалий вызвало потепление в основном зимой и весной, а уменьшение повторяемостей этих же аномалий вызвало похолодание летом и осенью. Это хорошо прослеживается при анализе, как глобальных [10,12], так и некоторых локальных данных [2,3]. Теплая зима, как бы инерцией передается весне.

Зимнее потепление в Грузии обусловлено частыми вторжениями теплых масс воздуха с юга и юго-запада и уменьшением повторяемости мощных вторжений холодных воздушных масс, как с запада, так и с востока. Кроме того, повторяемость основной причины резкого похолодания в Грузии - вторжение арктических воздушных масс, в последнем сороколетии XX века была ниже среднего многолетнего на 30 %.

Таким образом, на протяжении всего XX столетия отмечалось закономерное увеличение повторяемости экстремально теплых месяцев. За последние 40 лет повторяемость экстремально теплых месяцев интенсивно возросла, хотя это не компенсировало летне-осеннее похолодание в западной Грузии [3], а в восточной Грузии привело к повышению средней годовой температуры и потеплению климата [2,11].

#### **1.4. Атмосферные осадки и сток рек в условиях экстремальных аномалий температуры воздуха**

Изменения термического режима, естественно, оказывают влияние на условия увлажнения территории. В

таблице 1.4.1 представлены данные о количестве осадков и стоку рек в условиях экстремально высоких и экстремально низких аномалиях температуры в отдельности для западной и восточной Грузии. Данные по осадкам охватывали период 1921-1995 годы, а по стоку данные брались из наблюдений над естественным гидрологическим режимом на 20 основных реках западной и 14 реках восточной Грузии за тот же период. Все материалы предварительно были проверены на однородность.

Данные таблицы 1.4.1 проверялись на достоверность с помощью критерия Стюдента. Получено, что расхождения в данных осадках, выпадающих при различных аномалиях температуры воздуха, во всех случаях значимы на уровне значимости 99,9 %, исключение составляет зимний сезон, когда в восточной Грузии условие значимости удовлетворяется на уровне 95 %, а в западной Грузии – на уровне 90 %. Различия в стоке носят случайный характер для среднегодовых значений, а также для всех сезонов года в восточной Грузии, и для зимнего сезона в западной Грузии. В остальных случаях различия носят неслучайный характер и удовлетворяются в основном на уровнях значимости 90% и 95%.

Таким образом, можно заключить, что при экстремально высоких аномалиях температуры воздуха по сравнению с экстремально низкими аномалиями выпадает значительно меньше количества осадков. Таким образом, выявлена обратная связь осадков с экстремальными аномалиями температуры воздуха, как в сезонных, так и в годовых величинах. Незначительное увеличение осадков зимой при экстремально холодных месяцах объясняется тем, что холодная зимняя погода, в отличие от характерных осенних погод не способствует развитию фронтогенеза и конвективных процессов [1].

Сток рек при экстремально высоких аномалиях температуры по сравнению с экстремально низкими аномалиями зимой увеличился в западной Грузии на 4%, в восточной- на 5%, а весной увеличился соответственно на 16% и 5%, что

объясняется зимним потеплением и интенсивным таянием снежного покрова и ледников [3].

Таблица 1.4.1. Среднее количество выпавших осадков (мм) и стока рек ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) при различных аномалиях температуры воздуха[4].

Район	Элемент	Аномалия	Сезон				Год
			Зима	Весна	Лето	Осень	
Западная Грузия	Осадки	высокая	405	274	7	297	1294
		низкая	456	418	505	623	2002
	Сток	высокая	62,5	153	115	62	98
Восточная Грузия	Осадки	низкая	60	132	126	77	99
		высокая	98	166	168	108	540
	низкая	115	230	226	206	777	
	Сток	высокая	10	34	19	11	18
		низкая	10	32	20	13	19

Летом и осенью при экстремально высоких аномалиях температуры воздуха по сравнению с экстремально низкими аномалиями сток меньше на 9% и 8%, и на 20% и 11% соответственно в западной и восточной Грузии. Летнее и осеннее уменьшение стока при экстремально высоких аномалиях температуры, по всей вероятности, является результатом зимнего и весеннего расхождения снега и уменьшения осадков. Годовой сток при этом практически не изменяется.

При анализе данных наблюдений выявлено также, что на реках преимущественно снего-ледникового питания сток при экстремально теплых месяцах по сравнению с экстремально холодными месяцами больше в среднем на 8% и 17% соответственно в западной и восточной Грузии, а на реках преимущественно снего-дождевого питания сток меньше в среднем на 10% и 14% соответственно. Таким образом, на многолетнее изменение стока рек влияют, как температурный, так и гидрологический режимы.

В заключение отметим, что выявленные закономерности и полученные статистические характеристики могут быть использованы в климатологических прогнозах, а также положены в основу планирования и решения задач стратегического и тактического назначения.

### **1.5. Динамика оледенения Кавказа в условиях экстремальных аномалий температуры воздуха**

Изменения термического режима, естественно, оказывают влияние и на динамику ледников. Большой Кавказ-крупная горная система, расположенная на границе субтропической и умеренной климатических зон, простирающаяся с северо-запада, от Черного моря, к юго-востоку на расстоянии около 1500 км. Его вершины достигают 5-6км высоты. По степени и характеру оледенения систему делят на 3 части –западную, центральную и восточную. Наибольшее число крупных ледников Альпийского типа отмечается в центральной части, где общая площадь оледенения

превышает 1037 кв.км. В целом на Большом Кавказе насчитывается около 2022 ледников общей площадью примерно 1416 кв.км.

В таблице 1.5.1 представлены повторяемости тёплых и холодных месяцев за холодный (ноябрь-март), тёплый (апрель-октябрь) периоды года, а также за год в целом и за период абляции ледников (июнь-сентябрь) в течении XX столетия.

Таблица 1.5.1. Повторяемость тёплых(а) и холодных(б) месяцев на некоторых ледниках Кавказа за XX столетие (%) [ 9].

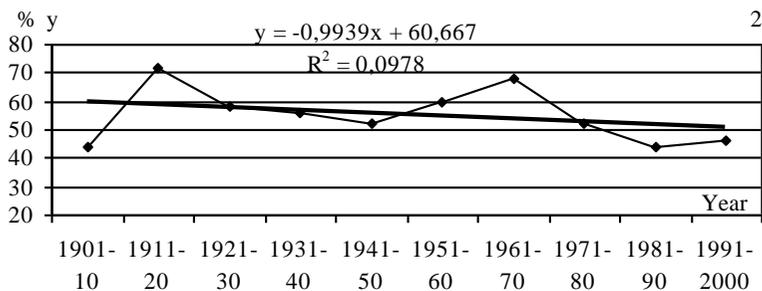
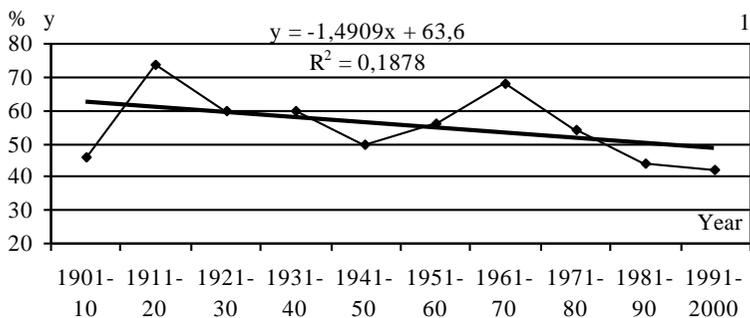
Район ледника	Период года			Год
	Холодный	Тёплый	Абляции	
Западный Кавказ				
а	56	49	50	52
б	44	51	50	48
Центральный Кавказ				
а	55	48	47	51
б	45	52	53	49
Восточный Кавказ				
а	48	38	38	42
б	52	62	62	58

Из таблицы 1.5.1 следует, в целом за столетие на Западном и Центральном Кавказе преобладали теплые месяцы, на Восточном Кавказе –холодные месяцы. Повторяемость тёплых месяцев в холодном периоде больше, чем их повторяемость в тёплом периоде года в западной и центральной части Кавказа на 7%, а в восточной части на 10%, соответственно.

Повторяемость тёплых месяцев за все периоды, а также в целом за год, уменьшается с запада на восток. Наиболее значительные уменьшения повторяемости отмечается в теплый период года, а также в период абляции ледников при переходе от

Центрального Кавказа к Восточному, что объясняется ослаблением влияния Чёрного моря, усилением континентальности, а также увеличением повторяемости антициклональных типов погоды.

На рис.1.5.1 представлен ход повторяемости тёплых месяцев в XX столетии за холодный период года по десятилетиям на ледниках Кавказа. Из рис следует, что повторяемость тёплых месяцев за холодный период года в начале прошлого столетия была выше, чем к середине столетия. Минимум повторяемости положительных аномалий среднемесячных температур соответствует десятилетию 1940-1950 г.г., после чего вновь отмечается тенденция роста повторяемости тёплых месяцев. Эти изменения хорошо объясняют динамику оледенения Кавказа в течении XX столетия (рис. 1.5.2).



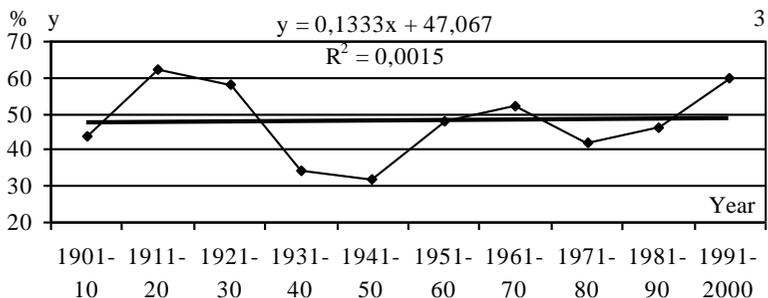
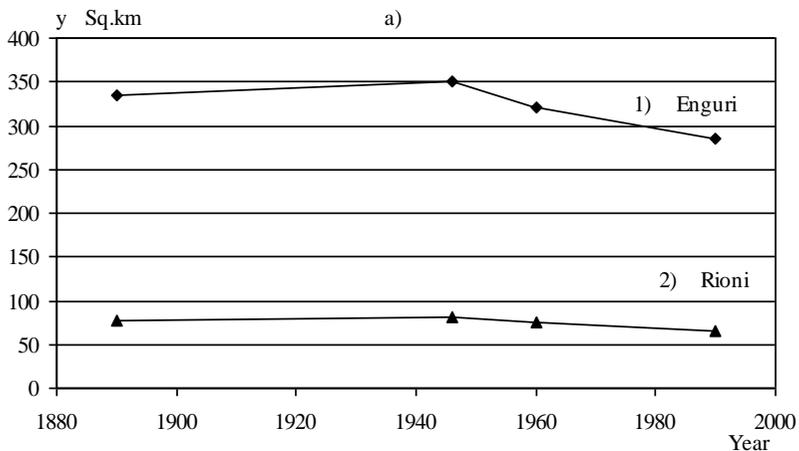


Рис.1.5.1.Ход повторяемости тёплых месяцев (Y) в XX столетии за холодный период года по десятилетиям на ледниках Кавказа, линейный тренд и уравнение регрессии.

X – порядковый номер десятилетия, R - коэффициент корреляции: 1 - Западный Кавказ; 2 - Центральный Кавказ; 3 - Восточный Кавказ. [ 9].



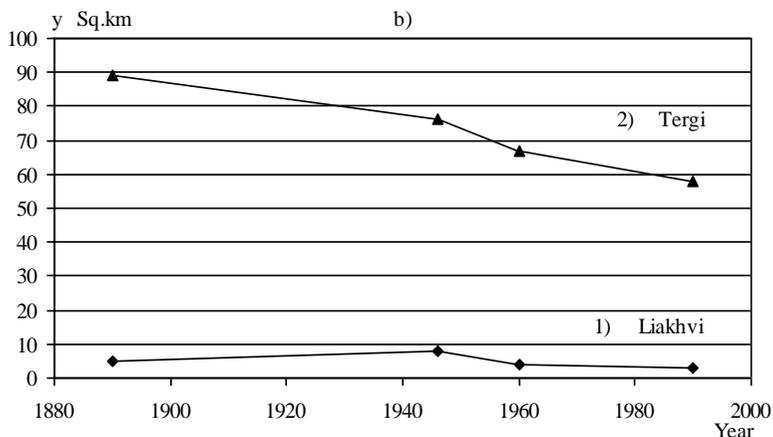


Рис.1.5.2 Динамика оледенения Кавказа. Y – площадь ледника, кв. км:

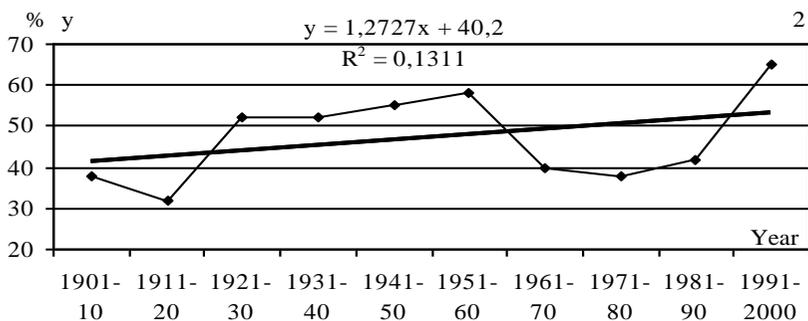
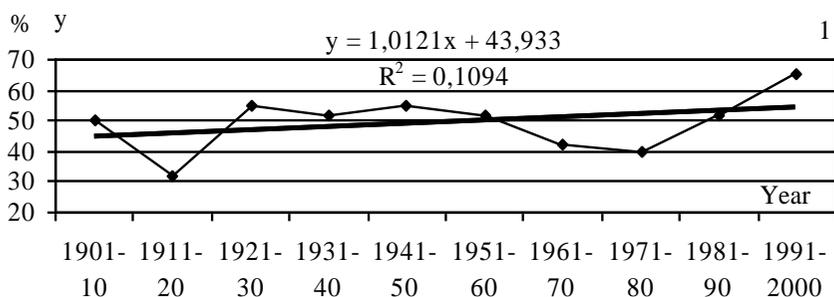
а) Центральный Кавказ: 1 - ущелье р. Ингури, 2 - ущелье р. Риони;

б) Восточный Кавказ: 1 - ущелье р. Лиахви, 2 - ущелье р. Терек. [ 9].

Из рис.1.5.2 следует, что именно в 40-е годы, когда существенно уменьшилась повторяемость тёплых месяцев за холодный период года, площадь оледенения в ущельях рек Кавказа несколько возросла. Исключение составляет ущелье реки Терек, где заметного роста площади ледников не отмечается.

Интенсивное таяние ледников отмечается после 60-х годов, в частности за период 1960-1990 годы площадь ледников уменьшилась в ущелье реки Ингури на 11 кв. км (около 20%), в ущелье реки Лиахви на 0,8 кв. км (более 20%), в ущелье реки Терек на 9 кв. км (15%). Именно в ущельях Ингури и Терек расположены некоторые из наиболее высоких ледников Кавказа - Шхара(5203м) и Казбег(5047м). Более того, за этот период ряд ледников Кавказа почти исчезли. Примером этому может быть ледник Твибери, расположенный на Центральном Кавказе в ущелье реки Твибери. Площадь ледника в 1890 году составляла

более 43 кв.км. В 1960 году она уменьшилась всего на 3 кв.км. За период 1960-1990 годы скорость отступления ледника была настолько большой, что в 1987 году он распался на отдельные мелкие ледники. Такое отступление ледников обусловлено интенсивным ростом глобальной температуры и соответственно – ростом повторяемости тёплых месяцев на ледниках Кавказа в особенности в теплый период года и за период их абляции (рис. 1.5.3). К сожалению после 1990 года точных сведений о площади ледников Кавказа не имеются.



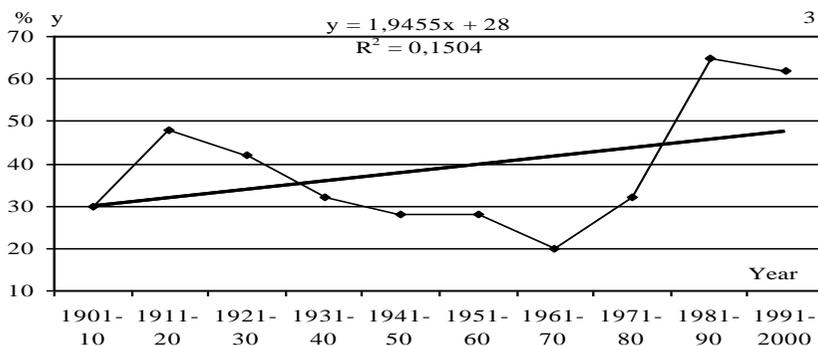


Рис.1.5.3. Ход повторяемости тёплых месяцев (Y) в период абляции ледников за XX столетие по десятилетиям на ледниках Кавказа, линейный тренд и уравнение регрессии.

X – порядковый номер десятилетия, R - коэффициент корреляции: 1 - Западный Кавказ; 2 - Центральный Кавказ; 3 - Восточный Кавказ. [ 9].

Вековой ход повторяемости тёплых месяцев по десятилетиям за период абляции ледников имеет положительный тренд. Скорость увеличения повторяемости тёплых месяцев составляет на Западном Кавказе 1%, в Центральном – 1,3% и в Восточном – 2% за 10 лет. Соответственно с аналогичной скоростью уменьшалась повторяемость холодных месяцев.

Для таяния ледников наиболее благоприятным был период 1980-2000 г.г., когда повторяемость теплых месяцев за период абляции за все столетие впервые превышала 60%. Естественно, что такое интенсивное отступление ледников Кавказа за последние десятилетия является отражением глобального потепления.

## Литература к главе 1

1. Дроздов О.А. Влияние температурного режима на увлажнение суши.- Труды ГГИ, 1983, вып. 280, с.3-14.
2. Таварткиладзе К.А., Элизбарашвили Э.Ш., Мумладзе Д.Г., Вачнадзе Д.И. Эмпирическая модель изменения приземного температурного поля Грузии.- Тбилиси, 1999, 126 с. (на груз. яз).
3. Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э. Изменения климата западного Закавказья.- Известия РАН, сер. географическая, 2005, № 4, с.35-38.
4. Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э. Динамика повторяемости экстремальных аномалий среднемесячной температуры воздуха в Грузии в XX столетии и ее влияние на осадки и сток рек. Метеорология и гидрология, 2007, №1, с.110-114.
5. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. Реакция различных типов ландшафтов Закавказья на глобальное потепление.- Известия РАН, сер. географическая, 2002, №5, с.52-56.
6. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. К оценке вероятности опустынивания степных и полупустынных ландшафтов на основе концепции периодического закона географической зональности.- Метеорология и гидрология, 2002, №11, с.44-48.
7. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. О возможной трансформации природных ландшафтов Кавказа в связи с глобальным потеплением.- Метеорология и гидрология, 2005, №10, с.53-57.
8. Элизбарашвили Э.Ш. Климатические ресурсы Грузии. Тбилиси. Изд. Зеон, 2007, 328 с. (на груз. яз.).
9. Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э., Мегрелидзе Л.Г. Динамика климата ледников Большого Кавказа за XX столетие.- Метеорология и гидрология, 2009, №12, с.53-57.
10. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Callander B.A., Harris N., Kattenberg A. and Maskell K. Climate Change 1995. The Science of Climate Change. IPCC, Cambridge University Press, 1996, pp.133-192.
11. Elizbarashvili M. Response of the Temperature Field in Georgia to the Current Global Warming.- Bull. Georgian Acad. Sciences, 1999, v.59, №2, p. 254-256.
12. The Global Climate System Review, June 1996- December 2001.- WMO, 2003, №950, 144 p.

## Глава 2. Засухи

### 2.1. Метеорологические условия формирования засухи

Засуха – частое явление для Восточной Грузии. По некоторым ранним оценкам ее повторяемость в 80-ые годы прошлого столетия в отдельных районах превышала 40% [5]. В результате частых засух, сопровождающиеся в последние десятилетия глобальное потепление, наблюдается процесс трансформации многих видов природных ландшафтов [7,9]. Вероятность опустынивания степных и полупустынных ландшафтов Восточной Грузии к концу XX столетия достигла 25-30% [8,10]. По официальным данным в результате интенсивных засух к настоящему времени сильно поражена территория площадью более 200 тыс.га. Материальный ущерб от засух весьма значителен.

Засухи в Восточной Грузии формируются при полярном, азорском и смешанном типах синоптических процессов [5]. Основными метеорологическими факторами формирования засухи являются бездожде, высокий температурный фон и дефицит продуктивной влаги в почву. Средняя продолжительность бездождного периода с осадками не более 5 мм, что наиболее важно для сельского хозяйства, колеблется в пределах 10-15 суток [2], при этом за вегетационный период в низменных районах выпадает в среднем не более 200-300 мм осадков, а запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы составляют всего 50-200 мм, что соответствует агрогидрологическим зонам капиллярного увлажнения и полного весеннего промачивания [6], в то же время, сумма активных температур воздуха более  $10^0$  превышает  $4000^0$ , а средняя непрерывная продолжительность высоких температур, более  $30^0$ , составляет более 4 час [3].



Таблица 2.1.1. Некоторые показатели засушливости регионов Восточной Грузии за XX столетие[11]

Район	P <sub>1</sub> %	P <sub>2</sub> %	R	х месяцев	T <sup>0</sup> C	M <sub>1</sub> мм	M <sub>2</sub> мм
Шида Каргли	21	37	0,52	2,3	15-22	100-200	60-110
Квемо картли	26	40	0,31	3,0	>22	180-200	100-110
Тбилиси	25	38	0,70	3,5	-	-	-
Кахети	24	42	0,45	1,8	>22	100-150	50-60
Самцхе-Джавахети	20	32	0,05	1,5	10-15	180-200	100-110

Для характеристики главных факторов формирования атмосферной засухи исследовались периоды с дефицитом осадков на фоне высоких температур. В качестве критерия повышенного температурного фона принималось увеличение средней месячной температуры воздуха над нормой на  $1^0$  на территории более 70%. Критерием дефицита осадков считалось уменьшение месячных сумм осадков на 20% на аналогичной площади территории. В таблице 2.1.1 представлены некоторые показатели засушливости осредненные для отдельных регионов Восточной Грузии.

В таблице 2.1.1  $P_1$ - повторяемость месяцев с повышенным температурным фоном,  $P_2$ - повторяемость месяцев с дефицитом осадков,  $R$ -коэффициент корреляции между ( $P_1$ ) и ( $P_2$ ),  $x$ - среднее число месяцев с засухой за вегетационный период,  $T$ - преобладающая в районе температура поверхности почвы в теплый период года,  $M_1$ - запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу периода вегетации,  $M_2$ - запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к концу июля.

Из таблицы следует, что повторяемость месяцев с повышенным температурным фоном за вегетационный период на территории Восточной Грузии за прошлое столетие превышала 20%, а повторяемость месяцев с дефицитом осадков составила 32-42%, максимумом в Кахети и Квемо Картли, в том числе в Тбилиси. Коэффициенты корреляции между этими характеристиками засухи, за исключением Самцхе-Джавахети, значимы, свидетельствующее, в основном, о совпадении периодов с повышенным температурным фоном и дефицитом осадков.

Из таблицы 2.1.1 следует также, что на фоне высоких температур и бездождий, характер засухи обостряется в результате недостаточности запасов продуктивной влаги в корнеобитаемом слое, которое не может обеспечить нормальную транспирацию. При этом к концу июля запасы продуктивной влаги значительно меньше, чем в начале вегетационного

периода. В результате, нехватка влаги становится критической и наступает почвенная засуха. В восточной Грузии почвенная засуха обычно сопровождается атмосферную засуху.

## 2.2. Интенсивность засухи

Для оценки интенсивности засухи в конкретных пунктах использован один из наиболее распространенных и информативных агроклиматических показателей засухи – гидротермический коэффициент Г.Т.Сельянинова, представляющий собой отношение месячных сумм осадков к сумме температур того же месяца, уменьшенных в 10 раз. Целесообразность использования этого показателя оправдывается ее высокой взаимной корреляцией с другими показателями влагообеспеченности и с урожайностью [1]. Засуха фиксируется в том случае, если гидротермический коэффициент меньше 1. К сверхжесткой засухе же относились месяцы с коэффициентом менее 0,3

На рис.2.2.1. представлена карта пространственного распределения интенсивности засухи на территории Грузии.

Из карты следует, что на территории Грузии по интенсивности засухи выделены 3 района: районы сверхжесткой, жесткой и умеренной засухи.

В районе сверхжесткой засухи, охватывающей значительную территорию восточной Грузии, а также часть западной Грузии, коэффициент Г.Т.Сельянинова меньше 0,30. В этом районе засуха может создать критическую ситуацию - полное уничтожение урожая и пастбищ, чрезвычайная пожароопасность, критическое состояние в водоснабжении.

В районе жесткой засухи, охватывающей значительную территорию западной Грузии горные районы, коэффициент Г.Т.Сельянинова колеблется в пределах 0,30-0,49. При засухах в этом районе отмечается потеря урожая и пастбищ, очень высокая пожароопасность, недостаточность воды.

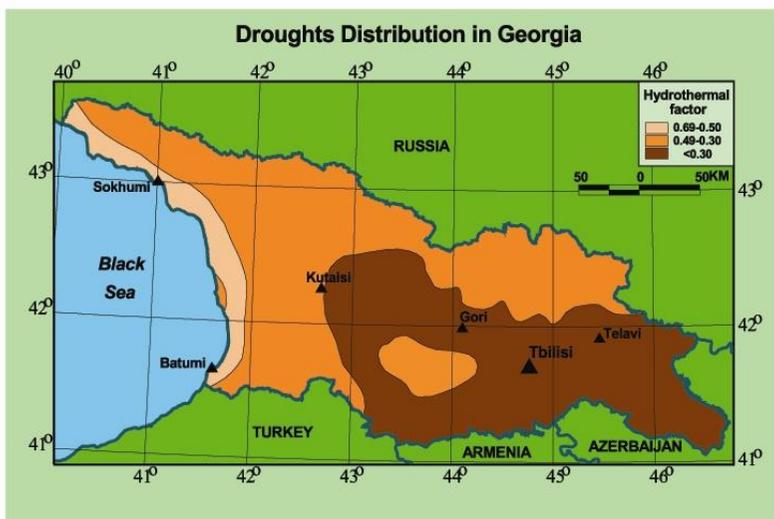


Рис. 2.2.1. Интенсивность засухи за период 1901-2000 гг

В районе умеренной засухи, охватывающей лишь прибрежные районы Черного моря, коэффициент Г.Т.Сельянинова составляет 0,50-0,69. При засухах в этом районе возможно повреждение посевов зерновых культур, отмечается высокая пожароопасность.

### 2.3. Районирование Восточной Грузии по риску формирования и развития засухи

Как было показано, наиболее интенсивны засухи в Восточной Грузии. В основу выявления районов по степени риска формирования и развития засухи В.Э.Горгишели были положены следующие показатели:

1. Количество осадков за вегетационный период года;
2. Число жарких дней;
3. Средняя температура поверхности почвы;
4. Агрогидрологическое районирование Грузии [3];

## 5. Почвенно-климатическое районирование Грузии [3];

Разработанная карта районирования территории Грузии по риску формирования и развития засухи представлена на рис.2.3.1.

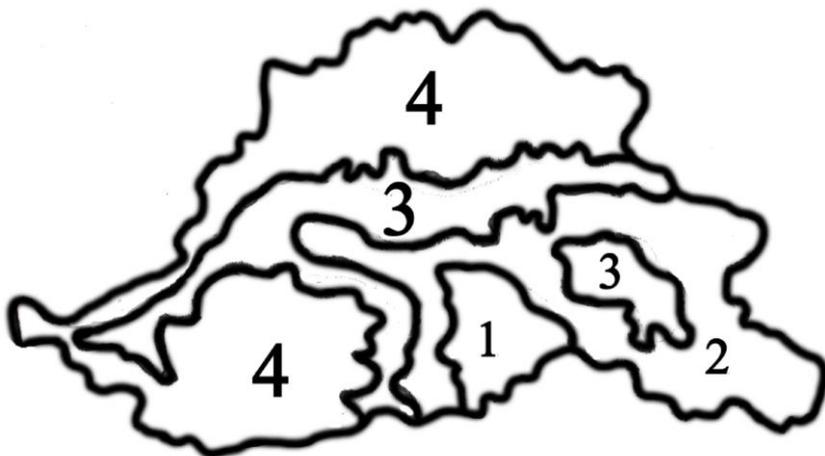


Рис.2.3.1.Районирование территории Грузии по риску формирования и развития засухи: 1- очень высокий риск; 2- высокий риск; 3- средний риск; 4- относительно низкий риск.(по В.Э.Горгишели)

По риску формирования и развития засухи на карте выделяют 4 района:

### **1 район – район очень высокого риска,**

охватывает значительную часть территории Квемо Картли. Здесь число жарких дней, когда средняя суточная температура воздуха превышает  $25^{\circ}$ , превышает 21, средняя температура поверхности почвы за вегетационный период превышает  $21^{\circ}$ , а количество осадков выпадающих за этот же период меньше 400 мм. В районе преобладают наиболее теплые почвы с капиллярным увлажнением.

**2 район – район высокого риска,** охватывает значительную часть территории Кахети, а также восточную часть Шида Картли. В этом районе число жарких дней несколько уменьшается и составляет 11-20, температура поверхности почвы за вегетационный период колеблется в пределах 16-20<sup>0</sup>, а количество осадков этого же периода составляет 400-600 мм. В районе встречаются наиболее теплые и теплые почвы с капиллярным увлажнением и полным весенним просачиванием.

**3 район– район среднего риска,** охватывает Цив-Гомборский хребет и часть Иорского плоскогорья, а также западную часть Шида Картли, ущелье реки Кура и Ахалцихскую котловину. Число жарких дней здесь составляет 6-10, температура поверхности почвы за вегетационный период колеблется в пределах 16-20<sup>0</sup>, а количество осадков составляет 300-600 мм. Здесь главным образом распространены теплые почвы с капиллярным увлажнением и полным весенним просачиванием.

**4 район – район относительно небольшого риска,** охватывает остальную часть территории Восточной Грузии, главным образом предгорные и горные районы. Здесь число жарких дней меньше 6, температура поверхности почвы за вегетационный период менее 16<sup>0</sup>, а количество осадков превышает 300мм. Распространены теплые, умеренно теплые, умеренные и холодные почвы с различным режимом увлажнения- режимом поного весенне

#### **2.4. Вероятность засух**

Согласно данным таблице 2.1.1, где представлены показатели засушливости регионов Восточной Грузии за XX столетие, среднее число засушливых месяцев за вегетационный период по районам колеблется в пределах 1,5-3,5, минимумом в горных районах Самцхе-Джавახети и максимумом в Шида Картли( Тбилиси). В то же время в некоторых районах, в

отдельные годы, засуха может продолжаться в течении всего вегетационного периода. Для оценки спектра вероятностей различных продолжительностей засухи исследовались эмпирические функции распределения числа месяцев с засухой. Выявлено, что они хорошо аппроксимируются функцией нормального распределения. В таком случае теоретическая вероятность заданного числа месяцев с засухой ( $x_2$ ) за вегетационный период рассчитывается по формуле:

$$P(x_2) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1), \quad (2.4.1)$$

где  $\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-t^2/2} dt$  - функция нормального распределения,

$t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$ ,  $\bar{x}$  и  $\sigma$ - соответственно среднее многолетнее значение и среднее квадратическое отклонение числа месяцев с засухой за вегетационный период.

Соответствие между эмпирическими данными и теоретическими функциями распределения хорошее, что подтверждают критерии согласия. Это дает возможность теоретически оценить вероятность любого, заданного числа месяцев с засухой. В частности, в соответствии с расчетами по формуле(2.4.1), вероятность того, что засуха будет продолжаться в течении всего вегетационного периода, составляет в среднем в Шида Картли 7%, в Квемо Картли- 16%, в Кахети- 2%, а конкретно в Тбилиси- 32%.

Засухи наиболее вероятны во второй половине вегетационного периода (июль-сентябрь), когда их вероятность в отдельных районах достигает 80-90% (таблица 2.4.1). За эти месяцы наибольшая вероятность засух отмечается в Квемо и Шида Картли (Болниси, Гардабани, Тбилиси, Цхинвали), хотя в этих же районах засухи нередки также в первой половине вегетационного периода, составляя 25-70%. Июль-август характеризуются наиболее повышенным температурным фоном,

а также повышенной испаряемостью. К этому времени запасы продуктивной влаги в корнеобитаемом слое уменьшаются до 50-110 мм (таблица 2.4.1) и недостаточны для удовлетворения потребности растений.

Таблица 2. Вероятность засухи (а) и сверхжесткой засухи(б). %

Район	Пункт (высота м)	Засуха	Месяцы								
			IV	V	VI	VII	VIII	IX			
Шида Картли	Цхиввали (862)	а	17	20	23	80	80	80	57		
		б	0	0	0	10	23	10			
Квемо Картли	Болниси (534) Гардабани (300) Тбилиси (403) Цалка (1457)	а	25	27	61	89	84		75		
		б	2	0	4	45	41		36		
		а	57	67	67	80	90		90		
		б	1	6	6	40	53		63		
		а	43	33	50	83	89		87		
		б	4	2	13	35	24		30		
		а	2	0	4	31	40		46		
б	0	0	0	4	0		2				
Гаре Кахети	Сагареджо (802)	а	17	13	17	63	60		50		
		б	0	0	0	17	10		6		
Шида Кахети	Телави (542) Кварели (449) Шираки (555)	а	16	7	18	57	57		57		
		б	2	0	4	11	14		11		
		а	9	9	16	53	58		35		
		б	0	2	0	5	19		2		
		а	23	27	37	60	70		73		
б	3	0	3	30	47		27				
Самце-Джавахеги	Ахалцихе (982)	а	14	20	23	68	68		80		
		б	0	0	0	14	11		25		

Это приводит к пересыханию верхних слоев почвы, что может приостановить накопление вегетативной массы, уменьшить прирост клубней и корней, и в результате- снизить урожай сельскохозяйственных культур.

Особо опасными являются сверхжесткие засухи. Их вероятность также велика в Квемо Картли и Шида Кахети (Шираки), достигая 40-60% и более. Вероятность сверхжестких засух существенно уменьшается в горных районах (Цалка).

## 2.5. Ареал засух

Ареал засух охватывает площадь от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч квадратных километров (рис.2.5.1), и порой распространяется почти на всей территории Грузии и частично-на территории соседних стран, в особенности Азербайджана, исключая горные районы.

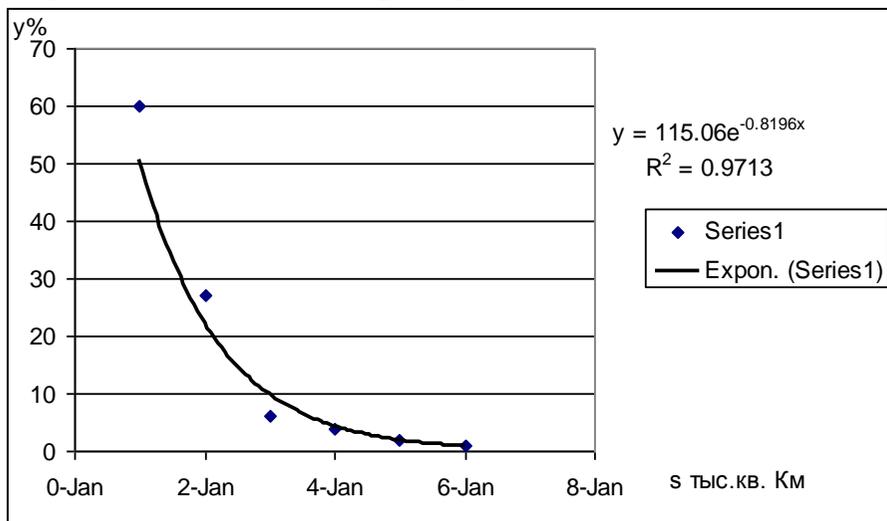


Рис.2.5.1. Повторяемость площади распространения засухи: точки-фактические данные; линия- аппроксимирующая экспоненциальная функция;  $R^2$ -корреляционное отношение[11]

Распространение засух на значительных территориях обусловлено атмосферными процессами, которые формируются в Закавказье и характерны в целом для Грузии, а уменьшение их ареала до 1-5 тысячи кв. км и менее объясняется влиянием на эти процессы местных физико-географических условий. Как следует из рис. 2.5.1 повторяемость таких засух достигает 60%.

Распределение повторяемости площади распространения засухи хорошо описывается экспоненциальной функцией вида:

$$y=82,896 \exp(-0,1639x) , \quad (2.5.1)$$

где  $x$ - площадь распространения засухи в тысячи квадратных километрах. Корреляционное отношение зависимости  $x$  от  $y$  довольно высокое. Таким образом по формуле (2.5.1) можно оценить теоретическую вероятность площади распространения засухи. Из формулы (2.5.1) вытекает, что засуха может распространяться одновременно на значительной территории, иметь глобальный характер и охватывать территорию площадью несколько сотен тысяч квадратных километров. В то же время наиболее вероятны локальные засухи, ареал которых ограничивается площадью даже в несколько десятков квадратных километров.

## **2.6. Вероятность засушливых месяцев в Восточной Грузии**

На рис. 2.6.1 представлена карта распределения числа засушливых месяцев за вегетационный период на территории Восточной Грузии.

Из представленной карты следует, что на территории Грузии в течении вегетационного периода число засушливых месяцев колеблется в пределах 0-5. Ее наименьшие значения соответствуют высокогорной зоне Кавказа, а наибольшее число месяцев с засухой фиксируется на значительной части территории Квемо Каргли.

В высокогорной зоне Кавказа и в высокогорных районах Месхет-Джавахети возможно не более одного засушливого месяца за вегетационный период. В верхнем течении Алазани, в отдельных районах Шида Картли и на значительной территории Джавахети число засушливых месяцев составляет 1-2, в нижнем течении Алазани, на Гомборском хребте, на значительной территории Шида Картли и Месхети составляет 2-3, на значительной территории Квемо Картли, а также в верхнем течении реки Иори увеличивается до 3-4, а в районах Рустави, Болниси и Гардабани превышает 4, а в отдельные годы засуха длится даже в течении всего вегетационного периода. Наприпер, такими были в Гардабани 1961, 1979, 1984 годы.

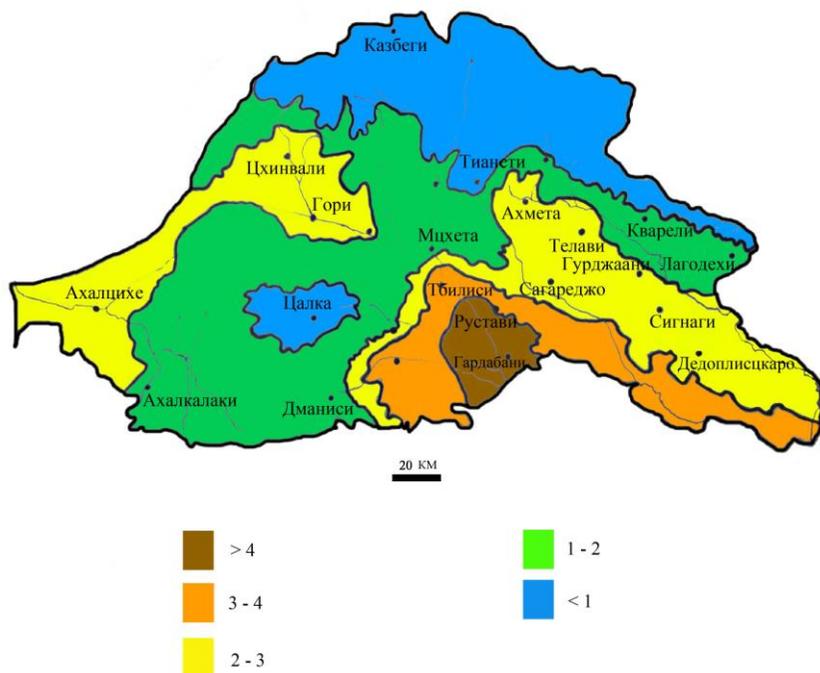


Рис2.6.1. Среднее число засушливых месяцев за вегетационный период (по В.Э.Горгишели)

В течении 5 месяцев продолжалась засуха в 1962, 1964, 1965, 1969, 1970, 1973, 1975, 1977, 1980, 1986, 1989, 1996, 2001

годы. Число засушливых месяцев за вегетационный период от года к году изменяется. Теоретически диапазон этого колебания составляет от 0 до 6 месяцев и зависит от конкретных географических условий. Например, в Гардабани диапазон колебания числа засушливых месяцев за вегетационный период составляет от 1 до 6, т.е. здесь засуха отмечается ежегодно. В то же время в Ахалкалаки и Цалка число засушливых месяцев за вегетационный период колеблется в пределах 0-3. Более подробную информацию о вероятности числа засушливых месяцев для 7 метеорологических станций восточной Грузии можно получить из таблицы 2.6.1.

Из таблицы следует, что в Квемо Картли вполне вероятно развитие засухи в течении всего вегетационного периода(6 месяцев). Вероятность этого процесса составляет в Гардабани 11%, в Тбилиси-5%, а в Болниси-2%. В остальных пунктах(Гори. Телави. Цалка. Ахалкалаки) никогда не отмечалась засуха в течении всего вегетационного периода.

На рис.2.6.2 представлено районирование восточной Грузии по вероятности формирования засухи в течении вегетационного периода.

I район охватывает Квемо Картли, в частности территории прилегающие Гардабанскому району и городу Рустави. Здесь высокая вероятность засухи отмечается за последние 4 месяца вегетационного периода (июнь-сентябрь).

II район распространяется на различные территории Кахети, Картли и Месхети, где засухи наиболее вероятны в течении последних трех месяцев вегетационного периода-июль-сентябрь.

III район распространяется в Сагареджойском районе и Боржомском ущелье, здесь засухи наиболее вероятны в июле-августе.

Таблица 2.6.1. Вероятность числа месяцев с засухой за вегетационный период  
(по В.Э.Горгишели)

Число за- сушливых месяцев	Метеорологическая станция						
	Гарлабани	Болниси	Тбилиси	Гори	Телави	Цалка	Ахалкалаки
0	0	2	0	0	2	40	24
1	4	2	7	5	28	33	15
2	7	13	18	5	42	22	39
3	14	42	27	27	21	5	22
4	28	30	27	52	7	0	0
5	36	9	16	11	0	0	0
6	11	2	5	0	0	0	0

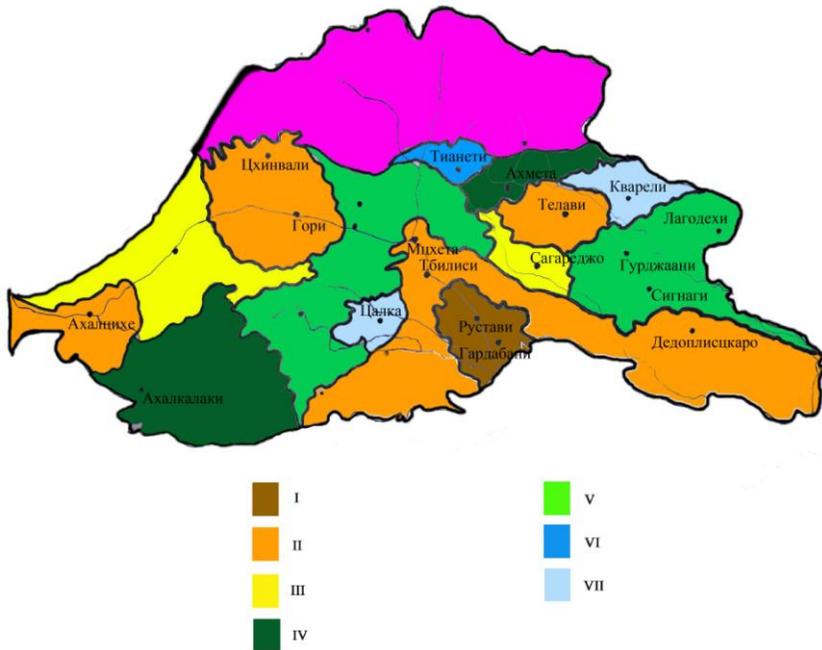


Рис.2.6.2. Районирование восточной Грузии по наиболее вероятным месяцам с засухой по В.Э.Горгишели (обозначения см. в тексте)

IV район охватывает значительную часть южной Грузии и Ахметский район. Засухи наиболее вероятны в июле и сентябре.

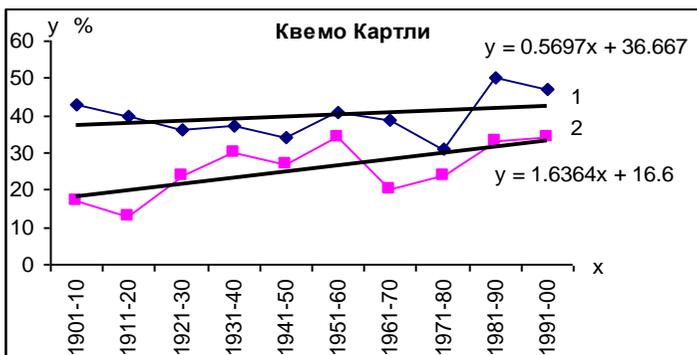
V район охватывает Душетский, Каспский, Цалкский, Гурджаанский, Лагодехский районы. Засухи наиболее вероятны за последние 2 месяца вегетационного периода.

VI район охватывает Тианетский район, где высокая вероятность засух отмечается в июне.

II район охватывает Кварельский и Тетрицкарыйский районы, где высокая вероятность засух отмечается в июле.

## 2.7. Влияние глобального потепления на засуху

В условиях глобального потепления многие экстремальные явления природы в Грузии активизировались[4]. Анализ векового хода повторяемости по десятилетиям аномалий среднемесячных температур воздуха и дефицита месячных сумм осадков по районам Восточной Грузии выявил, что в ходе этих характеристик отмечается некоторая тенденция их роста (рис.2.7.1).



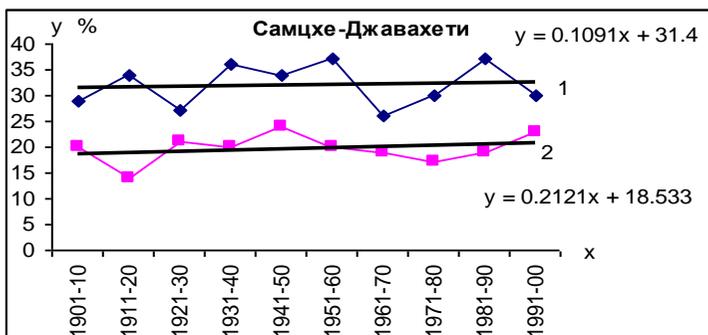
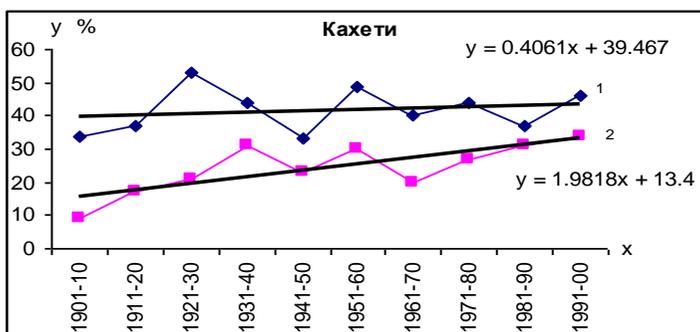
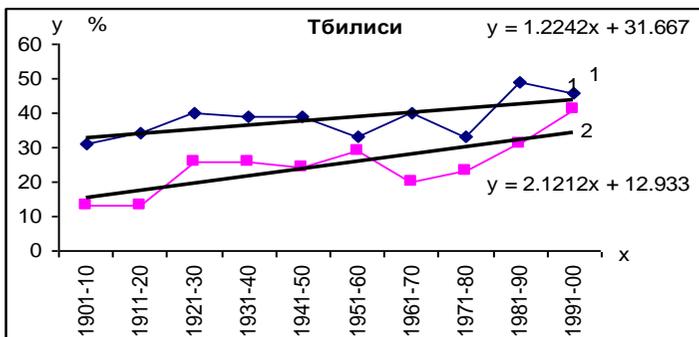


Рис.2.7.1. Изменение по десятилетиям повторяемостей (у%) месяцев с дефицитом осадков (1) и повышенным температурным фоном (2) и соответствующие уравнения регрессии. Прямая - линейный тренд за XX столетие. x-порядковый номер десятилетия XX века[11].

Из рис.2.7.1 видно, что в течении прошлого столетия повторяемость месяцев с дефицитом осадков увеличилась в Шида Картли на 2,4%, Квемо Картли -на 5,7%, Кахети-на 4,1%, Тбилиси-на 12% и в Самцхе-Джавახети –на 1%. Повторяемость месяцев с повышенным температурным фоном за этот же период также увеличилась соответственно на 1%, 16%, 20%, 21% и 21%.

Из рис. 2.7.1 можно заключить также, что наиболее засушливыми, когда одновременно отмечались существенный дефицит осадков и повышенный фон температуры, по всей Восточной Грузии, были последние двадцать лет (1981-2000). Кроме того, некоторое увеличение повторяемостей месяцев с дефицитом осадков и повышенным температурным фоном отмечалось в 1951-1960 годы, а в Кахети -еще в третьем десятилетии(1921-1930). Эти же закономерности сохраняются в вековом ходе числа месяцев с засухой(рис. 2.7.2).

Из рис.2.7.2 следует, что в многолетнем изменении среднего числа месяцев с засухой также обнаруживается тенденция их роста. Среднее число месяцев с засухой за вегетационный период в течении столетия увеличилась в Телави на 5, а в Болниси- на 15 месяцев. Возросла также повторяемость сверхжестких засух, свидетельствующая об активизации особо опасных засух в условиях глобального потепления, хотя коэффициент линейной корреляции для Телави является незначимым. В течении прошлого столетия некоторое увеличение числа месяцев с засухой отмечается также в периоды 1921-1930 и 1951-1960 годы. Доверительные границы отклонения уравнений регрессии от эмпирических данных на уровне значимости 99% колеблются в пределах 0,5-1,2 месяца, а а на уровне значимости 95% не превышают 0,7 месяцев за вегетационный период, что вполне приемлемо.

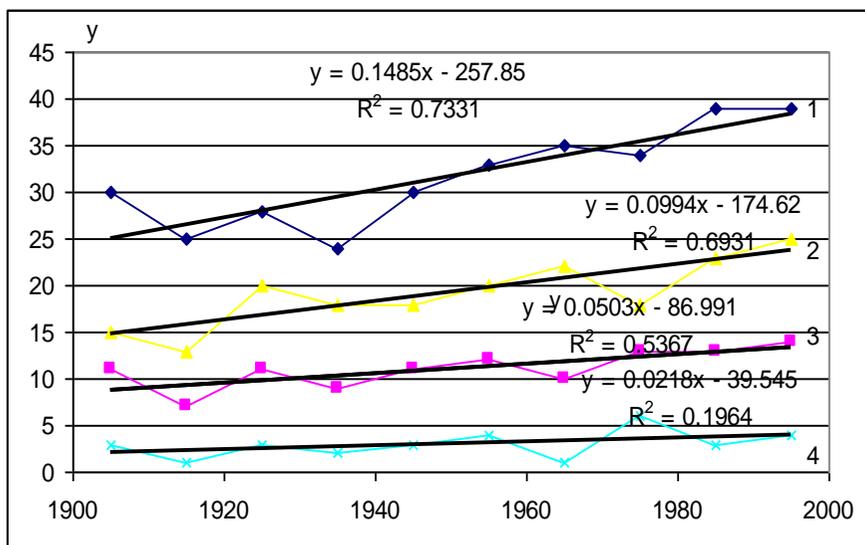


Рис. 2.7.2. Изменение по десятилетиям числа месяцев с засухой (1,2) и сверхжесткой засухой (3,4) за вегетационный период в Болниси(1,3) и Телави(2,4) ; прямая-линейный тренд и соответствующее уравнение регрессии.  
 у-число месяцев с засухой; х- год ; R-коэффициент корреляции[11].

Повторяемость засух была высокой и в начале XXI века. В частности, за период 2001-2006 годы в Телави было отмечено 15, в Болниси-19, а в Тбилиси-20 засушливых месяцев. Число сверхжестких засух составило соответственно-6, 10 и 7. Наиболее засушливыми оказались 2001,2004 и 2006 годы.

## Литература к главе 2

1. Проблемы мониторинга засух. Труды ВНИИ сельскохозяйственной метеорологии. Вып. 33, Санкт-Петербург, Гидрометеоздат, 2000, 244с.
2. Элизбарашвили Э.Ш.,Бездождные периоды в Закавказье. Метеорология и гидрология, №3, 1978, с.41-45.
3. Элизбарашвили Э.Ш. Климатические ресурсы Грузии. Тбилиси, Зеон,2007, 328 с. (на груз.яз.)
4. Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э. Динамика повторяемости экстремальных аномалий среднемесячных температур воздуха в Грузии в XX столетии и ее влияние на осадки и сток рек. Метеорология и гидрология, №1, 2007,с.110-114.
5. Элизбарашвили Э.Ш., Чавчанидзе З.Б. Засухи, бездождные и дождливые периоды в Грузии. Тбилиси, Мецниереба, 1992, 112 с.(на груз.яз.)
6. Элизбарашвили Э.Ш., Чавчанидзе З.Б.,Элизбарашвили М.Э.,Маглакелидзе Р.В.,Сулханишвили Н.Г.,Элизбарашвили Ш.Э. Почвенно-климатическое районирование территории Грузии. Почвоведение, № 10, 2006, с.1178-1181.
7. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э., Реакция различных типов ландшафтов Закавказья на глобальное потепление. Известия РАН, с.Географическая, №5, 2002, с. 52- 56.
8. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. К оценке вероятности опустынивания степных и полупустынных ландшафтов на основе концепции периодического закона географической зональности. Метеорология и гидрология, №11, 2002, с.44-48.
9. Элизбарашвили Э.Ш.,Элизбарашвили М.Э. О возможной трансформации природных ландшафтов Кавказа в связи с глобальным потеплением. Метеорология и гидрология, №10, 2005,с.53-57.
10. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. Основные проблемы климатологии ландшафтов. Тбилиси, Зеон,2006, 118 с.
11. Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш.,Элизбарашвили М.Э., Мегрелидзе Л.Г., Горгишели В.Э. Повторяемость и динамика засух в Восточной Грузии в XX столетии- Метеорология и гидрология, 2009, №6, с.98-103.

## Глава 3. Заморозки

### 3.1. География заморозков

Под заморозками понимается понижение минимальной температуры воздуха или поверхности почвы ниже  $0^{\circ}\text{C}$  на фоне положительных среднесуточных температур. Заморозки на почве наступают раньше, чем в воздухе, уже при температуре воздуха около  $1^{\circ}\text{C}$ , поэтому атмосферные заморозки всегда включают в себе почвенные заморозки.

Заморозки относятся к опасным явлениям погоды. Повреждения сельскохозяйственных культур отмечаются после того, как культуры тронулись в рост, что сопровождается быстрым снижением их морозостойкости. Поэтому особо опасны заморозки в течении безморозного периода, т.е. в течении периода между средними датами наступления последнего весеннего и первого осеннего заморозков. Для этого периода характерны в основном адвективно-радиационные заморозки, которые образуются в результате вторжения холодного воздуха и последующего его выхолаживания за счет ночного излучения. Такие заморозки наблюдаются при высоком уровне средних суточных температур в конце весны и ранней осенью, а в горах – даже летом и, хотя они редки, по сравнению с заморозками за весь вегетационный период, которые подробно исследованы, как для территории Грузии, так и для Кавказа в целом [1,2], являются наиболее опасными для сельскохозяйственных культур.

В левой части таблицы 3.1.1 представлены данные о средних датах наступления первых осенних и последних весенних заморозков, а также средние продолжительности безморозных периодов для отдельных регионов Грузии.

Таблица 3.1.1. Средние даты наступления первых осенних (Т1) и последних весенних (Т2) заморозков, и продолжительность безморозного периода(Т2-Т1), а также параметры для формулы (3.2.1) и минимальная температура 1%-ой обеспеченности( Tmin) осредненные по районам [6]

Район	Т1	Т2	Т2-Т1 дни	a	b	Tmin °C
Черноморское побережье, Колхидская низменность и Аджария Шида Картли Квемо Картли	30.11-20.12	10.03-30.03	250-310	38,9	-30	-3- -4
	25.10-10.11	10.04-25.04	170-220	36,8	-25	-4
	20.10-16.11	25.03-20.04	180-220	35,3	-22	-5- -6
Кахети (за исключением Телавского и Ахметского районов) Телавский и Ахметский районы Самцхе-Джавахети	10.10-20.11	20.03-5.04	175-220	31,4	-17	-5- -7
	15.10-25.11	25.03-5.04	180-220	40,4	-31	-3
Горные районы Западной Грузии Горные районы Восточной Грузии	1.10-25.10	20.04-20.05	120-170	32,9	-19	-5- -7
	20.09-25.10	25.04-10.06	100-200	33,4	-18	-6- -8 и более
	15.09-20.10	25.04-10.25	125-170	33,6	-20	-4- -8 и более

Из таблицы 3.1.1 следует, что наибольшей продолжительностью безморозный период характеризуется на Черноморском побережье и Колхидской низменности (более 300 дней). Здесь первые осенние заморозки отмечаются в среднем с 15 ноября по 20 декабря, а средняя дата наступления последних весенних заморозков соответствует 10-30 марта. В Шида Картли, Квемо Картли и Кахети продолжительность безморозного периода составляет 170-200 дней. Первые осенние заморозки отмечаются во второй половине октября и ноябре, а последние весенние заморозки - в конце марта и начале апреля. В горных районах продолжительность безморозного периода уменьшается (100-200 дней). Первые осенние заморозки отмечаются в сентябре-октябре, а последние весенние заморозки, в Самцхе-Джавахети – во второй половине апреля и первой половине мая, в горных и высокогорных районах Большого Кавказа - даже в июне.

Наибольшая повторяемость заморозков (более 2 дней) за безморозный период отмечается в высокогорной зоне Большого Кавказа. В горной и предгорной зонах Большого Кавказа и Южно-Грузинского нагорья число случаев с заморозками колеблется в пределах 1-2 случаев. На черноморском побережье и на значительной территории Колхидской низменности и Аджарии, а также на Алазанской долине в Восточной Грузии повторяемость заморозков составляет 0,5-1, а в субаридных ландшафтах Квемо Картли и Кахети их повторяемость не превышает 0,5 случаев за безморозный период.

Наиболее опасными за указанный период являются весенне-летние заморозки, их повторяемость составляет в среднем 41%, а повторяемость осенних заморозков составляет 59%. Однако в отдельные годы весенне-летние заморозки преобладали над осенними заморозками (рис.3.1.1).

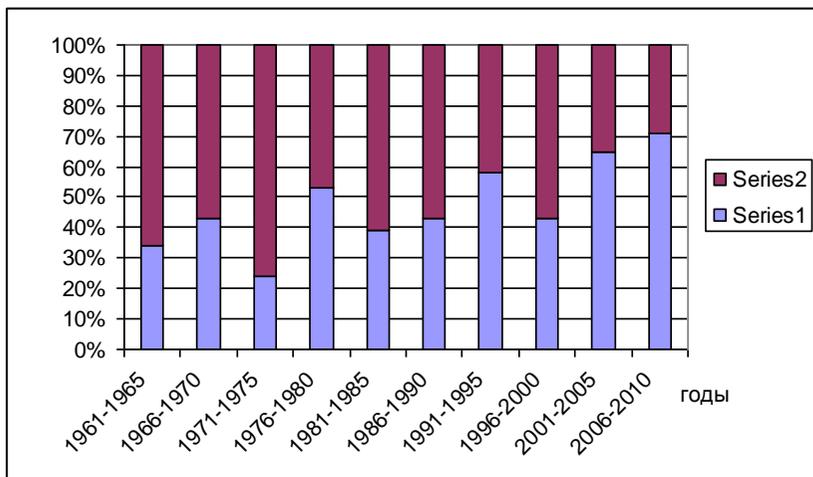


Рис.3.1.1. Динамика повторяемости весенне-летних(1) и осенних(2) заморозков по пятилетиям за безморозный период[6]

Из рис. 3.1.1 видно также, что вклад весенне-летних заморозков особенно увеличился за последнее десятилетие, превысив 70%. Весенне-летние заморозки преобладали над осенними также за пятилетия 1976-1980 и 1991-1995 годы. Вклад весенне-летних заморозков был существенно низким в 1971-1975 годы.

### 3.2. Интенсивность и вероятность заморозков

При заморозках безморозного периода наблюдается широкий спектр минимальных температур. Именно минимальная температура определяет интенсивность заморозков. На рис 3.2.1 представлена карта минимальной температуры воздуха при заморозках, характеризующая интенсивность заморозков.

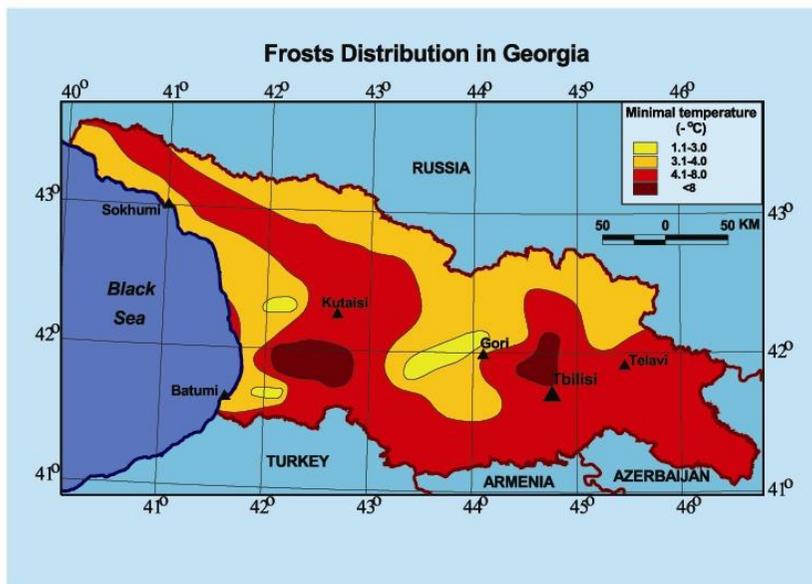


Рис.3.2.1. Минимальная температура при заморозках

На значительной части территории Колхидской низменности, Шида Картли, а также в центральной части Большого Кавказа преобладают заморозки средней интенсивности, когда минимальная температура при заморозках опускается до  $-4^{\circ}\text{C}$ . В таких условиях повреждаются в среднем устойчивые к заморозкам растения. На значительной части территории восточной Грузии, в особенности в Шида Картли и во внутренних районах Колхидской низменности преобладают заморозки сильной интенсивности, при которой минимальная температура колеблется в пределах от  $-4$  до  $-8^{\circ}\text{C}$ , что приносит большой ущерб, повреждая значительную часть культурных растений, а также масличных культур. В отдельных горных районах Гурии, Аджарии, а также восточной Грузии температура воздуха понижается на  $-8^{\circ}\text{C}$  и более. Это заморозки очень сильной интенсивности, при которой повреждаются даже

особо устойчивые к заморозкам растения- зернистые, ранние масленичные, ячмень и другие культуры.

Эмпирическое распределение повторяемости минимальных температур при заморозках наилучшим образом аппроксимируется логарифмической функцией вида:

$$y=a+b\ln(-x) , \quad (3.2.1)$$

где  $y$ - повторяемость в процентах,  $x$  - минимальная температура при заморозках,  $a$  и  $b$  -статистические параметры распределения

В таблице 3.1.1 представлены параметры  $a$  и  $b$ , осредненные для таких районов Грузии, где их пространственная изменчивость незначительна.

По формуле (3.2.1) можно теоретически оценить вероятность любой, заданной заранее минимальной температуры воздуха. Некоторые результаты такой оценки, выполненные по формулам типа (3.2.1) для отдельных станций районов, представлены также в таблице 3.1.1, в частности это минимальные температуры 1%-ой обеспеченности. Как следует из таблицы 3.1.1 при заморозках безморозного периода минимальная температура воздуха может опуститься в низменных районах Западной Грузии до  $-4^{\circ}\text{C}$ , Восточной Грузии-до  $-4$ -- $-6^{\circ}\text{C}$ , а в горах – до  $-8^{\circ}\text{C}$  и более.

### 3.3. Ареал заморозков

Ареал заморозков охватывает площадь от нескольких сотен до нескольких тысяч квадратных километров (рис.3.3.1).

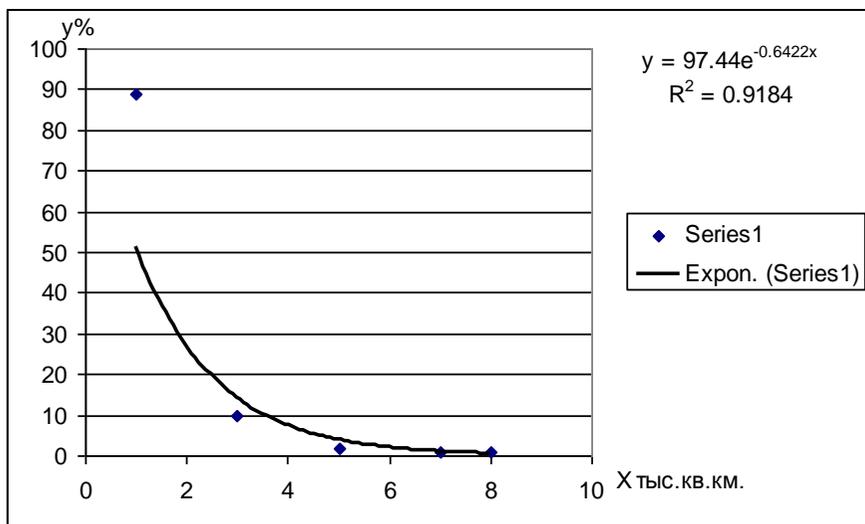


Рис.3.3.1. Повторяемость площади распространения заморозков: : точки-фактические данные; линия- аппроксимирующая экспоненциальная функция;  $R^2$ -корреляционное отношение[6]

Распространение заморозков на значительных территориях обусловлено атмосферными процессами, которые формируются в Закавказье и характерны в целом для Грузии, а уменьшение их ареала до 1-5 тысячи кв. км и менее объясняется влиянием на эти процессы местных физико-географических условий. Распределение повторяемости площади распространения заморозков хорошо описывается экспоненциальной функцией вида:

$$y=112,49 \exp(-0,7592x) , \quad (3.3.1)$$

где x- площадь распространения заморозков в тысячах квадратных километров. Корреляционное отношение

зависимости  $x$  от  $y$  довольно высокое (0,92). Таким образом по формуле (3.3.1) можно оценить теоретическую вероятность площади распространения заморозков. Из формулы (3.3.1) вытекает, что заморозки могут формироваться одновременно на значительной территории, иметь глобальный характер и охватывать территорию площадью несколько тысяч квадратных километров. В то же время наиболее вероятны локальные заморозки, ареал которых ограничивается площадью даже в несколько десятков квадратных километров. Они в основном обусловлены влиянием форм рельефа. Наиболее подвержены заморозкам открытые плато, замкнутые котловины и широкие долины рек.

### **3.4. Влияние глобального потепления на заморозки**

В условиях глобального потепления многие экстремальные явления природы активизировались. На рис.3.4.1 представлен ход повторяемости числа лет с заморозками по десятилетиям за безморозный период во второй половине XX-го и начале нынешнего столетия, осредненный для двух различных климатических областей Грузии - Западной и Восточной.

Из рис. 3.4.1 видно, что несмотря на общую тенденцию уменьшения заморозков в условиях глобального потепления, повторяемость заморозков в конце XX-го столетия существенно, в 2-3 раза, возросла в Западной Грузии по сравнению с Восточной Грузией. Такой характер многолетнего изменения случаев с заморозками можно объяснить особенностями реакции различных ландшафтов Грузии на глобальное потепление.

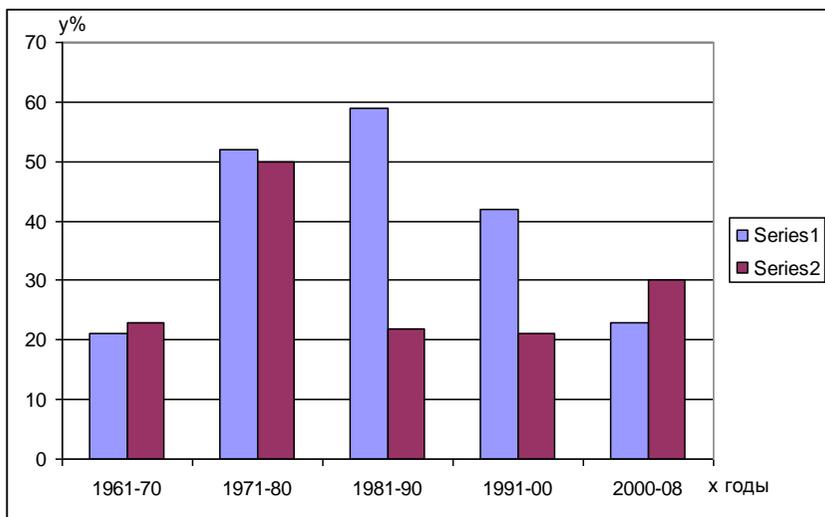


Рис. 3.4.1. Повторяемость (у) числа лет с заморозками за везморозный период по десятилетиям в Западной(1) и Восточной(2) Грузии. [6]

Как было показано[4], гумидные ландшафты Западной Грузии слабо реагируют на глобальное потепление. За XX столетие в них средняя годовая температура воздуха даже уменьшалась, что явилось следствием израсходования значительной части тепла на испарение. Более того было выявлено[3,5], что характерной особенностью изменения климата гумидных ландшафтов является существенное потепление весной и похолодание осенью, что должно быть способствовать формированию заморозков. Это могло быть причиной значительного увеличения числа заморозков в Западной Грузии по сравнению с восточной. Негумидные же ландшафты Восточной Грузии (субгумидные и субаридные) хорошо реагировали на глобальное потепление, скорость возрастания среднегодовой температуры в них была близкой к скорости изменения глобальной температуры. Поэтому в

Восточной Грузии более заметна тенденция уменьшения повторяемости заморозков в условиях глобального потепления.

#### Литература к главе 3

1. Сухишвили Э.В. Заморозки. Климат и климатические ресурсы Грузии. Труды ЗакНИИ, вып. 44(50), Ленинград, Гидрометеоиздат, 1971, с.324-327.
2. Цуцкиридзе Я.А. Заморозки. В кн. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Ленинград, Гидрометеоиздат, 1983, с.13-20.
3. Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э. Изменение климата западного Закавказья. Известия РАН, серия географическая, №4, 2005, с.35-38.
4. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. Реакция различных типов ландшафтов Закавказья на глобальное потепление. Известия РАН, серия географическая, №5, 2002, с.52-56.
5. Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. Основные проблемы климатологии ландшафтов. Тбилиси, Изд.Зеон, 2006, 118 с.
6. Элизбарашвили Э.Ш., Варазанашвили О.Ш., Элизбарашвили М.Э., Церетели Н.С. Заморозки безморозного периода на территории Грузии. Метеорология и гидрология, №6, 2011, с.65-69.

## Глава 4. Ураганные ветры

### 4.1. Общая характеристика ураганных ветров

Ураганными считаются ветры со скоростью более 30 м/сек. Такие ветры наносят большой ущерб экономике и населению: повреждают линии связи и электропередачи, нарушают работу транспорта, вызывают волнение в море и на водохранилищах, пыльные бури, перенос снега, эрозию почв и другие неблагоприятные явления. Эффект воздействия ураганных ветров отражает шкала Сафира-Симпсона, представленная в таблице 4.1.1[3-5].

Таблица 4.1.1. Интенсивность ураганного ветра и соответствующий эффект повреждения по Сафире-Симпсону [2]

Интенсивность в баллах	Скорость ветра, м/с	Эффект
1	33-42	Минимальный
2	43-49	Умеренный
3	50-58	Значительный
4	59-69	Очень большой
5	Более 70	Катастрофа

Согласно шкале Сафира-Симпсона, при скорости ветра 33-42 м/с отмечается минимальный эффект, когда повреждаются деревья и кустарники, а также отдельные участки линий связи и электропередачи. Существенное повреждение деревьев и кустарников, а также падение некоторых деревьев, повреждение линии связи и электропередачи имеет место при скорости ветра 43-49 м/с(умеренный эффект). Значительный эффект отмечается при скорости ветра 50-58 м/с, когда падают большие деревья, повреждаются некоторые здания, вдоль побережья распространяется сильное наводнение. При скорости ветра 59-69 м/с эффект воздействия очень большой-падение деревьев, кустарников и рекламных щитов, сильное повреждение некоторых зданий и сооружений, распространение

в прибрежной зоне наводнения до глубины 300 м. При скорости ветра более 69 м/с наступает катастрофа- падение всех деревьев, кустарников и рекламных щитов, полное снесение некоторых зданий, разрушение сооружений, наводнение в прибрежной зоне до глубины 500м. Требуется массивная эвакуация населения из прибрежной зоны.

Максимальная скорость ветра существенно зависит от интервала осреднения (таблица 4.1.2).

Таблица 4.1.2. Максимальные скорости ветра (v м/сек)возможные в 5, 20, 50 год раз (по Э.В.Сухишвили)

№	Пункт	Скорость ветра м/сек		
		V <sub>5</sub>	V <sub>20</sub>	V <sub>50</sub>
1	Абастумани	19	24	29
2	Абаша	24	27	30
3	Ахалкалаки	25	31	36
4	Амбролаури	22	25	27
5	Ахмета	25	30	33
6	Батуми, город	24	28	32
7	Бакурани	24	28	31
8	Бахмаро	29	36	40
9	Боржоми	17	23	27
10	Гагра	28	40	48
11	Вазиани	44	49	56
12	Мамисонский пер.,	38	44	51
13	Зекарский пер.	40	50	53
14	Тбилиси, аэропорт	41	48	56
15	Тбилиси, обсерватория	24	30	34
16	Телави	21	25	27
17	Тетрицкаро	28	33	38
18	Лагодехи	23	26	29
19	Местиа	17	20	23
20	Мта Сабуети	34	38	41
21	Они	17	22	24
22	Жинвали	18	21	24

Из таблицы следует, что с увеличением интервала осреднения максимальная скорость ветра возрастает. Так, при 5-летнем осреднении ураганные ветры фиксируются на 5 метеорологических станциях: Вазияни, Мамисонский пер., Зекарский пер., Тбилиси, аэропорт и Мта Сабуети. С увеличением интервала осреднения до 20 лет к перечисленным станциям добавляются Гагра и Тетрицкаро, а при интервале 50 лет ураганные ветры отмечаются также в Ахалкалаки, Ахмета, Батуми и в Тбилиси(город).

## **4.2. Пространственная структура ураганных ветров**

На территории Грузии ураганные ветры имеют в основном западное или восточное направление. Первые из них возникают при прохождении над Закавказьем циклона средиземноморского происхождения или глубокой ложбины пониженного давления, связанной с атлантическими циклонами. При этом барический градиент направлен с запада на восток, что обуславливает усиление западных и северо-западных ветров. Восточные ветры наблюдаются когда над центральными и восточными районами Закавказья устанавливается область высокого давления, а на Черное море с запада распространяется циклон. В этом случае барический градиент направлен с востока на запад, и усиливаются восточные ветры, которые наиболее развиты в Западной Грузии [1].

На рис 4.2.1 представлена геоинформационная карта, характеризующая пространственное распределение максимальной скорости ураганного ветра. Как следует из рис 4.2.1, на территории Грузии выявлены три зоны различной интенсивности ураганного ветра. Первая из них, где максимальная скорость ветра может составить 33-42 м/с, распространяется на значительной территории страны. Согласно шкале Сафира-Симпсона она находится под минимальным эффектом неблагоприятного воздействия. Умеренный

отрицательный эффект воздействия ураганные ветры могут оказать во второй зоне, которая занимает центральную часть Колхидской низменности, с прилегающими предгорными и горными районами, а также Южно-грузинское нагорье и Квемо Картли. Здесь максимальная скорость ветра может составить 43-49 м/с. Третья зона-зона значительного воздействия ураганного ветра занимает небольшие участки территории Южно-грузинского нагорья и Квемо Картли. В этих районах максимальная скорость ураганного ветра может превысить 50 м/с.

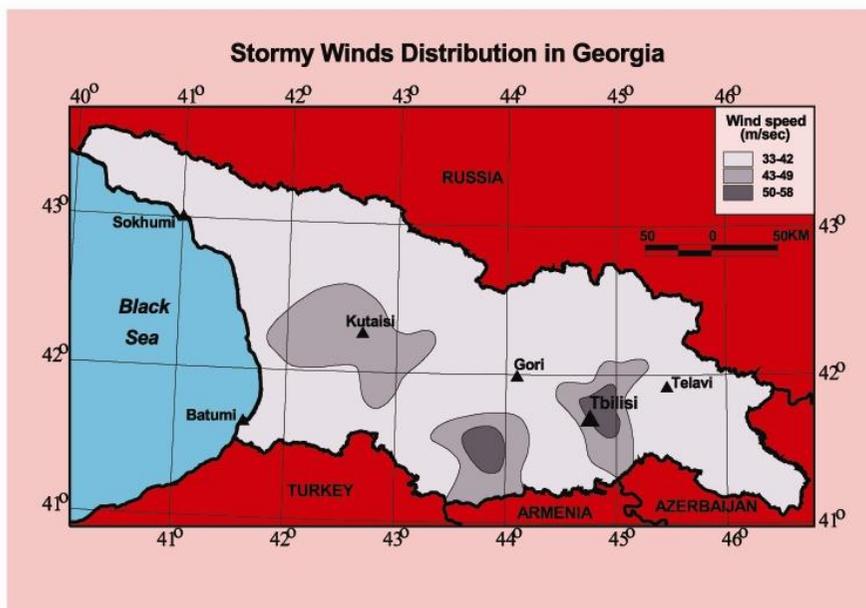


Рис. 4.2.1. Геоинформационная карта пространственного распределения максимальной скорости ураганного ветра[2]

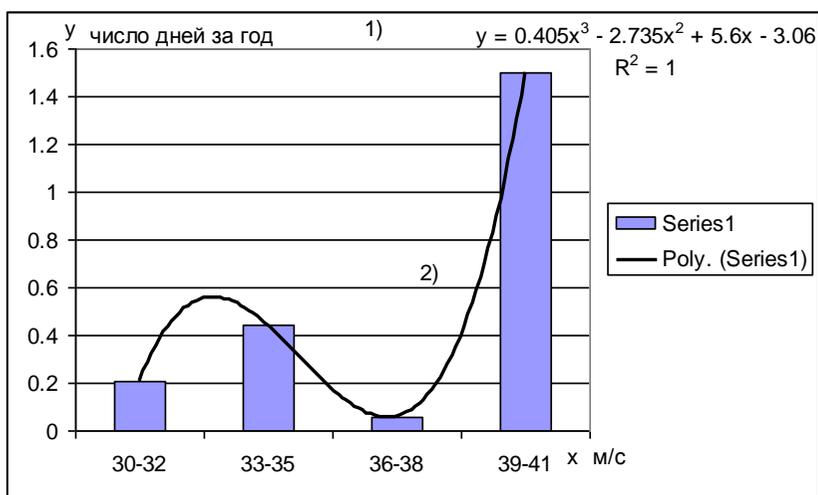
### 4.3. Повторяемость ураганных ветров

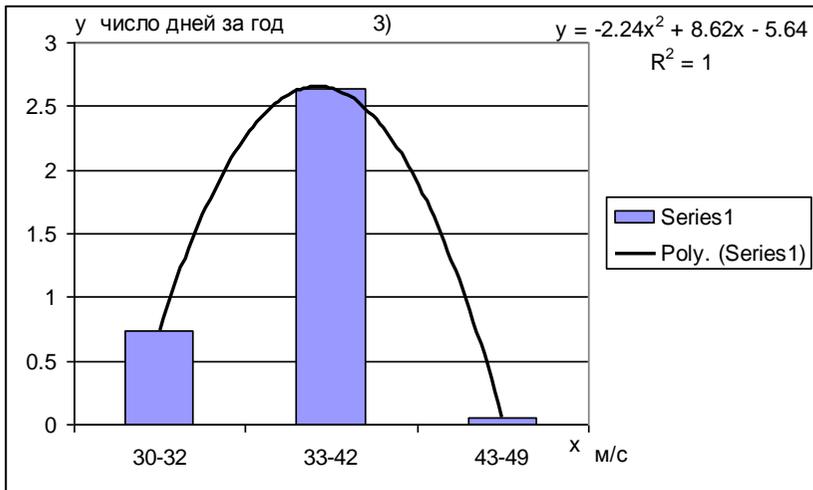
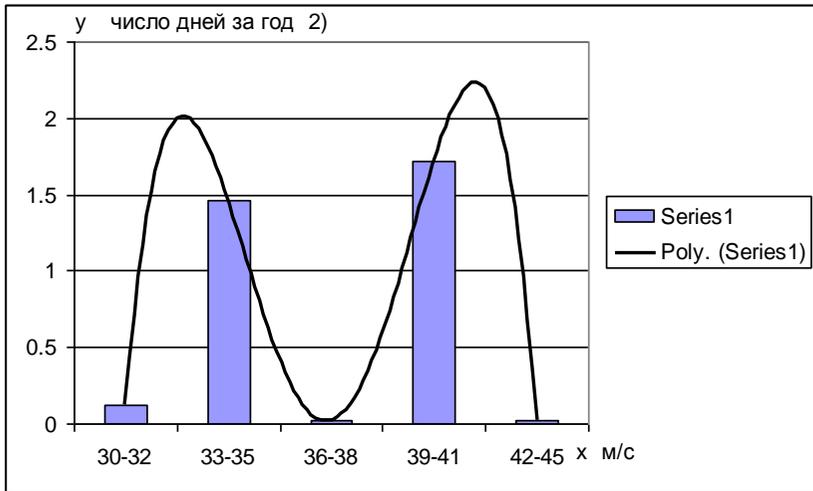
В таблице 4.3.1 представлены повторяемость и максимальная скорость ураганных ветров за период 1961-2008 годы на некоторых станциях Грузии.

Таблица 4.3.1. Повторяемость (число случаев за год) и максимальная скорость (м/с) ураган-  
ных ветров на некоторых станциях Грузии [2]

Район	Пункт и высота н.у.м., м	Повторяемость	Скорость м/сек
Квемо Картли	Удабно, 750	6,2	40
	Тбилиси АМЦ, 470	4	55
Колхидская низменность	Кутаиси, 114	3,4	43
	Сенаки, 40	1,7	45
Горные районы	Зекарский пер., 2180	2,2	47
	Мамисонский пер., 2854	3,3	45
	Годердзский пер., 2025	2,2	40
	Паравани, 2000	1,1	50
	Дманиси, 1256	1,2	42
	Мта Сабуети, 1242	1,8	42

Из таблицы следует, что наибольшая повторяемость ураганных ветров характерна для района Квемо Картли(Удабно, Тбилиси), где она составляет 4-7 случаев за год. На Колхидской низменности повторяемость ураганных ветров несколько меньше (Кутаиси, Сенаки, 1.7-3.4). Большие значения повторяемости характерны для перевалов(Мамисонский, Годердзский, Зекарский, 2-3). На остальных, рассмотренных нами, 50 пунктах повторяемость ураганных ветров не превышает одного случая за год, а на многих пунктах составляет 0.02-0.08, т.е. 2-8 случая за 100 лет, однако их продолжительность велика и превышает 30 час.





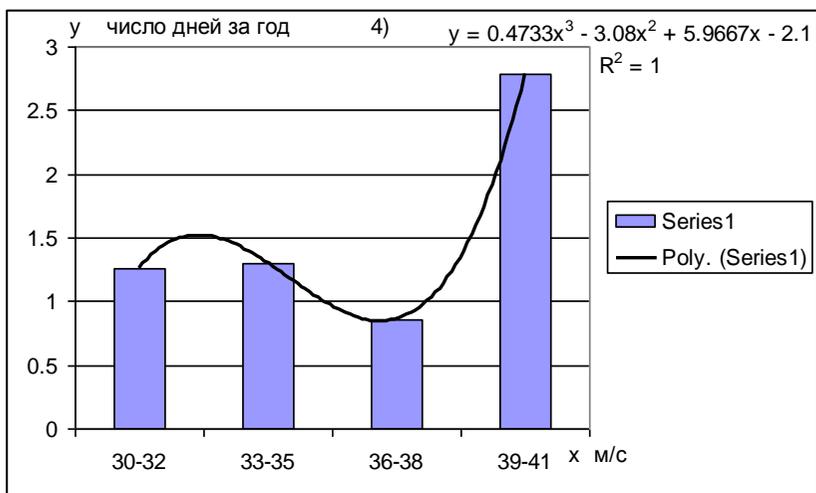


Рис.4.3.1. Зависимость изменения повторяемости числа дней с ураганым ветром различной максимальной скоростью ветра: 1)- Годердзкий пер.( 2025м над у.м); 2)-Мамисонский пер. (2854 м над у.м); 3)-Кутаиси(114 м над у.м); 4)-Удабно(750 м над у.м) .  $R^2$ -корреляционное отношение[2]

На рис. 4.3.1 представлены зависимости изменения повторяемости числа дней с ураганым ветром различной максимальной скоростью ветра. Как следует из рис. 4.3.1 эмпирические функции распределения числа дней с ураганым ветром в различных физико-географических условиях имеют различный характер и хорошо описываются полиномами различной степени, о чем свидетельствуют высокие значения коэффициентов корреляции. Следовательно по полученным полиномам с определенной точностью можно оценить повторяемость (возможное число дней) любой, заданной заранее максимальной скорости ураганного ветра в рассмотренном интервале.

#### 4.4. Ареал ураганных ветров

На рис.4.4.1 представлена эмпирическая гистограмма ареала ураганных ветров, и ее соответствующая аппроксимирующая функция, позволяющая оценить ареал ураганов любой вероятности.

Из рис. 4.4.1 следует, что ураганные ветры могут охватывать территорию площадью несколько тысяч квадратных километров, однако наиболее вероятны ураганы, ареал которых составляет 500-1000 квадратных километров. Распределение повторяемости площади распространения ураганных ветров хорошо описывается полиномом четвертой степени. Корреляционное отношение довольно высокое(0,83). Таким образом по полиному можно оценить теоретическую вероятность площади распространения ураганных ветров.

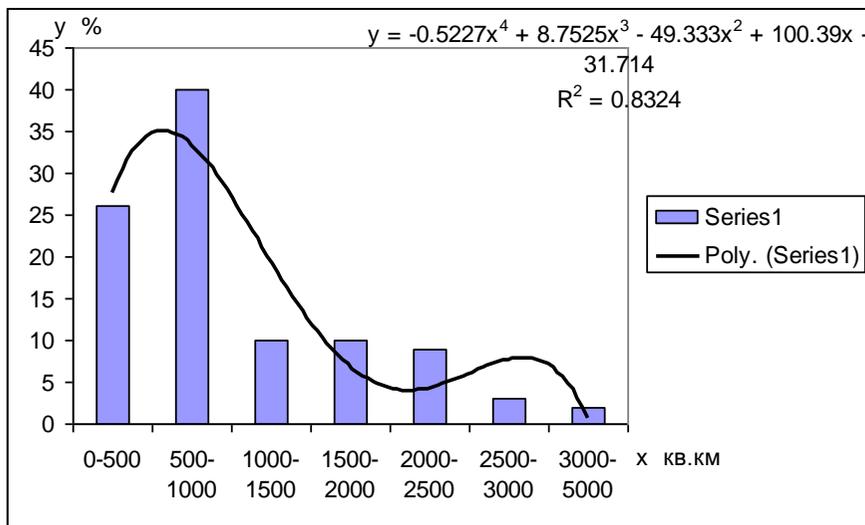


Рис. 4.4.1. Повторяемость (%) распространения ураганных ветров на различной площади (кв.км): гистограмма-эмпирические данные, кривая-аппроксимирующая функция:  $R^2$ -корреляционное отношение[2]

Результаты проведенного исследования могут быть использованы для обеспечения функционирования автотранспортных магистралей и аэропортов Грузии, в строительстве, сельском хозяйстве, а также при решении многих других задач тактического и стратегического планирования.

#### Литература к главе 4

1. Справочник по климату по климату СССР. Ленинград, 1968.
2. Э. Ш. Элизбарашвили, О.Ш.Варазанашивили, Н.С.Церетели, М. Э. Элизбарашвили. Ураганные ветры на территории Грузии. Метеорология и гидрология, №12, 2012.
3. Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale. National Hurricane Center. Miami, Florida, USA, <http://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.shtml>
4. Timothy Schott et al. Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale. <http://www.nhc.noaa.gov>
5. U.S. Hurricane-Catastrophe Review. A.M. Best Research. 2008 Special Report. <http://www.ambest.com.hk>

## Глава 5. Туманы

### 5.1 География туманов

Туман частое явление для территории Грузии, среднее число дней с туманом в отдельных районах превышает 150, а на пологом склоне Сурамского хребта, на высоте 1243м достигает 260. Ухудшая видимость, он, препятствует движению транспорта, в особенности в горных районах, создавая аварийные ситуации и увеличивая число аварий, что часто приводит к гибели людей. Кроме того туман отрицательно действует на организм человека, отнимая значительное количество тепла и нарушая, тем самым, терморегуляцию тела человека, что способствует возникновению простудных заболеваний, в том числе гипотермии. Особо опасны туманы, когда дальность видимости менее 50м., при котором возможно крушение любого вида транспорта.

В зависимости от основных физических процессов образования, на территории Грузии распространены радиационные, адвективные (в том числе туманы испарения), адвективно-радиационные, фронтальные и орографические туманы. Их распределение по территории имеет сложный характер, что объясняется разнообразием физико-географических условий и особенностями циркуляции атмосферы. К настоящему времени подробно исследованы географическое распределение числа дней и суммарной продолжительности туманов на территории Грузии [2,5], а также вероятность образования тумана в конкретном пункте и на площади, эмпирические функции распределения числа дней с туманом и их основные ареалы на территории Восточной Грузии [9].

Наиболее часто туманами покрываются вершинные части Кавказа и Лихского хребта. Здесь число дней с туманами превышает 100, а в отдельных местах достигает 260. От 50 до 100 числа дней с туманами отмечается на южных склонах Большого Кавказа, Самсарском, Джавахетском, Гомборском хребтах. На

северных склонах Триалетского и Месхетского хребтов число дней с туманами за год составляет 20-50. Наименьшее число дней с туманами отмечается на восточных склонах Арсианского хребта и примыкающей к нему Ахалцихской котловине, в долинах рек Куры и Алазани, а также по всему Черноморскому побережью и Колхидской низменности[2].

## 5.2. Вероятность образования тумана

Вероятность образования тумана в конкретном пункте может быть рассчитана по формуле[9]:

$$P(10)=n/N, \quad (5.2.1)$$

где  $n$  –число дней с туманами, в данном интервале времени(год, сезон, месяц),  $N$  -длительность интервала осреднения.

Расчитанные по этой формуле вероятности образования тумана в восточной Грузии для годового интервала осреднения обобщены в виде карты, представленной на рис.5.2.1.

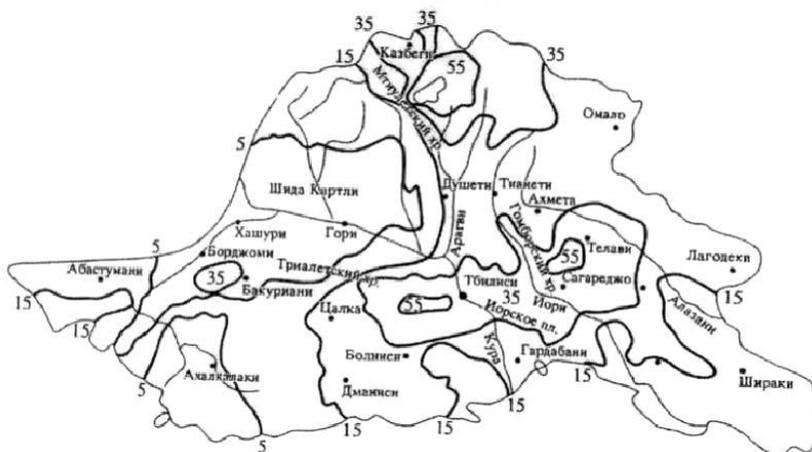


Рис. 5.2.1. Вероятность образования тумана в Восточной Грузии, % [9]

Из рис. 5.2.1 следует, что наибольшая вероятность туманов отмечается в юго-восточной части Мтиулетского хребта,

восточной части Триалетского хребта и на Гомборском хребте. Несколько меньше вероятность образования тумана на Центральном Кавказе, в западной части Триалетского хребта и на Иорском плоскогорье(35%). Минимум вероятности образования туманов соответствует районам Шида Картли и Боржомского ущелья(менее 5%). Основные районы повышенной вероятности туманов (Мтиулетский, Триалетский, Гомборский хребты) сохраняются в течение всего года. Зимой и осенью вероятность туманов здесь составляет 30-35%. Весной вероятность туманов на Мтиулетском хребте возрастает до 55%, несколько возрастает она и в западной части Триалетского хребта. Летом вероятность туманов повсеместно уменьшается и лишь на Мтиулетском хребте достигает 30%.

### **5.3.Число дней и продолжительность опасных туманов**

Опасным считается туман, когда дальность видимости не превышает 50 метров. Удельный вес опасных туманов в общем числе дней с туманами достаточно велика и составляет более 70%, существенно превышая аналогичные показатели для многих других регионов бывшего СССР. В качестве примера укажем, что для территории Украины удельный вес опасных туманов в общем числе дней с туманами не превышает 8%[3], а в туманах Арктики составляет всего 6-7% [1].

Из рис. 5.3.1 следует, что зависимость числа дней с опасным туманом от числа дней с туманами для условий Грузии довольно тесная. Коэффициент корреляции превышает 0,97 и является значимым на уровне 0,999. Высокий удельный вес опасных туманов в общем числе дней с туманами обуславливает необходимость детального исследования климатических характеристик таких туманов.

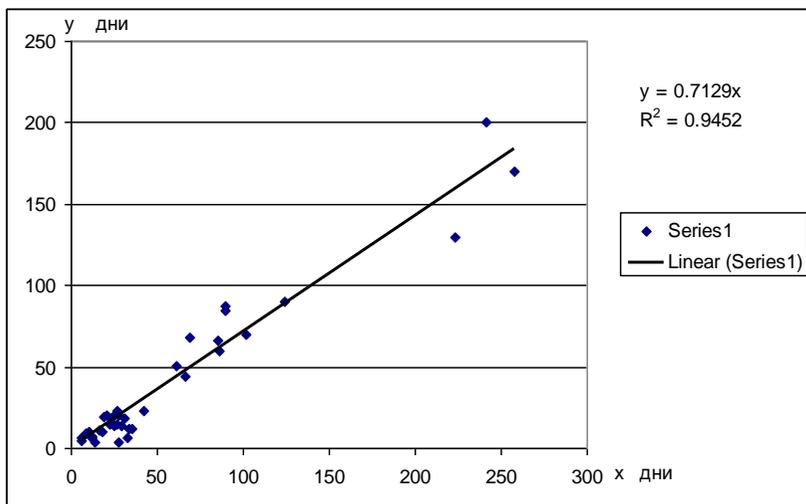


Рис.5.3.1. Зависимость числа дней с опасным туманом( $y$ ) от числа дней с туманами( $x$ ), и уравнение регрессии: $R^2$ -корреляционное отношение[10]

На рис. 5.3.2 представлена карта пространственного распределения интенсивности опасных туманов. Из рис следует, что на подавляющей территории распространены очень продолжительные туманы, когда продолжительность опасных туманов превышает 10 час. Кроме того имеются отдельные очаги, в частности на Черноморское побережье, в Нижней Картли и Южной Грузии, где преобладают опасные туманы умеренной(7-9 час) и средней интенсивности(4-6 час).

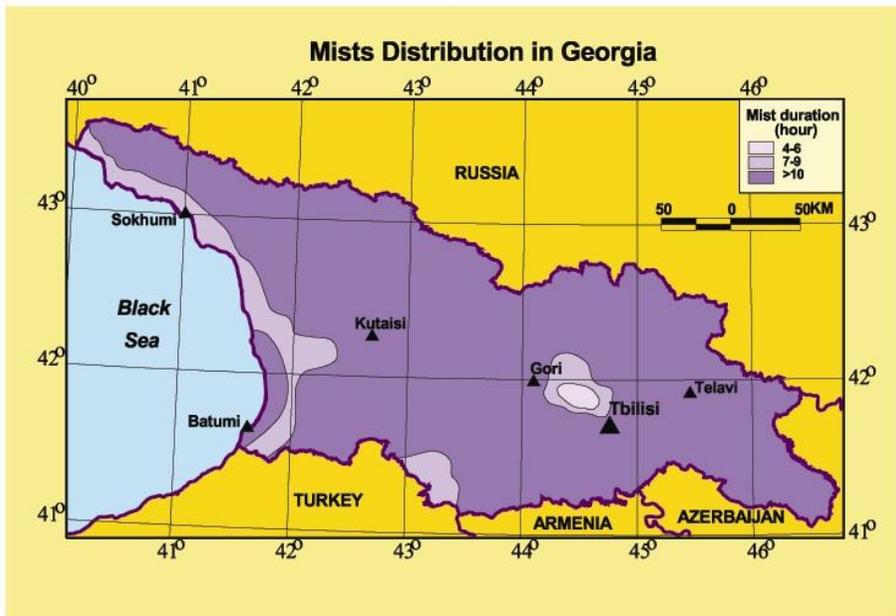


Рис. 5.3.2. Интенсивность (продолжительность в час) опасных туманов

В таблице 5.3.1 представлены данные о числе дней, а также средней и наибольшей продолжительности опасных туманов в различных регионах Грузии. Из таблицы 5.3.1 следует, что как число дней, так же продолжительность опасных туманов максимальна в горных районах. Число дней с такими туманами на значительной территории горных районов превышает 100, а в отдельных случаях достигает 200 (Цхрацкаро, Зекарский пер.) и длится целые сутки, или несколько суток. Вместе с тем в некоторых пунктах этих горных районов опасные туманы отмечаются не так часто (Ахалкалаки, Душети, Степанцминда). В этих районах (Южно-грузинское нагорье, Большой Кавказ) число дней и продолжительность туманов с высотой увеличиваются.

Таблица 3.3.1 . Среднее число дней за год и средняя/наибольшая продолжительность(час) за сутки опасных туманов[10]

Район	Станция	Высота над уровнем моря, м	Число дней	Средняя/наибольшая продолжительность, сутки (час)
Черноморское побережье	Поти	3	23	3/15
	Анасеули	3	12	2/24
	Багуми	5	6	2/16
Колхидская низменность	Ланчхути	20	20	2/9
	Сенаки	40	4	2/12
	Кутаиси	114	6	2/13
Внутренняя Картли	Мухрани	550	13	2/7
	Гори	588	9	3/24
	Ахалгори	760	2	2/9
Нижняя Картли	Гардабани	300	15	4/22
	Тбилиси	403	6	6/24
	Болниси	534	18	5/24
Кахетия	Гурджаани	415	18	3/24
	Дедоплисцкаро	800	66	4/24
	Телави	568	23	6/24
	Сагареджо	802	51	7/24

Южно-грузинское нагорье	Ахалкалаки	1717	7	2/10
	Годердяский пер.	2025	195	6/24
	Зекарский перю	2182	220	7/24
	Цхрацқаро	2466	200	7/24
Большой Кавказ	Душети	922	19	3/22
	Стефанцинда	1744	12	6/23
	Мамисонский перо	2859	160	10/24
	вал			

На черноморском побережье Грузии число дней с опасным туманом составляет 6-23 дней, на Колхидской низменности несколько уменьшается (4-20), соответственно их наибольшая продолжительность также уменьшается от 15-24 до 9-13 час. Во Внутренней и Нижней Картли число дней с опасным туманом составляет 2-18 суток, а в Кахетии возрастает до 18-66 дней. Во Внутренней Картли наибольшая продолжительность опасных туманов колеблется в большом диапазоне (7-24 час), а в Нижней Картли и Кахетии почти повсеместно составляет 24 часа за сутки. В целом вся территория Грузии находится под большим риском, где опасные туманы держатся более 10 час, а на значительной ее части они могут длиться целые сутки.

Число дней с опасным туманом в конкретном пункте за различные годы колеблется в значительных пределах.

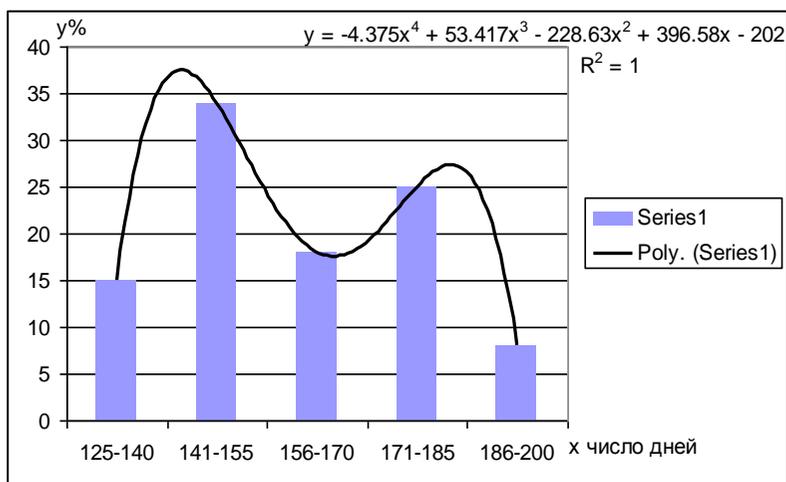


Рис.5.3.4. Повторяемость(y) числа дней с опасными туманами(x) на станции Мамисонский перевал: гистограмма-эмпирические данные, кривая-аппроксимирующая функция:  $R^2$ -корреляционное отношение[10]

Сказанное хорошо подтверждает рис. 5.3.4., где представлен пример распределения эмпирической повторяемости числа дней

с опасным туманом на станции Мамисонский перевал и соответствующая аппроксимирующая функция. Среднее число дней с опасными туманами на станции Мамисонский перевал составляет 160 (таблица 5.3.1), диапазон же изменения этой величины за различные годы колеблется в пределах 125-200 дней (рис. 5.3.4). Аналогичное колебание числа дней с опасным туманом характерно для всей территории Грузии, однако диапазон колебания тем меньше, чем меньше число дней с туманом.

Продолжительность опасных туманов за различные годы также колеблется в значительных пределах, их наибольшая продолжительность на значительной части территории составляет сутки и более, однако наиболее вероятны туманы небольшой продолжительности. Повторяемость эмпирического распределения продолжительности особо опасных туманов удовлетворительно аппроксимируется логарифмической функцией вида:

$$y = a \ln(x) + b, \quad (5.3.1)$$

где  $y$  - повторяемость (число дней за год),  $x$  - продолжительность тумана (час),  $a$  и  $b$  - статистические параметры распределения.

В таблице 5.3.2 представлены параметры  $a$  и  $b$  осредненные для основных регионов Грузии.

По формуле (5.3.1) и данным таблицы 5.3.2 можно теоретически оценить повторяемость (число дней) любой, заданной заранее продолжительности опасного тумана. Некоторые такие оценки также представлены в таблице 5.3.2.

Таблица 5.3.2. Параметры а и b для формулы (1) и повторяемость (число дней) наибольшей продолжительности тумана за сутки [10]

Район	a	b	Повторяемость (число дней) наибольшей продолжительности тумана за сутки в соответствии с таблицей 1 (по формуле (1))
Черноморское побережье	-0,45	1,65	1,2-1,3
Колхидская низменность	-1,56	3,70	3,9-4,1
Внутренняя Картли	-0,55	1,63	1,0-1,8
Нижняя Картли	-0,70	2,35	2,2
Кахетия	-1,35	3,88	4,3
Южно-грузинское нагорье	-1,57	4,33	3,6-5,0
Большой Кавказ	-0,80	7,90	2,5-2,6

Как следует из таблицы 5.3.2, среди районов, для которых наибольшая продолжительность опасных туманов составляет 24 час за сутки (Нижняя Картли, Кахетия, Большой Кавказ), наибольшая повторяемость характерна для Кахети (более 4 дней). Повторяемость продолжительных туманов (10-24 час) велика также для Южно-Грузинского нагорья (3,6-5 дней). Также велика повторяемость опасных туманов на Колхидской низменности (3,9-4,1 дня), однако они не продолжительны (12-13 час)

#### **5.4.Ареалы опасных туманов**

Согласно наших исследований, проведенных для Восточной Грузии [9], площадь распространения тумана может составить от нескольких единиц до нескольких тысяч квадратных километров. Повторяемость ареалов опасных туманов для всей территории Грузии также колеблется в таких пределах. На рис.5.4.1 представлена эмпирическая гистограмма ареала особо опасных туманов, и ее соответствующая аппроксимирующая функция, позволяющая оценить ареал таких туманов любой вероятности.

Распространение туманов на значительных территориях обусловлено атмосферными процессами, которые формируются в Закавказье и характерны в целом для Грузии, к ним относятся туманы адвективно-радиационного и фронтального происхождения. Они имеют глобальный характер и охватывают территорию площадью несколько тысяч квадратных километров. В то же время наиболее вероятны локальные туманы, ареал которых ограничивается площадью даже в несколько десятков квадратных километров. Уменьшение ареала туманов объясняется влиянием на эти процессы местных орографических условий. Это орографические туманы, обусловленные влиянием формы рельефа.

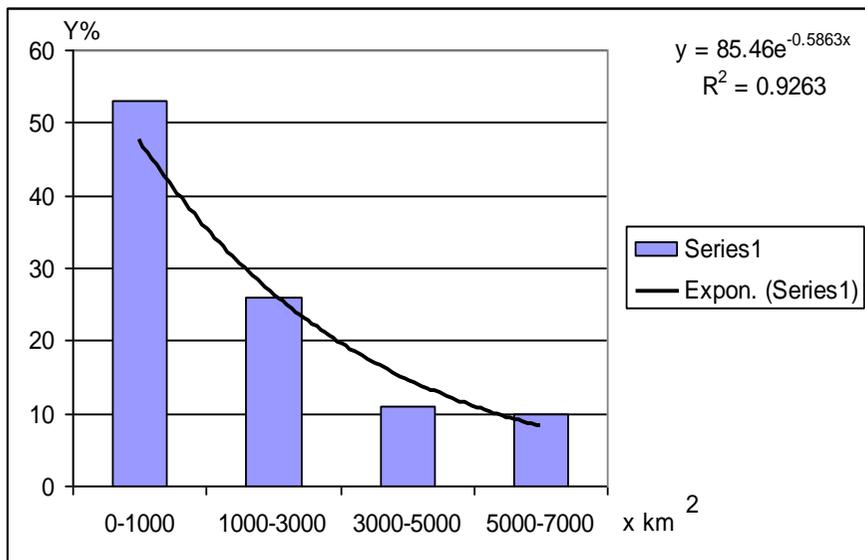


Рис. 5.4.1. Повторяемость (%) распространения опасных туманов на различной площади (кв.км): гистограмма-эмпирические данные, кривая-аппроксимирующая экспоненциальная функция:  $R^2$ -корреляционное отношение[10]

Распределение повторяемости площади распространения опасных туманов хорошо описывается экспоненциальной функцией вида:

$$y=85,46 \exp(-0,5863x), \quad (5.4.1)$$

где  $x$ - площадь распространения тумана в квадратных километрах.

Корреляционное отношение зависимости  $x$  от  $y$  довольно высокое(0,93). Таким образом по формуле (5.4.1) можно оценить теоретическую вероятность площади распространения туманов.

## 5.5. Годовой ход числа дней с опасным туманом

Годовой ход числа дней с опасным туманом в различных районах имеет свои особенности (рис.5.5.1), что обусловлено, в основном, годовым ходом облачности и продолжительности солнечного сияния. В прибрежных и внутренних районах Колхидской низменности (Батуми) максимум числа дней с опасным туманом отмечается в апреле-мае и достигает всего двух дней, а минимум числа дней отмечается в летние месяцы, когда опасный туман редкое явление. В равнинных и предгорных районах Восточной Грузии (Телави) годовой ход числа дней с туманом характеризуется максимумом в холодный период года (декабрь-март; 4-5 дней за месяц) и минимумом – также в летние месяцы (до 1 сутки). В горных и высокогорных районах Большого Кавказа (Казбеги, высокогорная) наибольшее число дней с опасным туманом отмечается в летние (9-11 дней за месяц), а наименьшее – в зимние месяцы (около 2-х дней). На Джавахетском нагорье (Ахалкалаки) годовой ход числа дней с опасным туманом выражен менее четко, и характеризуется слабо выраженным максимумом в летние месяцы (до 2-х дней).

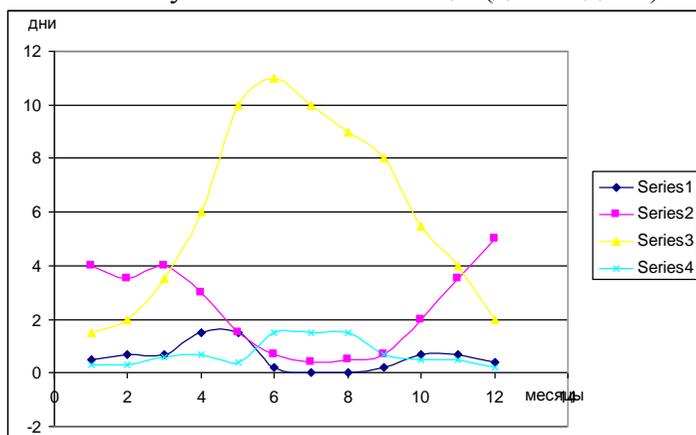


Рис. 5.5.1. Годовой ход числа дней с опасным туманом:  
1-Батуми; 2- Телави; 3- Казбеги, высокогорная;  
4- Ахалкалаки[10].

## **5.6. Вертикальная мощность и температурный режим туманов**

Фактические данные о вертикальной мощности туманов на территории Грузии отсутствуют, и в целом для других регионов бывшего СССР малочисленны. Согласно А.Х.Хргиан [7] вертикальная мощность тумана бывает от нескольких метров до 200-300м и более в адвективных туманах. По данным аэростатного зондирования, близ Москвы, вертикальная мощность туманов в 22% случаев была от 110 до 200м, в 36% случаев-210-300м и в 27% случаев-310-600м[6].

По данным самолетного зондирования над Украиной, средняя мощность туманов составляет 150-200м, при этом наиболее мощны адвективные туманы[4]. В то же время, вертикальная мощность тумана зависит от степени турбулентности атмосферы и скорости ветра. По данным экспериментальных полетов над Экспериментальным метеорологическим полигоном на Украине и сетевого самолетного зондирования установлено, что при слабом ветре(до 4м/сек) происходит увеличение мощности тумана до 250-300м, а при дальнейшем увеличении скорости ветра мощность тумана увеличивается мало, до 450м[3].

Верхняя граница туманов в большинстве случаев совпадает с верхней границей приземной или приподнятой инверсии, являющейся наиболее благоприятным условием для образования туманов[4]. Поэтому следует полагать, что в прибрежных и внутренних районах Колхидской низменности верхняя граница, а также мощность туманов, должна соответствовать высоте инверсии, составляющей 70-100м и развивающейся в основном весной, в результате поступления теплых воздушных масс, формирующихся над Черным морем, на охлажденную в зимнее время поверхность суши[8].

На значительной территории восточной Грузии (Картли, Кахети) в результате интенсивного эффективного излучения температурные инверсии господствуют в зимние месяцы и их толщина составляет в среднем 140-200м[8]. По всей вероятности

в этих районах господствующими будут туманы мощностью, аналогичной толщине слоя инверсии.

На равнинной части территории Грузии преобладают капельно-жидкие туманы, которые формируются преимущественно при температуре близкой к  $0^{\circ}\text{C}$ . По материалам наблюдений на метеорологической станции Тбилиси АМСГ за период 1966-1970гг около половины случаев туманов(51%) приходится на интервал температуры от  $-5$  до  $5^{\circ}$ , 29% случаев туманов приходится на интервал температуры  $5-10^{\circ}$ , 11% случаев- на интервал  $-10- -5^{\circ}$  и 9%- на интервал  $10-15^{\circ}$ . На Черноморском побережье и Колхидской низменности максимум повторяемости температур по всей вероятности будет смещен в сторону положительных, а в горах- в сторону отрицательных температур.

### **5.7. Вероятность образования и продолжительность туманов на основных автомагистралях Восточной Грузии**

Туманы особо негативное влияние оказывают на движение автотранспорта, поэтому важно знать условия формирования туманов вдоль основных автомагистралей. В связи с этим была разработана классификация туманов по вероятности их образования и продолжительности(таблица 5.7.1).

В схеме классификации выделены 25 классов, каждый из которых характеризует определенную вероятность и продолжительность туманов. Так, например, класс D5 соответствует туманам большой вероятности (21-30%) и очень большой продолжительности (более 15 час.).

Разработанная классификация была положена в основу оценки туманообразования на основных автомагистралях восточной Грузии (рис. 5.7.1).

В результате были выявлены наиболее опасные участки: Гудаури-Казбеги, Ниоцминда-Бадиаури (Сагарежжо), Телави-Ахмета. Коджори-Манглиси,. Следует учесть, что в таблице классификации включена средняя продолжительность туманов, в конкретном пункте, в реальных же условиях она может колебаться в широком диапазоне.





Таблица 5.7.1. Классификация туманов по вероятности их образования и продолжительности [9]

Средняя непрерывная продолжительность, ч	Вероятность %				
	до 5	5-10	11-20	21-30	Более 30
	Незначительная	Небольшая	средняя	Большая	Очень большая
	А	В	С	Д	Е
Менее 2	А1	В1	С1	Д1	Е1
2-5	А2	В2	С2	Д2	Е2
6-10	А3	В3	С3	Д3	Е3
11-15	А4	В4	С4	Д4	Е4
Более 15	А5	В5	С5	Д5	Е5

Так, например, на станции Казбеги-высокогорная средняя продолжительность туманов в день составляет 6 час, однако по данным наблюдений здесь зафиксированы туманы продолжительностью 5 суток и более.

#### Литература к главе 5

1. Зверев. Синоптическая метеорология. Л., Гидрометеиздат, 1968, 773с.
2. Климат и климатические ресурсы Грузии.-Л., Гидрометеиздат, 1971, 383с.
3. Логвинов К.Т., Бабиченко В.Н., Кулаковская М.Ю. Опасные явления погоды на Украине. Л., Гидрометеиздат, 1972, 235с.
4. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Л., Гидрометеиздат, 1976, 640с.
5. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе.- Л., Гидрометеиздат, 1980, 281с.
6. Петренко Н.В. Характеристика тумана по данным аэростатного зондирования в Долгопрудном. Труды ЦИП, вып.81, 1961,с.3-47.
7. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. часть 2. Л., Гидрометеиздат, 1978, 319с.
8. Элизбарашвили Э.Ш. Вертикальная зональность климатов Закавказья. Известия АН СССР, серия географическая, №4, 1978, с.97-103.
9. Элизбарашвили Э.Ш., Зубиташвили Т.К. Туманы в Восточной Грузии.- Известия РАН, серия географическая, №5, 2007, с.112-115.
10. Э.Ш.Элизбарашвил\*, О.Ш.Варазанашивили, Н.С.Церетели, М.Э. Элизбарашвили, Ш.Э.Элизбарашвили. Опасные туманы на территории Грузии. Метеорология и гидрология, №7, 2012

## Глава 6. Грозы

### 6.1. Основные характеристики грозовой деятельности

Грузия, в особенности ее восточная часть, характеризуется повышенной грозовой активностью. Грозы здесь часто наносят существенный вред линиям связи и электропередач, авиации и сельскому хозяйству. Электрические разряды, возникающие при грозах нередко являются причиной лесных пожаров и человеческих жертв. Грозовые процессы часто сопровождаются градом, приносящим существенный ущерб сельскому хозяйству.

Изучение грозовых процессов в Грузии имеет давнюю историю[4,9 и др.], однако эти исследования сводились лишь к оценке повторяемости и продолжительности гроз[5-7,10,11].

В работе[1] исследована периодичность грозовой активности на территории Грузии. Выделены 5 районов различной периодичности. Наименьшая периодичность характерна для южной Грузии (Ахалкалаки, Ахалцихе, Манглиси, Ниноцминда, Паравани) и составляет 0,17-0,020, что соответствует числу дней с грозой, равной 50-60. Наибольшая же периодичность грозовой активности характерна для Колхидской низменности (0,05-0,1), соответствующая 10-20 дням с грозой в течение года.

Эти данные недостаточны, когда необходимы сведения о размерах очагов гроз, характере и количестве осадков в грозовые дни, вероятности грозы по трассе или площади, а также для решения задач объективного анализа и прогноза гроз.

В таблице 6.1.1 представлены некоторые статистические характеристики грозовых процессов за теплый период года для станций, расположенных в различных физико-географических условиях Восточной Грузии. Здесь:  $x$ -число дней с грозой,  $n$ -количество гроз,  $T$ -суммарная продолжительность гроз в час.,  $t$  - средняя продолжительность гроз,  $L$ - средняя продолжительность гроз в грозовой день,  $M$  - доля числа дней с

грозой от числа дней с осадками,%, К- доля осадков в грозовые дни,%. Н-высота местности в м.

Таблица6.1.1.Статистические характеристики грозовых процессов[12]

Район	Пункт	Н	х	п	Т	t	L	М	К
Южно-Грузинское нагорье	Ахалкалаки	1716	58	68	169	2,5	2,9	79	55
Внутренняя Картли	Гори	588	32	35	70	2,0	2,2	46	41
Нижняя Картли	Коджори	1338	31	32	25	0,8	0,8	42	21
	Тбилиси	403	40	46	60	1,3	1,5	53	57
Южные склоны Центрального Кавказа	Душети	922	48	62	87	1,4	1,8	54	28
	Тианети	1099	45	59	107	1,9	2,4	57	43
Иорское плоскогорье	Дедоплис-Цкаро	800	40	53	96	1,8	2,4	48	25
	Сагареджо	802	42	74	67	0,9	1,6	46	32
Алазанская долина	Гурджаани	410	43	52	94	1,8	2,2	55	38
Цив-Гомборский хребет	Телави	568	51	75	142	1,9	2,8	54	43

Из данных таблицы следует, что климатические характеристики грозовых процессов изменяются в зависимости от физико-географических условий. Наиболее интенсивными они являются на Южно-Грузинском нагорье и Алазанской долине. В этих районах почти все климатические показатели грозовых процессов принимают максимальные значения. Так, например, максимум средней продолжительности одной грозы достигает на Южно-Грузинском нагорье 2,5 ч. Наибольшая средняя продолжительность грозового дня отмечена также на Южно-Грузинском нагорье и Алазанской долине -2,8-2,9 ч.

Количество гроз изменяется пропорционально числу дней с грозой. Наибольшее количество гроз – на Южно-Грузинском нагорье(68) и на Алазанской долине(67-75). Значительное количество гроз отмечается также на Иорском плоскогорье(50-74). Наименее активными являются Внутренняя и Нижняя Картли(31-35 гроз). В целом отношение числа гроз к числу дней с грозой на территории составляет 1,1:1,5, причем с

уменьшением числа гроз и числа дней с грозой это отношение закономерно увеличивается. Доля числа дней с грозой от числа дней с осадками и доля осадков в грозовые дни также пропорциональны числу дней с грозой и достигают максимума на Южно-Грузинском нагорье (соответственно 79 и 55%), а минимума – на Иорском плоскогорье и в Картли(42-48% и 21-41%).

В целом в распределении доли осадков по территории наблюдается закономерное ее убывание с северо-запада к юго-востоку, что соответствует закономерности распределения ливневых осадков на исследуемой территории[2].

В сезонном ходе максимум всех характеристик грозовой деятельности приходится на май-июнь. Интенсивное развитие грозовых процессов это время, главным образом в равнинных местах, вызывается сильным перегревом атмосферы.

## 6.2. Функции распределения числа дней с грозой

Эмпирические функции распределения числа дней с грозами весьма разнообразны и зависят, как от физико-географических условий, так и от месяца. Для месяцев с редким явлением гроз (крайние месяцы теплого периода года) функция распределения хорошо аппроксимируется законом Пуассона[12]:

$$P = \frac{e^{-a} a^x}{x!}, \quad (6.2.1)$$

где  $a$  – параметр Пуассона(в данном случае равен среднему числу дней с грозой),  $x=0,1,2,3,\dots,n$ - число дней с грозой.

Для месяцев с наиболее частой повторяемостью гроз функция распределения приближается к нормальному закону(май-август). В таком случае повторяемость числа дней с грозой в интервале  $t(i-1), t(i)$  рассчитывается по разности:

$$P = \Phi[t(i)] - \Phi[t(i-1)] \quad (6.2.2)$$

где  $\Phi[t(i)]$  - функция нормального распределения:

$$\hat{O}(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-t^2/2} dt, \quad (6.2.3)$$

$t=[x-x(i)]/s$ ,  $x$  -среднее число дней с грозой,  $x(i)$  -произвольное число дней с грозой,  $s$ - среднее квадратическое отклонение числа дней с грозой. При расчетах следует использовать соответствующие статистические параметры и известные методы [8] . Нередко для объективного выравнивания числа дней с грозой следует вводить поправки на асимметрию и эксцесс, и использовать распределения Шарлье.

### **6.3. Пространственная структура грозовых процессов**

гроз закономерно уменьшаются, а одновременно уменьшаются и осредненные значения коэффициентов корреляции количества облачности и числа дней с грозой. Исследование корреляционных моментов между парами станций показало отсутствие однозначной зависимости от расстояния. Изолинии одинаковых коэффициентов корреляции вытянуты с северо-запада на юго-восток. Такая ориентация изокоррелят объясняется направлением перемещения грозовых процессов[6], что со своей стороны связано с направлением преобладающего переноса воздушных масс и влиянием направлений основных хребтов.

Изокорреляты гроз находятся в хорошем соответствии с изокоррелятами облачности, особенно низкой облачности[12]. Это свидетельствует о значительном вкладе внутримассовых гроз.

Как известно, наиболее опасными для авиации является местный очаг гроз- Боржоми –Бакурианский район. Возникшие здесь грозы в основном перемещаются по пути Боржоми – Хашури-Гори-Мухрани-Тбилиси.

В связи с этим представляет интерес рассмотреть вероятность появления грозы в различных пунктах. При расчете вероятности одновременного появления гроз в различных пунктах для каждой пары станций определялось число случаев, когда на обеих станциях гроза наблюдалась одновременно. Полученные вероятности соответствуют основным направлениям грозовых процессов. Наибольшие значения вероятностей попадают на следующие пары станций:

Ахалкалаки-Хашури и Хашури-Гори- соответственно 0,51 и 0,63.(таблица 6.3.1).

В целом с увеличением расстояния между пунктами вероятности совместной повторяемости

Таблица 6.3.1. Вероятность совместной повторяемости гроз в различных пунктах (выше диагонали) и расстояния между пунктами(ниже диагонали,км ) [12]

№	Станция	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тбилиси	+	0,38	0,40	0,32	0,25	0,25	0,36	0,39
2	Коджори	10	+	0,48	0,32	0,23	0,25	0,38	0,40
3	Душети	42	44	+	0,31	0,21	0,23	0,39	0,40
4	Телави	60	67	87	+	0,28	0,09	0,21	0,20
5	Лагодехи	126	130	138	66	+	0,06	0,15	0,20
6	Гори	66	63	57	123	192	+	0,63	0,40
7	Хашури	108	97	99	166	234	49	+	0,54
8	Ахалкалаки	120	110	108	180	240	80	73	+

#### Литература к главе 6

1. Амиранашвили А.Г., Варазанашвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Мкурналидзе И.К. Характеристики грозовой активности в Грузии. Тр.Инст.Гидрометеорологии, т.115, 2008, с.284-290.
2. АлибеговаЖ.Д., Элизбарашвили Э.Ш. Статистическая структура атмосферных осадков в горных районах. Л, Гидрометеоиздат, 1980, 183с.
3. АлибеговаЖ.Д., Элизбарашвили Э.Ш. О статистической структуре поля облачности над Закавказьем. Метеорология и гидрология, 1977, №4, с.100.
4. Балабуев А.Г. Грозы Закавказья. Тр.Тбил.Геоф.Института. 1939, т.4,с.1.
5. Гагуа В.П. Грозы.В кн.Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Л, Гидрометеоиздат, 1980, 107с.
6. Гуния С.У. Грозовые процессы в условиях Закавказья. Л, Гидрометеоиздат, 1960, 155с.
7. Двали Е.Р. Исследование продолжительности и частоты гроз в зависимости от высоты места над уровнем моря. Тр.ЗакНИГМИ, 1973. вып.47(53), с.47.
8. Кобьшева Н.В. Косвенные расчеты климатических характеристик. . Л, Гидрометеоиздат, 1971, 190с.
9. Курдиани И.Г. О грозах и градобитиях в Кахети. Тбилиси, Груз.геогр.общество, 1935, 15с.
10. Сухишвили Э.В. Грозы.В кн. Климат и климатические ресурсы Грузии. . Л, Гидрометеоиздат, 1970, 307с.

11. Чиракадзе Г.И. Распределение гроз на Кавказе. Изв.геогр.общества ГССР, 1964, №2, с.112.
12. Элизбарашвили Э.Ш., Гонгладзе Н.Ш., Власова С.Р., Алборова Б.Г., Попов А.В. О грозовой деятельности в восточной Грузии. Известия АН СССР, 1983, №1, с.104-110.

## **Глава 7. Обильные атмосферные осадки и град**

### **7.1. Географическое распределение характеристик обильных осадков**

Атмосферные осадки в количестве 30 мм и более за сутки считаются обильными. Они очень опасны, часто сопровождаются градом и сильными ветрами, могут охватить огромные пространства и вызвать наводнения и сели, приносящие катастрофические последствия.

Выпадение обильных осадков возможно за кратковременный интервал. Например 25 сентября 1916 года в Поти обильные осадки выпали за 5-минутный интервал, с наибольшей интенсивностью 6,4 мм/мин. 7 июня 1972 года в Тбилиси выпали катастрофические осадки в количестве более 170 мм. При этом около 100 мм выпало в течение часа, тогда, как общая продолжительность осадков составила 24 часа, а средняя интенсивность 0,10 мм/мин. Сильный ливень нанес значительный материальный ущерб предприятиям промышленности, транспорту, связи, коммунальному и городскому хозяйству, населению города Тбилиси. Были разрушены 126 индивидуальных домов, 84 барака. Залиты водой подвальные помещения, в которых проживало свыше 1000 семей. Имелись человеческие жертвы. Временно были приостановлены работы на заводах Электропускатель, Пластмасс и др. В селеопасных районах катастрофический характер могут принимать ливневые осадки, равные уже 40-50 мм[7].

Обильные осадки вынадают в основном за теплый период года. Их повторяемость наиболее велика в Западной Грузии, достигая в течение года 30-50 дней. В Восточной Грузии

максимальное число дней с обильными осадками составляет 1-12.

По основным характеристикам обильных осадков на территории Грузии выделяются 11 районов (см. таблицу 7.1.1)

Таблица 7.1.1. Основные характеристики обильных осадков[7]

Район	Год			Теплый период			
	N дни	Q мм	R мм	N дни	P мм	T час	I мм/мин
Западная часть Большого Кавказа с побережьем Черного моря	4-32	80-120	300	3-11	45-55	10-17	0,06-0,12
Центральная и северная части Колхидской низменности с предгорьями	9-20	70-110	300	4-11	45-55	11-16	0,08-0,10
Западные склоны Малого Кавказа с побережьем	16-48	100-130	350	6-11	55-60	12-14	0,08-0,10
Внутренние районы западной части Большого	2-8	45-60	120	1-3	40-45	11-15	0,05-0,16
Внутренние районы западной части Малого Кавказа	4-12	50-80	170	1-4	40-50	11-16	0,06-0,12
Западная часть Восточного Кавказа с предгорьем	2-10	40-60	130	1-6	40-45	8-14	0,05-0,10
Кахетинский	3-8	55-80	150	3-7	45-50	10-14	0,08-0,11
Западная часть Южно-Грузинского нагорья	0,4-2	30-50	125	0,3-0,1	35-45	7-12	0,12-0,15
Западная часть Южно-Грузинского нагорья	0,4-2	30-35	90	0,3-0,1	35-45	7-12	0,12-0,15
Западная часть Южно-Грузинского нагорья	1-3	40-45	185	0,9-2,5	40-45	8-14	0,08-0,11
Ширакская долина	0,1-0,8	30	65	0,02-0,5	40	6-10	0,21-0,26

В таблице N-среднее число дней с обильными осадками, Q-средний из наибольших суточных максимумов осадков, R-наибольший суточный максимум осадков, P-среднее количество обильных осадков, T-средняя продолжительность обильных осадков, I- средняя интенсивность обильных осадков.

Из таблицы 7.1.1 следует, что наиболее повышенные характеристики обильных осадков характерны для Западной Грузии, в частности для Западной части Большого Кавказа с побережьем Черного моря, Западных склонов Малого Кавказа с побережьем и Центральной и северной частей Колхидской низменности с предгорьями.

На Западных склонах Малого Кавказа с побережьем среднее число дней с обильными осадками в течение года колеблется в пределах 16-48, при этом суточный максимум осадков может составить 350 мм, а продолжительность – 14 час. В Западной части Большого Кавказа с побережьем Черного моря дней с обильными осадками составляет 4-32, суточный максимум осадков-300мм, а продолжительность -17 час. Несколько ниже показатели числа дней с обильными осадками, суточного максимума и продолжительности осадков в Центральной и Северной части Колхидской низменности.

Сравнительно редко обильные осадки отмечаются на Южно-Грузинском нагорье и в Ширакской долине.

## **7.2. Обильные осадки в Западной Грузии**

Поскольку наиболее повышенные характеристики обильных осадков характерны для Западной Грузии, то рассмотрим основные закономерности пространственного распределения обильных осадков в этом регионе Грузии.

Наибольшее число дней с обильными осадками попадает на Аджарию. По генезису обильные осадки могут быть, как фронтального, так и конвективного происхождения. Для территории Аджарии ливневые осадки внутримассового происхождения кратковременны, а ливневые осадки фронтального происхождения, связанные с прохождением

циклона , отличаются большой продолжительностью, интенсивностью и количеством. Число дней с обильными осадками колеблется в пределах 16-48. На черноморском побережье с повторяемостью 1-2 дня в течение года ожидается выпадение осадков в количестве 150 мм и более[4].

На высоте 300 м обильные осадки выпадают в основном в октябре, в горной же зоне-в ноябре. Осадки в количестве 75 мм и более выпадают в основном в августе-октябре. Для этого периода года характерными являются конвективные процессы, помимо этому частота ливневых осадков увеличивается благодаря существующих здесь горных систем, которые преграждают путь влажным воздушным массам, распространяющихся с запада и с юго-запада. Согласно Л.К.Папинашвили[4] раз за 10 лет возможно выпадение суточных осадков в количестве 80-150 мм, а период выпадения суточных осадков в количестве 200 мм и более составляет 100 лет. 2 августа 1963 года в течении одной сутки выпало 235 мм осадков , а самый интенсивный ливень был зафиксирован в Батуми 17 июля 1925 года, когда в течении 20 мин выпало более 12 мм осадков.

На территории Абхазии обильные осадки выпадают сравнительно редко. Число дней с обильными осадками в течении года составляет 10-22, минимумом на черноморском побережье[5].

Наиболее часто обильные осадки выпадают во второй половине лета или вначале осени, что объясняется интенсивными в это время года конвективными процессами. Исключением является станция Псху, где обильные осадки наиболее часто выпадают зимой, что можно объяснить большим вкладом фронтальных осадков в общем количестве обильных осадков.

Суточный максимум осадков составляет на черноморском побережье 250 мм, а на Гагрском хребте превышает 260 мм. Раз за 100 лет суточный максимум осадков может составить 300 мм.

На рис.7.2.1 представлена карта распределения числа дней с обильными осадками на территории Самегрело-Земо Сванети.

Из рис. 7.2.1 следует, что в рассматриваемом регионе наиболее часто обильные осадки выпадают Цаленджихском и Мартвильском районах, здесь среднее число дней с обильными осадками в течение года превышает 20. На черноморском побережье, в Сенакском и Абашском районах число дней с

обильными осадками уменьшается до 15, а в Земо Сванети, м Местийском районе является минимальным и составляет всего 2 дня.



Рис. 7.2.1 . Число дней с обильными осадками в Самегрело-Земо Сванети[6].

При обильных осадках суточный максимум осадков в Самегрело часто превышает 100 мм. Так, например. 15 января 1931 года в Потти выпало 268 мм осадков, что превышает годовую норму осадков в семиаридных районах Восточной Грузии. Раз за сто лет суточный максимум осадков в прибрежных районах может составить 300 мм, а в горах Самегрело -120-140 мм.

Вероятность особо обильных осадков, когда их суточная сумма превышает 70 мм, в приморской зоне и в горах составляет 5%, а вероятность катастрофических осадков более 100 мм, достигает 3%.

В Гурии число дней с обильными осадками колеблется в пределах 6-20 дней, однако в их пространственном распределении здесь отмечается обратная закономерность (рис. 7.2.2.)



Рис. 7.2.2. Число дней с обильными осадками в Гурии

В отличие от Самегрело, где число дней с обильными осадками с удалением от Черного моря возрастают, в Гурии наибольшее число дней с обильными осадками отмечаются на побережье, а с удалением от побережья такие осадки наблюдаются сравнительно редко. Часто суточный максимум осадков в регионе превышает 100-200 мм.

### 7.3. Град

Град является опасным метеорологическим явлением, часто приносящим существенный материальный ущерб. Он повреждает крыши и стены домов, сельскохозяйственные посевы, виноградники, убивает домашний скот.

Образование и выпадение града на территории Грузии обуславливается, как фронтальными, так и внутримассовыми процессами. Град, вызванный фронтальными процессами, поражает большие районы. При западных процессах град может выпадать по всей территории Грузии, а при восточных процессах распространяется лишь на территории Восточной Грузии. Согласно В.М.Гигинеишвили[2] наиболее часто град образуется при прохождении холодного фронта (более 44%). При волновых возмущениях, происходящих южнее Закавказья вероятность образования и выпадения града составляет 24%. Вклад фронтальной окклюзии и внутримассовых процессов в выпадении града составляет соответственно 15 и 17%.

Основные траектории градовых процессов проходят через Бакуриани, Абастумани, Гудаури и Цив-Гомборский хребет. По данным Я.Г.Сулаквелидзе[8] средняя продолжительность градобития в конкретном пункте составляет 3-5 мин. Градовые облака перемещаются со скоростью в среднем 20-30 км/час. Град выпадает главным образом на территории длиной 15-25 км и шириной-1-2 км.

По характеру выпадения града на территории Грузии Я.Г.Сулаквелидзе[8] выделяет 5 районов: Черноморское побережье, Колхидская низменность, Аджаро-Триалетский хребет, южная часть Восточной Грузии и северная часть Восточной Грузии. В таблице 7.3.1 представлены основные характеристики градобитий для отдельных районов.

Таблица 7.3.1. Основные характеристики градобитий

Район	N	Nmax	P месяц	D см	Dmax см	T мин
Черноморское побережье	1,2	8	Октябрь, февраль	-	-	-
Колхидская низменность	1,1	16	май	1	3	-
Аджаро-Триалетский хребет	1,7	14	Май, июнь	Менее 1	-	10

Южная часть Восточной Грузии	3,6	23	Май, июнь	1,0- 1,2	2-4	10- 15
Северная часть Восточной Грузии	3,4	21	Июнь, сентябрь	-	1,2-2	-

В таблице 7.3.1 N -среднее число дней с градом, Nmax - наибольшее число дней с градом, P-месяц максимума градобития, D-средний диаметр града, Dmax- максимальный диаметр града, T-средняя продолжительность выпадения града.

Из таблицы следует, что градовые процессы наиболее активны в восточной Грузии. В южной части Восточной Грузии все характеристики градобития максимальны. Среднее число дней с градом в течение года составляет 3,6, максимальное число дней-23, а максимальный диаметр града равен 4 см. Около 99% всех градобитий наблюдаются с апреля по сентябрь. В результате градобитий в основном поражаются дорожки длиной 7-10км и шириной в 0,5 км.

Градовые процессы активны также в северной части Восточной Грузии. Здесь основные характеристики градобития несколько меньше, чем в юго-восточной Грузии- среднее число дней с градом в течение года составляет 3,4, максимальное число дней-21, а максимальный диаметр града равен 2 см. Градовые процессы отмечаются с апреля по сентябрь, однако максимум градобитий попадает на июнь и сентябрь, когда они представляют наибольшую опасность для сельского хозяйства.

На Колхидской низменности и Аджаро-Имеретинском хребте, как среднее, так и максимальное число дней с градом значительно меньше и составляет соответственно 1,1-1,7 и 14-16. Наименее активны градовые процессы на Черноморском побережье, фактически ее нельзя отнести к градоопасному району.

В работе[1] разработана карта периодичности градобитий на территории Грузии. Периодичность является величиной

обратной среднегодовому числу дней с градом. Разработанная карта хорошо соответствует районированию Я.Г.Сулаквелидзе, более того, уточняет границы выделенных районов. В соответствии с картоа градовые процессы наиболее активны в южной части Восточной Грузии, в частности, на Южно-Грузинском нагорье(Паравани, Бакуриани), а также в северо-восточной части территории Грузии(Гудаури), где повторяемость градобитий составляет 0,14-0,17, что соответствует числу градобитий, равной 6-7. Наименее активны градовые процессы на Черноморском побережье Грузии и в Колхидской низменности(более 0,5), где градобитие отмечается не более, чем в 2 раза в течение года.

На карте периодичности градобитий [1] в Западной Грузии выделяются районы повышенной активности градобития-восточная часть южного склона Большого Кавказа(Шови) и северная част абхазии(Псху), где периодичность градобитий колеблется в пределах 0,33-0,50, соответствующая 2-3 дням с градом в течение года.

#### Литература к главе 7

1. Амиранашвили А.Г.,Варазанашивили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С.Статистические характеристики числа дней с градом в год в Грузии. Тр.Инст.Гидрометеорологии, т.116, 2008, с.427-433.
2. Гигинеишвили В.М. Градобития в Восточной Грузии. Л..1960
3. Климат и климатические ресурсы Грузии. Л, Гидрометеоздат, 1971, 383с.
4. Климат Грузии.1.Аджария. Тр.Инст.Гидрометеорологии, т.110, 2003, 136с.
5. Климат Грузии. 2.Абхазия. Тр.Инст.Гидрометеорологии, т.112, 2006, 154с.
6. Климат Грузии. 3.Самегрело-Земо Сванети. Тр.Инст.Гидрометеорологии, т.113, 2010, 83с.

7. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Л, Гидрометеоздат, 1983, 163с.
8. Сулаквелидзе Я.Г. Ливневые осадки в горных странах. Тбилиси, 1988, 270 с.
9. Элизбарашвили Э.Ш. Климатические ресурсы грузии. Тбилиси, 2007, 332 с.

## **Глава 8. Обледенение**

### **8.1. Интенсивность обледенения проводов**

Обледенение проводов оказывает отрицательное влияние на производственные процессы многих отраслей экономики, нарушает нормальную эксплуатацию воздушных линий связи и электропередачи, причиняет ущерб транспортному, сельскому и лесному хозяйствам.

Обледенение проводов нередкое явление для горных районов Грузии, поэтому исследование этого явления имеет давнюю историю [1,3,4 и др. ], хотя к настоящему времени эти сведения устарели, вызывает сомнение достаточность и доброкачественность используемого материала, а полученные карты страдают большим схематизмом, поэтому они требуют дополнения и современного размышления.

Обледенение проводов может проявляться, как на отдельных локальных участках, так и на значительной территории. В первом случае причиной обледенения является внутримассовый, а во втором случае-фронтальный процесс. Типичным, для образования гололеда в целом в Закавказье, является холодный фронт, который вторгается в основном с запада, со стороны Черного и реже- с востока, со стороны Каспийского моря, на территорию, занятую до этого более теплым и влажным воздухом. В этих случаях осуществляется восходящее скольжение теплого воздуха вдоль наклонной поверхности холодного фронта, в результате чего за фронтом

образуются слоисто-дождевые облака и необходимые для обледенения осадки[2,5].

По данным наблюдений 14 метеорологических станций Грузии за период 1961-1990 годы (после чего наблюдения над гололедом не проводятся), средняя повторяемость обледенения проводов в течении года в отдельных горных районах достигает 8 дням (Годердзский пер., высота 2025 м. над у.м.). В Тетри Цкаро (1140 м) повторяемость обледенения проводов составляет 2, в Манглиси(1194м), Цхрацкаро(2466м), Сагареджо(802м), на Мамисонском перевале(2854м)- 1, а на остальных станциях- Мта-Сабуети(1242м), Цалка(1457м), Зекарский пер.(2140м), Абастумани(1265м), Сиони(1000м), Дедоплисцкаро(800м), Коджори(1338м), Дманиси(1256м), менее 1-го дня.

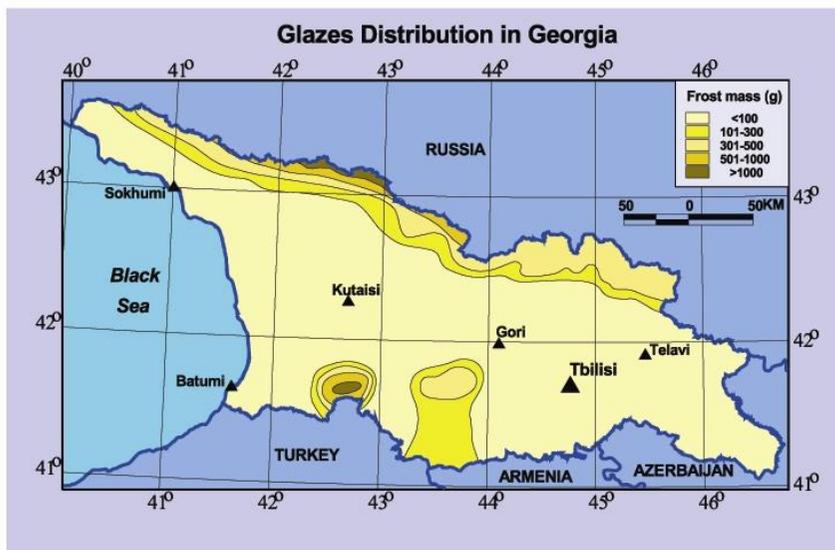


Рис. 8.1.1. Максимальная масса отложения гололеда на проводах, г. [6]

На рис.8.1.1 представлена карта распределения максимальной массы отложения гололеда на территории Грузии.

Из рис. 8.1.1 следует, что на территории Грузии по интенсивности обледенения проводов выделены 5 районов. Значительную, в основном низменную, часть территории занимает район слабого обледенения, где максимальная масса отложения гололеда на проводах не превышает 100г. Районы умеренного, среднего, сильного и очень сильного обледенений проводов, где масса отложения составляет соответственно 101-300, 301-500, 501-1000 и более 1000 мм, занимают горные территории. В то же время районы сильного и очень сильного обледенения в Восточной Грузии отсутствуют, т.к. здесь фронтальные облака несколько ослаблены. В западной же Грузии, где фронтальные процессы активны и фронтальные облака проходят стадию интенсивного развития и имеют наибольшую водность, масса отложения гололеда увеличивается.

## **8.2 Повторяемость отложений различной массы и толщины**

На рис.8.2.1 представлены повторяемости различных масс отложений гололеда на трех горных станциях Грузии. Как следует из рис., наибольшая повторяемость характерна для массы менее 100г(слабое обледенение) и превышает в Цхрацкаро 50%, составляет на Мамисонском перевале 45%, а на Годзерском перевале 25%. С увеличением массы отложения соответствующая повторяемость закономерно уменьшается и повторяемость очень сильного обледенения (более 1000г) составляет на Годердзском перевале 16%, на Мамисонском перевале-5%, а на станции Цхрацкаро обледенение проводов такой интенсивности не отмечается.

Аналогичный характер распределения имеет повторяемость толщины отложения гололеда(рис.8.2.2). Наибольшая повторяемость(более 60%) отмечается для толщины отложения менее 25 мм, а с ростом толщины отложения гололеда соответствующая повторяемость закономерно уменьшается. Максимальная толщина отложения меняется в зависимости от

физико-географических, в особенности орографических, условий и составляет на Годердзском перевале 140 мм, Мамисонском перевале и на станции Цхрацкаро-45 мм.

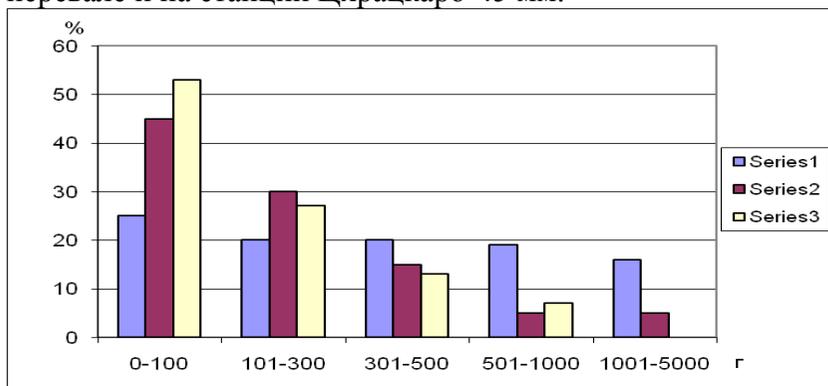


Рис. 8.2.1. Распределение повторяемости массы отложения гололеда: 1-Годердзский перевал(горная Аджария), 2-Мамисонский перевал(Большой Кавказ), 3-Цхрацкаро(Южно-Грузинское нагорье). [6]

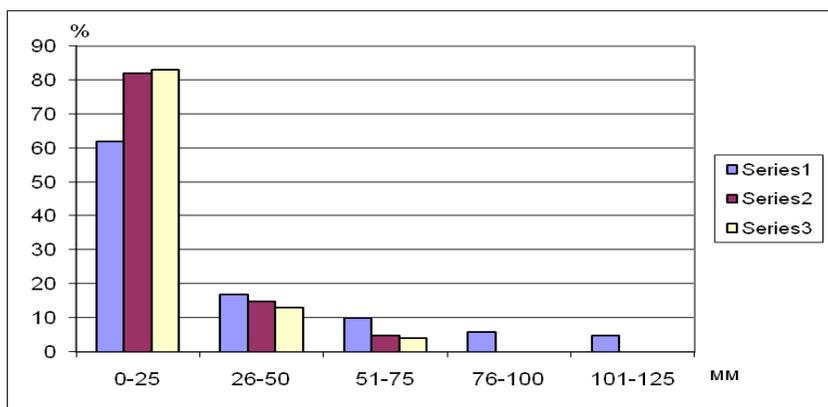


Рис. 8.2.2. Распределение повторяемости толщины отложения гололеда: 1-Годердзский перевал(горная Аджария), 2-Мамисонский перевал(Большой Кавказ), 3-Цхрацкаро(Южно-Грузинское нагорье). [6]

### 8.3. Влияние орографии и метеорологических условий на обледенение

В Грузии, как и в Закавказье в целом, обледенению подвержены ограниченные участки, главным образом хорошо обдуваемые ветром перевалы, при этом радиус распространения интенсивного обледенения не превышает 1км. Кроме формы рельефа на интенсивность и повторяемость обледенения большое влияние оказывает высота местности. С увеличением высоты местности, в особенности для наветренных склонов, создаются благоприятные, для формирования обледенения, метеорологические условия- инверсия температуры, увеличение повторяемости и интенсивности капельно-жидких осадков и туманов, увеличение скорости ветра.

Влияние высоты местности на гололедообразующие процессы хорошо видно из таблицы 8.3.1, в левой части которой представлены параметры обледенения для группы станций Южно-Грузинского нагорья. В правой части этой же таблицы для той же группы станций представлены сведения о метеорологических условиях обледенения.

Таблица 8.3.1. Изменение с высотой параметров обледенения проводов и метеорологических условий обледенения для группы станций Южно-Грузинского нагорья[6]

Станция	Высота м	Параметры обледенения			Метеорологические условия зимнего сезона				
		P дни/г	M г.	L мм.	T °C	Q мм	R %	N дни	V м/сек
Манглиси	1194	0,7	100	10	-1,4	65	34	29	2,6
Дманиси	1256	0,2	75	30	-1,6	113	37	20	3,4
Цхрацкаро	2466	0,9	500	46	-8,9	200	43	54	6,5

В таблице 8.3.1: Р-повторяемость обледенения проводов в течении года, М-максимальная масса обледенения, L-максимальная толщина обледенения, Т-средняя зимняя температура воздуха, Q-количество осадков за зимний период, R-повторяемость пасмурного состояния неба по нижней облачности, N-число дней с туманом, V-средняя сезонная скорость ветра.

Из таблицы 8.3.1 следует, что наиболее благоприятные метеорологические условия зимой для обледенения создаются в Цхрацкаро, где все показатели обледенения по интенсивности и повторяемости превышают их соответствующие значения на остальных станциях Южно-Грузинского нагорья. Максимальные значения повторяемости, массы и толщины обледенения по всей Грузии наблюдаются в горной Аджарии, на Годердзском перевале.

#### Литература к главе 8

1. Балабуев А.Г. Гололедно-изморозевые явления в Закавказье. Труды ГГО, вып.3(65), 1947, с. 16-33.
2. Бучинский В.Е. Гололед и борьба с ним. -Л., Гидрометеиздат, 1960, 191с.
3. Чиракадзе Г.И. О массовых наблюдениях над результатами обледенения проводов. Метеорология и гидрология, №5,1954, с.31-36.
4. Чиракадзе Г.И. Схема гололедного районирования Закавказья. Метеорология и гидрология, №1,1959, с.25-30.
5. Чиракадзе Г.И. Гололедные образования. В кн Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе.- Л., Гидрометеиздат, 1983, с.147-157.
- 6.Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили Э.Ш., Каишаури М.Н. Обледенение проводов в горных районах Грузии. Метеорология и гидрология, №1, с.25-30.