
**НЕКОТОРЫЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО
МОНИТОРИНГА ИНТЕНСИВНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ, ОБЩЕЙ
ОБЛАЧНОСТИ, ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
В ТБИЛИСИ В 2009-2010 Г.**

**Амиранашвили А.Г., Блиадзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никофоров Г.В., Нодиа А.Г.,
Хуродзе Т.В., Чанкветадзе А.Ш., Чихладзе В.А.**

Институт геофизики им. М.Нодиа, E-mail: avto_amiranashvili@hotmail.com

Введение

Солнечная радиация является основным энергетическим источником почти всех природных процессов и явления, происходящих на земной поверхности, дает импульс атмосферной циркуляции и определяет ее формы, непрерывно трансформирует географические типы воздушных масс, становясь таким образом одним из основных климатообразующих факторов как в глобальном, так в региональном и локальном масштабах. Солнечная радиация оказывает значительное влияние на образование фотохимического смога, является важнейшим компонентом биоклимата. Поэтому в Грузии, как и в Закавказье, исследованиям режима солнечной радиации давно уделяется особое внимание [1 - 6]. К сожалению, из-за известных событий систематические актинометрические измерения прекратились после 1992 года.

С 2009 года в рамках гранта GNSF/ST08/S-437 начался мониторинг интенсивности прямой S и суммарной Q солнечной радиации в комплексе с другими факторами, влияющими на вариации концентрации приземного озона и образование фотохимического смога. В данной работе приведены данные ежедневных наблюдений (включая выходные дни) S и Q в Тбилиси в период с 1 июня 2009 по 31 мая 2010 гг. Проведено сравнение данных об интенсивности прямой и суммарной солнечной радиации в исследуемый период с аналогичными данными за 1980-1992 гг. Также рассмотрены связи Q с общей облачностью, дальностью видимости и температурой воздуха в приземном слое. На данном этапе исследований проведен анализ годовых данных, причем без учета погодных условий.

Методика исследования

Интенсивность прямой солнечной радиации измерялась с территории термобарокамеры (41.754° с.ш., 44.927° в.д. высота 442 м над ур. моря) с помощью актинометра М-3 в стандартные сроки: летом – в 9.5, 12.5, 15.5 и 18.5 часов; зимой в вечернее время измерения проводились в 16.5 или 17 часов. Интенсивность суммарной солнечной радиации измерялась с помощью пиранометра М-80М каждый час с 9.5 по 18.5 час. Зимой эти измерения заканчиваются по окончании светового дня. Пиранометр установлен на башне термобарокамеры (высота 40 метров над уровнем земли) и закрыт специальным защитным колпаком, который дистанционно из лаборатории мониторинга открывался во время измерений [7].

Температура воздуха измерялась на территории термобарокамеры в стандартной метеорологической будке на уровне 2 метров от поверхности земли с использованием дистанционной метеорологической станции типа М-47 ежечасно в дневное время. Общая облачность и горизонтальная дальность видимости определялись визуально по стандартной методике, также ежечасно в дневное время [7].

В таблице 1 приведены градации метеорологической дальности видимости по баллам.

Градации метеорологической дальности видимости по баллам [7]

Балл	Расстояние до объекта (км)		Балл	Расстояние до объекта (км)	
	Объект виден	Объект не виден		Объект виден	Объект не виден
0		Менее 0.05	5	2	4
1	0.05	0.2	6	4	10
2	0.2	0.5	7	10	20
3	0.5	1	8	20	50
4	1	2	9	Более 50	

Результаты

1. Статистические характеристики интенсивности прямой и суммарной солнечной радиации в 1980-1992 гг и 06.2009-05.2010 г

Таблица 2

Статистические характеристики прямой (S) и суммарной (Q) солнечной радиации в Тбилиси в 1980-1992 гг и 06.2009-05.2010 г

Радиация	S, Квт/м ²				Q, Квт/м ²			
	9.5	12.5	15.5	18.5	9.5	12.5	15.5	18.5
	1980-1992							
Среднее	0.577	0.644	0.525	0.206	0.378	0.506	0.253	0.042
Мин	0.040	0.060	0.040	0.040	0.010	0.010	0.010	0.010
Макс	1.040	1.080	0.970	0.510	1.040	1.240	1.100	0.400
Вар. размах	1.000	1.020	0.930	0.470	1.030	1.230	1.090	0.390
Медиана	0.600	0.670	0.540	0.210	0.320	0.470	0.190	0.030
Мода	0.620	0.710	0.620	0.210	0.080	0.120	0.040	0.010
Ст. откл.	0.184	0.188	0.179	0.093	0.260	0.301	0.208	0.036
Ст. ошиб.	0.004	0.004	0.004	0.008	0.004	0.004	0.003	0.001
Кэфф. вар. (%)	31.9	29.1	34.0	45.2	68.7	59.4	82.5	87.1
Число случ.	2425	2712	1941	135	4529	4522	4514	1764
Довер. инт. 95%(+/-)	0.007	0.007	0.008	0.016	0.008	0.009	0.006	0.002
	06.2009-05.2010							
Среднее	0.605	0.711	0.639	0.405	0.319	0.551	0.396	0.194
Мин	0.086	0.103	0.152	0.061	0.010	0.021	0.010	0.010
Макс	0.929	1.030	0.990	0.581	0.834	1.244	1.122	0.467
Вар. размах	0.843	0.928	0.838	0.520	0.824	1.224	1.111	0.457
Медиана	0.646	0.774	0.699	0.426	0.256	0.515	0.310	0.172
Мода	0.758	0.818	0.717	0.418	0.052	0.124	0.052	0.052
Ст. откл.	0.185	0.218	0.207	0.156	0.244	0.325	0.286	0.127
Ст. ошиб.	0.015	0.015	0.016	0.036	0.013	0.018	0.015	0.012
Кэфф. вар. (%)	30.5	30.6	32.4	38.5	76.7	59.0	72.3	65.6
Число случ.	154	202	172	20	335	341	342	116
Довер. инт. 95%(+/-)	0.029	0.030	0.031	0.070	0.026	0.035	0.030	0.023

Данные о статистических характеристиках S и Q в 1980-1992 гг и 06.2009-05.2010 г в стандартные актинометрические сроки наблюдения приведены в таблице 2.

1980-1992 гг. Среднее значение S менялось от 0.206 Квт/м² в 18.5 час, до 0.644 Квт/м² 12.5 час; минимальное значение S составляло 0.040 Квт/м², максимальное – 1080 Квт/м²; вариационный размах менялся от 0.470 Квт/м² в 18.5 час до 1.020 Квт/м² в 12.5 час; медианное значение S менялось от 0.210 Квт/м² в 18.5 час до 0.670 Квт/м² в 12.5 час; стандартное отклонение – от 0.093 Квт/м² в 18.5 час до 0.188 Квт/м² в 12.5 час; коэффициент вариации – от 29.1 % в 12.5 час до 45.2 % в 18.5 час. Максимум значения S наблюдается в 12.5 часов.

1980-1992 гг. Среднее значение Q менялось от 0.042 Квт/м² в 18.5 час, до 0.506 Квт/м² 12.5 час; минимальное значение Q составляло 0.010 Квт/м², максимальное – 1.240 Квт/м²; вариационный размах менялся от 0.390 Квт/м² в 18.5 час до 1.230 Квт/м² в 12.5 час; медианное значение Q менялось от 0.030 Квт/м² в 18.5 час до 0.470 Квт/м² в 12.5 час; стандартное отклонение – от 0.036 Квт/м² в 18.5 час до 0.301 Квт/м² в 12.5 час; коэффициент вариации – от 59.4 % в 12.5 час до 87.1 % в 18.5 час. Максимум значения Q наблюдается в 12.5 часов.

01.06.2009 – 31.05.2010 г. Среднее значение S менялось от 0.405 Квт/м² в 18.5 час, до 0.711 Квт/м² 12.5 час; минимальное значение S составляло 0.061 Квт/м², максимальное – 1.030 Квт/м²; вариационный размах менялся от 0.520 Квт/м² в 18.5 час до 0.928 Квт/м² в 12.5 час; медианное значение S менялось от 0.426 Квт/м² в 18.5 час до 0.774 Квт/м² в 12.5 час; стандартное отклонение – от 0.156 Квт/м² в 18.5 час до 0.218 Квт/м² в 12.5 час; коэффициент вариации – от 30.5 % в 9.5 час до 38.5 % в 18.5 час. Максимум значения S наблюдается в 12.5 часов.

01.06.2009 – 31.05.2010 г. Среднее значение Q менялось от 0.194 Квт/м² в 18.5 час, до 0.551 Квт/м² 12.5 час; минимальное значение Q составляло 0.010 Квт/м², максимальное – 1.244 Квт/м²; вариационный размах менялся от 0.457 Квт/м² в 18.5 час до 1.224 Квт/м² в 12.5 час; медианное значение Q менялось от 0.172 Квт/м² в 18.5 час до 0.515 Квт/м² в 12.5 час; стандартное отклонение – от 0.127 Квт/м² в 18.5 час до 0.325 Квт/м² в 12.5 час; коэффициент вариации – от 59.0 % в 12.5 час до 76.7 % в 9.5 час. Максимум значения Q наблюдается в 12.5 часов.

Как следует из таблицы 2, значения S и Q в два указанных выше периода наблюдений отличаются друг от друга не очень значительно. Так, данные наблюдений в 9.5 и 12.5 час минимальных и максимальных значений S в период с 01.06.2009 по 31.05.2010 г попадают в диапазон изменений этих же значений S в 1980-1992 гг. В 15.5 и 18.5 час минимальные значения S в период с 01.06.2009 по 31.05.2010 г несколько выше минимальных значений прямой солнечной радиации в 1980-1992 гг. Что касается максимальных значений S для этих сроков наблюдений, картина обратная, что можно объяснить местоположением актинометра при измерениях, получающего в вечернее время некоторое количество рассеянной радиации от окружающих строений, хотя разница и невелика.

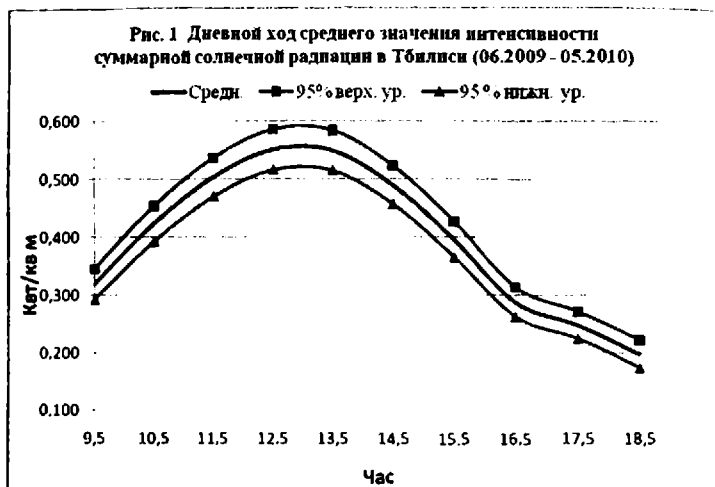
Для интенсивности суммарной солнечной радиации, их минимальные значения в период с 01.06.2009 по 31.05.2010 г практически не отличаются от тех же данных для 1980-1992 гг. по всем срокам наблюдений. Максимальные значения Q 15.5 час и 18.5 по данным измерений в период с 01.06.2009 по 31.05.2010 г несколько выше этих же величин в 1980-1992 гг. Это, видимо, связано с тем, что пиранометр, установленный на высоте 40 м от уровня земли, в вечерние часы регистрирует большее количество суммарной радиации, чем регистрировал стандартно установленный на метеорологической станции пиранометр в 1980-1992 гг.

На рис. 1 для иллюстрации приведен дневной ход среднего значения интенсивности суммарной радиации в Тбилиси в период с 1.06.2009 по 31.10.2010 г. Зависимость Q от времени t удовлетворительно описывается полиномом пятой степени (коэффициент детерминации равен 0.9959).

$$Q = a \cdot t^5 + b \cdot t^4 + c \cdot t^3 + d \cdot t^2 + e \cdot t + f \quad (1)$$

Значения коэффициентов уравнения регрессии (1) представлены в таблице 3.

a	b	c	d	e	f
-0.0000743590	0.005577	-0.16264	2.292636	-15.5527	40.93312



2. Связь интенсивности суммарной солнечной радиации с общей облачностью

Результаты анализа связи суммарной солнечной радиации с общей облачностью представлены в таблице 4 и на рис.2.

Таблица 4

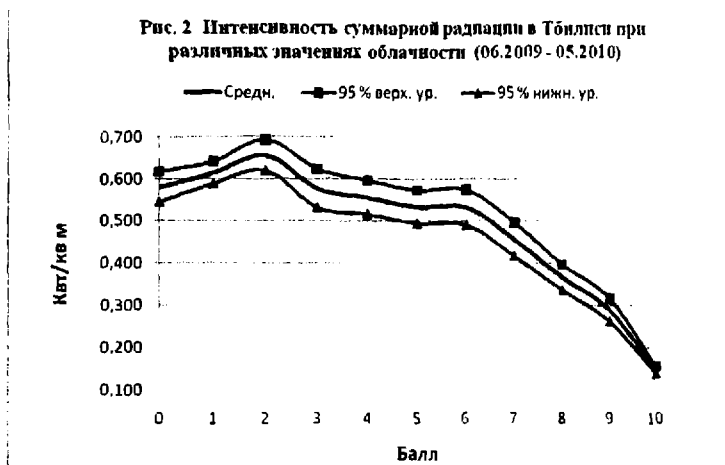
Статистические характеристики суммарной (Q , Квт/м²) солнечной радиации в Тбилиси 06.2009-05.2010 г при разных условиях облачности (балл)

Облачность	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Среднее	0.580	0.614	0.656	0.577	0.556	0.533	0.532	0.456	0.366	0.289	0.147
Мин	0.021	0.021	0.041	0.010	0.021	0.010	0.031	0.031	0.031	0.021	0.010
Макс	1.033	1.085	1.125	1.060	1.115	1.122	1.038	1.117	1.244	1.122	0.894
Ст. откл.	0.269	0.259	0.261	0.284	0.285	0.289	0.283	0.282	0.234	0.218	0.126
Козфф. вар. (%)	46.3	42.1	39.8	49.1	51.2	54.3	53.2	61.9	64.0	75.3	86.1
Число случ.	216	375	199	148	193	209	177	200	236	257	1011

Как следует из таблицы 4 и рис. 2 среднее за год значение Q варьирует от 0.147 Квт/м² при 10-балльной облачности до 0.656 Квт/м² при облачности 2 балла. Наибольшие вариации значений Q наблюдаются при облачности 10 баллов (86.1%), наименьшие – при облачности 2 балла (39.8 %).

В целом, с ростом степени закрытости небосвода интенсивность суммарной солнечной радиации падает. Однако, при росте общей облачности в диапазоне от 0 до 2 баллов среднегодовой

значение Q растет от 0.580 Квт/м^2 до 0.656 Квт/м^2 , затем убывает. При облачности в диапазоне от 5-6 баллов значение Q остается неизменным, затем вновь убывает. Рост интенсивности суммарной солнечной радиации при малой облачности (1-2 балла), по всей вероятности, вызван увеличением интенсивности рассеянной солнечной радиации.



Зависимость Q от облачности N удовлетворительно описывается полиномом седьмой степени (коэффициент детерминации равен 0.9976).

$$Q = a \cdot N^7 + b \cdot N^6 + c \cdot N^5 + d \cdot N^4 + e \cdot N^3 + f \cdot N^2 + g \cdot N + h \quad (2)$$

Значения коэффициентов уравнения регрессии (2) представлены в таблице 5.

Таблица 5

a	b	c	d	e	f	g	h
-0.000019526	0.000684	-0.00935	0.062787	-0.21076	0.3084	-0.11371	0.579485

3. Связь интенсивности суммарной солнечной радиации с метеорологической дальностью видимости

Результаты анализа связи суммарной солнечной радиации с общей метеорологической дальностью видимости представлены в таблице 6 и на рис.3 .

Статистические характеристики суммарной (Q , Квт/м^2) солнечной радиации в Тбилиси 06.2009-05.2010 г при разных значениях горизонтальной видимости (балл)

Видимость	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее	0.065	0.089	0.119	0.319	0.328	0.364	0.558	0.532
Мин	0.021	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.021
Макс	0.124	0.455	0.517	1.127	1.125	1.244	1.117	1.023
Ст. откл.	0.034	0.091	0.106	0.288	0.274	0.266	0.295	0.269
Коефф. вар. (%)	51.8	101.8	89.7	90.3	83.5	73.2	52.9	50.6
Число случ.	8	47	147	621	580	686	926	203



Из таблицы 6 и рис. 3 следует, что среднегодовое значение Q варьирует от 0.065 Квт/м^2 при дальности видимости 2 балла до 0.558 Квт/м^2 при дальности видимости 8 баллов. Наибольшие вариации значений Q наблюдаются при дальности видимости 3 балла (101.8 %), наименьшие – при дальности видимости 9 баллов (50.6 %).

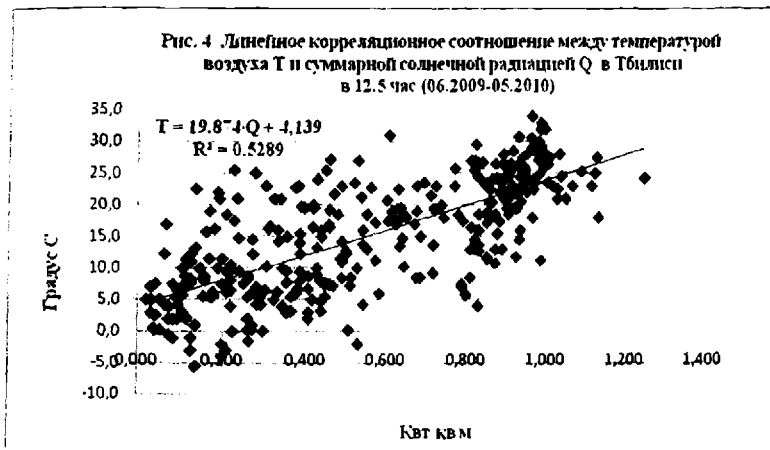
В целом, с ростом метеорологической дальности видимости интенсивность суммарной солнечной радиации растет. При этом указанный рост имеет ступенчатый характер: резкий рост Q при изменении дальности видимости от 4 до 5 баллов и от 7 до 8 баллов.

4. Связь интенсивности суммарной солнечной радиации с температурой воздуха в приземном слое атмосферы

В таблице 7 приведены данные о значениях линейного коэффициента корреляции и коэффициентов уравнения регрессии между температурой воздуха (T) и суммарной солнечной радиацией в Тбилиси в 1980-1992 гг и 1.06.2009 – 31.05.2010 г для различных сроков наблюдения.

Линейное корреляционное соотношение (R) и коэффициенты уравнения регрессии между температурой воздуха (Т) и суммарной солнечной радиацией в Тбилиси ($T = a \cdot Q + b$)

Час	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5
1980 - 1992										
R	0.64			0.63			0.64			0.15
a	4.7			6.67			10.09			22.86
b	22.42			19.68			29.8			24.02
06.2009 - 05.2010										
R	0.73	0.74	0.75	0.73	0.68	0.65	0.65	0.61	0.38	0.55
a	24.66	22.34	20.97	19.87	19.05	18.97	20.57	23.23	21.86	22.94
b	4.02	3.67	3.56	4.14	5.42	6.89	7.87	8.9	10.79	18.46



На рис. 4 для примера представлен график связи температуры воздуха с суммарной солнечной радиацией в 12.5 час для периода наблюдений с 1.06.2009 по 31.05.2010 гг.

Как следует из таблицы 7, между значениями Т и Q для всех годов и сроков наблюдений отмечается положительная корреляционная связь со значимыми коэффициентами корреляции.

Заключение

Представлены некоторые предварительные результаты комплексного мониторинга концентрации приземного озона, интенсивности суммарной солнечной радиации и содержания в приземном слое воздуха субмикронных аэрозолей в Тбилиси в период с июня 2009 по май 2010 г. Анализ проводился для данных за год, холодное и теплое полугодия без учета типов погоды.

Проведен статистический анализ данных о КПО (основные стандартные статистические характеристики, повторяемость КПО, оценка скорости изменения КПО).

Изучены линейные корреляционные и регрессионные связи между КПО и интенсивностью суммарной солнечной радиации, а также содержанием в воздухе субмикронного аэрозоля.

Полученные результаты являются предварительными и будут уточняться по мере накопления данных.

Работа выполнена при поддержке гранта GNSF/ST08/5-437.

Литература

1. Цуцкиридзе Я.А. – Радиационные факторы климата Грузии, Тр. ТбилНИГМИ. Вып. 10. 1962.
2. Асланикашвили Н.А. – О вековом ходе солнечной радиации в Тбилиси. Тр. ЗакНИГМИ. Вып. 35. 1970.
3. Самукашвили Р.Д. – Суммарная радиация на территории Кавказа. Тр. ВГИ. Вып. 43. 1979.
4. Климат Тбилиси, под ред. Сваидидзе Г.Г., Палинашвили Л.К., Санкт-Петербург, Гидрометиздат. 1992. 230 с.
5. Таварткиладзе К.А., Шенгелия И.И. – Современное изменение климата в Грузии. Изменение радиационного режима, Тбилиси, Мешниереба. 1999. 150 с. (на грузинском языке).
6. Мелконян Д.О. – О климатическом режиме солнечной радиации на территории Армении, Сб. Трудов Межд. Конференции - Международный Год Планеты Земля - "Климат, природные ресурсы, стихийные катастрофы на Южном Кавказе", Труды института гидрометеорологии, том No 115, ISSN 1512-0902. Тбилиси. 18 – 19 ноября. 2008. С. 177 – 183 (in Russian).
7. Стернзат М.С. – Метеорологические приборы и измерения, Ленинград. Гидрометеоздат. 1978. 392 с.

თბილისში 2009 – 2010 წლებში მზის რადიაციის ინტენსივობის, საერთო
ღრუბლიანობის, ხილვადობის და ჰაერის ტემპერატურის კომპლექსური
მონიტორინგის ზომების ფინანსური შედეგები

ამირანაშვილი ა., ბლიაძე თ., კირკიტაძე დ., ნიკოფოროვი გ.,
ნოღია ა., ხუროდძე თ., ჩანკვეტაძე ა., ჩხილაძე ე.

რეზიუმე

წარმოდგენილია თბილისში 2009 წლის ივნისიდან 2010 წლის ივნისამდე მზის რადიაციის ინტენსივობის, საერთო ღრუბლიანობის, ხილვადობის და ჰაერის ტემპერატურის კომპლექსური მონიტორინგის ზოგიერთი წინასწარი შედეგი. გამოსაკვლევე პერიოდისათვის ჩატარებულია მზის პირდაპირი და ჯამური რადიაციის ინტენსივობის მონაცემების შედარება 1980 – 1992 წლის ანალოგიურ მონაცემებთან. შესწავლილია კავშირები მზის ჯამური რადიაციის ინტენსივობასა და დანარჩენ აღნიშნულ პარამეტრებს შორის.

НЕКОТОРЫЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ИНТЕНСИВНОСТИ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ, ОБЩЕЙ ОБЛАЧНОСТИ, ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТБИЛИСИ В 2009-2010 ГГ

Амиранашвили А.Г., Блиядзе Т.Г., Киркитадзе Д.Д., Никофоров Г.В., Нодия А.Г.,
Хуродзе Т.В., Чаикветадзе А.Ш., Чихладзе В.А.

Реферат

Представлены некоторые предварительные результаты комплексного мониторинга интенсивности солнечной радиации, общей облачности, дальности видимости и температуры воздуха в Тбилиси в период с июня 2009 по май 2010 г. Проведено сравнение данных об интенсивности прямой и суммарной солнечной радиации в исследуемый период с аналогичными данными за 1980-1992 гг. Изучены связи между интенсивностью суммарной солнечной радиации и остальными указанными параметрами.

**SOME PRELIMINARY RESULTS OF THE COMPLEX MONITORING OF INTENSITY OF
SOLAR RADIATION, TOTAL CLOUDINESS, VISIBILITY AND AIR TEMPERATURE
IN TBILISI IN 2009-2010**

**Amiranashvili A., Bliadze T., Kirkitadze D., Nikiforov G.,
Nodia A., Khurodze T., Chankvetadze A., Chikhladze V.**

Abstract

Some preliminary results of the complex monitoring of the intensity of solar radiation, total cloudiness, visibility and air temperature in Tbilisi in the period from June 2009 through May 2010 are represented. The comparison of the data about the intensity of direct and summary solar radiation in the investigated period with analogous data for the years 1980-1992 is carried out. The connections between the intensity of summary solar radiation and the remaining indicated parameters are studied.