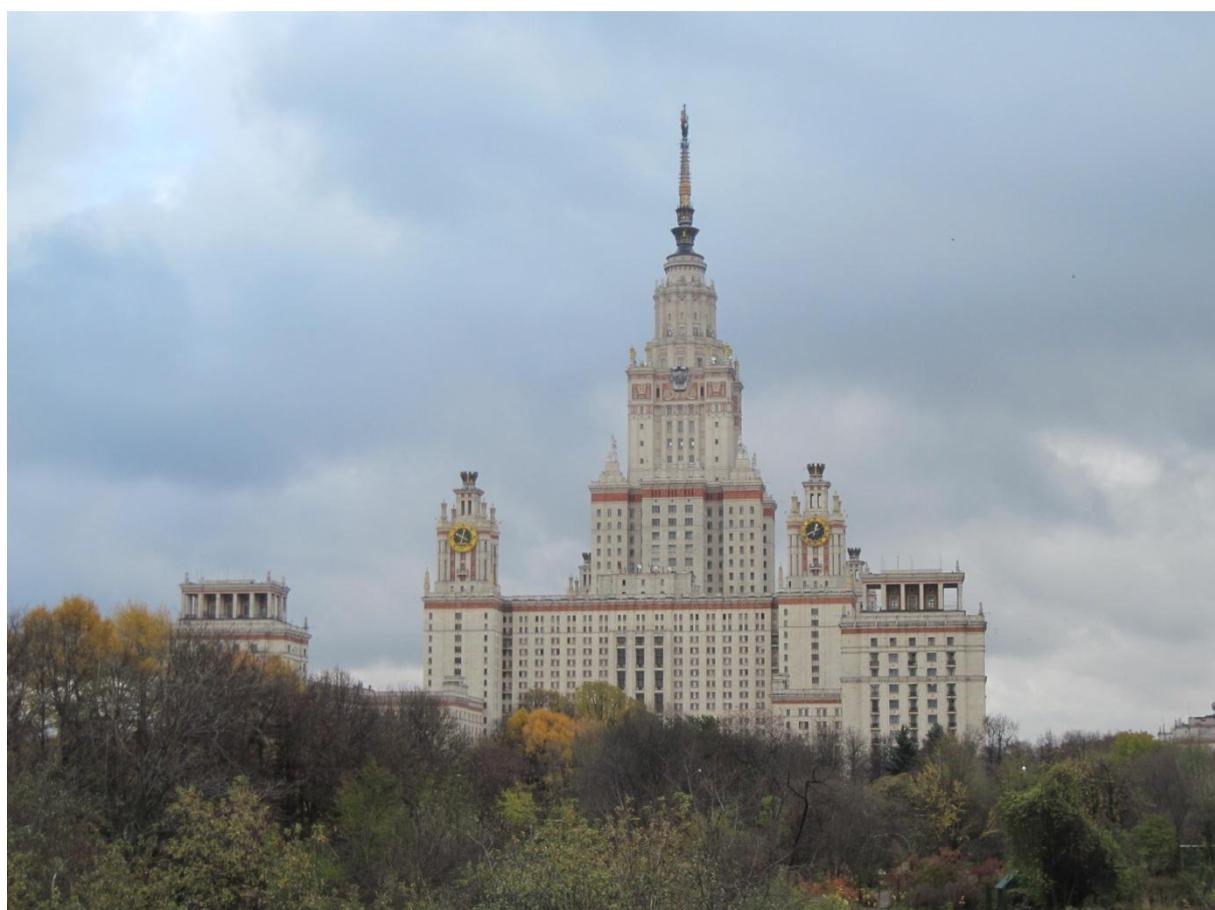


**ЭКОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ АТМОСФЕРЫ В 2014 г.
ПО ДАННЫМ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ МГУ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**



**МОСКВА
МАКС Пресс
2015**

ISBN 978-5-317-05113-6

**Environmental and climate characteristics
of the atmosphere in 2014
according to the measurements
of the Meteorological Observatory
of Moscow State University**



MOSCOW – 2015

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ имени А.М. ОБУХОВА РАН

**ЭКОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ АТМОСФЕРЫ В 2014 г.
ПО ДАННЫМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ МГУ имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Коллектив авторов:

К.И. Ахиярова, И.Б. Беликов, О.А. Волкова, Е.В. Горбаренко, И.Д. Еремина,
Е.Ю. Жданова, П.И. Константинов, И.А. Корнева, М.А. Локощенко,
Е.И. Незваль, С.В. Полева, А.А. Полюхов, Е.Э. Северова, И.П. Ситникова,
А.И. Скороход, Н.Е. Чубарова, О.А. Шиловцева

Под редакцией О.А. Шиловцевой и Е.И. Незваль



МОСКВА – 2015

УДК 551.5
ББК 26.237
Э40

Коллектив авторов:

К.И. Ахиярова, И.Б. Беликов, О.А. Волкова, Е.В. Горбаренко, И.Д. Еремина, Е.Ю. Жданова,
П.И. Константинов, И.А. Корнева, М.А. Локощенко, Е.И. Незваль, С.В. Полева,
А.А. Полюхов, Е.Э. Северова, И.П. Ситникова, А.И. Скороход, Н.Е. Чубарова,
О.А. Шиловцева

Под редакцией О.А. Шиловцевой и Е.И. Незваль

Э40 **Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2014 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ/ Ахиярова К.И. и др.; Под ред. Шиловцевой О.А. и Незваль Е.И. – М.: МАКС Пресс, 2015. – 235 с.**
ISBN 978-5-317-05113-6

В данной публикации приведены основные закономерности изменения различных характеристик атмосферы в 2014 году по данным метеорологической обсерватории МГУ (МО МГУ). Выявлены особенности метеорологического и радиационного режима атмосферы, анализируется газовый состав атмосферного воздуха, характеристики атмосферных аэрозолей, химический состав осадков, рассмотрен аэропалинологический состав воздуха. Во второй части дана краткая история метеорологической обсерватории МГУ.

УДК 551.5
ББК 26.237

Authors:

K.I. Akhiyarova, I. B. Belikov, O.A. Volkova, Ye. V. Gorbarenko, I.D. Eremina, Ye.Yu. Zhdanova,
P.I. Konstantinov, I.A. Korneva, M.A. Lokoshchenko, Ye.I. Nezval, S.V. Polevova,
A.A. Poliukhov, Ye.E. Severova, A.I. Skorokhod, I.P. Sitnikova, N.Ye. Chubarova, O.A. Shilovtseva

Edited by O.A. Shilovtseva and Ye.I. Nezval'

Environmental and climate characteristics of the atmosphere in 2014 according to the measurements of the Meteorological Observatory of Moscow State University. – Moscow, MAKS Press, 2015. – 235 p.

This publication describes the main features of different atmospheric parameters variation in 2014 according to the data of the Meteorological Observatory of Moscow State University (MO MSU). The specific features of meteorological and radiative regime of the atmosphere, the characteristics of atmospheric aerosols, gaseous composition of the atmosphere and chemical composition of atmospheric precipitation are analyzed. The aeropalynologic composition of air are reviewed. The second part of the issue contains a brief overview of the history of meteorological observations in Moscow University.

Электронное издание

Издательство ООО “МАКС Пресс”
Лицензия ИД N 00510 от 01.12.99 г.

119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова,
2-й учебный корпус, 527 к. Тел. 939-3890, 939-3891. Тел./Факс 939-3891.

ISBN 978-5-317-05113-6

© Коллектив авторов, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Об издании. <i>Е.И. Незваль, Н.Е. Чубарова, О.А. Шиловцева</i>	7
Часть I. Метеорологические параметры атмосферы.....	9
1. . Температура и влажность воздуха. <i>П. И. Константинов</i>	10
2. . Особенности термического режима грунта. <i>И.А. Корнева</i>	18
3. . Промерзание грунта. <i>М.А. Локощенко</i>	30
4. . Снежный покров. <i>М.А. Локощенко</i>	39
5. . Атмосферные осадки. <i>П. И. Константинов</i>	47
6. . Атмосферное давление. <i>П. И. Константинов</i>	51
7. . Ветровой режим в нижнем 500-метровом слое. <i>М.А. Локощенко, К.И. Ахиярова</i>	54
8. . Особенности облачного покрова и продолжительности солнечного сияния. <i>Е.В. Горбаренко</i>	75
Часть II. Атмосферная радиация.....	80
9. Характеристики прозрачности атмосферы и составляющие радиационного баланса. <i>Е.В. Горбаренко</i>	81
10. Особенности режима фотосинтетически активной радиации. <i>А. Шиловцева</i>	91
11. Световой режим. <i>О.А. Шиловцева</i>	104
12. Особенности прихода УФ радиации 300-380 нм. <i>Е.И. Незваль</i>	115
13. Оценка биологически-активной УФ радиации. <i>Е.Ю. Жданова, Н.Е. Чубарова</i>	129
Часть III. Аэрозольный и газовый состав атмосферы, химический состав атмосферных осадков.....	139
14. Основные аэрозольные характеристики и влагосодержание атмосферы по данным солнечно-небесного фотометра CIMEL сети AERONET. <i>Н.Е. Чубарова, А.А. Полюхов</i>	140
15. Химический состав осадков. <i>И.Д. Еремина</i>	149

16. Особенности динамики аэропалинологического спектра атмосферы. <i>Северова Е.Э., Волкова О.А., Полева С.В.</i>	157
17. Состав и качество приземного воздуха по данным многолетних наблюдений <i>А.И. Скороход, И.Б. Беликов, И.П. Ситникова.</i>	163
Часть IV. История метеорологических наблюдений в Московском университете <i>О.А. Шиловцева.</i>.....	181
Приложение. Метеорологическая обсерватория МГУ в фотографиях.....	214

Об издании

Перед Вами пятый выпуск трудов метеорологической обсерватории кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (МО МГУ), посвященный анализу эколого-климатических характеристик атмосферы на юго-западе Москвы в 2014 году. Он продолжает серию ежегодных публикаций результатов наблюдений МО МГУ.

Цель данного выпуска: оперативное освещение особенностей метеорологических, радиационных, экологических параметров атмосферы, их анализ, сопоставление с результатами измерений в предшествующие годы и выявление тенденций их изменений. В четвертой части выпуска – историческая справка об организации метеорологических наблюдений в Московском университете.

Авторы выражают глубокую признательность всему инженерно-техническому персоналу метеорологической обсерватории МГУ, усилиями которого проводился сбор, первичная обработка и критический контроль данных наблюдений, положенных в основу настоящего издания. Это старший наблюдатель В.В.Белопухова и наблюдатели - метеорологи О.В. Василенок, Г.М.Воробьева, Т.Н. Гайкинвельдер, О.П. Дурнева, А.А.Устинов, старший наблюдатель-актинометрист Н.А.Бунина и наблюдатели-актинометристы Е.И.Розанова, Е.Г. Столярова, Н.А. Трускова, редактор ежемесячного бюллетеня обсерватории Л.Г. Руднева, мастер по точным приборам Д.Т. Голубицкий и инженеры В.А. Розенталь и В.Г.Перепёлкин.

Работа выполнялась при частичной поддержке проектов РФФИ №№ 13-05-00956, 13-05-00461, 14-05-00594, 15-05-03612, Государственного контракта №0604-01/13 с Департаментом природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, Программ Отдела наук о Земле РАН № 12 и Президиума РАН № 4, а также на средства Российского научного фонда: грант РНФ № 14-50-00029 (глава 16) и грант РНФ № 14-47-00049 (глава 17).

Программа наблюдений МО МГУ

Метеорологическая обсерватория МГУ ($\lambda = 55^{\circ}42'$ с.ш., $\varphi = 37^{\circ}31'$ в.д.) основана в 1954 году как учебно-методический центр и научная база для изучения климата Москвы. Комплекс наблюдений МО МГУ состоит из расширенной программы метеорологических, аэрозольных и радиационных измерений, а также определения химического состава атмосферных осадков и воздуха. Многие уникальные (нестандартные) наблюдения проводятся

уже более 30 лет. Например, естественная освещенность измеряется с 1964 г., ультрафиолетовая радиация в диапазоне 300-380 нм – с 1968 г, фотосинтетически активная радиация (380-710 нм, затем 400-700 нм) - с 1980 г. Измерения химического состава атмосферных осадков и снежного покрова проводятся с 1980 г. Непрерывные наблюдения за термическим режимом почвы и грунта на одиннадцати различных глубинах как под естественным покровом, так и на оголенном участке ведутся с 1954 г. Благодаря усилиям сотрудников метеорологической обсерватории, наша станция – одна из немногих в Московском регионе, где до настоящего времени сохранился подобный комплекс метеорологических и радиационных измерений. В конце 1980-х годов начато акустическое зондирование атмосферы, а с 1999 г. – измерения биологически активной УФ радиации. С 2001 г. в МО МГУ ведется мониторинг различных характеристик аэрозоля совместно с американским Годдардовским центром космических полетов в рамках международной программы AERONET. В 2002 году совместно с ИФА им. А. М. Обухова РАН была создана станция наблюдений за составом атмосферного воздуха, где проводились регулярные измерения концентраций различных газовых примесей в приземном слое атмосферы. К сожалению, летом 2014 г. в силу ряда причин станция приостановила свою работу. С 2004 года ведутся измерения скорости и направления ветра до высоты 500 м с помощью доплеровского содара “MODOS”. Кроме того, на территории метеорологической обсерватории сотрудники биологического факультета МГУ проводят наблюдения за аэропалинологическим составом атмосферы в течение уже более двадцати лет.

Все измерения проводятся в соответствии с принятыми международными и отечественными нормами, установленными ВМО и Росгидрометом. МО МГУ входит в российскую метеорологическую сеть, а также в мировую сеть данных по солнечной радиации.

Более подробную информацию о наблюдениях, проводимых в метеорологической обсерватории, можно найти на сайте <http://momsu.ru>.

Е.И.Незваль, Н.Е. Чубарова, О.А.Шиловцева



Часть 1

Метеорологические параметры атмосферы



1. Температура и влажность воздуха

П.И.Константинов

Основным обстоятельством, которое следует отметить в обзоре температуры воздуха в 2014 году (впрочем, как и в предыдущем 2013), является очередная сильная положительная аномалия на годовом масштабе осреднения. Таким образом – из последних 5ти лет, только в 2012м году особых рекордов температуры отмечено не было, и его запомнили как передышку после жарких 2010 и 2011го.

Обратимся к фактическому материалу – рис. 1.1, который иллюстрирует годовой ход температуры воздуха на метеорологической площадке Метеообсерватории МГУ в сравнении с климатической нормой.

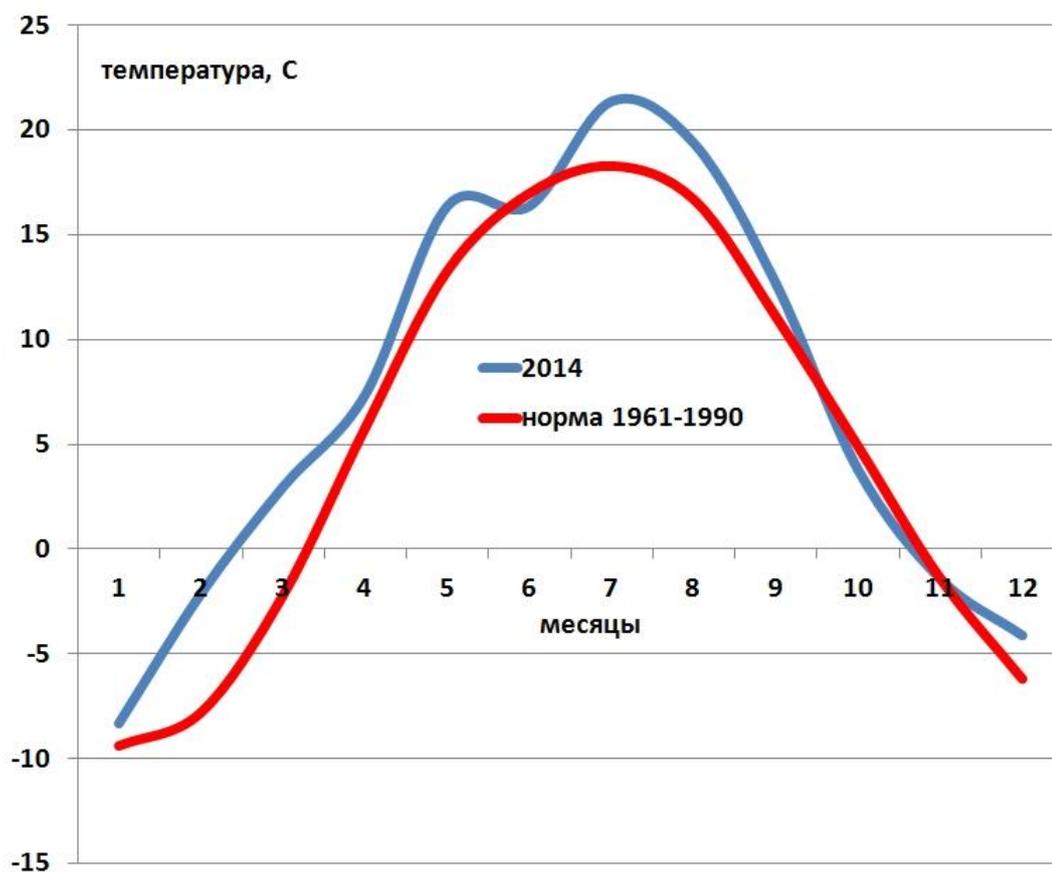
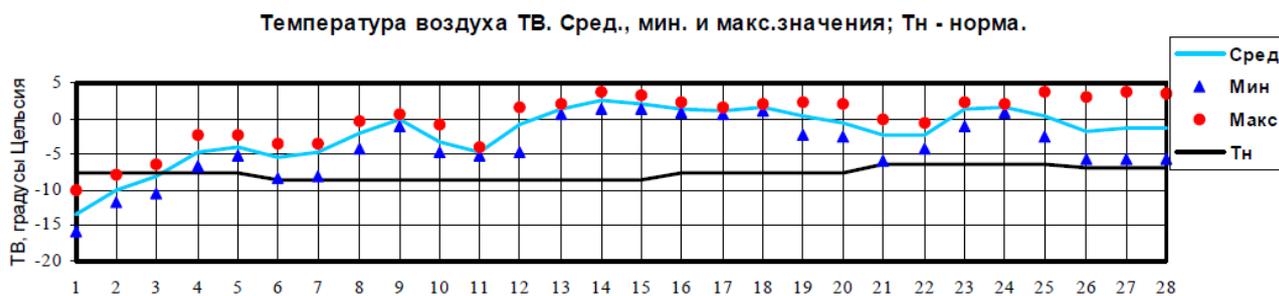


Рисунок 1.1– Среднемесячная температура воздуха в 2014 году в сравнении с климатической нормой за 1961-1990 гг.

В первой половине года самым ярким событием явилась заметная положительная аномалия февраля – марта: они оказались теплее нормы на $5,7^{\circ}\text{C}$ и $5,2^{\circ}\text{C}$ соответственно - в феврале $-2,1^{\circ}\text{C}$ против климатических $-7,8^{\circ}\text{C}$ (рис. 1.2 а). В следующем месяце природа одарила москвичей исключительно теплым мартом – в третьей декаде месяца температура

поднималась до +20°C (рис 1.2 б). Апрель был также теплее нормы – на 1,6 градуса, да и май оказался жарким – аномалия со знаком «плюс» составила 3 градуса И лишь июнь оказался холоднее обычного – отрицательная на этот раз аномалия составила -0,6 градуса. Наглядный пример того, как наложение аномалий разного знака приводит к их нивелированию на более крупных временных отрезках осреднения.

а) ФЕВРАЛЬ



б) МАРТ

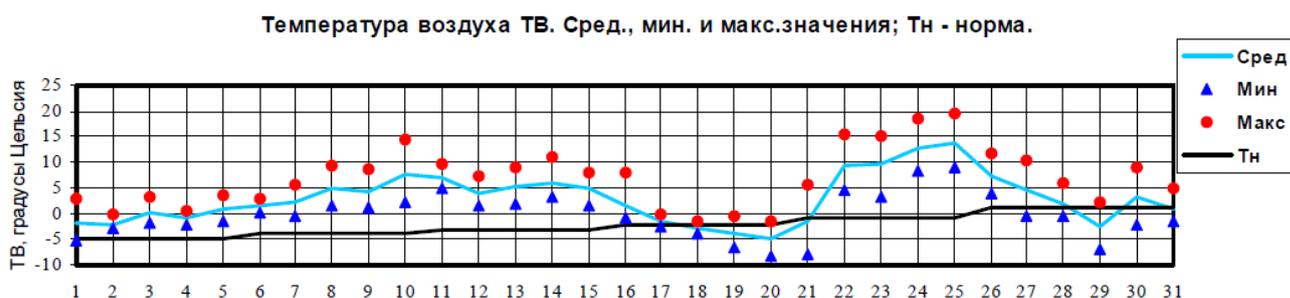


Рисунок 1.2 – Суточный ход температуры в феврале и марте 2014 года (максимальная за сутки температура отмечена красными точками)

Таблица 1.1– Средняя месячная температура воздуха в 2014 году и климатическая норма

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Абсолютный максимум, 2014 г.	4,0	3,9	19,5	23,0	29,8	32,4	32,6	33,8	23,4	17,3	8,6	4,9	33,8
Абсолютный минимум, 2014 г.	-25,1	-15,9	-8,4	-6,2	0,9	6,2	10,1	8,1	3,2	-11,3	-11,8	-17,7	-25,1
Средняя за месяц 2014 г.	-8,3	-2,1	3,0	7,4	16,4	16,4	21,4	19,4	12,7	3,8	-1,4	-1,9	7,0
норма 1961-1990 гг.	-9,4	-7,8	-2,2	5,8	13,3	17,0	18,3	16,7	11,1	4,9	1,4	-6,2	5,0
Аномалия 2014 г.	1,1	5,7	5,2	1,6	3,1	-0,6	3,1	2,7	1,6	-1,1	0	4,3	2,0

Из летних месяцев наиболее теплым относительно нормы оказался июль (аномалия $+3,1^{\circ}\text{C}$), да и все лето было умеренно жарким – выше $+33,8$ градусов столбики термометров не поднимались. Сентябрь также оказался довольно теплым относительно положенного, а вот октябрь был на $1,1$ градуса холоднее обычного (табл. 1.1).

Финальный аккорд 2014 года – декабрь стал теплее обычного сразу на $4,3$ градуса. В итоге, в среднем год не только оказался более теплым, чем обычно (положительная аномалия составила $+2,05^{\circ}\text{C}$ за счет исключительно теплых февраля, марта и декабря, рис.1.3), но и стал самым теплым за последние пять лет, опередив не только 2010 и 2011, но и предыдущий 2013 (табл. 1.2).

Годовая амплитуда температуры, характеризующая различия средних месячных температур в течение 2014 года составила $29,7^{\circ}\text{C}$ в то время, как ее климатическое значение, рассчитанное за период 1961-1990 гг. составляет $27,8^{\circ}\text{C}$. Абсолютная амплитуда температур за 2014 год составила, согласно таблице 1.1, $54,9^{\circ}\text{C}$.

Самый теплый месяц 2014 года: август (столбик термометра поднялся до $+33,8^{\circ}\text{C}$), самый холодный – январь ($-25,1^{\circ}\text{C}$).



Рис 1.3.– Теплый февраль в Москве (с) Фото: ИТАР-ТАСС

Годовой максимум температуры (+33,8°C) свидетельствует о том, что особо жарким с точки зрения экстремумов температуры, год признать нельзя. Но и экстремальных холодов зимой также не наблюдалось – самым холодным днем стало 30 января 2014 года (-25,1°C).

Таблица 1.2.– Среднегодовые температуры воздуха 2010-2014 гг. и их сравнение с климатической нормой (1961-1990 гг.).

	2010	2011	2012	2013	2014	Норма
Среднегодовая температура, °С	6,8	6,8	5,9	6,9	7,0	5,0

Рассматривая же внутригодовые тенденции за последние пять лет, каждый из которых отличался от другого как по термическим показателям, так и по показателям увлажнения (рис.1.4), легко отметить, что тенденция теплого периода вполне однозначна – с апреля по август каждый год отмечается положительная аномалия температуры, которая так же проявляется еще и в ноябре. Лишь в прошедшем 2014 году июнь «выбился» из этого списка, а ноябрь совпал с климатической нормой. Однако, приведенные данные однозначно демонстрируют, что в прошедшую пятилетку основные положительные аномалии температуры приходятся **именно на теплый период**.

Ну и наконец, о среднесуточных значениях. Наиболее высокие среднесуточные значения температуры в 2014 году колеблются в интервале от +27 до +28 градусов. По климатическим же нормам, самая высокая среднесуточная температура наблюдается 13 июля, и составляет +19,4°C.

Влажность воздуха

Как хорошо известно, относительная влажность воздуха является общепринятой мерой влияния влажности воздуха на человеческий организм. Гигиенической нормой являются ее значения в пределах от 30 до 60%. Воздух с относительной влажностью менее 30% оценивается как сухой (Исаев, 2003), до 85% как умеренно влажный, и выше 85%- как сильно влажный. Но для метеорологов относительная влажность является прежде всего консервативной характеристикой влажности воздуха в приземном слое атмосферы.

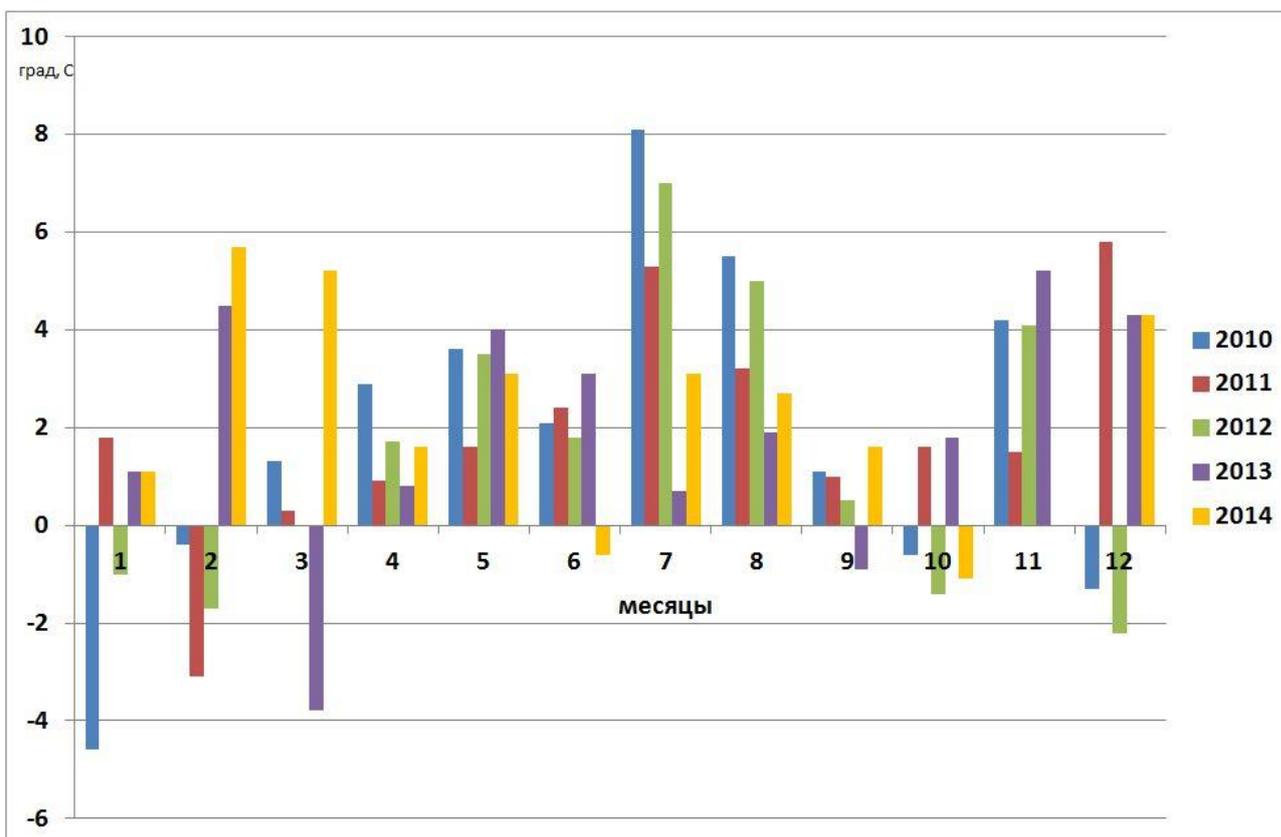


Рисунок 1.4.– Среднемесячная аномалия температуры воздуха в 2010-2014 гг

Поэтому, с ее помощью довольно удобно судить о насыщенности влагой воздуха не только на уровне 2 метров, но и на более высоких уровнях, особенно в теплый период.

В рамках данного обзора учитывается средняя месячная влажность, измеренная в 15 часов, как наиболее репрезентативная в течение суток.

Таблица 1.3– Среднемесячная относительная влажность воздуха в 2014 году и климатическая норма

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
относительная влажность воздуха, % 2014 год	77	70	54	38	45	51	39	51	53	62	76	85	58
климатическая норма, % 1961-1990 гг.	79	70	62	55	47	52	56	57	63	71	81	82	65

Из рис. 1.5 и табл. 1.3 следует, что относительная влажность в 2014 году была заметно ниже климатических значений (Исаев, 2003) – её среднегодовое значение на 7% меньше климатической нормы. Наиболее сухим месяцем с точки зрения относительного влагосодержания стал июль (39%), наиболее влажным – декабрь (85%).

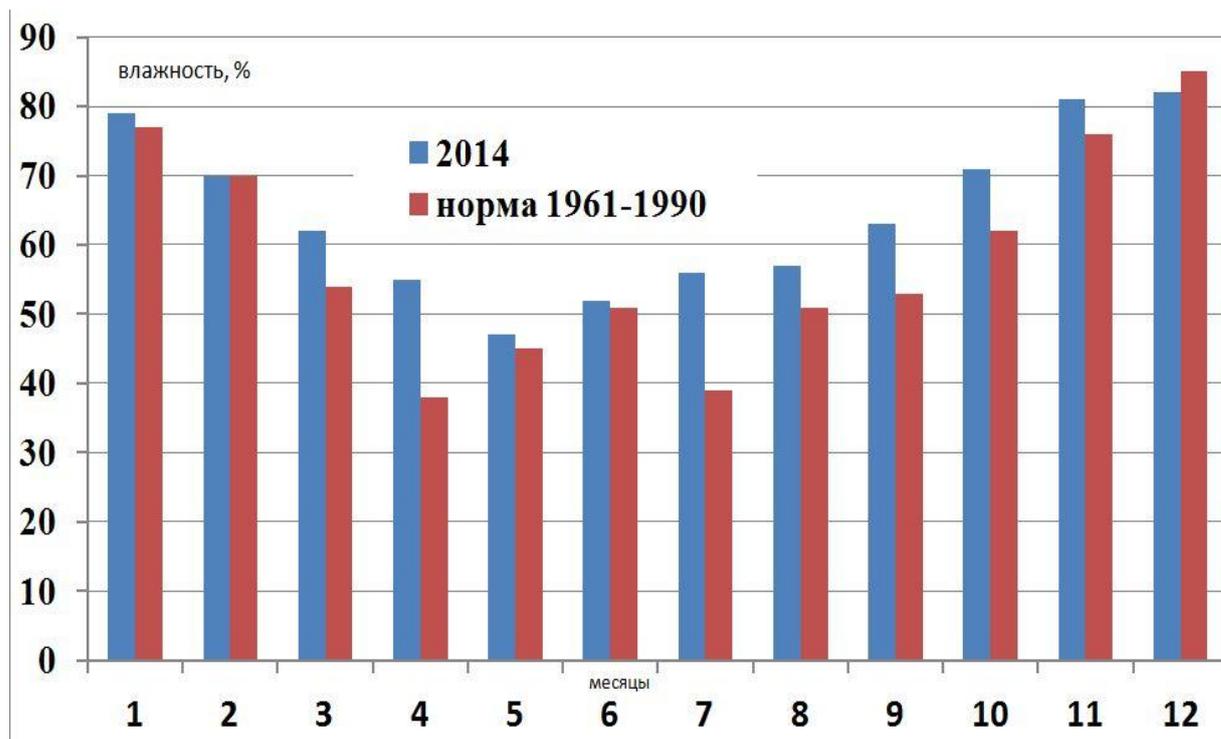


Рисунок 1.5 – Сравнение среднемесячной относительной влажности воздуха в 2014 году с климатической нормой

Упругость водяного пара также показала довольно заметные понижения в ряде месяцев по сравнению с климатическими значениями (см. рис 1.6 и табл. 1.4).

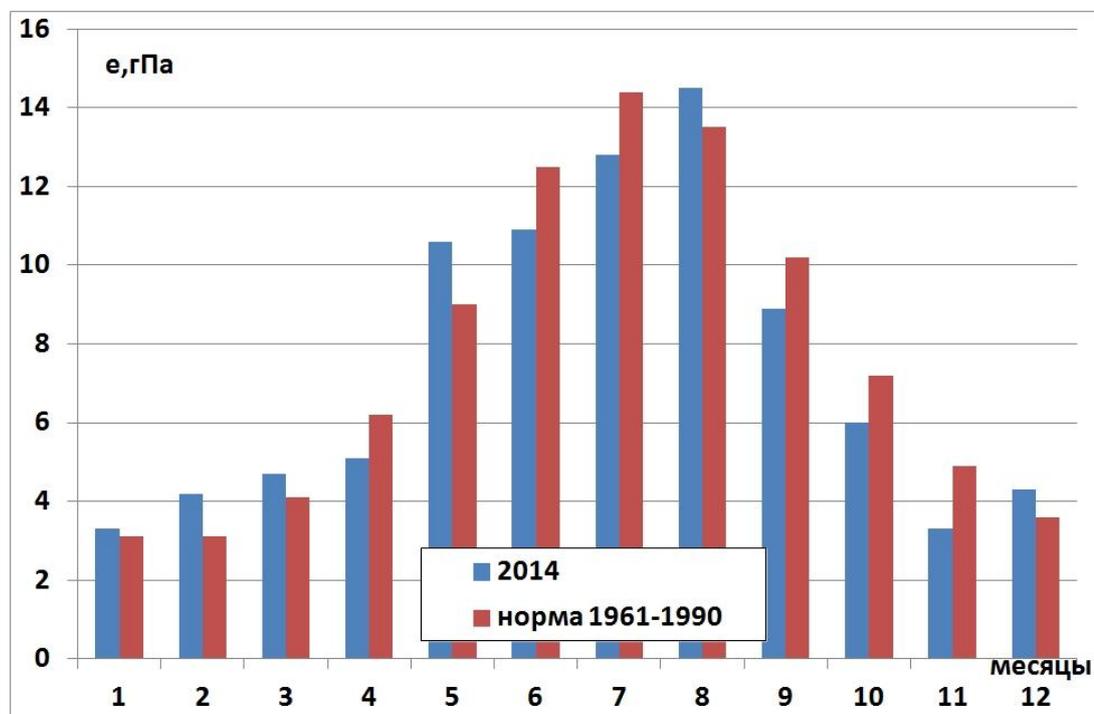


Рисунок. 1.6 – Сравнение среднемесячной упругости водяного пара в 2014 году с климатической нормой.

Таблица 1.4 - Среднемесячная упругость водяного пара в 2014 году и климатическая норма (ГПа)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
2014 год	3,3	4,2	4,7	5,1	10,6	10,9	12,8	14,5	8,9	6,0	3,3	4,3	7,4
климатическая норма, 1961-1990 гг.	3,1	3,1	4,1	6,2	9,0	12,5	14,4	13,5	10,2	7,2	4,9	3,6	7,7
Аномалия 2014 г.	0,2	1,1	0,6	-1,1	1,6	-1,7	-1,6	1,0	-1,3	-1,2	-1,6	0,7	-0,3

На рисунке 1.6, если проследить ход упругости водяного пара, видно, что по этой характеристике в летний период (за исключением августа) повторяемость воздушных масс из более насыщенных влагой регионов была реже обычной (в предыдущие годы было иначе). Весь осенний период также отметился отрицательными аномалиями, и лишь зимой, а также в мае и июне упругость водяного пара была выше нормы. При этом, необходимо помнить, что в целом 2014 год был заметно суше обычного.

Отрицательная годовая аномалия упругости водяного пара составила 0,3 гПа. Для сравнения в 2013, 2012 и 2011 годах, которые заметно различались по температурному режиму, аномалии были положительные – от 0,6 до 0,9 гПа. Это подтверждает предположение о том, что аномалии упругости не столько зависят от температуры воздушных масс, преобладавших в течение года, но и от их географического региона образования и количества выпавших атмосферных осадков.

Кратко характеризуя термический и гигрометрический режим 2014 года, следует отметить:

1. 2014 год в целом можно охарактеризовать как самый теплый с 2010 года и один из самых теплых за всю историю наблюдений в МО МГУ вообще.
2. Три месяца оказались теплее нормы сразу на 4(!) градуса – февраль, март, декабрь.
3. За период 2010-2014 гг, в течение теплого периода года (за исключением июня месяца 2014 г.) ни разу не отмечалось отрицательной аномалии среднемесячной температуры.
4. Наиболее заметная отрицательная аномалия температуры воздуха наблюдалась в октябре (-1,1° С).
5. Впервые с 2010 года аномалия упругости водяного пара оказалась отрицательной (-0,3 гПа).

Литература

Беликов, И., Горбаренко, Е., Ерёмина, И., Жданова, Е., Константинов, П., Корнева, И., Локощенко, М., Незваль, Е., Скороход, А., Чубарова, Н., Шиловцева, О., Шумский, Р., Ахиярова, К., Ремизов, А. *Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2012 г. по данным Метеорологической обсерватории МГУ, под редакцией Н.Е. Чубаровой.* МАКС Пресс Москва, 2013.

Справочник эколого-климатических характеристик г.Москвы (по наблюдениям метеорологической обсерватории МГУ) Том 1 под редакцией А.А.Исаева М., изд-во МГУ, 2003.

2. Особенности термического режима грунта

И.А. Корнева

2.1 Общие сведения об измерениях температуры грунта в МГУ

Наряду с основными метеорологическими параметрами (температурой воздуха, давлением, количеством атмосферных осадков и др.) в Метеорологической обсерватории МГУ (МО МГУ) проводятся также наблюдения за температурой почвы и грунта. Непрерывные наблюдения за термическим режимом почвы и грунта здесь ведутся с 1954 г. Благодаря усилиям сотрудников метеорологической обсерватории, эта станция – одна из немногих в Московском регионе, где до настоящего времени сохранился полный комплекс таких наблюдений.

Прежде всего, ежедневно в стандартные метеорологические сроки (через каждые 3 часа) проводятся измерения срочной, максимальной и минимальной температуры на подстилающей поверхности (на специальной вспаханной площадке площадью 4×6 м² – рис. 2.1а). В тёплое время года измерения здесь осуществляются на поверхности почвы, а в холодное время года – на поверхности снега. При этом для измерения температуры поверхности используется стандартный ртутный термометр ТМ-3, для измерения максимальной температуры поверхности – ртутный метеорологический термометр ТМ-1 и для измерения минимальной температуры – спиртовой метеорологический термометр ТМ-2.

Кроме того на той же вспаханной площадке проводятся измерения температуры почвы в пахотном слое – от поверхности до глубины 20 см. Измерения производятся здесь точно так же, как и на подстилающей поверхности, единственной их особенностью является коленчатая форма четырёх ртутных термометров Савинова ТМ-5, устанавливаемых вглубь почвы с шагом 5 см (Справочник, 1971). Данный вид наблюдений является сезонным, с наступлением холодного времени года коленчатые термометры убираются, поскольку при замерзании почвы возможны их повреждения.

Измерения на больших глубинах, начиная с 20 см, производятся с помощью вытяжных почвенно-глубинных термометров на уровнях 20 см, 40 см, 60 см, 80 см, 120 см, 160 см, 240 см и 320 см одновременно на двух участках: с обнажённой поверхностью и под естественным покровом (рис. 2.1 б, в). Вытяжной почвенно-глубинный термометр ТПВ-50 состоит из почвенно-глубинного термометра ТМ-10, защитной трубки с наконечником и деревянной палки (Кедролыванский, 1937). Для лучшего теплового контакта пространство

между резервуаром термометра и стенками наконечника штанги заполнено медными или латунными опилками, а отверстие залито воском (Наставление, 1969). Это сделано для искусственного увеличения инерции термометра. Погрешность измерения температуры данным термометром в диапазоне от 0°C до +40°C составляет $\pm 0,2^\circ\text{C}$, а в диапазоне отрицательных температур от 0° до -20°C : $\pm 0,3^\circ\text{C}$ (Справочник, 1971). Отсчёты по вытяжным термометрам производятся в дневной срок один раз в сутки, кроме глубин 20 и 40 см, на которых измерения осуществляются в стандартные метеорологические сроки (восемь раз в сутки на участке под естественным покровом и четыре раза – на участке с обнажённой поверхностью). При значительной высоте снежного покрова зимой (более 15 см при его росте и более 5 см при сходе) наблюдения по всем восьми вытяжным термометрам производятся только один раз в сутки (Наставление, 1969). Участок с оголённой поверхностью площадью 12×20 м (рисунок 2.1в) в МГУ не предусмотрен действующими Наставлениями Росгидромета и является долгосрочным научным экспериментом, начатым ещё в 1954 году – одновременно с основанием Метеорологической обсерватории (Справочник, 2003). Температурный режим здесь воспроизводит условия городских поверхностей, очищаемых зимой от снега: тротуаров, дорожных покрытий и т.п. Такие одновременные измерения температуры грунта на глубинах на двух различных участках являются уникальными на всей территории Европейской России. Ныне подобные участки используются лишь на двух станциях в России – в МГУ и на ОГМС (Объединённой Гидрометеорологической станции) Иркутск. Однако площадь оголённого участка в Иркутске, по крайней мере ныне, составляет лишь $4 \times 4 \text{ м}^2$, что может приводить к искажающему боковому влиянию окружающего участка естественного покрова на показания термометров на больших глубинах. Таким образом, оголённый участок в МГУ на сегодня – единственный показательный в России с учётом его большой площади (в 15 раз больше, чем в ОГМС Иркутск). Информация о подобных экспериментальных участках, организованных в XIX веке, содержится в работе (Ваннари, 1897).

2.2 Основные особенности термического режима грунта в 2014 году

Рассмотрим термический режим почвы и грунта в слое до 320 см в 2014 году. Среднегодовая температура поверхности почвы в 2014 году составила $+7,9^\circ\text{C}$, превысив прошлогоднее значение на $0,5^\circ\text{C}$, а также все предыдущие среднегодовые температуры, кроме

а)



б)



в)



Рисунок 2.1 - Измерения температуры грунта на глубинах в МО МГУ: а) на специальной вспаханной площадке; б) на участке с естественным покровом; в) на участке с оголённой поверхностью.

2007 и 2008 гг. Так, в 2007 году была достигнута максимальная среднегодовая температура поверхности почвы за весь период измерений в МО МГУ с 1955 по 2014 гг. – $+8,0^{\circ}\text{C}$, а в 2008 году её значение совпало с точностью до десятых долей с температурой в 2014 гг.: $+7,9^{\circ}\text{C}$. Под оголённой поверхностью довольно высокие температуры T_s преобладали в среднем за 2014 год во всём слое вплоть до 320 см. Так, по сравнению с предыдущим годом они были превышены на $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$, а по сравнению со средним значением за период 2000-2013 гг. – на $0,5-0,7^{\circ}\text{C}$ (см. таблицу 2.1). Аномалия T_s под оголённой поверхностью в 2014 г. (по сравнению с нормой за 1961–1990 гг.) составила от $1,7$ до $2,1^{\circ}\text{C}$ на глубинах от

20 до 320 см. Под естественным покровом, напротив, значения T_s в слое 40–320 см были на 0,1–0,6°C, а на глубине 20 см даже на 0,9°C ниже, чем в 2013 году. В отличие от оголённой поверхности, термический режим почвы и грунта под естественным покровом определяется не только приходящей к поверхности радиацией, но и высотой снежного покрова (Корнева, Локощенко, 2013). В 2014 году средняя высота снежного покрова составила 7,6 см. Это одно из самых низких значений за всю историю метеонаблюдений в МО МГУ. Предыдущий 2013 год был, напротив, одним из самых снежных – средняя высота снежного покрова составила 37,8 см. Таким образом, вероятно, более низкие значения среднегодовой T_s в 2014 году по сравнению с предыдущим годом связаны с малой мощностью снежного покрова. Тем не менее, T_s здесь во всём рассматриваемом слое почвы и грунта превысила средние значения за период с 2000 по 2013 гг. на 0,1–0,5 °C, а за период 1961–1990 гг. – на 0,7–1,2°C. Таким образом, температура почвы и грунта в 2014 году как под естественным покровом так и под оголённой поверхностью оказалось в ряду самых высоких значений за последние десятилетия (см. рис. 2.2).

Таблица 2.1 - Среднегодовая температура грунта в МГУ на различных глубинах за 2014 год, а также в среднем за периоды 1955–2013 гг., 1961–1990 гг., 2000–2013 гг.

Глубина, см	Участок под естественным покровом					Участок под оголенной поверхностью				
	1955- 2013	1961- 1990	2000- 2013	2013	2014	1955- 2013	1961- 1990	2000- 2013	2013	2014
20	7,7	7,5	8,4	9,4	8,5	6,7	6,3	7,8	7,9	8,4
40	7,7	7,5	8,3	8,9	8,3	6,7	6,4	7,8	7,7	8,5
60	7,6	7,5	8,2	8,8	8,3	6,7	6,4	7,6	7,6	8,2
80	7,6	7,5	8,2	8,8	8,4	6,8	6,5	7,8	7,7	8,4
120	7,6	7,5	8,2	8,8	8,4	7,0	6,7	8,1	7,8	8,8
160	7,6	7,6	8,3	8,8	8,5	7,5	7,4	8,4	8,1	9,1
240	7,6	7,5	8,2	8,8	8,7	8,1	7,7	9,3	8,9	9,8
320	7,5	7,5	8,2	8,7	8,6	8,8	8,7	9,9	9,7	10,4

Различия в характере подстилающей поверхности проявляются и в распределении температуры почвы и грунта с глубиной (рис. 2.3). Средние многолетние вертикальные профили T_s по данным МО МГУ за период 1955–2013 гг. подробно изучены в (Корнева, Локощенко, 2015), а вертикальные профили T_s под естественным покровом по десятилетия-

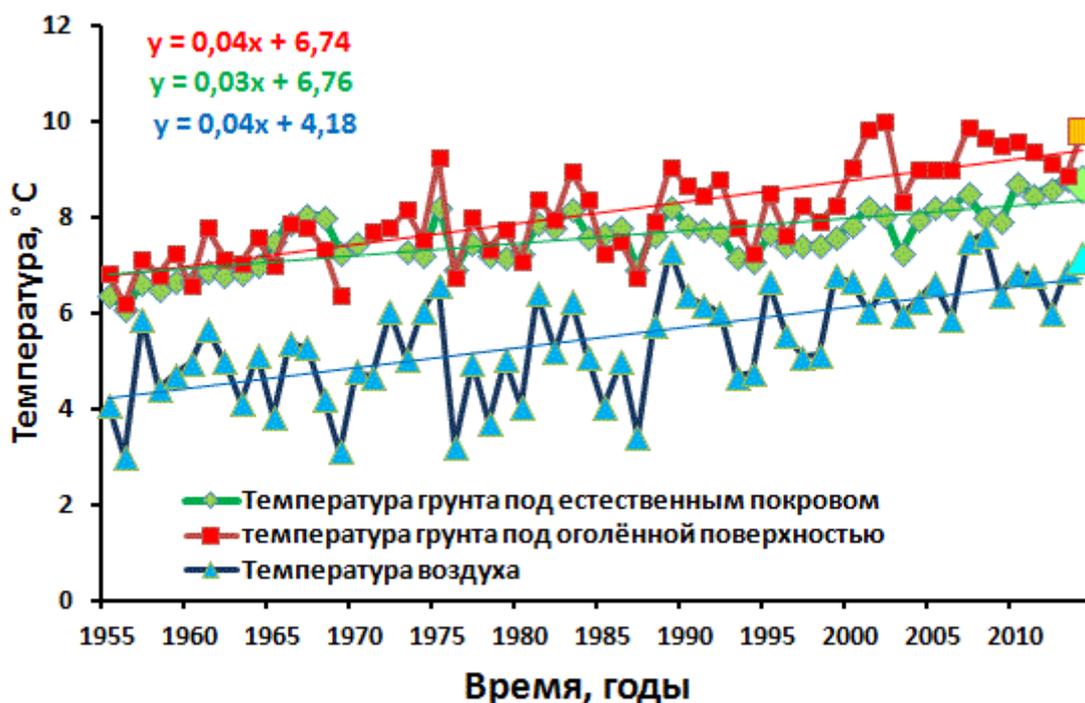


Рисунок 2.2 - Изменения температуры грунта на глубине 240 см под участками с естественной и оголённой поверхностью и температуры воздуха за период с 1955 по 2014 гг. в МО МГУ.

ям – в (Корнева, Локощенко, 2012). Здесь же рассмотрим аналогичные профили по сезонам в 2014 году. Зимой (с декабря 2013 г. по февраль 2014 г.) наблюдалось повышение температуры почвы и грунта с глубиной, как под естественной, так и под оголённой поверхностью (рис. 2.3а). Для оголённого участка характерно более интенсивное повышение T_s с глубиной, так что разность T_s между самым верхним уровнем 20 см и нижним уровнем 320 см на этом участке составила $11,6^{\circ}\text{C}$. Соответствующая разность под естественным покровом равна $6,5^{\circ}\text{C}$. Такое уменьшение градиента T_s под естественной поверхностью связано с наличием снежного покрова в это время года, который препятствует выхолаживанию верхних слоёв почвы и тем самым уменьшает контрасты между верхними слоями почвы и нижними слоями грунта. Максимальная разность T_s под естественным покровом и оголённой поверхностью в зимний сезон 2013–2014 гг. составила $+3,6^{\circ}\text{C}$ на уровне 20 см. В среднем тёплая и малоснежная погода зимой 2013–2014 гг. привела к тому, что вертикальный профиль температуры под естественным покровом практически совпал со средним многолетним за зимние месяцы 1966–2010 гг. Под оголённой поверхностью из-за аномально тёплой погоды в первой половине января и в феврале верхние слои почвы оказались на $1\text{--}2^{\circ}\text{C}$ теплее, чем в среднем за 1966–2010 гг.

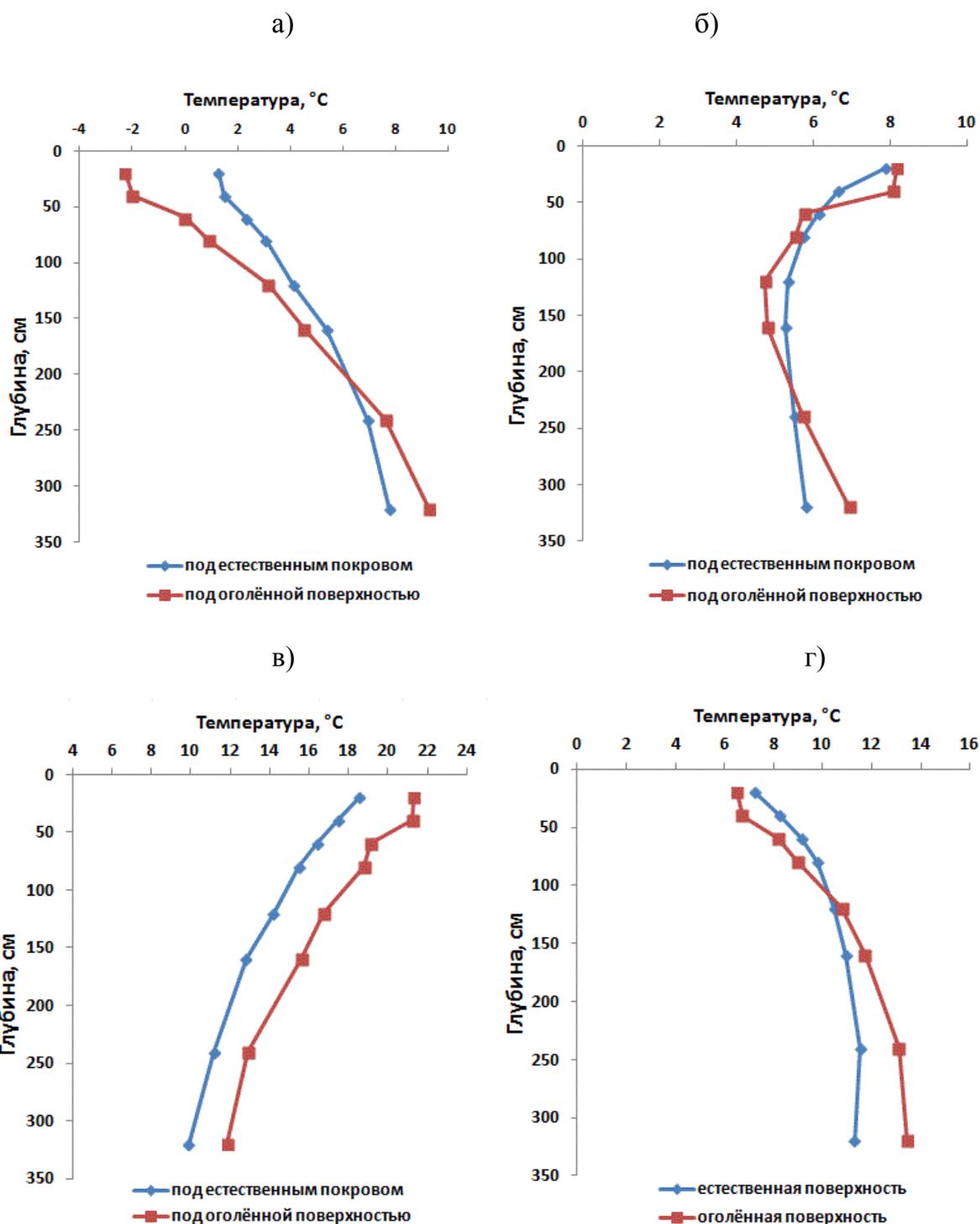


Рисунок 2.3 – Вертикальные профили температуры почвы и грунта в слое 20–320 см под естественным покровом и оголённой поверхностью по сезонам в 2014 году: а) зимой; б) весной; в) летом; г) осенью.

Весна 2014 года характеризовалась чередованием волн тепла и холода. Особенностью 2014 года является то, что 5 марта снежный покров полностью сошёл, и потом устанавливался всего лишь несколько раз на непродолжительное время (в пределах нескольких дней). Такой ранний сход снежного покрова привел к тому, что почва под естественной

поверхностью начала прогреваться уже в начале марта, в связи с чем в среднем за весенний сезон различия в вертикальном распределении T_s под оголённой и естественной поверхностью минимальны (рис. 2.3 б). Более высокие температуры почвы на верхних горизонтах по сравнению нижележащими слоями почвы и грунта характеризуют постепенно начинающийся весенний прогрев верхних слоёв почвы.

Летом наблюдалось обратное по сравнению с зимой вертикальное распределение T_s на обоих участках – падение температуры с глубиной (рис. 2.3 в). Это связано с усиленным прогревом верхних слоёв почвы, в то время как нижние слои почвы и грунта ещё характеризуются низкими значениями T_s . На протяжении всего слоя T_s под оголённой поверхностью на 1,7–3,8°C выше, чем под естественной поверхностью вследствие охлаждающего влияния последней. Разность между горизонтами 20 и 320 см составила 8,6°C под естественным покровом и 9,2°C под оголённой поверхностью. Жаркая погода в июле и первой половине августа привела к довольно высоким средним летним значениям T_s в верхнем слое почвы, вследствие чего температура почвы на верхних горизонтах оказалась на 2–3 °C выше, чем в среднем за летние периоды с 1966 по 2010 гг.

Осенний вертикальный профиль T_s качественно сходен с профилем за зимний период 2013–2014 гг. (рис. 2.3 г). На обоих участках осенью наблюдалось повышение температуры почвы и грунта с глубиной, кроме нижележащего слоя 250–320 см, где температура T_s практически не меняется (в отличие от зимнего периода, где падение T_s наблюдается по всему профилю). Большие контрасты между температурами нижних слоев грунта и верхних слоев почвы (в большей степени характерные для зимнего сезона) связаны с интенсивным выхолаживанием верхних слоёв почвы в октябре и ноябре 2014 года из-за преобладания холодной погоды (в октябре были зарегистрированы заморозки). Так, разность между T_s на уровнях 20 см и 240 см составила в среднем за сентябрь–ноябрь 4,2°C под естественным покровом и 6,6°C под оголённой поверхностью.

Годовой ход среднесуточных значений T_s на поверхности почвы, а также на глубинах 20 и 160 см в 2014 году показан на рис. 2.4. Для сравнения также приведён средний многолетний годовой ход T_s за период 1966–2013 гг. Сезонные особенности 2014 года были рассмотрены выше при анализе вертикального распределения температуры почвы и грунта, поэтому здесь остановимся подробнее на климатической характеристике отдельных месяцев. Поверхность почвы, в отличие от более глубоких слоёв почвы и грунта, очень быстро реагирует на мгновенные изменения погодных условий, поэтому годовой

ход этого показателя отличается неоднородностью (рис. 2.4 а). Ниже, на глубине 20 см (рис. 2.4 б, в) колебания уже более сглаженные, а на глубине 160 см мы наблюдаем плавный годовой ход с чётко-выраженными максимумом и минимумом (рис. 2.4 г, д).

Начало 2014 года (первая декада января) характеризовалось высокими температурами почвы и грунта во всём слое измерений (рис. 2.4). Однако во второй половине месяца произошло резкое похолодание и среднесуточная температура поверхности почвы в последнюю декаду месяца составила от $-17,1^{\circ}\text{C}$ до $-27,3^{\circ}\text{C}$, достигнув минимума в $-27,3^{\circ}\text{C}$ 30 января (рис. 2.4 а). В среднем за последнюю декаду января температура поверхности почвы была ниже средних многолетних значений за период с 1966 по 2013 гг. на $9,1^{\circ}\text{C}$, а температура почвы на 20 см под оголённой поверхностью – на $3,4^{\circ}\text{C}$. Под естественной поверхностью это похолодание не проявилось благодаря наличию устойчивого снежного покрова.

Одной из отличительных особенностей 2014 года, проявившейся в термическом режиме почвы и грунта, является аномально тёплая погода в феврале и марте. Февраль 2014 года по температуре воздуха оказался 9-м самым тёплым в истории метеорологических измерений в Москве и 3-м самым тёплым в XXI веке, а март стал даже вторым самым тёплым мартом за всю метеорологическую историю, уступив только марту 2007 года. Среднемесячная температура поверхности почвы в феврале 2014 года составила $-3,5^{\circ}\text{C}$, что на $5,4^{\circ}\text{C}$ выше, чем в среднем за период с 1966 по 2013 гг. Среднемесячная температура поверхности почвы в марте 2014 года составила $+1,5^{\circ}\text{C}$, а среднее значение за 1966–2013 гг. для этого месяца равно $-3,3^{\circ}\text{C}$. Волна тепла в феврале-марте 2014 года проникла и в более глубокие слои почвы. Так, под оголённой поверхностью на уровне 20 см среднемесячная температура в феврале 2014 года на 3°C превысила соответствующую среднюю за период 1966–2013 гг., а в марте – на $2,3^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.4 в). На глубине 160 см с учётом запаздывания повышение температуры началось во второй половине февраля, и превышение среднего за февраль значения T_s по сравнению со средним многолетним составило $+0,7^{\circ}\text{C}$, а за март – $+1^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.4 д). Под естественным же покровом существенное влияние на термический режим слоёв почвы и грунта оказывает снежный покров, который сохранялся на протяжении практически всего февраля. В конце февраля началось интенсивное таяние снежного покрова, и в начале марта он полностью сошёл, что способствовало прогреву почвы и грунта под естественной поверхностью. Таким образом, среднемесячная T_s в феврале на уровне 20 см в 2014 году оказалась всего на $0,3^{\circ}\text{C}$ выше среднего многолетнего значения, а

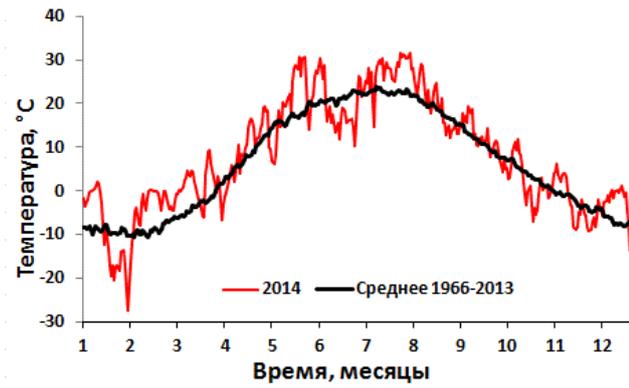
в марте соответствующая разность составила уже 2°C (рис. 2.4 б). На горизонте 160 см под естественным покровом эта разность оказалась равна $0,6^{\circ}\text{C}$ как для февраля, так и для марта (рис. 2.4 г).

Следующая положительная аномалия температуры почвы и грунта наблюдалась в конце мая-первой половине июня (рис. 2.4 а). Жаркая погода, установившаяся в конце мая 2014 года продержалась до середины июня и повлияла на термический режим почвы и грунта во всём слое вплоть до 320 см. Так, среднесуточные температуры поверхности почвы в конце мая 2014 года превышали 30°C , что на $12\text{--}13^{\circ}\text{C}$ выше средних многолетних значений за 1966-2013 гг. (рис. 2.4 а). На глубине 20 см превышение среднесуточных значений T_s по сравнению со средними многолетними составило вплоть до $6,5^{\circ}\text{C}$ (27 мая 2014) под естественным покровом и вплоть до $9,9^{\circ}\text{C}$ (26 мая 2014) под оголённой поверхностью. На горизонте 160 см аномалия тепла также отчётливо проявилась (см. рис. 2.4 г, д) на обоих участках.

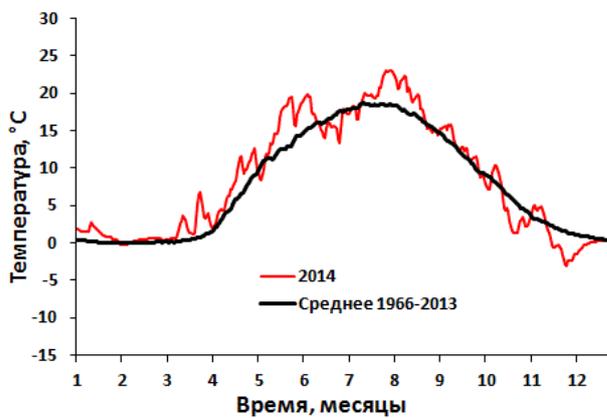
Вслед за жаркой погодой конца мая-начала июня, во второй половине июня на Центральный регион обрушилась волна холода, продлившаяся вплоть до начала июля. Минимальная температура поверхности почвы составила $10,1^{\circ}\text{C}$ (28 июня 2014 года). Среднее значение температуры поверхности почвы за период с 15 по 30 июня 2014 года составило $15,9^{\circ}\text{C}$, что на $5,6^{\circ}\text{C}$ ниже среднего многолетнего за этот период. Соответствующее понижение температуры почвы произошло и на глубине 20 см, где за рассматриваемый период T_s была ниже средней многолетней на $1,6^{\circ}\text{C}$ под естественным покровом и на $3,6^{\circ}\text{C}$ под оголённой поверхностью. На уровне 160 см волна холода проявилась только в начале июля (см. рис. 2.34. г, д), в результате чего значения T_s в начале июля оказались на уровне средних многолетних значений.

Большая часть июля и августа после небольшой июньской волны холода характеризовались жаркой погодой. Так, средняя температура поверхности почвы в июле составила $26,9^{\circ}\text{C}$, что на $4,3^{\circ}\text{C}$ выше среднего многолетнего значения. Под естественным покровом как на глубине 20 см, так и на уровне 160 см повышенные значения T_s характерны для августа, в то время как в июле T_s близка к норме. Превышение среднемесячной T_s в августе по сравнению со средним многолетним значением составило на этих глубинах $2,5^{\circ}\text{C}$ и $1,2^{\circ}\text{C}$ соответственно. Под оголённой же поверхностью повышение температуры почвы и грунта начинается уже со второй декады июля, поэтому и в июле и в августе 2014 года T_s здесь оказалась выше среднего многолетнего значения.

а)



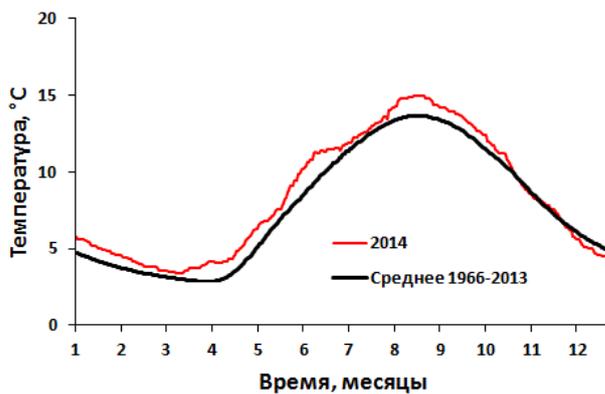
б)



в)



г)



д)

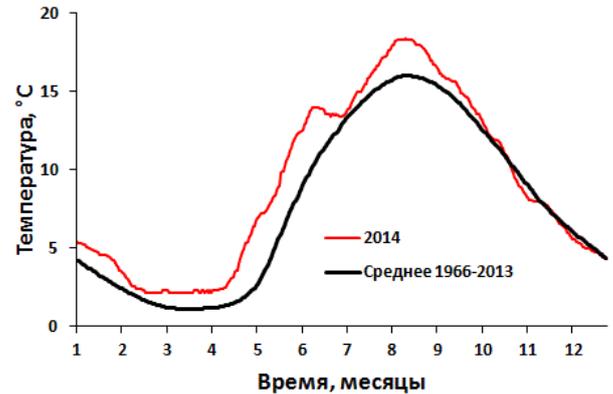


Рисунок 2.4 - Годовой ход температуры почвы и грунта за 2014 г. и в среднем за период 1966–2013 гг.: а) на поверхности почвы; б) на глубине 20 см под естественным покровом; в) на глубине 20 см под оголённой поверхностью; г) на глубине 160 см под естественным покровом; д) на глубине 160 см под оголённой поверхностью.

Осень в среднем по температурному режиму почвы и грунта была в пределах средних многолетних значений, за исключением лишь резкого понижения T_s с переходом к отрицательным величинам во второй половине октября. Минимального среднесуточного значе-

ния температура поверхности почвы достигла 23 октября, опустившись до -7°C . Температура почвы на глубине 20 см в этот день под естественным покровом составила $2,9^{\circ}\text{C}$, а под оголённой поверхностью 1°C . Стоит отметить, что на глубине 160 см эта волна холода под естественным покровом не проявилась, по-видимому, вследствие малой её продолжительности.

Ещё одна заключительная волна тепла в 2014 году наблюдалась в декабре. Максимальных значений температуры достигали 16–21 декабря, когда температура поверхности почвы находилась в пределах от $-0,5^{\circ}\text{C}$ до $1,1^{\circ}\text{C}$, что на $6,5\text{--}8^{\circ}\text{C}$ выше средних многолетних значений. В более глубоких слоях это потепление проявилось только под оголённой поверхностью, что более заметно на глубине 20 см, где превышение среднесуточных температур над средними многолетними значениями составило около 3°C .

В заключение перечислим кратко основные особенности термического режима почвы и грунта в слое от 0 до 320 см в 2014 году:

- Среднегодовая температура поверхности почвы в 2014 году оказалась второй в ряду самых высоких температур за всю историю метеонаблюдений и составила $+7,9^{\circ}\text{C}$; превышение среднегодовых температур по сравнению со средними многолетними значениями отмечалось как под оголённой поверхностью, так и под естественным покровом во всём слое почвы и грунта до глубины 320 см включительно;
- Основные погодные особенности 2014 года проявились в термическом режиме почвы и грунта на всех глубинах и отразились как на её годовом ходе, так и на распределении с глубиной;
- Среди основных особенностей термического режима почвы и грунта в 2014 году можно выделить 3 периода значительных положительных аномалий: февраль-март, май-первая половина июня, а также июль-первая половина августа.

Список литературы

Ваннари П.И. О температуре почвы в некоторых местностях Российской Империи // Зап. Импер. Акад. Наук, 1897, т. V, №7, с. 1-58.

Кедролыванский В.Н. Метеорологические приборы. М., издательство ГУГМС, 1937, 318 с.

Корнева И.А., Локощенко М.А.. Многолетние изменения температуры грунта на разных глубинах в Москве. Труды XVI Международной конференции молодых учёных «Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические эффекты». М., 2012.

Корнева И.А., Локощенко М.А.. Динамика температуры грунта и её связи с метеорологическими величинами. В сб.: Тезисы конференции молодых специалистов по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. НПО «Тайфун», Обнинск, 2013, с. 138-141.

Корнева И.А., Локощенко М.А. Температура грунта в Москве и её современные изменения // Метеорология и гидрология, 2015, №1, с. 38-50.

Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Л., Гидрометеиздат, 1969, вып. 3, ч. 1.

Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам. Л., Гидрометеиздат, 1971.

Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы (по наблюдениям Метеорологической обсерватории МГУ) под редакцией А.А.Исаева. М., Изд-во МГУ, 2003, т.1, 300 с.

3. Промерзание и оттаивание грунта

М.А.Локощенко

3.1 – Методика наблюдений.

Как и в предыдущие годы, в сезоне 2013-2014 гг. наблюдения за промерзанием и оттаиванием почвы, а также нижележащего слоя грунта производились в МГУ с помощью пяти мерзлотомеров двух систем: Ратомского (МР) и Данилина (прибор МД-50 и его последующие модификации). Эти приборы позволяют не только выявить наличие физического явления промерзания, но и измерить верхнюю и нижнюю границы слоёв, в которых оно существует. Три из пяти мерзлотомеров установлены в центральной части специального оголённого участка площадью $12 \times 20 \text{ м}^2$ рядом с правым краем речного помоста вытяжных почвенно-глубинных термометров: два прибора МР (№№ 1 и 2) и один МД (№ 3). Ещё два мерзлотомера, один МР (№6) и один МД (№7), установлены на участке под естественным покровом – также справа от речного помоста второй линии вытяжных термометров под этим покровом. В прежние годы ещё два мерзлотомера, №№ 4 и 5, были установлены на старой площадке под естественным покровом, действовавшей до 1965 года. Впоследствии, в 2000-х годах, наблюдения на них были прекращены, однако традиционная нумерация этих приборов сохранилась. Опорными в базе данных МГУ на обоих участках традиционно считаются показания мерзлотомеров Ратомского №№ 1 и 6, точнее отражающие промерзание как физическое явление. Оба прибора МР № 1 и № 2 под оголённой поверхностью абсолютно идентичны и установлены рядом друг с другом для обеспечения непрерывности наблюдений. В случае поломки основного опорного мерзлотомера № 1 используются данные запасного прибора № 2. На участке под естественным покровом опорным является также мерзлотомер системы Ратомского – № 6. Дополнительными на обоих участках являются мерзлотомеры Данилина – № 3 и № 7.

Методические вопросы наблюдений за промерзанием подробно освещены автором в сборниках трудов данной серии за предыдущие годы. Отсчёты всех глубин, связанных с любыми границами слоя промёрзшего грунта, производятся один раз в сутки, в дневной срок наблюдений. Заметим, что основными причинами возможных пропусков в данных о промерзании и оттаивании служат отрыв и падение мерзлотомера в скважину, невозможность взятия отсчётов вследствие примерзания мерзлотомера к стенкам защитной оправы (что порой случается при сильных морозах), а также высыхание глины (особенно весной в

верхнем слое грунта, при регистрации глубины оттаивания) в мерзлотомерах Ратомского, либо утечка воды в мерзлотомерах Данилина.

Все мерзлотомеры устанавливаются на метеорологической площадке МГУ уже в сентябре, перед наступлением холодного сезона. Поскольку визуально явление промерзания на метеорологической площадке не определяется, всегда существует вероятность пропуска даты его начала на малых глубинах в верхнем пахотном слое почвы при наступлении первых морозов. Однако после образования устойчивого промерзания наблюдения за ним ведутся уже вполне надёжно и продолжаются вплоть до полного его исчезновения на глубинах весной. Столь обширной программы наблюдений за промерзанием, как в МГУ, нет ни на одной другой метеорологической станции в России.

3.2 – Промерзание под обнажённой поверхностью в холодном сезоне 2013-2014 гг.

Осенью 2013 года наименьшая за сутки температура как воздуха, так и поверхности почвы впервые стала отрицательной 27 сентября, достигнув соответственно $-1,3$ и $-1,2$ °С. Однако этот первый заморозок оказался слабым и недолгим, так что промерзания не возникло. Второй заморозок произошёл 3-4 октября, когда температуры воздуха и поверхности опустились соответственно до $-0,8$ и $-1,2$ °С. В третий раз, 14-15 октября, температура оказалась отрицательной только на поверхности почвы; наименьшее её значение составило $-1,1$ °С. Четвёртый по счёту заморозок с 19 по 24 октября был уже более долгим и сильным: наименьшие температуры воздуха и поверхности достигли $-3,2$ и $-4,8$ °С. В пятый раз отрицательные температуры наблюдались лишь месяц спустя, с 18 по 21 ноября. Наименьшие их значения составили на этот раз $-2,1$ и $-4,2$ °С соответственно в воздухе и на поверхности почвы. Наконец, шестой по счёту заморозок оказался уже устойчивым переходом температуры к отрицательным значениям: они отмечались каждый день подряд с 26 ноября до 17 декабря. Уже 03 декабря 2013 г. наименьшая температура воздуха достигла $-10,4$, а поверхности почвы $-16,0$ °С.

Однако промерзание в этом сезоне впервые было отмечено на оголённом участке лишь 10 декабря 2013 г. на обоих мерзлотомерах Ратомского № 1 и № 2, а день спустя, 11 декабря, – и на мерзлотомере Данилина № 3. С учётом довольно больших первых отсчётов глубины (19 и 30 см на первых двух приборах) и уже многодневных морозов (температура воздуха не поднималась выше 0 °С, начиная с шестого декабря, а температура поверхности почвы – даже с пятого декабря) можно предположить, что в действительности промерза-

ние началось раньше. Скорее всего, оно было уже третьего декабря с учётом крайне низкой температуры поверхности, но было пропущено в наблюдениях. Таким образом, промерзание в холодном сезоне 2013-2014 гг. впервые образовалось не позднее 10-го декабря, но, вероятно, не ранее 03-го декабря (с учётом сравнительно слабых первых пяти заморозков и близких к нулю дневных значений температуры поверхности вплоть до 03 декабря).

Это первое промерзание, как видно на рис.3.1, оказалось уже, по-видимому, устойчивым и существовало вплоть до весны – как и снежный покров. Совпадение дат начала первого и устойчивого промерзания в холодном сезоне случается довольно редко. Иначе говоря, отсутствие осенью первых недолгих эпизодов промерзания, разделённых периодами с его полным исчезновением, явилось особенностью данного сезона.

К сожалению, в данных обоих мерзлотомеров Ратомского №№ 1 и 2 под оголённой поверхностью в холодном сезоне 2013-2014 гг., особенно в его начале, имеются пропуски: данных нет за 18-19 декабря, с 23 по 26 декабря, с 29 декабря по 01 января, а также с 06 по 12 января 2014 г. По всей видимости, причиной этих пропусков стало высыхание слоя глины в обоих приборах, что потребовало её повторного замачивания и новой установки. В пользу этого предположения говорит также рукописная пометка наблюдателя в исходных данных о промерзании за 04 января о том, что глина на некоторых горизонтах сухая. Таким образом, сведения о глубине промерзания под оголённой поверхностью в отмеченные дни доступны лишь по данным дополнительного мерзлотомера Данилина № 3. Только с середины января наблюдения за промерзанием по опорному и запасному мерзлотомерам Ратомского стали, наконец, устойчивыми и регулярными. Заметим, что в выпусках бюллетеней Обсерватории за декабрь 2013 и январь 2014 гг. в дни пропусков указаны нулевые значения глубины промерзания. Скорее всего, это сделано ошибочно, хотя, действительно, 18-19 декабря и с 22 декабря до конца года (вплоть до 01 января) отмечались оттепели. Однако наблюдения за промерзанием по дополнительному прибору МД № 3 не прерывались, так что промерзание в дни пропусков, по-видимому, не исчезало. К тому же, два отчёта по опорному мерзлотомеру № 1, полученные 27-го и 28-го декабря, показали сравнительно большую его глубину: соответственно 24 и 25 см. Температура воздуха в эти дни лишь в отдельные сроки опускалась ниже нулевого значения; максимальная же за сутки температура продолжала оставаться положительной. Таким образом, мы, очевидно, имеем здесь дело именно с пропусками в данных, а не с отсутствием промерзания как такового.

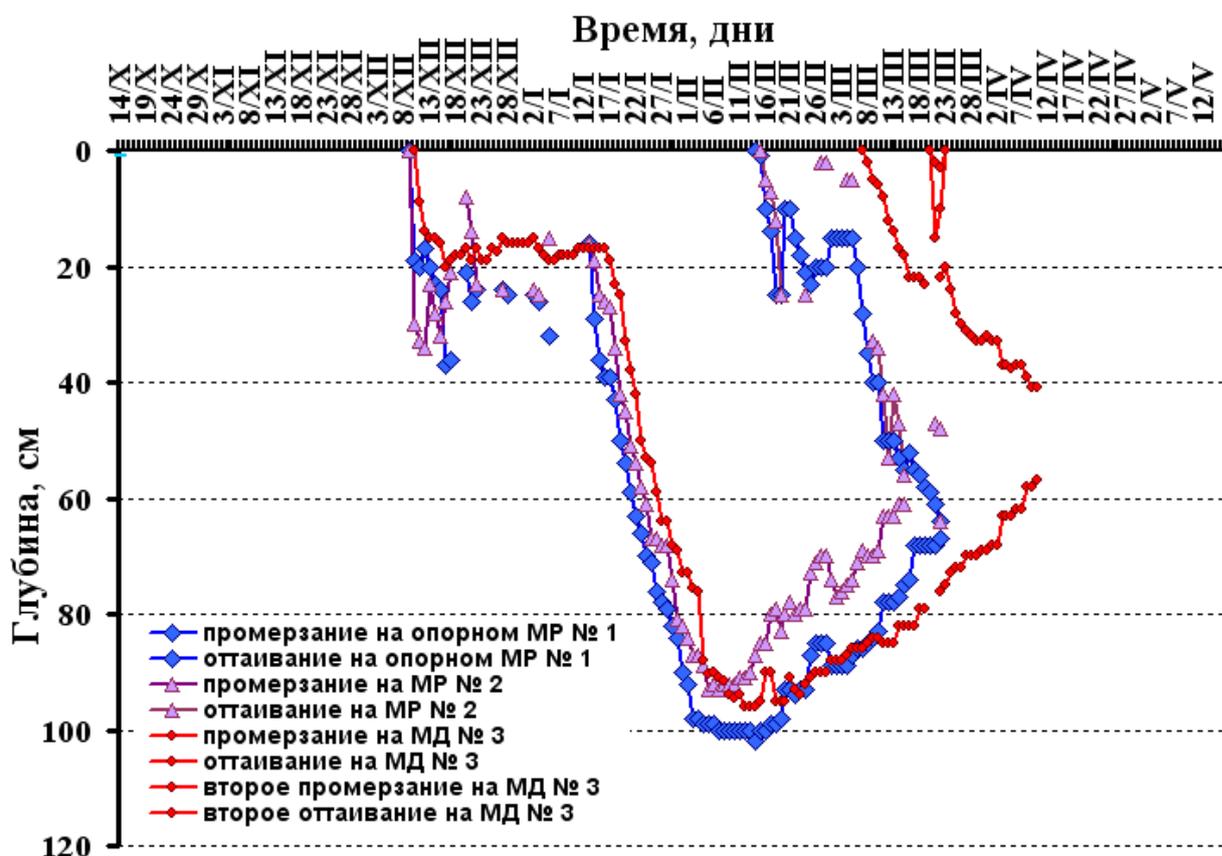


Рисунок 3.1 – Ход глубин промерзания и оттаивания грунта в 2013-2014 гг. в МГУ по данным всех трёх приборов на участке под оголённой поверхностью.

Аномально тёплая погода во второй половине декабря и в первой половине января, когда превышение среднесуточных значений температуры воздуха по сравнению с климатической нормой 1961-1990 гг. достигало 10 °С и даже более, определило сравнительно малые и стабильные значения глубины промерзания. Лишь с началом резкого похолодания 13-14 января начался устойчивый рост этой глубины промерзания, характерный вообще для начала зимы. Так, с 13 января по 02 февраля глубина увеличивалась в среднем на 4 см в день (с 16 до 98 см). Затем наступила стабилизация её значений на уровне около 100 см; наибольшее за сезон значение по опорному мерзлотометру № 1 было отмечено 14 февраля и составило 102 см. Прекращение роста глубины промерзания было связано с тем, что третьего и четвертого февраля морозы ослабели, а с 12-го числа началась продолжительная и довольно сильная оттепель – с температурой воздуха вплоть до +3,9 °С 14-го февраля.

Как следствие, уже на следующий день, 15 февраля, по опорному прибору было впервые отмечено оттаивание с предельно малой глубиной 1 см (запасной мерзлотометр № 2 впервые показал оттаивание день спустя, 16 февраля). В течение последующего месяца с небольшим глубины промерзания и оттаивания постепенно сближались друг с другом, од-

нако сближение их не было монотонным. Дважды, с 19 по 22 февраля и с 01 по 05 марта, направление изменения обеих глубин менялось на противоположное. Так, 20 февраля глубина оттаивания резко уменьшилась с 25 до всего 10 см, а двумя днями позднее уже глубина промерзания, устойчиво уменьшавшаяся до этого целую неделю, вдруг вновь возросла с 93 до 94 см. Во второй раз, первого марта, глубина оттаивания, достигшая накануне значения 20 см, вдруг снова отступила, сократившись до 15 см, а глубина промерзания, напротив, снова возросла с 85 до 89 см. Оба раза причиной подобных возвратных движений явились похолодания, причём инерция отклика глубины промерзания на горизонте около 1 м на изменения температуры поверхности составила приблизительно трое суток. В последний раз в этом сезоне уменьшение глубины промерзания остановилось, а рост глубины оттаивания замедлился 18 марта с наступлением очередного заморозка (на фоне уже положительной температуры воздуха). Как следствие, в продолжение целых пяти дней, с 17 по 21 марта, значение глубины промерзания оставалось одним и тем же: 68 см. Тем не менее, уже 22 марта по опорному мерзлотомеру № 1 были получены последние в сезоне отчёты обеих глубин: 67 и 64 см для глубины промерзания и глубины оттаивания соответственно. На следующий день промерзание под оголённой поверхностью уже полностью исчезло. Таким образом, датой окончания промерзания следует считать день 23 марта.

Изменения обеих глубин по данным запасного мерзлотомера № 2, как видно на рис.3.1, были качественно близкими, но сами величины были существенно меньшими, за исключением только самого начала сезона. Наибольшая глубина промерзания составила по этому прибору 93 см и была отмечена дважды – 5-го и 7-го февраля. Что касается дополнительного мерзлотомера Данилина № 3, то он, как и в прежние годы, показывал сильную инерцию во времени – отставание значений глубины промерзания по сравнению с мерзлотомерами Ратомского при её росте в начале холодного сезона и, наоборот, превышение значений в марте, когда сама эта глубина быстро уменьшалась. Столь сильное запаздывание значений по данным этого прибора подтверждает необходимость использования мерзлотомера Ратомского в качестве опорного и в обозримом будущем. Наибольшая глубина промерзания по мерзлотомеру Данилина составила 96 см и была отмечена трижды подряд: с 12 по 14 февраля. Показательным является также и сильное запаздывание отклика глубины оттаивания по данным прибора МД на похолодание в начале марта: лишь с 19 по 23 марта эта глубина здесь, наконец, сократилась с 23 до 20 см. Оттаивание по данным МД № 3 началось 08 марта. Заметим, что именно мерзлотомер Данилина показал в конце сезона,

21 и 22 марта, интересное явление второго слоя промерзания, и даже со своим вторым слоем оттаивания. Таким образом, в эти два дня наблюдателями были отмечены целых четыре границы обоих горизонтов с оттаиванием и промерзанием – одного под другим. По данным МД, промерзание наблюдалось дольше всего – вплоть до 10 апреля, когда его глубина составила 57 см, а глубина оттаивания – 41 см. На следующий день промерзания под оголённой поверхностью не было отмечено уже ни по одному из приборов.

Средняя разность одновременных отсчётов глубины промерзания между первым и вторым мерзлотомерами составила +9 см, между первым и третьим +7 см, а между вторым и третьим –2 см при значениях стандартного отклонения соответственно 7, 9 и 12 см. Причина систематического занижения оценок глубины вторым запасным мерзлотомером по сравнению с первым опорным остаётся неясной. Это выглядит тем более странным с учётом нахождения данных приборов менее чем в метре друг от друга.

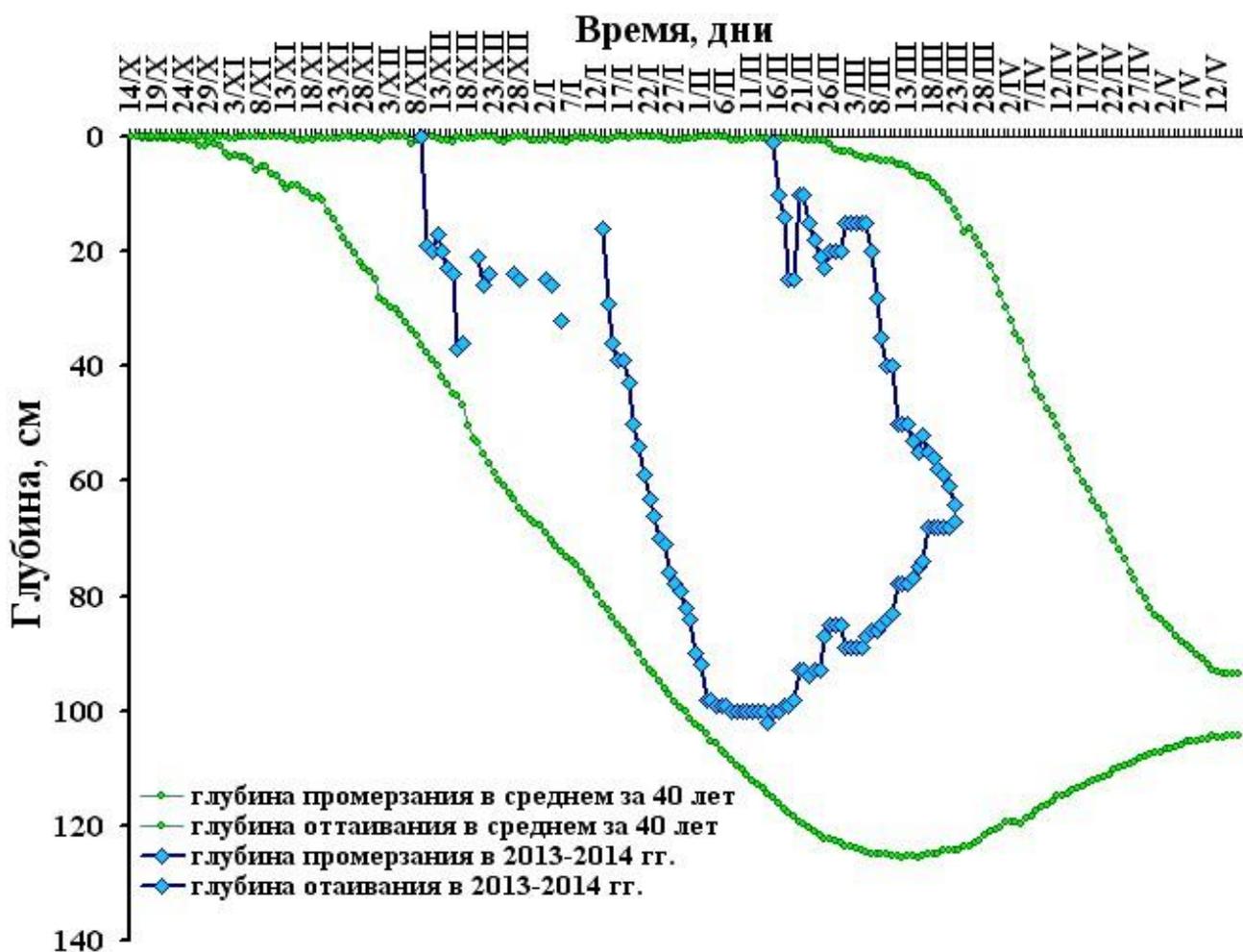


Рисунок 3.2 – Глубины промерзания и оттаивания грунта в 2013-2014 гг. в сравнении со среднегодежными (за период 1961-2001 гг.) значениями по данным опорного мерзлотомера Ратомского № 1 на обнажённом участке.

Как видно на рис.3.2, промерзание в сезоне 2013-2014 гг. (голубые ромбы) было неглубоким и недолгим по сравнению со среднемноголетними значениями (зелёные ромбы). Началось оно существенно позже обычного и, вплоть до второй половины января, сильно отставало по глубине от средних оценок, 13-го января – даже в пять раз! (16 см против обычных 81 см). Лишь с середины этого месяца, в условиях сильных морозов, глубина промерзания начала быстро расти, приблизившись в начале февраля к среднемноголетним значениям. Однако уже вскоре воследовали новые оттепели, и отставание глубины промерзания вновь усилилось. В итоге, промерзание, поздно начавшись осенью, исчезло весной гораздо раньше обычного.

3.3 – Промерзание под естественным покровом в холодном сезоне 2013-2014 гг.

На участке под естественным покровом промерзание также оказалось недолгим и неглубоким. Впервые, как видно на рис.3.3, оно было отмечено по данным опорного мерзлотомера Ратомского № 6 – 14 января, а по данным дополнительного мерзлотомера Данилина № 7 – 22 января. Как и под оголённой поверхностью, значения по данным МД характеризуются сильной инерцией – более поздней по сравнению с опорным прибором датой появления промерзания, запаздыванием роста его глубины в начале сезона и запаздыванием её уменьшения в середине и в конце февраля. Наибольшая глубина промерзания под естественным покровом по данным опорного мерзлотомера № 6 составила 26 см и была отмечена 03 февраля, а по данным дополнительного мерзлотомера № 7 – 22 см 07 февраля. Устойчивое промерзание по данным МР № 6 исчезло здесь уже 13 февраля: в этот день был получен последний отсчёт его глубины: 12 см, а на следующий день промерзания под естественным покровом уже не было. Правда, после недельного перерыва, повторное промерзание образовалось ненадолго вновь: в течение трёх дней подряд, с 22 до 24 февраля, в материалах наблюдений имеются три отсчёта глубины: 7, 3 и 0 см. Заметим, что при отсутствии промерзания наблюдателем обычно ставится прочерк, так что, по-видимому, 24 февраля промерзание наблюдалось лишь в крайне тонком приповерхностном слое глубиной менее 0,5 см (с округлением до целых значений см – ноль). С учётом нулевого значения глубины, уже этот день 24 февраля можно считать датой окончательного исчезновения промерзания под естественным покровом по опорным данным МР № 6. По дополнительному мерзлотомеру МД № 7 промерзание исчезло 11 марта, поскольку накануне, 10 марта, были отмечены последние отсчёты глубин промерзания и оттаивания: соответственно 6 и 3

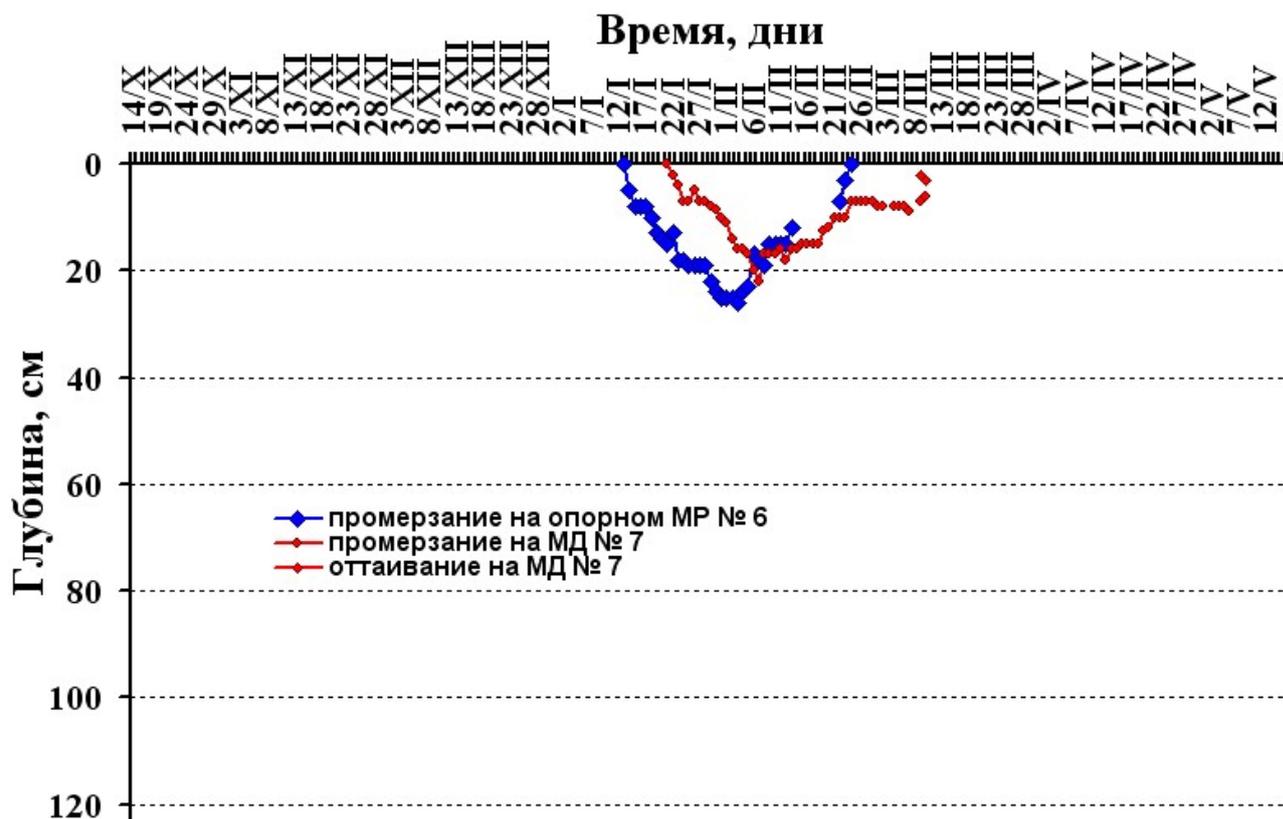


Рисунок 3.3 – Ход глубин промерзания и оттаивания грунта в 2013-2014 гг. в МГУ по данным обоих мерзлотометров на участке под естественным покровом.

см. Интересно, что по данным этого прибора 9-го и 10-го марта отмечалось оттаивание, которое на участке под естественным покровом наблюдается довольно редко.

В общей сложности, таким образом, промерзание на участке под естественным покровом по данным опорного прибора № 6 отмечалось в сезоне 2013-2014 гг. 34 дня, в том числе, устойчивое промерзание – 31 день. По данным же дополнительного мерзлотомера Данилина № 7 устойчивое промерзание отмечалось в продолжение 48 дней (пропуски отсчётов глубины 3-го и 8-го марта, очевидно, не означали его исчезновения по преемственности значений).

3.4 – Общие выводы.

Приведённые выше сведения о промерзании кратко обобщены в Таблице 3.1. Как видим, в целом в холодном сезоне 2013-2014 гг. промерзание оказалось сравнительно недолгим и неглубоким. Даже под естественным покровом, несмотря на аномально малую высоту снежного покрова, наибольшая глубина промерзания не превысила обычных значений – вследствие продолжительных и сильных оттепелей.

Таблица 3.1 – Основные показатели промерзания грунта в МГУ в 2013-2014 гг.

	Обнажённый участок		Участок под естественным покровом	
	Опорные данные (МР)	Дополнительные данные (МД)	Опорные данные (МР)	Дополнительные данные (МД)
Дата начала промерзания:	10 / XII	11 / XII	14 / I	22 / I
Дата начала устойчивого промерзания:	10 / XII	11 / XII	14 / I	22 / I
Дата достижения наибольшей глубины:	14 / II	12–14 / II	03 / II	07 / II
Наибольшая глубина, см:	102	96	26	22
Дата начала оттаивания:	15 / II	08 / III	не было	09 / III
Дата начала устойчивого оттаивания:	15 / II	08 / III	не было	09 / III
Дата исчезновения устойчивого промерзания:	23 / III	11 / IV	14 / II	11 / III
Дата окончательного исчезновения промерзания:	23 / III	11 / IV	24 / II	11 / III

Как и в прежние годы, показана существенная инерция показаний мерзлотометров системы Данилина по сравнению с мерзлотометрами системы Ратомского, проявляющаяся в запаздывании их отклика на любые изменения в значениях глубин. Для надёжных наблюдений за явлением промерзания в будущем требуется сохранение в Метеорологической обсерватории МГУ существующей программы измерений с одновременным использованием нескольких мерзлотометров обеих систем.

4. Снежный покров.

Локощенко М.А.

4.1 – Наблюдения за снежным покровом в МГУ.

Наблюдения за снежным покровом в Метеорологической обсерватории МГУ проводятся в соответствии с действующими стандартами Гидрометеорологической службы бывшего СССР и России. Они включают в себя определение степени покрытия снежным покровом, характера его залегания и измерение его высоты с использованием четырёх реек М-103 (трёх основных и четвёртой дополнительной, установленной вблизи реечного поста вытяжных почвенно-глубинных термометров). Отсчёты по всем рейкам, в соответствии с Наставлениями Росгидромета, осуществляются ежедневно в утренний срок наблюдений – в 9 часов. В прошлом, в первые годы работы обсерватории, здесь также проводились снегомерные съёмки с измерениями плотности снега. В 2000-х годах эти измерения после многолетнего перерыва на некоторое время возобновились вдоль ограниченного маршрута – в нескольких точках на территории метеорологической площадки, однако ныне они здесь вновь прекращены. Вместе с тем, начиная с конца 2009 года, в Обсерватории производятся дополнительные наблюдения за приростом высоты снежного покрова. Они осуществляются дважды в сутки, утром и вечером, в случаях выпадения твёрдых осадков и заключаются в измерении высоты слоя свежевывавшего снега на плоской поверхности (обычно для этой цели используется деревянный круг ледоскопа или иная ровная и открытая поверхность на метеорологической площадке). Прирост высоты определяется наблюдателем с точностью ± 1 см, однако фактически погрешность этих измерений больше с учётом возможного частичного или полного сдува ветром слоя выпавшего снега с поверхности деревянного круга. Наблюдения за приростом снега не предусмотрены существующими стандартами Росгидромета и были начаты здесь по заказу Гидрометеорологического бюро Москвы. Ныне накоплен уже пятилетний ряд измерений данного показателя. Суммарные значения прироста показывают наибольшую гипотетически возможную высоту снежного покрова в течение холодного сезона при отсутствии его ветрового и гравитационного уплотнения, а также оттепелей.

Средняя высота снежного покрова традиционно рассчитывается как среднее из показаний только по трём основным рейкам, хотя в электронной базе данных Обсерватории МГУ имеются результаты измерений на всех четырёх снегомерных рейках, включая рейку

у приборов. Предельная простота конструкции М-103 обеспечивает однородность имеющегося ряда данных и сводит к минимуму возможные погрешности в измерениях высоты снежного покрова. В Обсерватории традиционно используется линейная схема установки трёх основных реек. Более подробно методические вопросы, связанные с этим видом измерений, рассмотрены автором в (Локощенко, 2005), а также в аналогичном сборнике за 2012 год (Локощенко, 2013). В целом наблюдения за снежным покровом и его высотой отличаются высокой степенью надёжности.

4.2 – Календарные показатели и высота снежного покрова в МГУ в 2013-2014 гг.

Снежный покров в холодном сезоне 2013-2014 гг. оказался необычно малым, недолгим и, кроме того, почти полностью исчез в январе, в самой середине холодного сезона, что случается крайне редко.

Впервые твёрдые осадки выпали днём 26 сентября; это были ливневый снег и снежная крупа. Первое появление снежного покрова было отмечено в материалах наблюдений лишь утром 27 ноября (фактически он образовался после обильного снегопада вечером накануне, 26 ноября). Необычной особенностью холодного сезона 2013-2014 гг. явилось то, что первый снежный покров полностью уже не сошёл, оказавшись устойчивым; так бывает сравнительно редко. Главной же отличительной чертой этого сезона оказалась аномально малая высота снежного покрова на всём протяжении времени его существования: наибольшее среднее по трём рейкам значение составило 12 февраля 2014 года лишь 21 см, а по отдельным рейкам – от 20 до 22 см. Столь малое значение высоты стало почти рекордным. За всю 60-летнюю историю наблюдений в Метеорологической обсерватории МГУ меньше снега выпало лишь один раз, в сезоне 2007-2008 гг., когда высота снега оказалась меньше нынешней всего на один сантиметр – 20 см. Примечательно, что за все шестьдесят лет наблюдений наибольшая высота снежного покрова лишь восемь раз была менее 30 см: в холодных сезонах 1953-54 гг. (23 см); 1963-64 гг. (29 см); 1970-71 гг. (22 см); 1971-72 гг. (26 см); 1973-74 гг. (26 см); 1983-84 гг. (25 см); 2007-08 гг. (20 см) и 2013-14 гг. (21 см). Заметим попутно, что данный ряд сам по себе говорит об отсутствии направленных многолетних изменений в режиме высоты снежного покрова. Несмотря на быстрое потепление климата в последние десятилетия, эта высота за последние 30 лет лишь дважды не достигала значения 30 см.

Среднемесячная высота снежного покрова по отдельным рейкам составила в конце ноября от 6 до 8 см, с декабря до февраля – лишь с 9 до 11 см, в марте – от 1 до 2 см (!), а в начале апреля – от 4 до 6 см. Столь низкие значения явились едва ли не рекордными за всю историю метеорологических измерений в МГУ.

Как известно, обычно резкие скачкообразные повышения высоты снежного покрова чередуются с периодами её стабильных значений или их медленного уменьшения при антициклональной погоде вследствие гравитационного и ветрового уплотнения. В результате, как правило, вплоть до конца зимы наблюдается общий ступенчатый рост этой высоты. Так, её быстрое увеличение произошло, например, пятого и двадцать второго декабря 2013 г. после обильных снегопадов, связанных с прохождением атмосферных фронтов в системе циклонов с центрами севернее Москвы. Однако очень тёплый декабрь, оказавшийся более чем на 4 °С теплее обычного, привёл не к накоплению снежного покрова, а, напротив, к его быстрому таянию. Особенно сильной и долгой оттепелью была отмечена третья декада декабря – в результате, к концу 2013 года высота снежного покрова оказалась чрезвычайно малой: всего 3 см.

Следствием необычно маломощного снежного покрова и очередной сильной и многодневной оттепели уже в январе (с положительной температурой воздуха вплоть до +4,0°С 11-го числа) стал почти полный его сход в начале 2014 года. Уже 9-го января снежный покров практически полностью сошёл (вблизи всех реек были отмечены нулевые отсчёты), а 10-го и 11-го числа отсчётов высоты у реек не было вовсе, степень же покрытия снегом в окрестностях станции уменьшилась до одного балла. Отсутствие снега в эти дни наглядно видно на снятой автором фотографии (рис.4.1).

Лишь 12 января, после прохождения глубокого циклона над севером Европейской России и связанного с ним очередного снегопада, образовался новый снежный покров. Фактически, как видим, устойчивый покров с 9-го по 11-е января отсутствовал, и лишь наличие одного балла его покрытия позволяет условно считать новый покров продолжением прежнего. В подобных случаях возможна неопределённость в установлении промежутка времени существования устойчивого снежного покрова. До конца неясно, можно ли считать его непрерывным, а если нет, то какой из двух покровов – до 9-го января или после 12-го – отнести к устойчивому, основному в течение холодного сезона. Если считать, что полностью снежный покров всё-таки не сошёл, то день 12 января является датой исчезновения последних проталин – когда снежный покров окончательно стал сплошным.



Рисунок 4.1. Вид площадки Метеорологической обсерватории МГУ без снега 11 января 2014 года.

Как видно на рис. 4.2, обычного для середины зимы устойчивого увеличения высоты снежного покрова не произошло и после 12 января. Так, 17 января эта высота возросла на 7-8 см после прошедшего накануне обильного снегопада. Однако в дальнейшем, вплоть до начала февраля, надолго установилась антициклональная погода с сильными морозами вплоть до -25°C и почти без осадков, так что значения высоты снежного покрова почти не менялись вплоть до 7 февраля. Так, на протяжении целых восьми дней, с 27-го января и по 3-е февраля, средняя высота была одной и той же – 14 см. Уменьшение её на 2 см в последующие дни было, очевидно, связано с гравитационным оседанием снежного покрова. Затем, вслед за новым снегопадом 11 февраля, последовал ещё один скачок в значениях высоты, достигшей на следующий день наибольшего за сезон значения. Эта дата достижения наибольшей высоты – 12 февраля – наступила на 10 дней раньше обычного времени (Таблица 4.1). Однако установившаяся в тот же день, 12 февраля, девятидневная оттепель привела к уменьшению этой высоты до 5 см уже к двадцатому февраля, а новая оттепель, начавшаяся 23 февраля и продлившаяся ещё неделю, свела снежный покров на нет. Первые проталины появились уже 24 февраля, приблизительно на месяц раньше средней многолетней даты. В этот день устойчивый снежный покров перестал быть сплошным (степень покрытия впервые составила 9 баллов). Уже второго марта значения вблизи всех четырёх

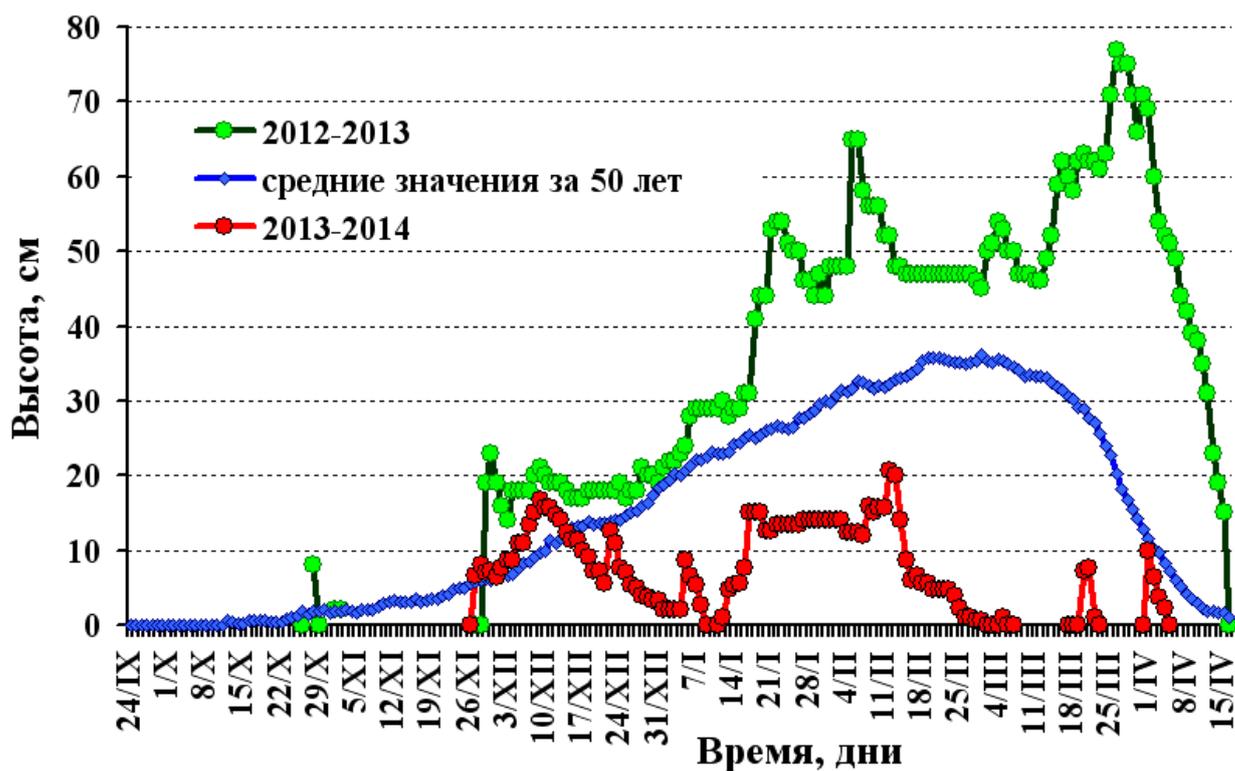


Рисунок 4.2 – Ход средней высоты снежного покрова в холодном сезоне 2013-2014 гг. в сравнении со среднемноголетними значениями и с предыдущим годом.

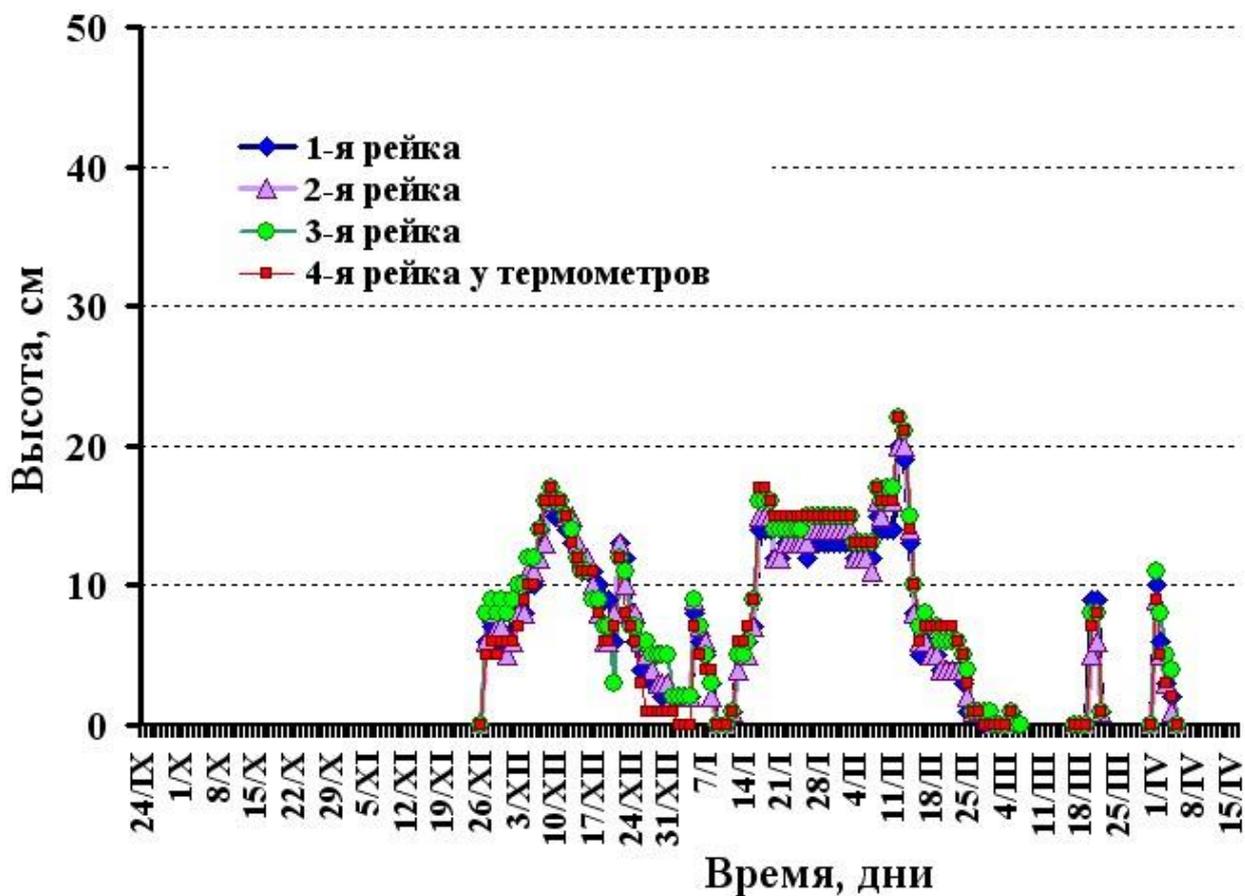


Рисунок 4.3 – Ход высоты снежного покрова в холодном сезоне 2013-2014 гг. по данным отдельных снегомерных реек.

рек оказались нулевыми, а к шестому марту снежный покров уже почти полностью сошёл: нулевое значение высоты в этот и на следующий день отмечалось вблизи лишь одной из четырёх рек, а 8-го марта отчёты высоты снежного покрова уже отсутствовали повсеместно. Степень покрытия снежным покровом уменьшилась до 3 баллов 6-го и 7-го марта, до 2 баллов 8-го и 9-го марта и, наконец, до 1 балла утром 10-го марта. Утром 11-го марта поверхность земли была уже полностью свободной от снега, так что датой окончательного схода устойчивого снежного покрова следует считать 10-е марта.

Необычность условий холодного сезона 2013-2014 гг. особенно ярко прослеживается на рис. 4.2 в сравнении динамики снежного покрова данного и предыдущего (2012-2013 гг.) сезонов. Видно, что в нынешнем сезоне 2013-2014 гг. высота снежного покрова (красные кружки) была больше, чем год назад (зелёные кружки) в течение только первых двух дней его существования – 27-го и 28-го ноября; во все же последующие дни она оказалась существенно меньше. В среднем за каждый день холодного сезона высота снежного покрова в предыдущем сезоне 2012-2013 гг. была больше, чем в нынешнем, на 23 см, а 26 марта эта разность достигла даже огромной величины – 77 см! Что касается среднесезонных значений за первые 50 лет наблюдений в МГУ, показанных на рис.4.2 синими ромбами, то высота снежного покрова в 2013-2014 гг. превышала их лишь в самом начале сезона: с 27-го ноября до 14-го декабря; после же всегда была меньше.

Заметим, что отчёты высоты по отдельным рейкам, как видно на рис.4.3, довольно близки между собой. Средние разности значений между отдельными рейками в течение всех дней, отмеченных наличием снежного покрова, находятся в пределах ± 1 см, за исключением лишь разности первой и второй рек: $-0,16$ см. Наибольшие значения разностей отчётов по отдельным рейкам ни разу не вышли за пределы ± 5 см. Сравнительная близость значений говорит о ровной местности в районе МГУ, показательности выбранных мест измерений и отсутствии сугробов вблизи рек.

Второе по счёту залегание снежного покрова произошло 17-го марта и устояло лишь два дня – 17-го и 18-го числа. В третий раз за сезон снежный покров образовался уже через день, 20 марта, и продержался три дня, вплоть до утра 22-го марта. В четвёртый раз за сезон снежный покров был отмечен с 1-го по 5-е апреля. Пятого апреля все отчёты высоты вблизи всех рек показали нулевые значения, хотя степень покрытия составляла ещё целых 9 баллов. Однако потепление было стремительным, и утром на следующий день, 6-го апреля, отчётов уже не было нигде, а степень покрытия в окрестностях станции сократилась

до одного балла. Утром 7-го числа наблюдателем было отмечено, что снежный покров исчез полностью. Заметим, что утром и днём шестого числа состояние поверхности кодировалось уже по типу открытой почвы. Таким образом, дата окончательного схода снежного покрова в 2014 году – шестое апреля. Твёрдые осадки (мокрый ливневый снег и снежная крупа) последний раз в сезоне выпали седьмого мая.

Как видно из Таблицы 4.1., снежный покров в рассматриваемом сезоне 2013-2014 гг. существовал сравнительно недолго. Лишь дата образования устойчивого снежного покрова оказалась близкой к обычным значениям. Последние проталины в начале холодного сезона исчезли на месяц с лишним позднее обычного, а первые проталины в конце сезона появились на месяц раньше. Приблизительно на месяц раньше среднемноголетних значений произошёл и окончательный сход устойчивого снежного покрова.

Таблица 4.1 – Календарные даты динамики снежного покрова в Москве (МГУ) в 2013-2014 гг. и в сравнении со средними значениями за период 1954-2003 гг.

	Первое выпадение твёрдых осадков	Появление первого снежного покрова	Образование устойчивого снежного покрова	Исчезновение последних проталин	Достижение наибольшей высоты	Появление первых проталин	Сход устойчивого снежного покрова	Последнее залегание снежного покрова	Последнее выпадение твёрдых осадков
Средняя дата за 50 лет	<i>8 / X</i>	<i>22 / X</i>	<i>21 / XI</i>	<i>6 / XII</i>	<i>22 / II</i>	<i>25 / III</i>	<i>8 / IV</i>	<i>17 / IV</i>	<i>28 / IV</i>
Дата в 2013-2014 гг.	<i>26 / IX</i>	<i>26 / XI</i>	<i>26 / XI</i>	<i>12 / I</i>	<i>12 / II</i>	<i>24 / II</i>	<i>10 / III</i>	<i>06 / IV</i>	<i>07 / V</i>

4.2 – Прирост высоты снежного покрова в МГУ в 2013-2014 гг.

Отдельно рассмотрим прирост высоты снежного покрова в качестве дополнительного показателя. Как видно на рис.4.4, накопленный прирост, как и сама высота, оказался к концу сезона крайне малым: всего 106,5 см (один раз в сезоне прирост был измерен, вопреки обычному округлению до сантиметра, с точностью 0,5 см). Одинаковые значения прироста от дня ко дню связаны с периодами не только стабильных величин высоты снежного покрова (в условиях господства антициклонов), но и с оттепелями, когда эта высота уменьшается или даже сходит на нет. Заметим для сравнения, что в предыдущем сезоне 2012-2013 гг. этот показатель составил 265 см. Таким образом, значение накопленного прироста оказалось теперь в два с половиной раз меньше, нежели год тому назад.

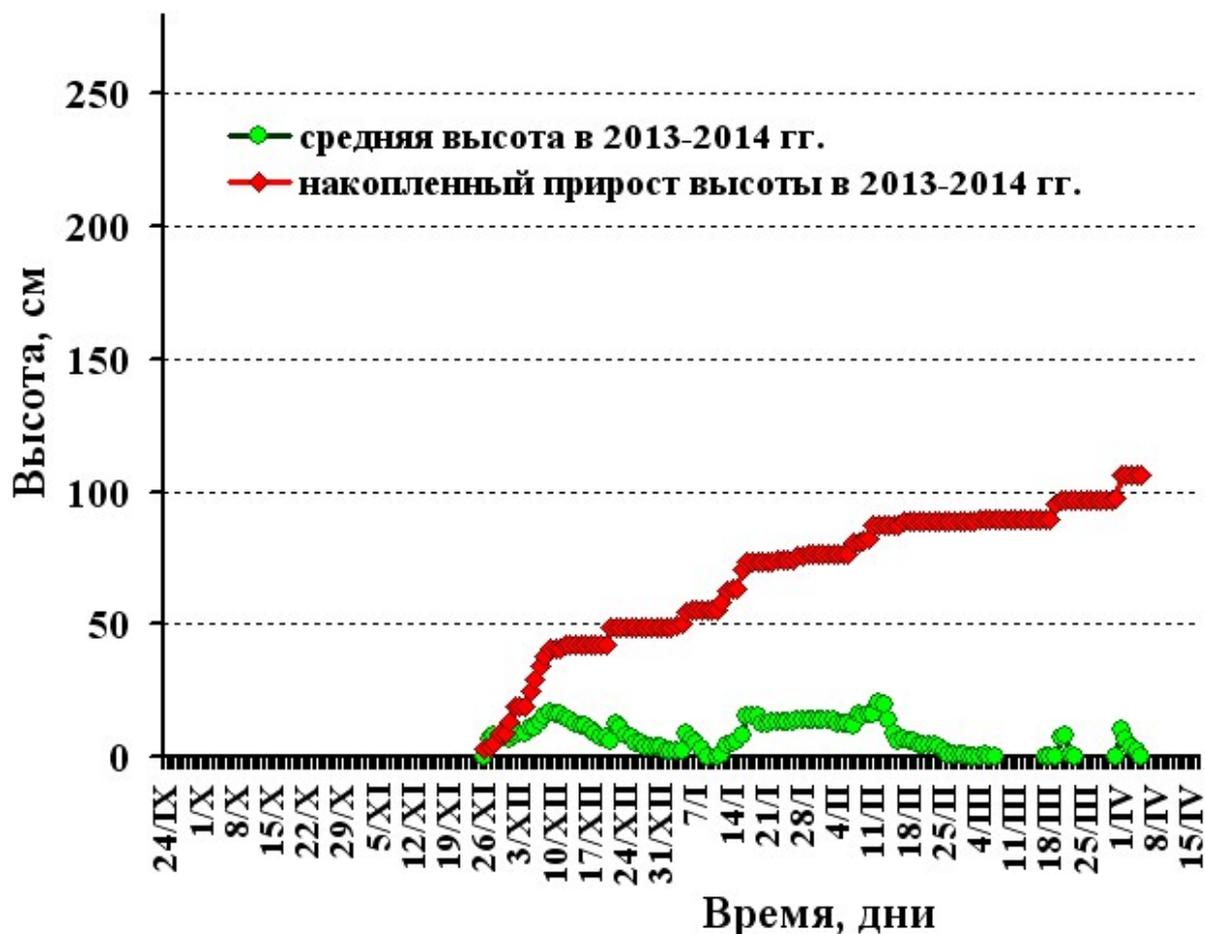


Рисунок 4.4 – Ход средней высоты и её накопленного прироста в холодном сезоне 2013-2014 гг.

Подытоживая сказанное выше, заметим, что устойчивый снежный покров в холодном сезоне 2013-2014 гг. оказался необычно маломощным, очень недолгим и, более того, почти полностью исчез в середине зимы.

Литература.

1. Локощенко М.А. Снежный покров и его современные изменения в Москве. М., Метеорология и гидрология, 2005, том 30, № 6, стр.71-82.
2. Локощенко М.А. Снежный покров (раздел 4 части I, стр.36-42). В сб.: Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2012 г. по данным Метеорологической обсерватории МГУ. М., МАКС Пресс, 2013, 207 с., электронное издание, под редакцией Н.Е.Чубаровой. ISBN: 978-5-317-04478-7.

5. Атмосферные осадки

Константинов П.И.

Согласно проведенным ранее исследованиям режима атмосферных осадков в столице, авторы (Исаев, 2003) выделяют следующие закономерности:

- в холодный период года преобладают длительные обложные дожди и снегопады, в теплый – кратковременные осадки ливневого характера. Поэтому, по климатическим данным, годовой ход числа дней с осадками и продолжительности осадков, в общем, противоположен годовому ходу атмосферных осадков;

- наиболее дождливым (снежным) в Москве является декабрь – 21,6 дней с осадками. Климатический минимум числа дней с осадками отмечается в мае – 11,4 дня;

- среднее суммарное число дней с осадками за год составляет 177 дней, суммарная продолжительность 2074 часа. Таким образом, осадки в Москве выпадают в среднем почти каждый второй день.

Изменение климата в Москве также заметно сказывается на внутригодовом режиме осадков. Если исследовать соотношение между собой норм 1961-1990 и 1981-2010 года, то можно отметить, что по-прежнему самым сухим месяцем остается март (36 и 38 мм соответственно), а вот в теплый период самым влажным месяцем стал июнь.

Любопытно, что в 2014 году была продолжена наметившаяся ранее тенденция «сухих июлей» в 2010-2012 годах, которая прервалась в 2013. Таким образом, можно снова поставить на рассмотрение предположение, высказанное в (Беликов et al., 2013) о том, что тенденция к уменьшению июльских осадков имеет место. Напомним, в предыдущей работе (Беликов и др., 2013) говорилось о том, что тенденция мало меняется вне зависимости от того, является ли год в целом относительно влажным или относительно сухим. Из рис. 5.1 и таблицы 5.1 видно, что режим увлажнения в отчетном году был устойчиво недостаточным. По итогам девяти месяцев из двенадцати сумма осадков не достигла месячной нормы, а июль вообще оказался исключительно сухим (6 мм осадков!) – даже по сравнению с июлем 2010 года (рис. 5.2). Более влажными, нежели обычно, выдались только июнь и декабрь, а в январе сумма осадков соответствовала климатической норме. Такое событие произошло во многом благодаря высокой повторяемости антициклональных условий летом, хотя температура воздуха и не достигла таких опасных значений, как во время «волны жары» 2010 года. Также весьма сухим выдался и март (рис 5.3).

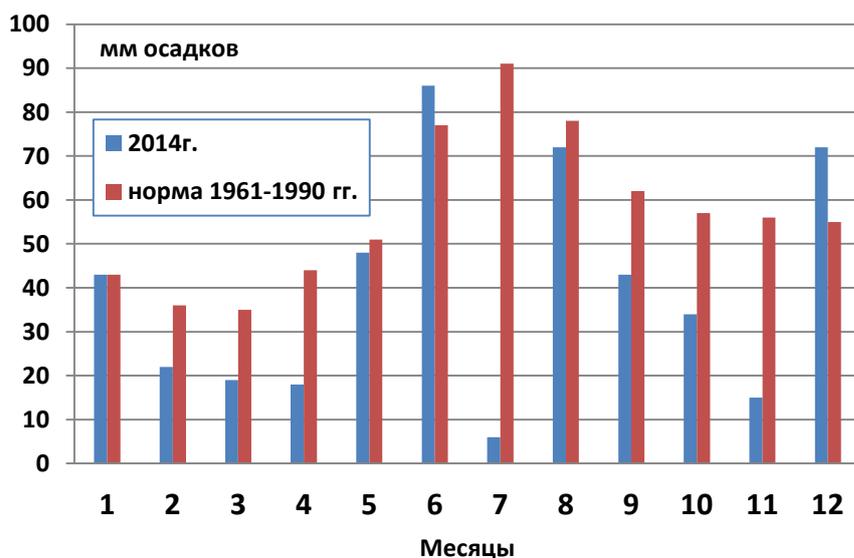


Рис.5.1 - Сравнение месячных сумм осадков в 2014 году с климатической нормой

Таблица 5.1 - Месячные суммы осадков (мм) в 2010-2014 годах и климатическая норма (1961-1990 гг.)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
2014г.	43	22	19	18	48	86	6	72	43	34	15	72	478
2013 г.	52	45	85	59	137	71	102	108	210	29	62	54	1015
2012 г.	56	42	60	54	49	90	62	89	46	142	84	46	820
2011 г.	33	37	23	48	33	62	72	58	75	47	40	72	600
2010 г.	17	68	19	32	64	65	7	69	66	43	70	87	607
1961-1990 гг.	43	36	35	44	51	77	91	78	62	57	56	55	684



Рис.5.2 Режим облачности и атмосферных осадков в июле 2014 года

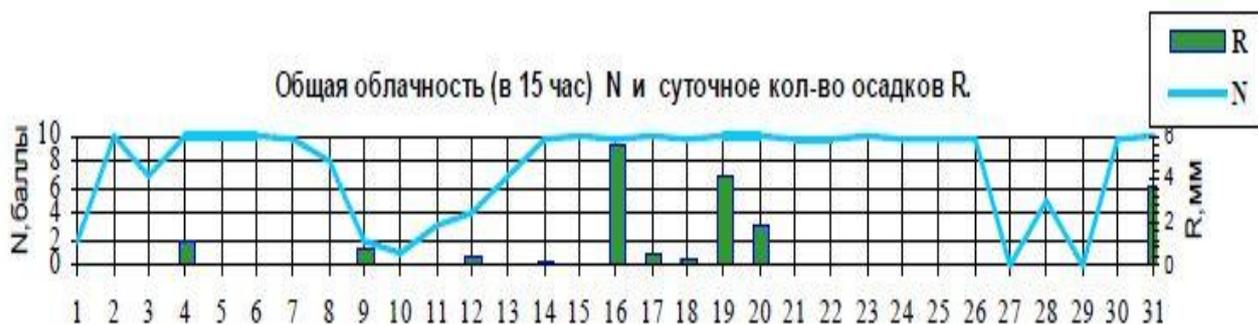


Рис.5.3 Режим облачности и атмосферных осадков в марте 2014 года

Однако это не означает, что в относительно сухом 2014 году не было сильных ливней. Так, 21 июня за сутки в районе МГУ вылилось более 30 мм осадков (30,3 мм), что было связано с активными фронтами циклона, накрывшего Москву (см. рис.5.4-5.5).

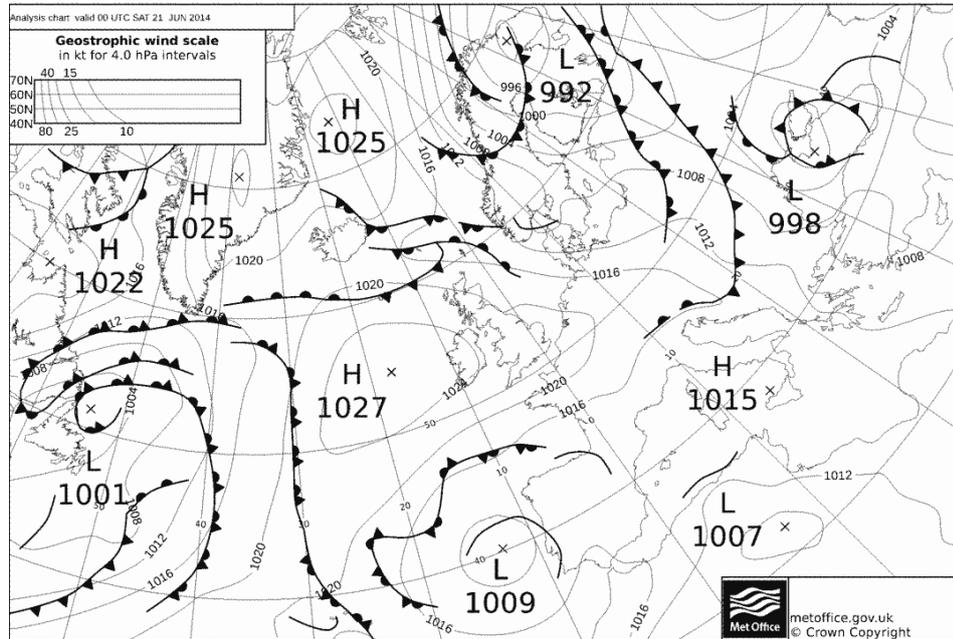


Рис 5.4 - Фактическая карта погоды на 0:00 по Гринвичу 21 июня 2014 г. © metoffice.gov.uk



Рис 5.5 - Москва после ливня 21 июня (фото zyalt.livejournal.com)

Подводя итог, режим осадков 2014 года вкратце можно охарактеризовать следующим образом:

1. По режиму увлажнения 2013 год оказался **очень сухим** – количество осадков составило **478 мм** при норме 684 мм, что составляет всего лишь 70% от нормы.
2. Только в июне и декабре количество осадков превысило месячную норму, январь совпал с нормой, а остальные 9 месяцев были гораздо суше обычного. В июле общее количество осадков составило 8% от нормы (и 6 мм в абсолютном значении), и таким образом, **июль 2014** года вошел в историю как **самый сухой в ряду июлей за всю историю наблюдений в Метеообсерватории МГУ**.

Литература:

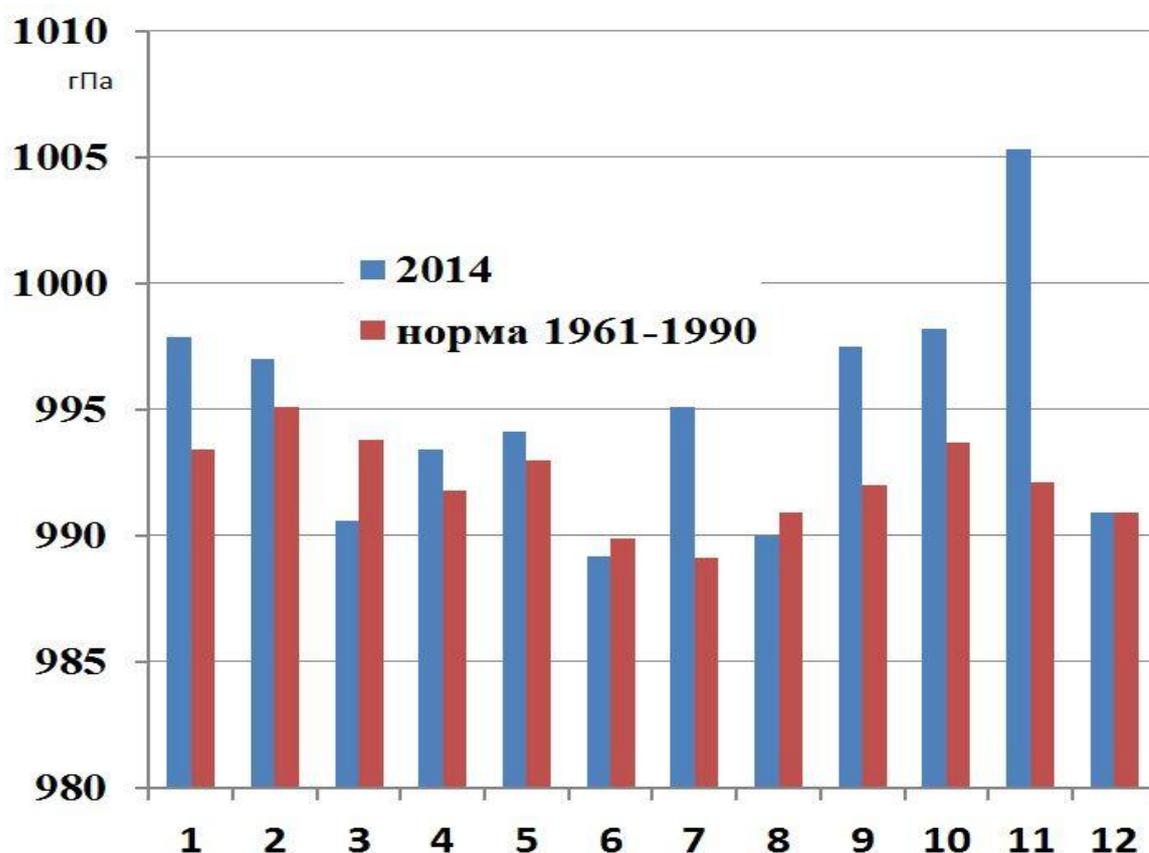
1. Справочник эколого-климатических характеристик г.Москвы (по наблюдениям метеорологической обсерватории МГУ) Том 1 под редакцией А.А.Исаева М., изд-во МГУ, 2003.
2. Беликов, И., Горбаренко, Е., Ерёмкина, И., Жданова, Е., Константинов, П., Корнева, И., Локощенко, М., Незваль, Е., Скороход, А., Чубарова, Н., Шиловцева, О., Шумский, Р., Ахиярова, К., Ремизов, А. 2013. *Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2012 г. по данным Метеорологической обсерватории МГУ, под редакцией Н.Е. Чубаровой*. МАКС Пресс Москва.

6. Атмосферное давление

Константинов П.И.

В Средней Полосе России особенность годового хода давления состоит в наличии двух ярко выраженных максимумов – главного, наблюдающегося в феврале и вторичного – наступающего в октябре (Исаев, 2003). В терминах синоптической климатологии этим максимумам соответствуют периоды ясной и сухой погоды – «настоящей русской зимы» в феврале и «бабьего лета» в октябре соответственно.

Локальные минимумы давления приходятся на июль (самый влажный месяц в московском климате) и декабрь.



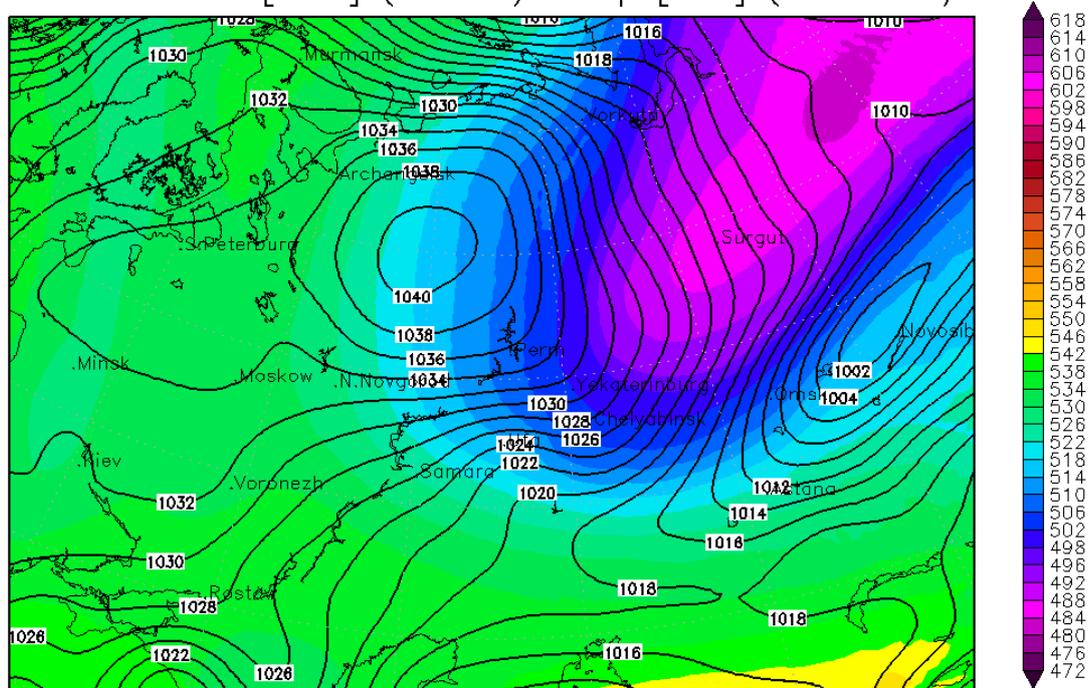
Рисунок– 6.1. Сравнение среднемесячных значений атмосферного давления в 2014 году с климатической нормой.

Однако, в 2014 году распределение давления (рис.6.1) сильно отличалось от климатического. Максимум был достигнут в ноябре (наблюдалось экстремальное значение для этого месяца – 1005,3 гПа). Высоких отметок (995 гПа и выше) достигали среднемесячные значения в январе, феврале, июле, сентябре, октябре и ноябре. А вот самое низкое значение было отмечено в июне (который, напомним, стал относительно прохладным). Исключе-

чительная аномалия атмосферного давления в ноябре была вызвана блокирующим антициклоном азорского происхождения. На рисунке 6.2. приведена карта ОТ 500/1000 за 23 ноября, где видно, что блокирующий антициклон развился до исключительно высоких значений (1040 гПа приземное давление в центре). Следует особенно отметить, что такая ситуация неоднократно повторялась в этом месяце, что в принципе не соответствует характеру ноябрьской погоды в столице.

Другим значимым отклонением стал июль месяц – отклонение составило 6,0 гПа на среднемесячном уровне осреднения (и так же с положительным знаком).

OT500–1000 [dam] (shaded) & slp [hPa] (bold lines)



GRADS: COLA/IGES

GFS Model Run: 00Z23NOV2014 Valid: 12Z23NOV2014

Рисунок 6.2 – Карта погоды за 00 часов по Гринвичу 23 сентября 2014 года. Стрелкой обозначено расположение МО МГУ (Москва).

Резюмируя, следует отметить, что в целом за 2014 год фон давления оказался заметно выше нормы – положительная аномалия составила сразу 2,8 гПа за год, в отдельные месяцы (июль, сентябрь и ноябрь) положительная аномалия превышала значение 5 гПа (6,0; 5,5 и 13,2 гПа соответственно, табл. 6.1).

Таблица 6.1– Среднемесячные значения атмосферного давления в 2014 году и климатическая норма (1961-1990 гг.)

	I	II	III	IV	V	VI	
2014 г.	997,9	997	990,6	993,4	994,1	989,2	
норма 1961-1990 гг.	993,4	995,1	993,8	991,8	993	989,9	
Аномалия 2014 г.	4,5	1,9	-3,2	1,6	1,1	-0,7	
	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
2014 г.	995,1	990	997,5	998,2	1005,3	990,9	994,9
норма 1961-1990 гг.	989,1	990,9	992	993,7	992,1	990,9	992,1
Аномалия 2014 г.	6,0	-0,9	5,5	4,5	13,2	0	2,8

7. Ветровой режим и температурная стратификация в нижнем 800-метровом слое воздуха.

Локощенко М.А., Ахиярова К.И.

7.1 – Общие сведения об акустическом зондировании атмосферы в МГУ в 2014 году.

В 2014 году, впервые с 2008 года, акустическое зондирование в Метеорологической обсерватории МГУ осуществлялось одновременно двумя акустическими локаторами (сонарами): доплеровским трёхканальным содаром «MODOS» производства фирмы МЕТЕК (Германия), работающим в МГУ с 2004 года, а начиная с 21 марта, – также вертикальным одноканальным содаром «ЭХО-1» производства ГДР, работающим здесь с 1988 года. Высотный диапазон зондирования составляет от 40 до 500 м для содара «MODOS» и от 25 до 800 м для содара «ЭХО-1»; пространственное разрешение данных обоих локаторов равно соответственно 20 и 12,5 м. Частота зондирования содаром «MODOS» – 2000 Гц, содаром «ЭХО-1» – 1666,6 Гц. Как известно, основное применение акустических локаторов в последние десятилетия – это измерение профилей характеристик ветрового режима, прежде всего скорости ветра и его направления; сведения о ветре в МГУ даёт содар «MODOS». Кроме того, важны также содарные данные о температурной стратификации и о границах задерживающих слоёв инверсий; этот вид содарных данных доступен благодаря содару «ЭХО-1». В своей совокупности, таким образом, оба локатора обеспечивают надёжной информацией о ветровом режиме и о термической структуре нижней тропосферы, имеющей как фундаментальное, так и прикладное значение – в частности, для задач экологического мониторинга.

В 2014 году акустическое зондирование атмосферы в МГУ было, в целом, стабильным и почти непрерывным. Содар «MODOS» работал в течение 363 дней, в том числе, 293 дня – практически без пропусков (Табл. 7.1). Лишь два дня в прошедшем году, 15 августа и 14 сентября, этот содар не работал, и ещё 70 дней были отмечены перерывами дольше 1 ч. Единственная поломка произошла предположительно 21 мая, когда вышли из строя малошумящие усилители эхо-сигнала в электронном антенном блоке содара (установленном на платформе с антеннами). В результате, начиная с 21 мая, достоверные данные отмечались лишь в середине дня, в условиях наиболее сильной термической конвекции, и только в приземном слое воздуха; ночью же отношение сигнала к шуму оказывалось подчас даже

менее 1, и данных о ветре не было вовсе. Лишь 15 июня приглашённый специалист, сотрудник ГАИШ им. Штернберга А.М.Мотылёв, нашёл и устранил данную неисправность, заменив негодные усилители, создававшие дополнительный шум. Начиная с 23 ч 15 июня, зондирование содаром «MODOS» возобновилось с высоким качеством и нормальным (в среднем – 250-350 м) высотным диапазоном. Таким образом, 26 из 70 дней с пропусками пришлось на промежуток времени с 21 мая по 15 июня, причиной их явилось резкое ослабление эхо-сигнала по сравнению с атмосферными и аппаратными шумами. Остальные перерывы были связаны в основном со спонтанными самопроизвольными выключениями аппаратуры комнатного электронного блока, требовавшими перезапуска содара. Помимо этого, причинами пропусков в редких случаях могли быть также неожиданные выключения питания в сети и обильные снегопады зимой – вплоть до окончания выпадения снега и последующей очистки антенн. Усиление эхо-сигнала в установочных параметрах содара «MODOS» остаётся неизменным, начиная с 01 апреля 2013 г.

Таблица 7.1 – Продолжительность измерений содаром «MODOS» в 2014 г. (дни)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Всего:
31 (27)	28 (20)	31 (25)	30 (25)	31 (19)	30 (14)	31 (31)	30 (28)	29 (25)	31 (29)	30 (23)	31 (27)	363 (293)

Первые числа означают число дней в течение каждого месяца, охваченных акустическим зондированием полностью или частично; вторые числа в скобках – число дней только с непрерывным акустическим зондированием, включая перерывы не дольше 1 ч.

Содар «ЭХО-1», начавший работать в МГУ ещё более четверти века назад, фактически не действовал последние пять лет, начиная с весны 2009 года. Поломка аппаратуры была успешно устранена сотрудниками ИФА РАН А.П.Медведевым и В.Г.Перепёлкиным в марте 2014 года, и с 21 марта зондирование содаром «ЭХО-1» было возобновлено. Рабочее место этого содара, включающее в себя комнатный электронный блок и персональный компьютер, а также традиционный факсимильный самописец, сначала находилось в комнате № 1, а с 9 апреля было перенесено в комнату № 2; 16 апреля была изменена и схема кабеля, который был проложен напрямую из комнаты № 2 на метеорологическую площадку к содару (до этого кабель шёл по коридору через комнату № 9 на улицу, в обход здания Обсерватории). Начиная с 21 марта и до конца года зондирование содаром «ЭХО-1» осуществлялось практически в непрерывном режиме (Табл. 7.2) – правда, работала лишь клас-

сическая схема этого содара с регистрацией только эхо-сигнала, доплеровская же приставка к содару «ЭХО-1» осталась неисправной до конца года.

Единственный сравнительно продолжительный перерыв в зондировании содаром «ЭХО-1» после 21 марта произошёл с 8 по 15 июня 2014 года вследствие аварийного выключения электропитания и последовавших за сим проблем с загрузкой компьютера, соединённого с этим содаром. Остальные перерывы были недолгими и связанными либо с механическими причинами (спонтанным выключением изношенной сетевой кнопки производства ГДР на панели электронного блока, впоследствии заменённой А.П.Медведевым на тумблер), либо с неожиданным обильным снегопадом при выключенном отоплении антенны (ночью и утром 20 октября). Всего в течение 2014 года содар «ЭХО-1» работал в течение 263 дней, в том числе, 221 день – почти без перерывов (Таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Продолжительность измерений содаром «ЭХО-1» в 2014 г. (дни)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Всего:
		6 (4)	22 (21)	31 (28)	24 (21)	30 (26)	31 (29)	28 (22)	31 (26)	30 (25)	30 (19)	263 (221)

Первые числа означают число дней в течение каждого месяца, охваченных акустическим зондированием полностью или частично; вторые числа в скобках – число дней только с непрерывным акустическим зондированием, включая перерывы не дольше 1 ч.

7.2 – Скорость ветра и её наибольшие значения.

Годовой ход средней скорости ветра $V_{ср.}$ по данным содара «MODOS» в слое воздуха от 40 до 200 м за каждый месяц приведён в Таблице 7.3, а также на рисунке 7.1 (синие кружки) в сравнении со среднемноголетними значениями за девять предыдущих лет работы этого локатора. Как видим, 2014-й год оказался довольно маловетренным; среднегодовая скорость ветра в слое 40-200 м составила 4,8 м/с – значение, меньшее по сравнению со среднемноголетним за весь предшествующий период 2004-2013 гг.: 5,3 м/с. Восемь из двенадцати месяцев были отмечены в 2014 году значениями $V_{ср.}$ менее обычных для этих месяцев в среднем за предыдущие девять лет. Особенно тихими оказались июль, август, сентябрь и ноябрь. Средние значения скорости ветра для трёх из четырёх этих месяцев в слое 40–200 м (августа, сентября и ноября) даже вышли за пределы доверительных интервалов с доверительной вероятностью 0,95, а в июле и в сентябре оказались даже менее 4,0 м/с, что бывает редко. Лишь четыре месяца в 2014 году – март, апрель, май и декабрь – оказались

Таблица 7.3 – Среднемесячная скорость ветра $V_{\text{ср}}$ в слое воздуха от 40 до 200 м и наибольшая в отдельные месяцы скорость ветра V_{max} в слое от 40 до 500 м, м/с

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год:
$V_{\text{ср}}$	5,1	4,8	5,6	5,3	5,2	4,4	4,0	4,1	3,9	5,7	4,1	6,1	4,8
V_{max}	23,2	33,2	26,0	25,6	24,8	19,2	22,4	22,9	20,6	25,0	26,6	30,3	33,2

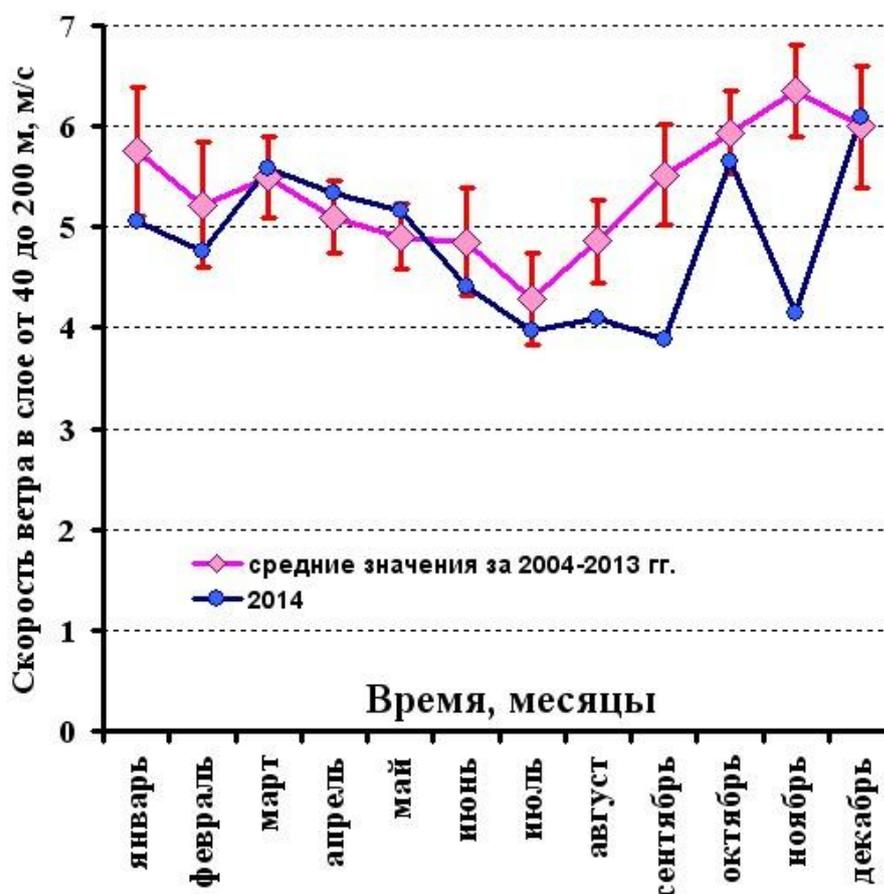


Рисунок 7.1 - Годовой ход среднемесячных значений скорости ветра в слое воздуха от 40 до 200 м в 2014 году и в среднем за все годы. По горизонтали – время, месяцы; по вертикали – скорость ветра, м/с. Доверительные интервалы построены с уровнем значимости 5 %.

сравнительно ветренными, поскольку значения $V_{\text{ср}}$ ненамного превысили среднемноголетние значения для данных месяцев.

Как видно из Таблицы 7.3, максимальная в среднем за 10 минут скорость ветра в продолжение 2014 года дважды превысила значение 30 м/с: 02 февраля и 31 декабря. Заметим, что столь высокие значения крайне редки и наблюдаются по содарным данным обычно лишь один раз в год. Рассмотрим оба эти случая подробнее.

На рисунке 7.2 приведены содарные данные о ветре поздней ночью (с 02 до 06 ч) 02 февраля 2014 года, а также синоптическая карта приземного анализа за 03 ч в этот день.

Левый фрагмент рисунка представляет собой высотно-временную развёртку данных о скорости и направлении ветра со стрелочной индикацией каждого отдельного измерения. Как видно, в 03.40 на высоте 360 м (фактически – в высотном диапазоне от 350 до 370 м) было отмечено чрезвычайно большое значение скорости: 33,2 м/с. О его достоверности говорят близкие значения в соседние 10-минутные промежутки времени на этой же высоте: 31,1 м/с в 03.30 и 27,2 м/с в 03.50. Как известно, содарные данные в их окончательном виде доступны после процедуры автоматического удаления посторонних шумов и сглаживания значений скорости с учётом её величин в соседние промежутки времени и на соседних высотах. Заметим, что 33,2 м/с – это сглаженное, окончательное значение скорости ветра; исходное же в 03.40 на 360 м составило даже 35,4 м/с.

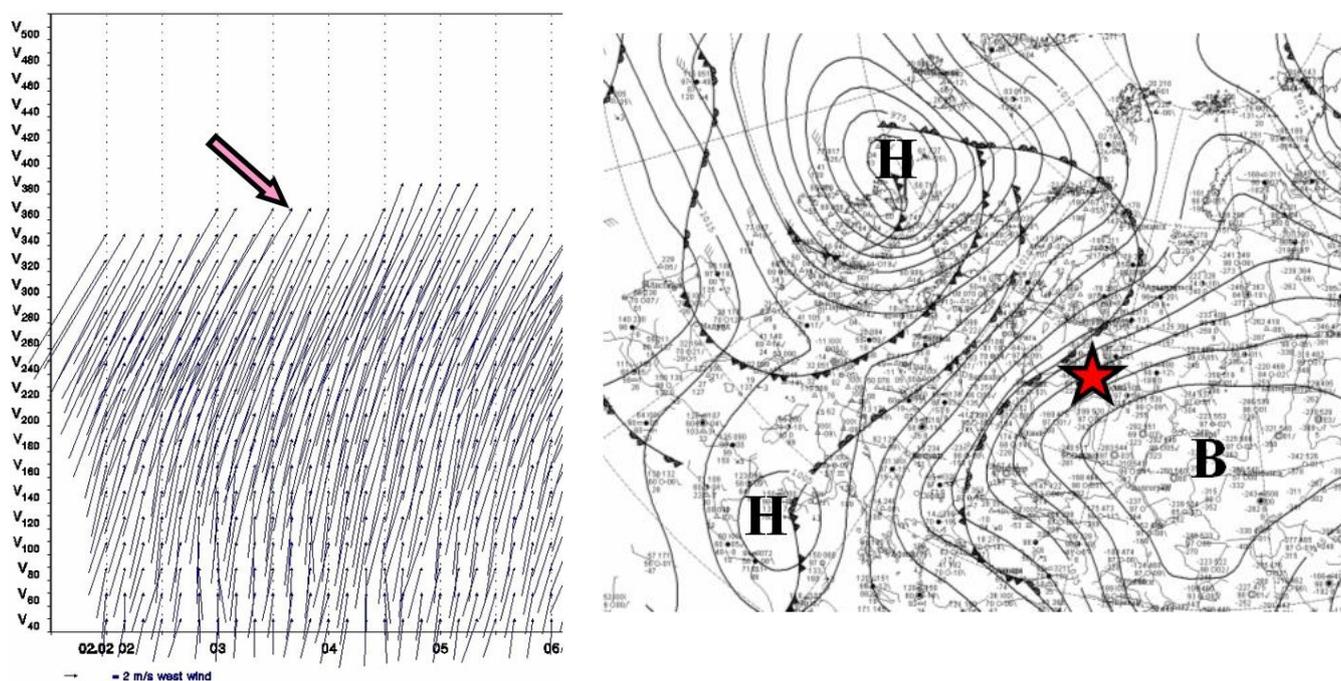


Рисунок 7.2. Данные содара «MODOS» о ветре с 02 до 06 ч и синоптическая карта приземного анализа за 00 ч по Гринвичу (03 ч по Московскому времени) 02 февраля 2014 г. Необычно высокое значение скорости ветра показано розовой стрелкой; Москва на карте отмечена звёздочкой.

Как видно на карте, Москва в этот час находилась в зоне интенсивных градиентных потоков между исландской депрессией с центром над Северным морем и антициклона с центром над Нижним Поволжьем. Очевидно, что столь высокие значения скорости ветра возможны лишь в зоне сильных градиентных течений. Действительно, расчёт скорости градиентного ветра V_g на основе стандартной методики с использованием данной карты

показал 20,6 м/с – очень высокое значение (разумеется, оно представляет собой результат осреднения в значительной области пространства в Московском регионе).

Сходная синоптическая ситуация была отмечена и в последний день 2014 года. Тогда, как видно, на рис.7.3, Москва оказалась в зоне тёплого фронта, также на периферии исландской депрессии, обширной и многоцентровой, простиравшейся надо всю Северную Европой, и протяжённой в широтном направлении области высокого атмосферного давления над Центральной Европой. Данная периферия обоих барических образований, как и 02 февраля, представляла собой зону очень сильных градиентных течений, поскольку один из центров отмеченной депрессии над Баренцевым морем был довольно глубоким циклоном (с давлением в его центре около 980 гПа). Значение v_g совпало с предыдущим и составило также 20,6 м/с. Сodarные данные о ветровом режиме в этот день, 31 декабря, в период с 09

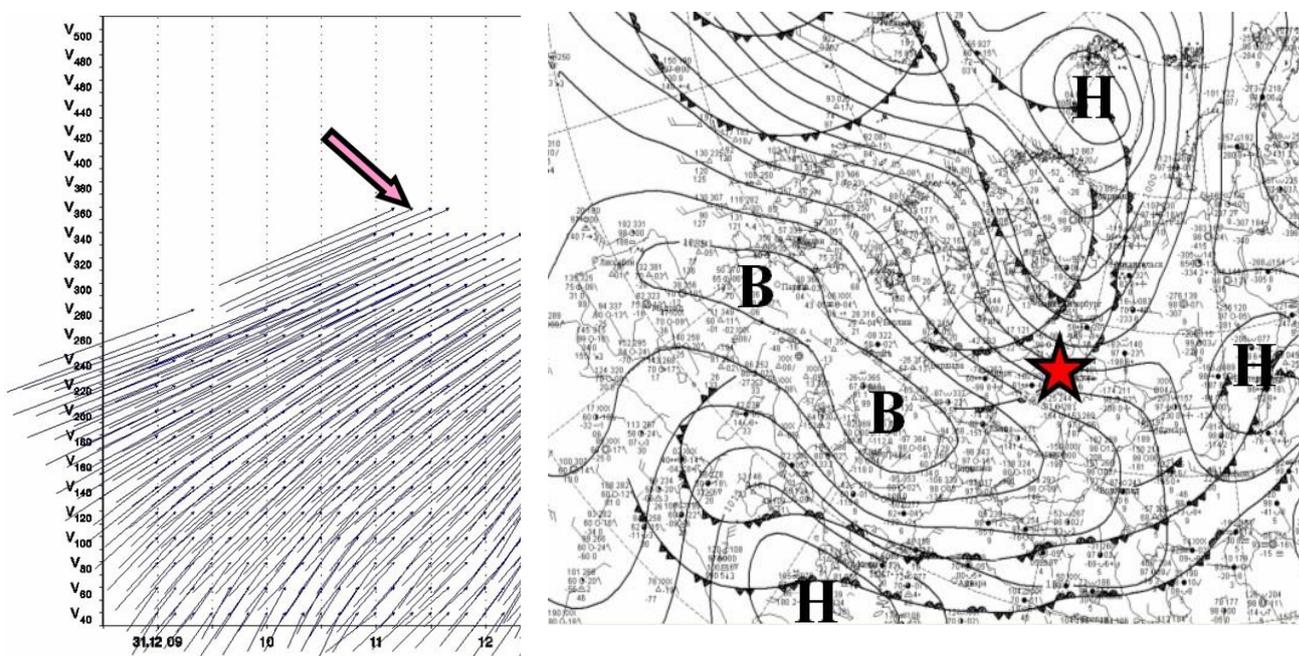


Рисунок 7.3 - Данные содара «MODOS» о ветре с 9 до 13 ч и синоптическая карта приземного анализа за 12 ч по Гринвичу (15 ч по Московскому времени) 31 декабря 2014 г. Необычно высокое значение скорости ветра показано розовой стрелкой; Москва на карте отмечена звёздочкой.

до 13 ч, показаны на левом фрагменте рисунка 7.3. Как видим, в эти часы наблюдался исключительно сильный юго-западный ветер, так что в 11.20 на уровне 360 м (в слое от 350 до 370 м) среднее за 10 минут сглаженное значение его скорости достигло 30,3 м/с (исходное значение – 30,6 м/с). Это значение, так же как и 02 февраля, не было результатом ошибки или случайного шума, поскольку соседние и по времени, и по высоте значения

были почти столь же большими: на уровне 360 м в 11.10 – 30,1 м/с, в 11.30 – 29,3 м/с; на уровне 340 м в 11.10 – 29,1 м/с, в 11.20 – 29,0 м/с, в 11.30 – 28,2 м/с.

Рассмотрим теперь распределение значений скорости ветра в слое от 40 до 500 м над Москвой в целом за весь 2014-й год (рис.7.4). Как и в другие годы, оно характеризуется наличием единственной моды и заметной положительной асимметрией. Модальный интервал скорости составляет от 3 до 4 м/с; значения более 25 м/с исключительно редки.

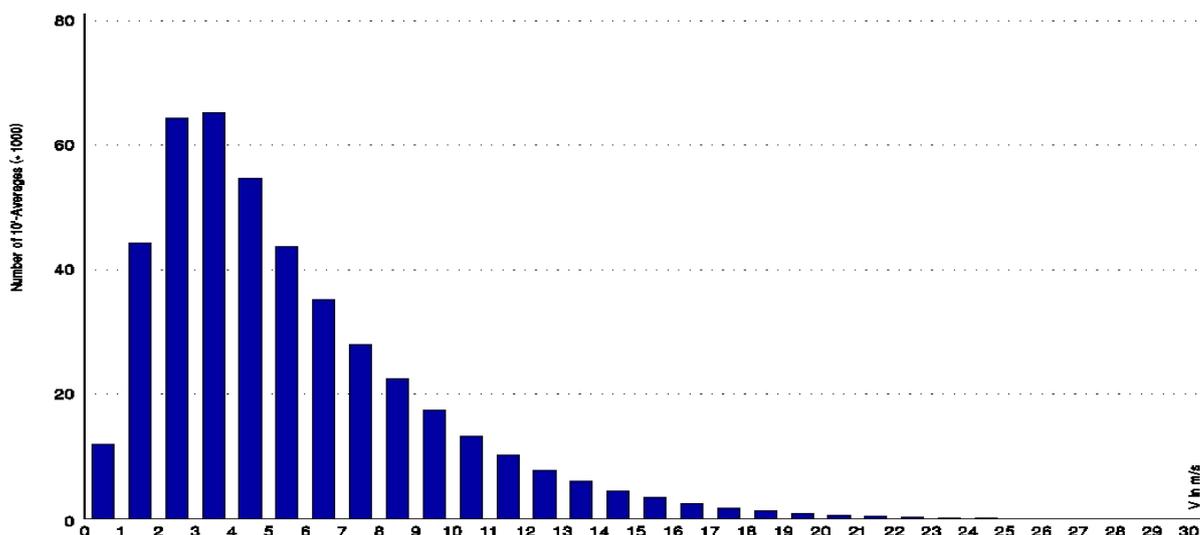


Рисунок 7.4 - Распределение значений скорости ветра по содарным данным в МГУ в слое воздуха от 40 до 500 м за 2014 год

7.3 – Направление ветра.

На рисунке 7.5 приведена сводная роза ветров за 2014 год. Как видим, она отражает вполне обычные закономерности: преобладающее юго-западное направление, а также наименьшую повторяемость северных и восточных румбов. Чаще всего (чёрный и тёмно-синий цвет в цветовой шкале повторяемостей) над Москвой отмечался умеренный ветер в диапазоне скорости от 5 до 10 м/с и в диапазоне направления от 225 до 235°. Здесь нужно учесть, что ориентирование антенной системы содара «MODOS» по странам света было произведено в 2004 году посредством обычного компаса, так что истинные границы модального диапазона направления ветра с учётом положительного (восточного) магнитного склонения составляют от 235 до 245°.

Как показывает практика, сводные розы ветров за отдельные годы обычно очень близки между собой и отличаются друг от друга лишь незначительными особенностями. По –

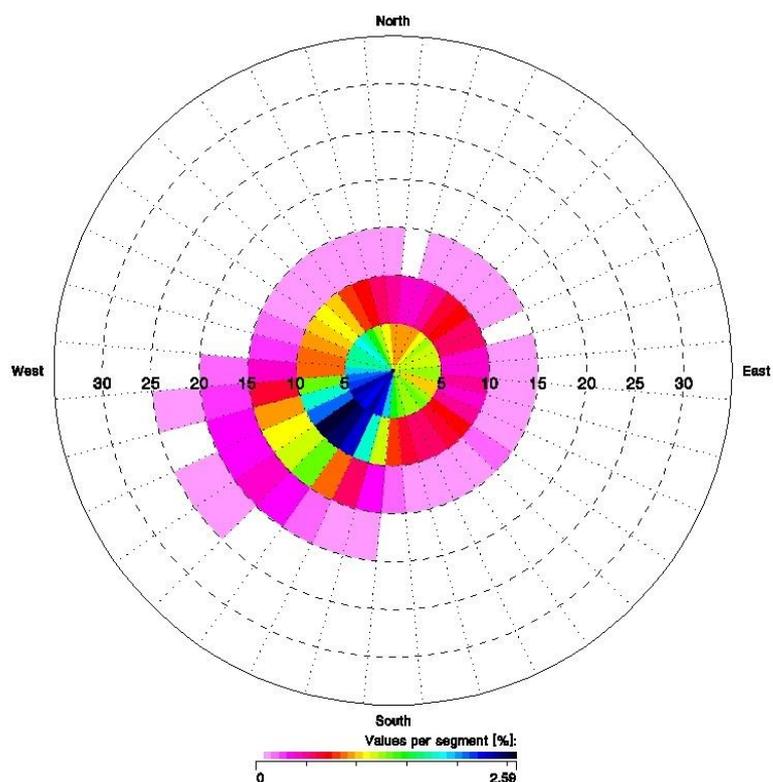


Рисунок 7.5. Роза ветров по данным содара «MODOS» в МГУ в слое воздуха от 40 до 500 м за 2014 год

добной особенностью розы ветров за 2014-й год явилось необычно большая повторяемость крайне слабого юго-западного ветра со скоростью от 0 до 5 м/с. Это вполне согласуется со сделанным выше выводом, что данный год оказался в целом сравнительно маловетренным.

7.4 – Примеры динамики ветрового режима и температурной стратификации атмосферного пограничного слоя по содарным данным.

Рассмотрим отдельные примеры данных акустического зондирования о ветровом режиме и температурной стратификации в нижнем 500-метровом слое воздуха по данным содара «MODOS» (и в 800-метровом слое по данным содара «ЭХО-1»). Приведённые ниже примеры отражают характерные изменения в атмосфере, связанные с синоптическими процессами и погодными явлениями и представляют особый интерес. Подобные примеры за некоторые другие годы приведены авторами в [2,3].

7.4.1. Аномальная жара. На рисунке 7.6 приведены данные нового содара «MODOS» о ветре в течение дня 11 января 2014 года. Этот день примечателен тем, что оказался

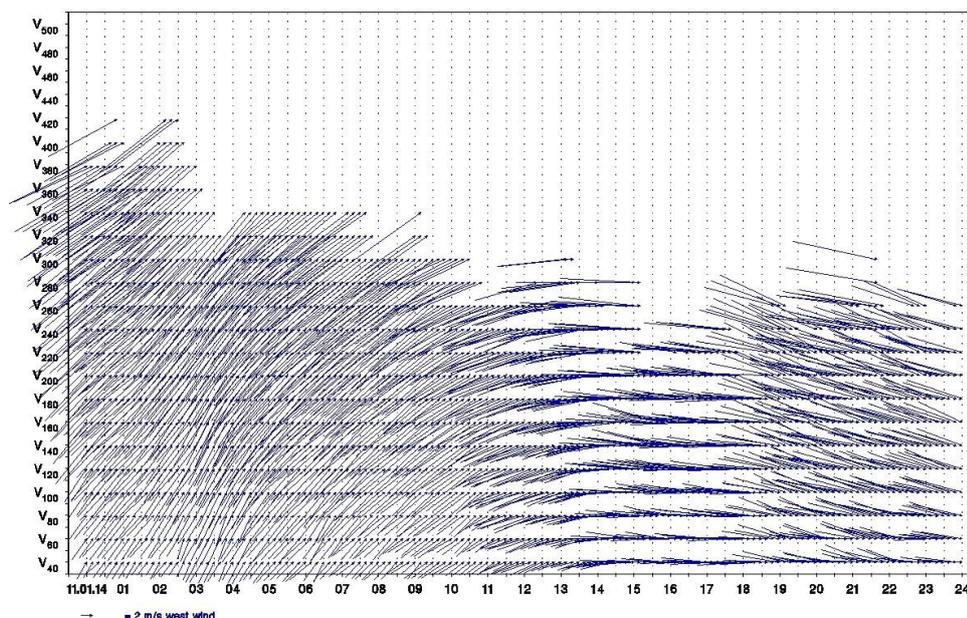


Рисунок 7.6. Данные содара «MODOS» о ветре с 00 до 24 ч 11 января 2014 г.

самым «жарким» в течение всей зимы 2013-2014 гг.: тогда была отмечена температура воздуха $T = +4,0$ °С. Даже в конце февраля, при гораздо более высоком стоянии Солнца, T не достигла столь высоких значений. Как видно на рисунке, во всём диапазоне зондирования вплоть до 11-12 ч отмечались устойчивые юго-западные потоки со значительной скоростью ветра: от 3-4 м/с на высоте 40 м и вплоть до 16,7 м/с на 380 м в 02.50. Москва ночью находилась в тёплом секторе циклона с центром над северной частью ЕТС, на его юго-восточной периферии. К полудню направление ветра изменилось с юго-западного на западное, а затем – на северо-западное; одновременно началось быстрое похолодание, и к вечеру температура воздуха стала уже отрицательной. Таким образом, приведённый пример подтверждает определяющую роль сильной тёплой адвекции в случаях аномально тёплой погоды зимой.

7.4.2. Правый поворот ветра с высотой. Как известно, в среднем правый поворот ветра с высотой в нижнем 500-метровом слое воздуха составляет в Москве по многолетним содарным данным около 20° [1]. Однако, в зависимости от погодных условий и особенностей барического поля, прежде всего от направления и величины термического ветра, величина поворота с высотой и даже его направление могут меняться в очень широких пределах. Так, на рисунке 7.7 приведён интересный пример очень сильного правого поворота ветра с высотой. Если в нижнем 80-метровом слое направление ветра было практически постоянным и составляло с 15 до 19 ч от 141 до 143° , то в вышележащем слое наблюдалась бы-

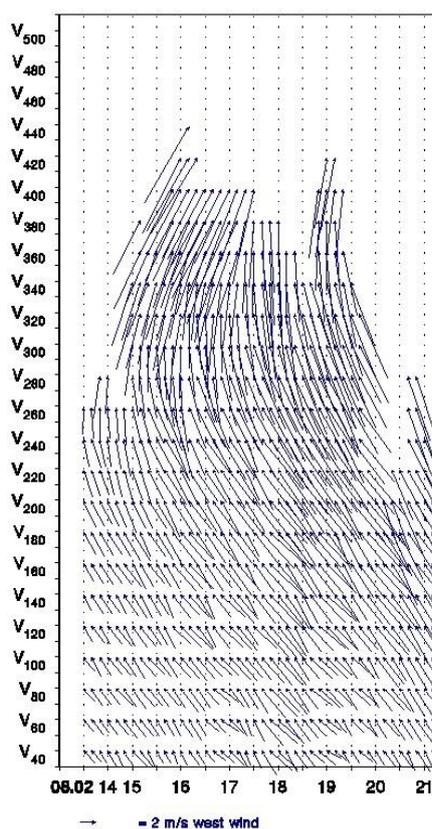


Рисунок 7.7 - Данные содара «MODOS» о ветре с 14 до 21 ч 08 февраля 2014 г.

строе увеличение значений направления – вплоть до 195 и 202° на высотах соответственно 380 и 400 м.

Таким образом, правый (по часовой стрелке) поворот ветра с высотой достигал в это время 60°, то есть был втрое больше обычных значений.

7.4.3. Правые повороты ветра во времени при прохождении фронтов. Как видно на рисунке 7.8, приблизительно в 04.30 ночью 13 января в направлении ветра произошёл резко выраженный правый поворот с южно-юго-западного на северо-западное (а выше 200 м – даже на северно-северо-западное) направление. Среднее направление ветра в слое от 40 до 300 м за период с 1 до 4 ч составило 229°, а за период с 5 до 8 ч – 340°; таким образом, величина поворота даже превысила 110°. Данный поворот, как это обычно и бывает, был связан с прохождением холодного атмосферного фронта. Действительно, в это время наблюдались ливневые осадки (ливневый дождь, сменившийся ливневым мокрым снегом), начался устойчивый рост атмосферного давления и быстрое похолодание в продолжение всего последующего дня: температура воздуха, будучи положительной ещё в начале ночи, опустилась к вечеру до $-6,7$ °С. Прохождение этого холодного фронта ознаменовало собой конец оттепели в первой половине месяца и начало продолжительного похолодания, продолжившегося вплоть до начала февраля.

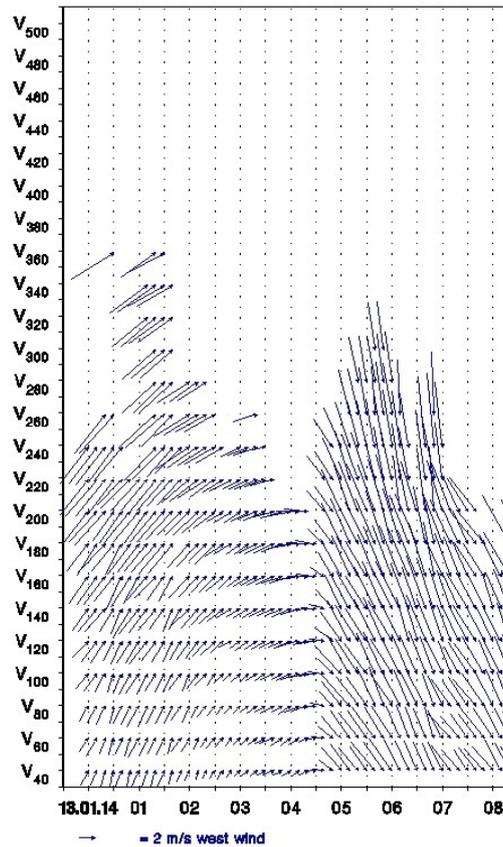


Рисунок 7.8 - Данные содара «MODOS» о ветре с 00 до 08 ч 13 января 2014 г.

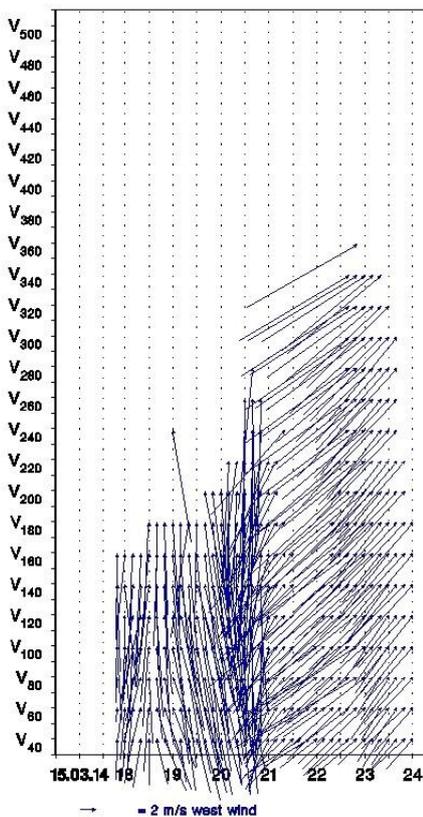


Рисунок 7.9 - Данные содара «MODOS» о ветре с 18 до 24 ч 15 марта 2014 г.

Ещё один пример прохождения обострённого холодного фронта в содарных данных о ветре приведён на рисунке 7.9. Как видно, в промежутке с 20 до 21 ч по зимнему времени 15 марта 2014 года во всём диапазоне зондирования произошёл быстрый правый поворот во времени. Если в 18 ч отмечался ещё южный ветер, а в 19 ч – юго-восточный, то затем направление ветра изменилось с юго-восточного на юго-западное; данное изменение прослеживается в виде сгущения отдельных стрелок векторов ветра. В это же время столицу прошёл холодный фронт: до 22 ч T достигала значений вплоть до $+8,1$ °C, а к 04 ч утра быстро уменьшилась до $+3,2$ °C.

Прохождение тёплых атмосферных фронтов проявляется тоже в правом, но, обычно, менее резком повороте ветра во времени. Наглядный пример этому даёт рисунок 7.10, на котором поворот ветра прослеживается в виде сгущения его отдельных векторов примерно в 04 ч на высотно-временной развёртке содарных данных. В это время столицу прошёл тёплый атмосферный фронт, что подтверждается и синоптическими картами, и стационарными наблюдениями в МГУ (наличием облаков верхнего яруса и резким, на 8-9 °С, ростом температуры воздуха 08 мая по сравнению с предыдущим днём). Однако поворот ветра в этом случае оказался сравнительно небольшим. Если в период с 01 до 03 ч 08 мая (перед фронтом) среднее направление ветра в слое воздуха от 40 до 300 м составляло 179°, то в период с 05 до 07 ч (после прохождения фронта) оно увеличилось в этом слое лишь до 202°. Таким образом, поворот составил лишь около 20°; как мы видели выше (рис.7.8), при прохождении холодных фронтов величина поворота обычно больше.

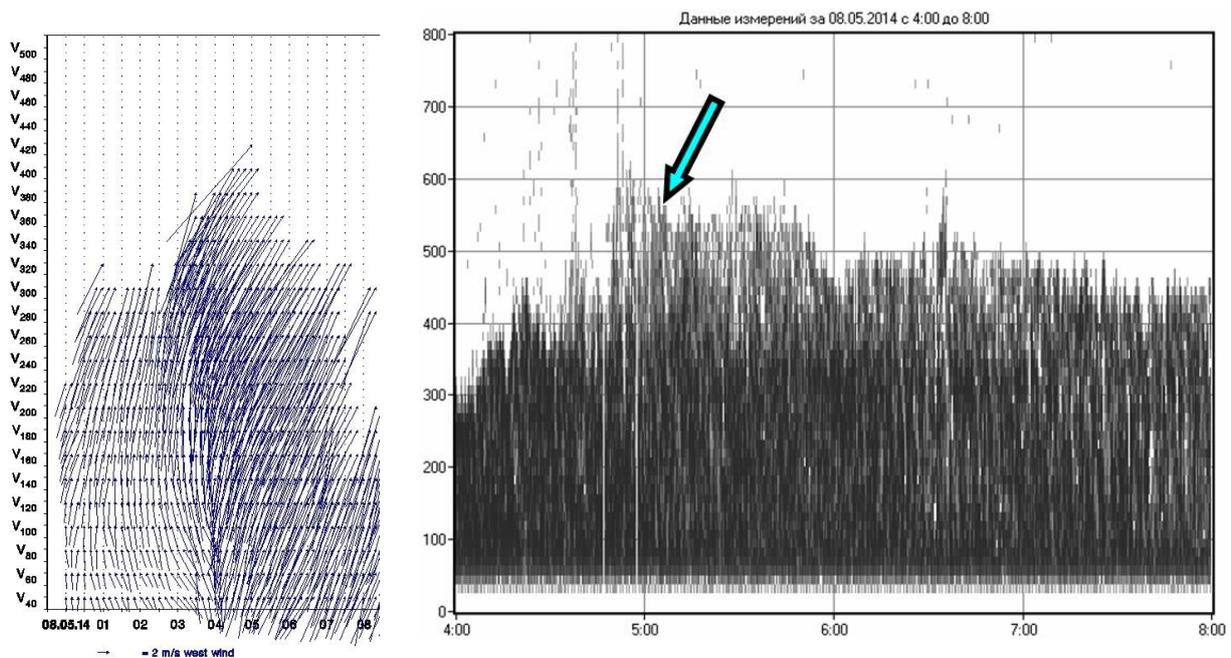


Рисунок 7.10 - Данные содара «MODOS» о ветре с 00 до 08 ч 08 мая 2014 г. (слева) и содара «ЭХО-1» о температурной стратификации с 04 до 08 ч 08 мая 2014 г. (справа)

Пример прохождения сразу двух фронтов, одного за другим, приведён на рис.7.11. На этом рисунке видны две зоны сгущения векторов ветра – в 3-4 и в 8-9 ч, отражающие два правых поворота ветра. Действительно, в эти часы Москва находилась во фронтальной зоне, и в МГУ шёл обложной дождь. Прохождение тёплого и, вслед за ним, холодного фронта ночью 11 мая подтверждает архивная карта приземного анализа. Косвенно наличие тёплого сектора в середине ночи подтверждается также тем обстоятельством, что температура

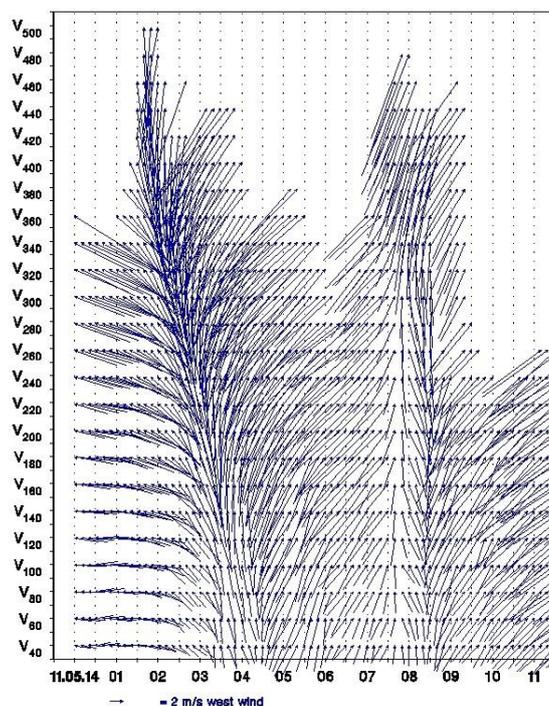


Рисунок 7.11 - Данные содара «MODOS» о ветре с 00 до 11 ч 11 мая 2014 г.

воздуха с вечера и до самого утра оставалась почти неизменной (от +9,9 до +10,9 °С), хотя обычно в течение ночи она заметно уменьшается даже при наличии сплошного покрова облаков нижнего яруса. Наконец, именно после 3 ч прекратилось падение атмосферного давления, а в 8-9 ч начался его быстрый рост, что также говорит в пользу прохождения тёплого и холодного фронтов.

Интересно отметить последовательное смещение во времени первого правого поворота ветра в направлении сверху вниз: как видно на рис.7.11, юго-восточный ветер сменился юго-западным на высоте 500 м около 2 ч ночи, а на высоте 40-60 м – лишь к четырём часам. Очевидно, что подобное смещение отражает последовательное прохождение классического профиля тёплого фронта над местом зондирования. Ещё один интересный эффект связан с резким усилением турбулентности в зоне фронта: как видим, именно во время прохождения фронтов (во время поворотов) диапазон данных о ветре резко возростал, в первом случае – даже вплоть до потолка зондирования 500 м.

Пример очень сильного запаздывания правого поворота со временем в направлении сверху вниз в зоне тёплого фронта приведён на рис.7.12. Как видим, устойчивый и сильный (вплоть до 15 м/с) юго-восточный ветер в начале ночи сменился затем северо-западным, причём изменение это последовательно смещалось во времени с 03.30-04.00 на высоте 500 м до 06.00-06.30 на высотах 320-340 м. Таким образом, смещение поворота достигло 2,5 ч в сравнительно узком высотном промежутке (всего 160-180 м), так что угол

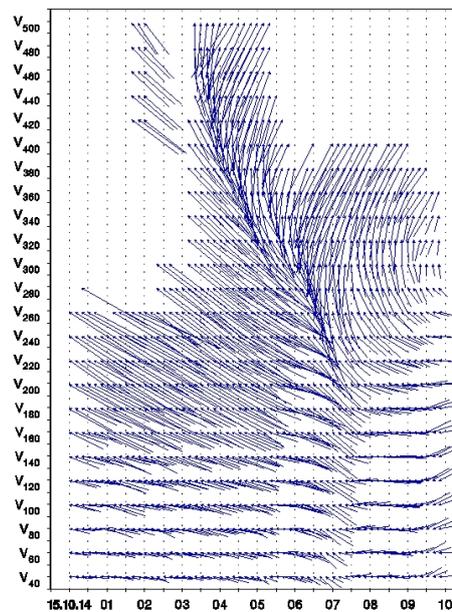
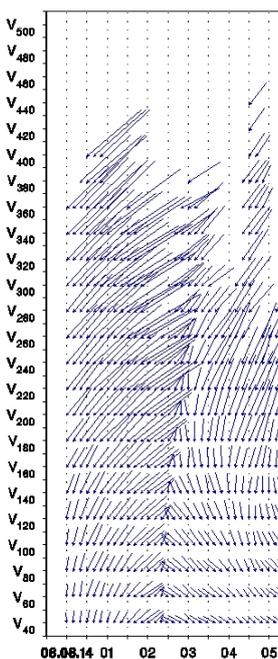


Рисунок 7.12. Данные содара «MODOS» о ветре с 00 до 10 ч 15 октября 2014 г.

наклона поверхности фронта с учётом средней скорости ветра (8,9 м/с в слое 300-500 м с 4 до 6 ч) составил лишь около 7'.

Заметим, что прохождение тёплого фронта в системе циклона с центром над Белоруссией не вызывает сомнений: оно проявилось и в прекращении быстрого падения давления после 7 ч, и в атмосферных явлениях (дымка после прохождения фронта, в тёплом секторе), и подтверждается синоптической картой.



7.4.4. Левый поворот ветра во времени. В отдельных случаях возможны и левые (против часовой стрелки) повороты ветра во времени. Интересный пример подобного крайне резкого поворота приведён на рис.7.13. Если до 02 ч 08 августа направление ветра над Москвой было северо-восточным (в начале ночи в нижнем 120-метровом слое воздуха – северным), то после 02.20-02.40 оно в слое до 160 м стало северо-западным. Примечательно, что поворот ветра приблизительно на 90-100° произошёл чрезвычайно быстро – всего за 20-30 минут. Так, на высотах 40 и 60 м направление ветра ещё в 02.10 составляло соответственно 45 и 43°, а в 02.30 – уже 306 и 313°. Интересно также

Рисунок 7.13 - Данные содара «MODOS» о ветре с 00 до 05 ч 08 августа 2014 г.

отметить запаздывание этого поворота с высотой в направлении снизу вверх: если в приземном слое поворот произошёл уже в 02.20, то на высоте 200 м – позднее, лишь в 02.40. Выше 200 м заметного левого поворота не было.

Очевидно, что левый поворот ветра во времени обычно наблюдается при прохождении с запада на восток северной периферии антициклона или оси атмосферного гребня, протяжённого в меридиональном направлении с выпуклыми изобарами к северу (в сторону уменьшения давления). Аналогично левый поворот может отмечаться и при прохождении над местом наблюдений с запада на восток северной периферии циклона или оси ложбины – также с выпуклыми изобарами в направлении на север (в сторону роста давления). Кроме того, левые повороты возможны и при прохождении с востока на запад южной периферии антициклона или циклона, а также оси гребня или ложбины с изобарами, вогнутыми по направлению к северу, однако подобные случаи редки [2].

Действительно, ночью 08 августа, по данным карты приземного анализа Германского центра погоды, к югу от Москвы проходила ось ложбины. Небольшой локальный минимум атмосферного давления прослеживался в эти часы и на стационарной барограмме МГУ.

7.4.5. Необычно высокая приземная инверсия. С примером поворота ветра при прохождении тёплого фронта связан ещё один интересный эффект. Как видно на правом фрагменте рис.7.10, представляющим собой высотно-временную развёртку эхо-сигнала содара «ЭХО-1» (подобную развёртке данных о ветре содара «MODOS»), турбулентная структура приземной инверсии, отмеченная голубой стрелкой, после прохождения тёплого фронта оказалась необычно высокой. В среднем за час, с 05 до 06 ч, она составила 550 м, а в отдельные моменты достигала даже 600-610 м. Очевидно, что приземная инверсия была усилена в эти часы тёплой адвекцией, связанной с прохождением атмосферного фронта. Заметим, что максимум-максимум этого показателя (мощности проявления приземной инверсии в структуре мелкомасштабной турбулентности) в среднем за час составляет по многолетним данным содара «ЭХО-1» 680 м; это значение было отмечено 26 апреля 1989 года.

7.4.6. Необычно высокие конвективные термики. Отдельный интерес представляет высота конвективных структур на содарной записи – показатель, связанный с верхним

пределом распространения конвективных термиков в условиях неустойчивой стратификации.

Как показывает опыт сравнений, в среднем реальная высота подъёма отдельных термиков равна приблизительно учетверённой высоте конвективных структур («перьев») на записи содара «ЭХО-1». В среднем подобные структуры прослеживаются на содарной записи вплоть до 220 м, однако в некоторых случаях наблюдаются чрезвычайно высокие термики. Так, в 14.19 24 августа 2014 года, как видно на рис. 7.14, была отмечена турбулентная структура конвективной природы с высотой около 570 м (рекордно же высокое значение за всю историю акустического зондирования в МГУ составило 610 м и было отмечено 20 июня 1999 года). Ещё одна чрезвычайно высокая конвективная структура с высотой 550 м была отмечена по данным содара «ЭХО-1» 02 сентября с 17.21 до 17.23.

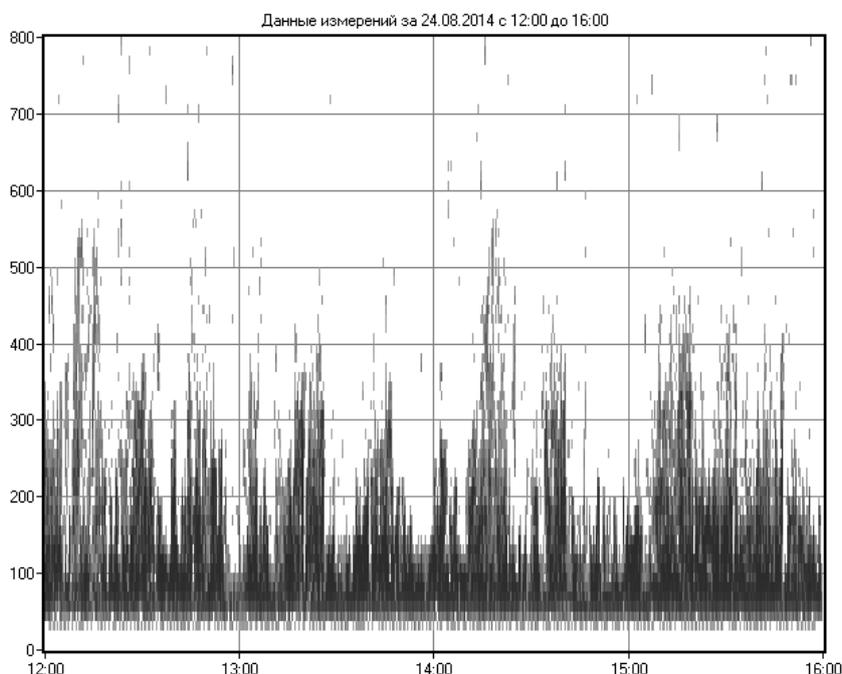


Рисунок 7.14 - Данные содара «ЭХО-1» о температурной стратификации с 12 до 16 ч 24 августа 2014 г. Пример необычно высоких термиков.

7.4.7. Сложная многослойная структура устойчивого пограничного слоя. Рассмотрим теперь интересные примеры нескольких приподнятых инверсий, отмеченных на содарной записи одновременно одна над другой. Как видно на рис.7.15, в отдельных случаях прослеживаются одновременно два, а то и три слоя отдельных приподнятых инверсий, разделённых промежутками с отсутствием эхо-сигнала (белый цвет на содарной записи). Для наглядности они показаны на записи голубыми стрелками. С учётом же самого нижне-

го слоя приземной инверсии общее число инверсионных слоёв достигает даже четырёх, как это видно на правом фрагменте рисунка 7.15.

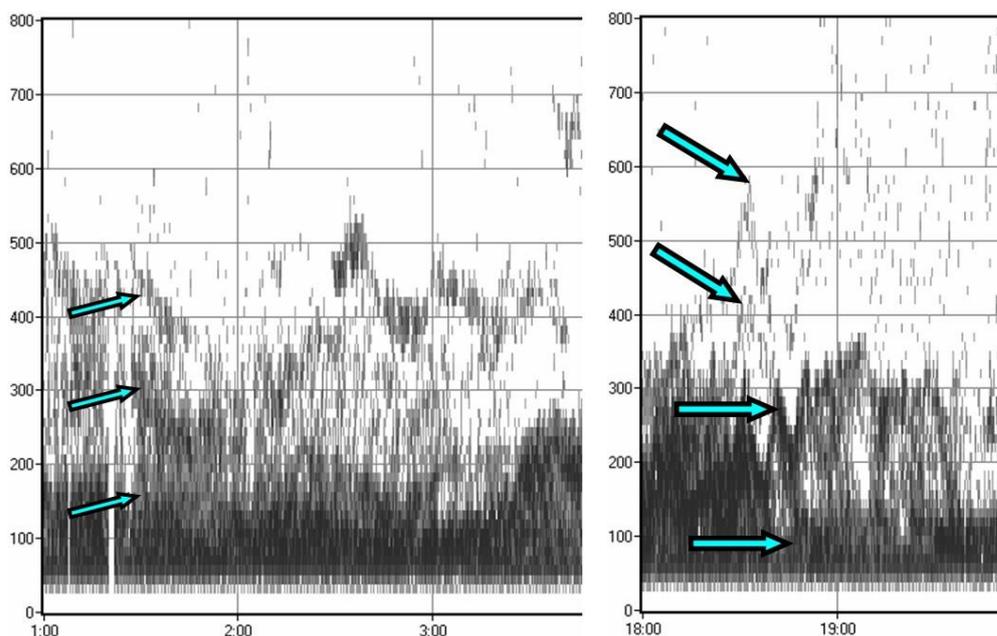


Рисунок 7.15 - Данные содара «ЭХО-1» о температурной стратификации с 01 до 04 ч 27 мая 2014 г. (слева) и с 18 до 20 ч 07 июня 2014 г. (справа). Примеры нескольких одновременно существующих приподнятых инверсий

7.4.8. Долгоживущие инверсии оседания. В отдельных случаях приподнятые инверсии оседания могут непрерывно отмечаться в пределах нижнего 800-метрового слоя воздуха по содарным данным в течение нескольких дней подряд. Обычно столь долгоживущие инверсии наблюдаются в холодное время года: поздней осенью или в начале зимы. Очевидно, что подобные случаи чреваты резким повышением уровня приземного загрязнения воздуха в столице выше предельно допустимых значений – особенно, при слабом ветре.

Пример такой инверсии оседания, существовавшей долгое время в промежутке высот от 300 до 600 м, приведён на рис.7.16. Она образовалась в 09 ч 05 ноября и слилась со слоем приземной инверсии в 17 ч 07 ноября, однако поверх этой приземной инверсии ещё один слой приподнятой инверсии отмечался вплоть до 19 ч 07 ноября. Таким образом, общая продолжительность существования приподнятой инверсии (в отдельные промежутки времени их было две одновременно, одна поверх другой) составила 56 ч, а с учётом второго вышележащего слоя – 58 ч. Однако, если учитывать и приземные инверсии, то общее время существования инверсионных условий (либо приземных, либо приподнятых

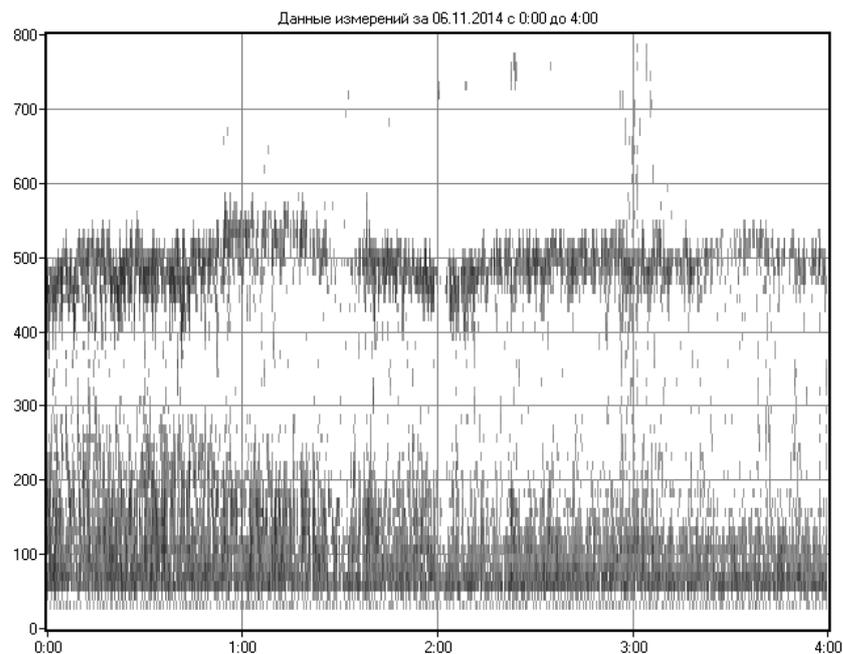


Рисунок 7.16 - Данные содара «ЭХО-1» о температурной стратификации с 00 до 04 ч 06 ноября 2014 г. Пример долгоживущей приподнятой инверсии

инверсий, либо тех и других одновременно) составило 110 часов: с 17 ч 03 ноября и до 07 ч 08 ноября. Ещё один пример длительной приподнятой инверсии был отмечен по данным содара «ЭХО-1» в конце сентября. Тогда такая инверсия непрерывно отмечалась на содарной записи на высотах от 300 до 600 м 32 часа (с 17 ч 24 сентября до 01 ч 26 сентября). Большую часть этого времени существовали одновременно две, а с 23 до 24 ч 25 сентября – даже три приподнятые инверсии. Отслеживание подобных случаев необычно долгих температурных инверсий имеет большое значение для задач экологического мониторинга столицы.

7.4.9. Динамическое разрушение инверсии осадками. Рассмотрим также примеры проявления в содарных данных явления обильных осадков. В ряде случаев выпадение осадков, особенно жидко-капельных в зонах фронтов в тёплое время года, приводит к динамическому разрушению слоя приземной инверсии. Подобный пример приведён на рис.7.17. Как видим, ярко выраженная турбулентная структура приземной инверсии (существующая благодаря развитию в слое сдвига ветра динамической турбулентности и проявляющаяся в содарных данных в виде слоя чёрного цвета) внезапно резко ослабла в 23.04 и, затем, полностью исчезла в 23.10. Белый цвет во всём диапазоне зондирования после 23.10 означает безразличную стратификацию в атмосферном пограничном слое, связанную с

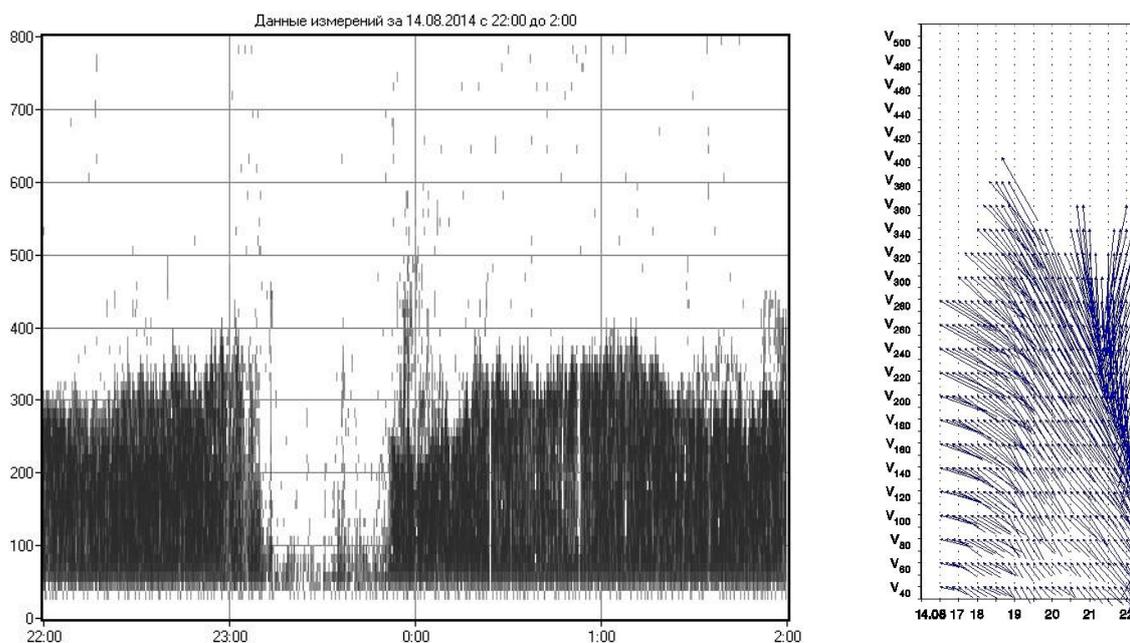


Рисунок 7.17 - Данные содара «ЭХО-1» о температурной стратификации с 22 ч 14 августа до 02 ч 15 августа 2014 г. (слева) и данные содара «MODOS» о ветре с 17 до 22 ч 14 августа 2014 г. (справа). Пример разрушения приземной инверсии фронтальными осадками.

интенсивным динамическим перемешиванием. Действительно, в это время Москву проходил атмосферный фронт. Он проявился и в ярко выраженном повороте ветра, как это видно на правом фрагменте рис.7.17, и в замедлении падения атмосферного давления, и в явлениях грозы и ливневого дождя. Гроза отмечалась с 22.28 до 01.00 по летнему московскому времени, причём с 23.00 до полуночи она была умеренной, а до и после – слабой. Слабый ливневый дождь начался в 22.44, в 23.08 стал умеренным, а с 23.55 – вновь слабым. Примечательно, что структура приземной инверсии исчезла на содарной записи одновременно с усилением дождя, а как раз в 23.52, при его ослаблении, появилась на ней вновь (отражая не только восстановление приземной инверсии, но и её перенос с воздушным потоком со стороны, не затронутой дождём). Таким образом, очевидна тесная связь динамического перемешивания с периодом наблюдения умеренного (фактически – сильного) дождя.

Напоследок рассмотрим на рис.7.18 ещё один пример опасного ливня, выпавшего в МГУ с 14.45 до 22.20 ч по зимнему времени 21 июня 2014 г. и в период с 17.15 до 19.20 отмеченного как сильный (заметим, что сильная степень осадков в силу сложившейся традиции крайне редко отмечается в стационарных наблюдениях). В эти часы в МГУ выпало 30,3 мм осадков, что ставит данное явление в один ряд с наиболее сильными осадками за

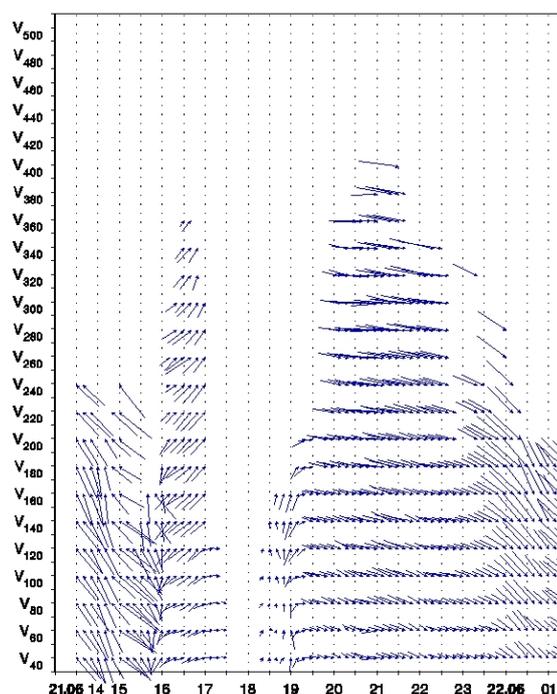


Рисунок 7.18 - Данные содара «MODOS» о ветре с 14 ч 21 июня до 01 ч 22 июня 2014 г. во время опасного ливня.

всю историю существования Метеорологической обсерватории МГУ. Лишь в исключительно редких случаях количество осадков превышает это значение (например, днём 06 июня 1991 года – 71,4 мм; вечером 30 июля 2004 года – 78,6 мм).

Как видно на рис.7.18, из-за сильных шумов, связанных с опасным ливнем, в период с 17.30 до 18.20 при работающем содаре «MODOS» не было получено ни одного значения скорости и направления ветра (отношение сигнала к шуму в это время было крайне малым, близким к нулю). Данные о ветре до и после ливня показывают резко выраженный правый поворот, вполне обычный для обострённого атмосферного фронта.

Таким образом, содарные данные, как о ветровом режиме, так и о температурной стратификации нижней атмосферы служат важным подспорьем в исследованиях атмосферных процессов и целого ряда погодных явлений.

Литература.

- 1.** Локощенко М.А. Направление ветра в Москве. М., Метеорология и гидрология, 2015, № 10, в печати.
- 2.** Локощенко М.А., Алексеева Л.И., Ахиярова К.И. О связях ветрового режима нижней атмосферы с синоптическими условиями и погодными явлениями. М., Метеорология и гидрология, 2016, принято к печати.
- 3.** Lokoshchenko M.A., Alekseeva L.I. Short-term dynamics of the atmospheric boundary layer wind structure in Moscow city by the sodar data. In: Extended Abstracts of Presentations from the 16th International Symposium for the Advancement of Boundary-Layer Remote Sensing, Boulder, Colorado, USA, 2012, pp.237-240.

8. Особенности облачного покрова и продолжительности солнечного сияния

Горбаренко Е.В.

Информация о продолжительности солнечного сияния получена на основе записей гелиографа универсальной модели Кэмпбелла — Стокса. Анализ режима облачности представлен по ежечасным наблюдениям актинометрического отдела, проводимых в светлое время суток, а так же по наземным (круглосуточным) визуальным наблюдениям в основные метеорологические сроки.

В таблице 8.1 представлены средние месячные значения ПСС, балла облачности в 2014 году, за период 1961-1990 гг. (норма ВМО) и период 1999-2009 гг. (в этот период проводились актинометрические измерения по всему комплексу приборов). Экстремальные значения выбраны за период с начала наблюдений до 2013 года.

2014 год стал самым ясным за 60 лет наблюдений в МО МГУ! Продолжительность солнечного сияния (ПСС) была на 25% выше климатической нормы, составила 48 % от возможной ПСС и превысила прежний максимум 2002 года на 42 часа. Число дней без Солнца на 15 дней меньше среднего значения. Только для трех месяцев года ПСС ниже нормы: четвертый год подряд ниже нормы ПСС отмечается в обычно ясном феврале (на 33%); в традиционно пасмурном декабре (на 21%) и незначительное уменьшение ПСС (на 3%) – в июне. Существенное уменьшение месячных значений ПСС в зимние месяцы не повлияло на годовое значение ПСС, так как эти месяцы характеризуются минимальными значениями в годовом ходе продолжительности солнечного сияния. Большой вклад в годовое значение ПСС внесли весенние и летние месяцы, когда астрономические факторы определяют большой приход радиации к земной поверхности. С апреля по октябрь значения ПСС составили больше 50% от возможной ПСС. В апреле и июле 2014 года наблюдались **максимальные значения** ПСС за весь период наблюдения (табл.8.1, рис.8.1). Больше половины года (201 день) суточные суммы ПСС за отдельные дни были выше средних многолетних значений, для 8 дней 2014 суточные значения ПСС превысили максимальную ПСС для этого дня за весь период наблюдений (рис.8.2).

Внутригодовая изменчивость значений продолжительности солнечного сияния обусловлена астрономическими факторами, определяющими длину дня. Отклонения от теоретического распределения ПСС вызвано особенностями режима облачности. Годовой ход ПСС полностью согласуется с внутригодовым распределением облачности (рис. Рис.8.3).

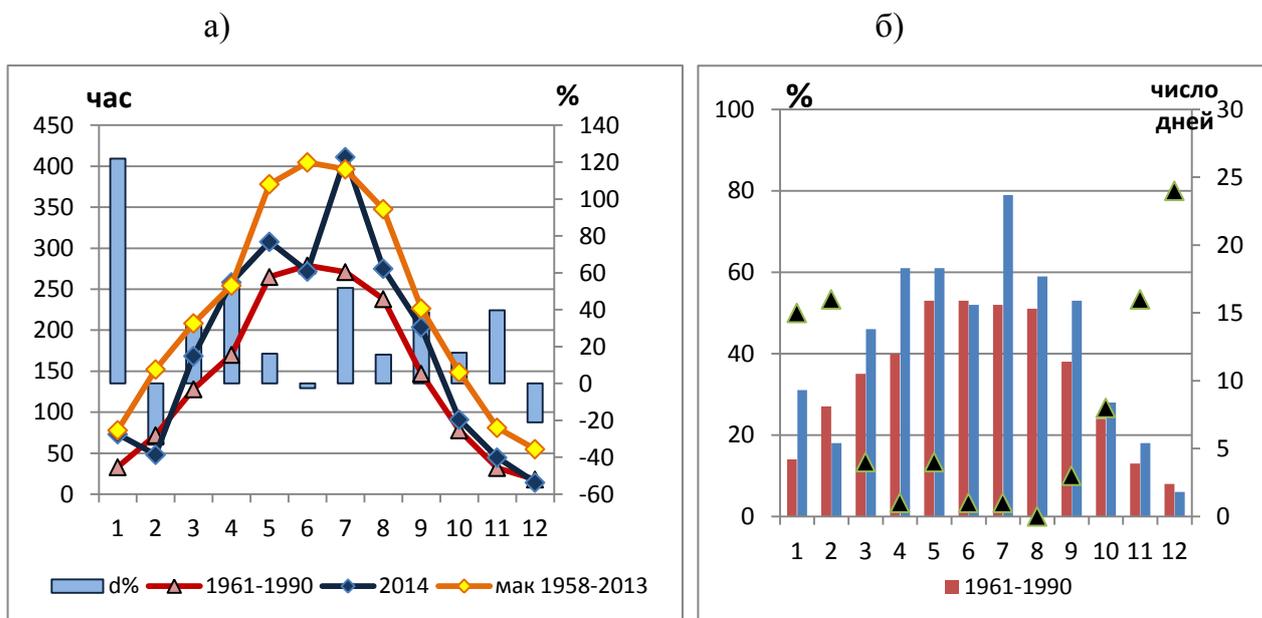


Рисунок 8.1 – Годовой ход: а- продолжительности солнечного сияния; б - % от возможного и числа дней без Солнца

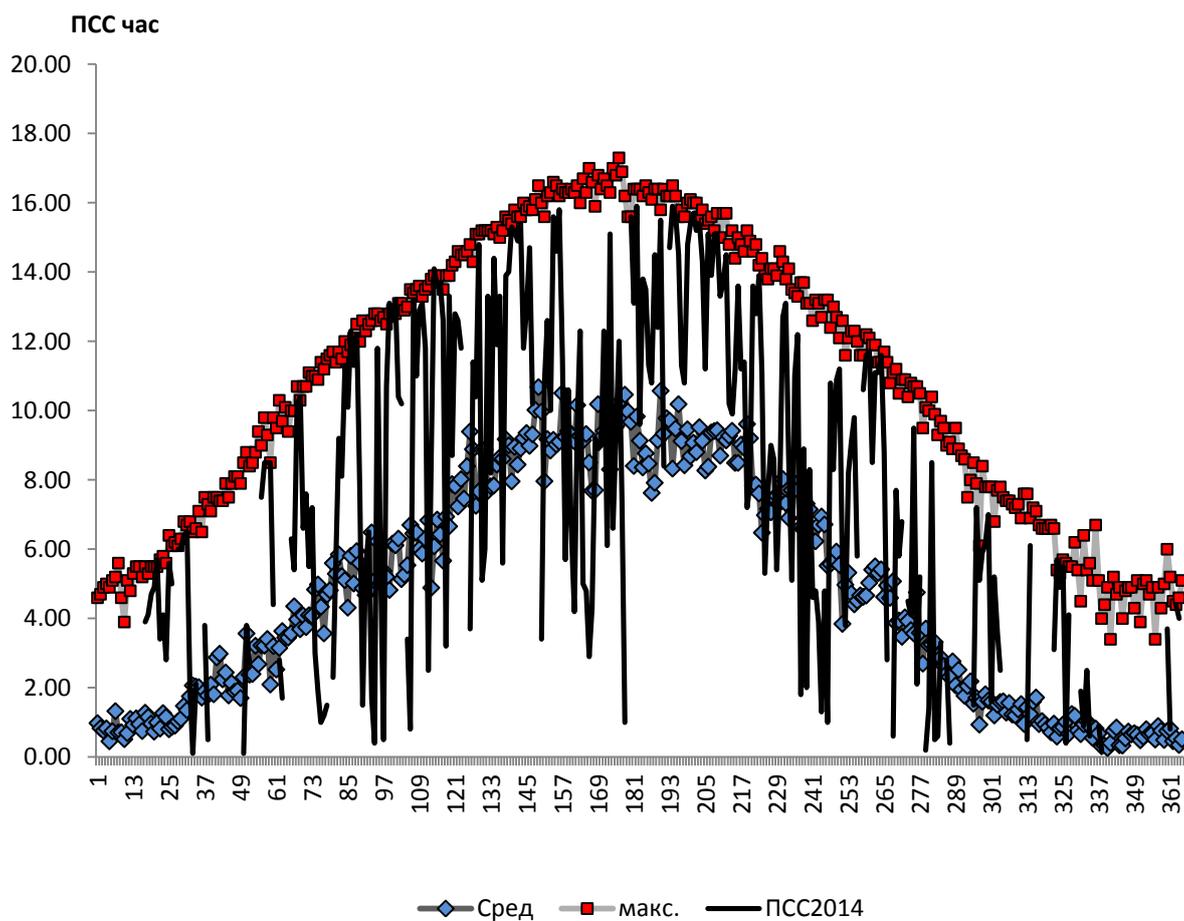


Рисунок 8.2 – Ход суточных значений PSS за каждый день года

Таблица 8.1 – Продолжительность солнечного сияния и облачность

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
ПСС час.													
2014	73,2	48,1	168,5	258,4	307,9	271,7	411,2	275,10	203,8	91	44,7	14,2	2168
1961-1990	33	72	128	170	265	279	271	238	147	78	32	18	1731
d%	122	-33	32	52	16	-3	52	16	39	17	40	-21	25
1999-2009	25,5	59,4	148,2	210,9	288,8	290,1	304,9	245,9	181,5	75	30,9	16,9	1878
мин	7,6	22,7	65,9	92,4	123,3	159,9	191,7	130,6	57,3	18	7,9	0	1478
год	1966	1991	1976	1986	1980	2003	1993	1960	1990	1982	1976	1968	1980
мак	78	152,2	208,4	254,5	378,2	404,8	396,4	347,8	226,5	148,7	81,1	55	2126
год	1973	1969	1996	1965	2002	1999	2010	1955	1974	2005	1958	2002	2002
ПСС % от возможного													
2014	31	18	46	61	61	52	79	59	53	28	18	6	48
1961-1990	14	27	35	40	53	53	52	51	38	24	13	8	38
Δ	17	-9	11	21	8	-1	27	8	15	4	5	-2	10
1999-2009	11	22	40	50	57	55	58	53	47	23	12	8	42
число дней без Солнца													
2014	15	16	4	1	4	1	1	0	3	8	16	24	93
Сред.	19	13	8	5	2	1	1	2	4	11	19	22	108
балл общей облачности													
2014	7,8	9,3	8	6,3	6,5	8	5,9	7,4	7,4	8,8	8,9	9,5	7,8
1965-2013	8,7	8,2	7,9	7,9	7,4	7,4	7,3	7,2	8,1	8,7	9,1	9,1	8,1
Δ	-0,9	1,1	0,1	-1,6	-0,9	0,6	-1,4	0,2	-0,7	0,1	-0,2	0,4	-0,3
1999-2009	9,3	8,7	8	7,8	7,5	7,7	7,6	7,6	7,7	8,9	9,2	9,3	8,3
мин	6,2	4,7	5,6	5,3	5,5	4,9	5,1	4,8	6,5	7,2	7,4	7,3	7
год	1973	1969	1969	1965	1970	1999	2010	1996	1974	1987	1975	1985	1972
мак	9,9	9,7	9,3	9,4	9,2	8,9	9,2	8,8	9,7	9,8	9,9	10	8,6
год	2004	2002	1988	1973	1980	2005	2013	1987	2013	2006	2010	2000	2013
балл нижней облачности													
2014	6,6	6,7	4,3	3,2	3,6	5,2	2,8	4,3	4,6	6,2	6,7	8,5	5,2
1965-2013	7,1	6,2	5,5	5,1	4,6	5,0	4,9	4,9	5,8	7,0	8,1	7,9	6,0
Δ	-0,5	0,5	-1,2	-1,9	-1,0	0,2	-2,1	-0,6	-1,2	-0,8	-1,4	0,6	-0,8
1999-2009	8	6,9	5,6	4,5	4,6	5,1	4,7	4,9	4,9	7,2	8,2	8,4	6,1
мин	3,6	1,7	2,8	3,5	2,8	2,9	2,3	3,2	3,3	4,4	5,3	5,3	4,8
год	1973	1969	1969	2009	1967	1972	1996,201	1974	1974	1987	1967	2002	1967
мак	9,1	8,8	7,4	7,3	7,7	7,2	6,6	7	8,4	9,3	9,4	9,7	6,8
год	1994	1990	1978	1986	1980	2003	1979	1980	2013	1982	2003	2000	1990
облачность в метеорологические сроки													
2014об	8	9,2	7,8	6,4	6,4	7,7	5,7	6,9	7,3	8,7	8,4	9,4	7,6
2014н	6,9	7,1	4,5	3,2	3,5	5	2,4	3,8	4,7	6,2	6,7	8,5	5,2

В целом за год балл и нижней и общей облачности ниже среднего значения за период 1965-2013 гг. (табл.8.1). Девять месяцев в 2014 году балл нижней облачности и шесть месяцев балл общей облачности был ниже нормы (табл.8.1, рис.8.3). Наибольшее уменьшение относительно среднего значения за период 1955-2013 гг. отмечено для облаков

нижнего яруса, в среднем за год на 0.8 балла; для общей облачности ниже на 0.3. В 2014 году наблюдалась продолжительная малооблачная погода с марта по октябрь, только в июне и для нижней и для общей облачности отмечено увеличения балла относительно среднего многолетнего значения. В апреле значение балла нижней облачности стало **абсолютным минимумом**, а в июле приблизилось к минимуму, что и определило максимальные значения ПСС в эти месяцы за весь период наблюдения.

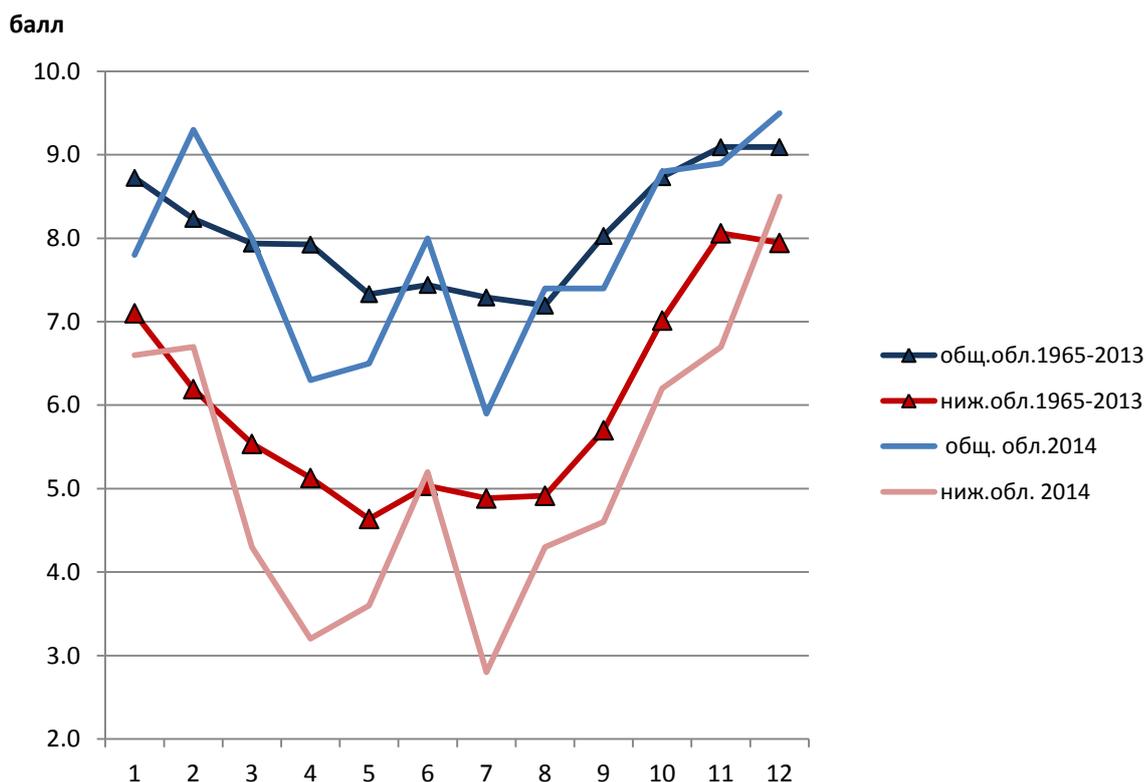


Рисунок 8.3 – Годовой ход балла облачности в сравнении с нормой (полученного за светлое время суток)

Среднемесячные значения балла как нижней, так и общей облачности, полученные осреднением за светлое время суток и по метеорологическим срокам, согласуются и отличаются между собой в диапазонах, допустимых для визуальных наблюдений. Среднегодовые значения балла нижней облачности, полученные разным осреднением, совпали, а для общей облачности расхождение всего 0.2 балла.

В сравнении с нормой ВМО и средними многолетними значениям в 2014 году отмечены тенденции уменьшения количества нижней и общей облачности и соответственно увеличения годовых значений ПСС (рис. 8.4).

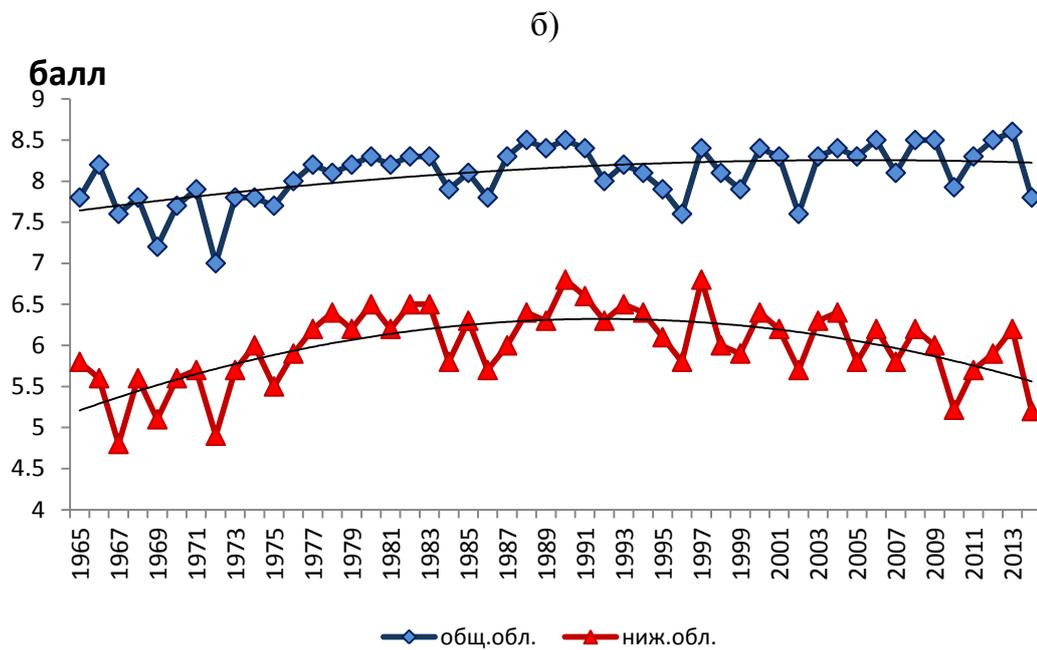
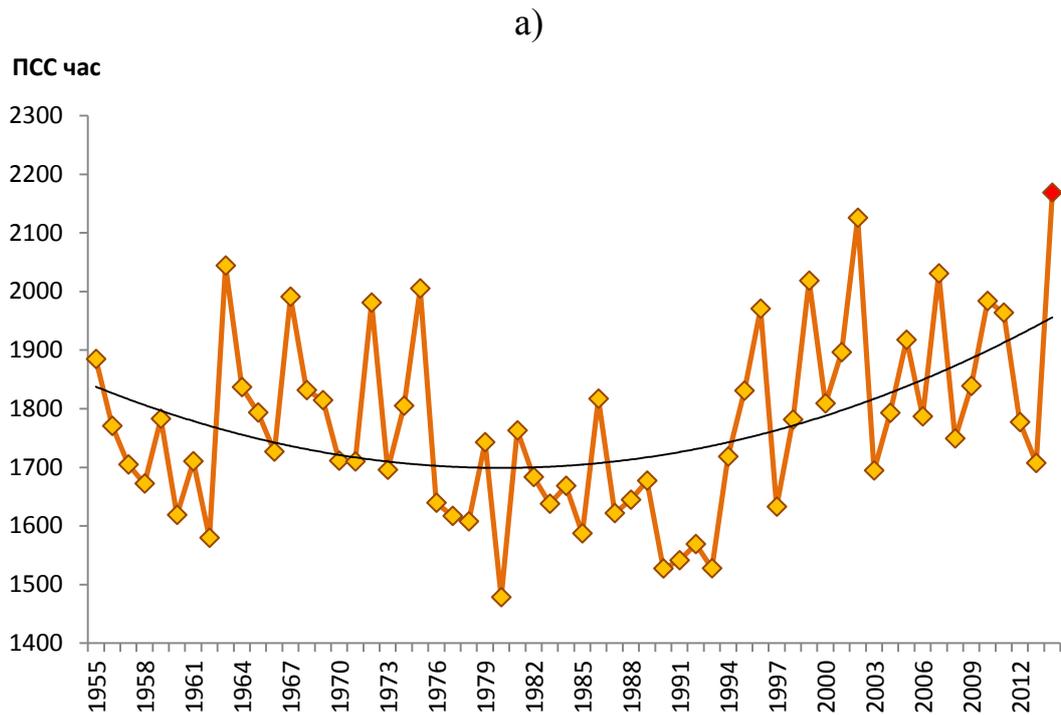


Рисунок 8.4 – Многолетние изменения: а – ПСС, б – общей и нижней облачности за светлое время суток



Часть II. АТМОСФЕРНАЯ РАДИАЦИЯ



9. Характеристика прозрачности атмосферы и составляющих радиационного баланса

Горбаренко Е.В.

Наблюдения за составляющими радиационного баланса подстилающей поверхности и их обработка в Метеорологической обсерватории МГУ производятся строго по наставлению гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям (РД 52.04.562-96 Наставление..., 1997).

Характеристики прозрачности атмосферы (коэффициент прозрачности атмосферы, приведенный к массе 2 (P_2) и аэрозольная оптическая толщина на 550 нм (АОТ550)) рассчитываются по данным измерений прямой интегральной солнечной радиации (Абакумова Г.М., Горбаренко Е.В., 2008).

В 2014 году была проведена поверка актинометров №70, №48 с Российским эталоном (Главной Геофизической Обсерватории им. А.И.Воейкова (ГГО)). Оба прибора признаны эталонными актинометрами 1 разряда.

В течение всего 2014 года прозрачность атмосферы существенно выше средних значений (табл.9.1). Среднее годовое значение коэффициента прозрачности атмосферы в 2014 г. на 8% выше нормы.

Таблица 9.1 – Характеристики прозрачности атмосферы

Коэффициент прозрачности атмосферы													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
2014	0,818	0,767	0,783	0,766	0,738	0,754	0,747	0,732	0,746	0,779	0,77		0,764
1961-1990	0,756	0,749	0,731	0,693	0,690	0,700	0,697	0,692	0,713	0,756	0,768	0,770	0,709
d%	8	2	7	11	7	8	7	6	-	3	0	-	8
1999-2009	0,792	0,777	0,768	0,725	0,737	0,749	0,714	0,718	0,713	0,760	0,781	0,799	0,739
АОТ 550													
2014	0,03	0,13	0,1	0,12	0,15	0,12	0,12	0,15	0,14	0,08	0,08		0,11
1961-1990	0,18	0,2	0,22	0,28	0,28	0,24	0,25	0,26	0,23	0,16	0,14	0,18	0,24
d%	-83	-35	-55	-57	-46	-50	-52	-42	-39	-50	-43	-	-54
1999-2009	0,05	0,10	0,13	0,20	0,15	0,13	0,18	0,19	0,20	0,12	0,06	0,04	0,13
d%	-40	32	-25	-39	-1	-4	-34	-20	-	-33	33	-	-17
мак	0,47	0,44	0,44	0,54	0,51	0,39	0,35	0,9	0,64	0,38	0,34	0,44	0,33
год	1968	1985	1992	1983	1983	1981	1972	2010	2002	1984	1965	1966	1983
мин	0,01	0,02	0,07	0,09	0,09	0,07	0,1	0,1	0,06	0,03	0,01	0,01	0,10
год	2009	1989	1997	2012	1997	2004, 1994	1980	2000	2003	2013	2003	2007, 1999	2013

*-d%=(Y2014-Yнорма)/Yнорма*100%

Годовое значение АОТ550, более чем в два раза меньше нормы, продолжилась десятилетняя тенденция увеличения прозрачности атмосферы в Москве (рис.9.1).

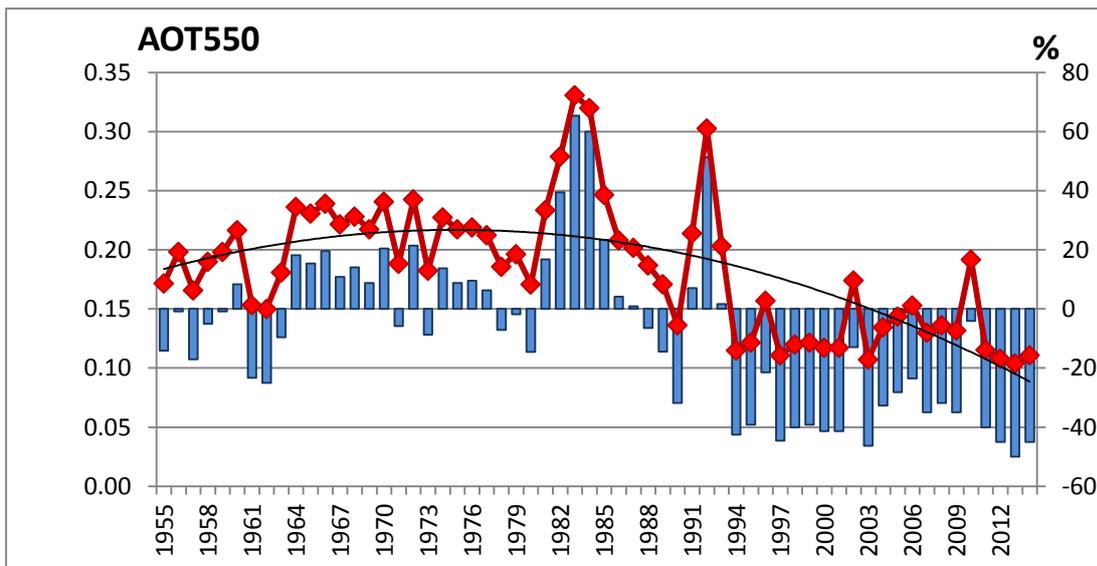


Рисунок 9.1– Многолетняя изменчивость аэрозольной оптической толщины на 550 нм

Практически во все месяцы года значения АОТ550 на 35%-83% ниже нормы и близки к минимальным значениям за весь период наблюдений (табл.9.1). Годовой ход АОТ550 в 2014 году не имеет выраженного характера. С 2011 года в годовом ходе АОТ550 мы не наблюдаем характерный для Москвы весенний максимум, а значение летнего максимума в 2014 году соответствует минимуму в годовом ходе для «нормального года», который наблюдается в ноябре (рис.9.2).

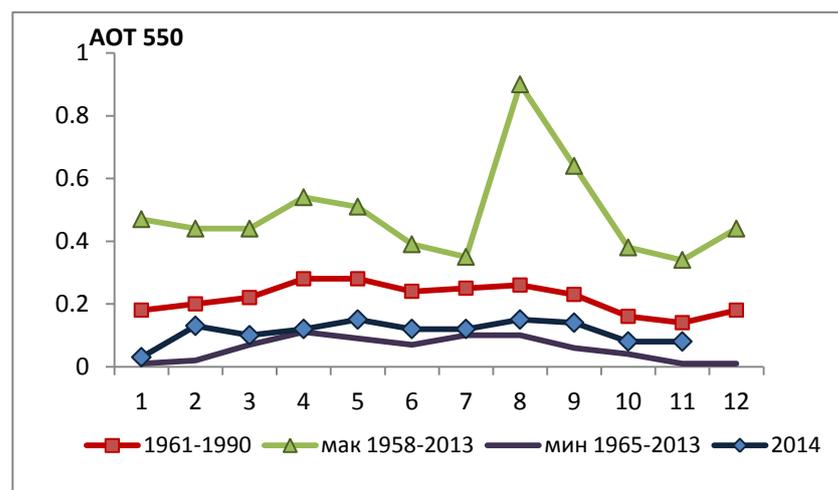


Рисунок 9.2 – Годовой ход аэрозольной оптической толщины на 550 нм

В декабре не было условий для расчета параметров прозрачности атмосферы.

Приход суммарной интегральной солнечной радиации в 2014 году превысил норму на 8%. Малооблачная погода и высокая прозрачность атмосферы определили большой при-

ход солнечной радиации с марта по октябрь. В течение девяти месяцев года месячные суммы Q превысили норму. Апрельское значение суммарной радиации стало **абсолютным максимумом** за весь период наблюдений. Существенное уменьшение суммарной радиации отмечено в феврале и декабре (на 27% и 23% ниже нормы соответственно), также небольшое уменьшение относительно нормы отмечено в июне (табл.9.2, рис.9.3а).

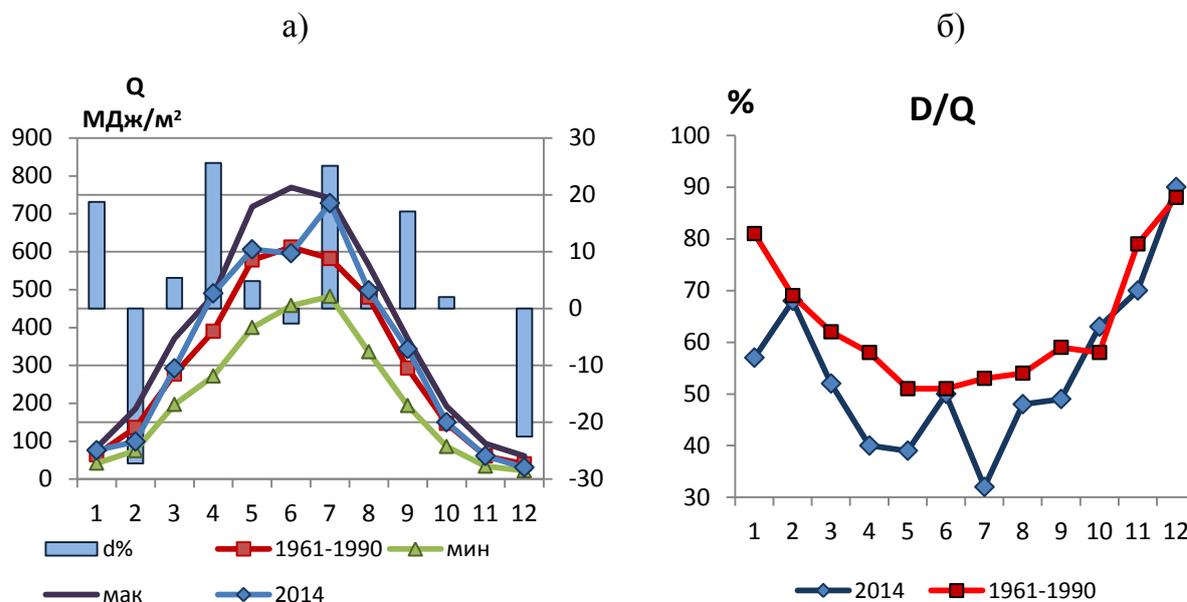


Рисунок 9.3 – Годовой ход: а- суммарной радиации, б – отношения D/Q

Годовой ход средних суточных значения суммарной радиации (ΣQ_c) соответствует внутригодовой изменчивости месячных значений. 31 января 2014 года отмечена **максимальная суточная сумма** для этого месяца (табл. 9.3).

Особенностью этого года стало не типичное для Москвы соотношение прямой и рассеянной радиации в суммарном потоке. В целом за год суммарная радиация на 55% состояла из прямой радиации, т.е. $D/Q=45\%$, что на 12% меньше нормы. Это значение стало **минимальным** за весь период наблюдений. Годовой приход прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность стал **максимальным** за весь период наблюдений. Соотношение D/Q практически во все месяцы года

Таблица 9.2 – Составляющие радиационного баланса

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Месячные суммы суммарная радиация Q (МДж/м ²)													
2014	76	99	292	490	606	596	728	498	343	150	61	31	3970

1961-1990	64	136	277	390	578	612	582	480	293	147	61	40	3660
d%	19	-27	5	26	5	-3	25	4	17	2	0	-23	8
1999-2009	52	122	285	423	590	599	604	468	311	140	54	34	3682
d%	46	-19	2	16	3	-1	21	6	10	7	13	-9	8
минимум	42	75	197	272	400	458	482	336	194	86	34	22	3346
год	1989	1990	1979	1986	1980	2003	1993	1960	1990	1970 1986	2003	1960	1990
максимум	83	186	371	485	719	769	742	565	371	192	94	61	4065
год	1973 2010	1969	1996	1963	2002	1968	2010	1971	1974	1987	1967	2002	1963
Доля рассеянной радиации в суммарной D/Q (%)													
2014	57	68	52	40	39	50	32	48	49	63	70	90	45
1961-1990	81	69	62	58	51	51	53	54	59	58	79	88	57
Δ%	-24	-1	-10	-18	-12	-1	-21	-6	-10	5	-9	2	-12
1999-2009	85	73	58	51	47	49	49	52	54	69	80	88	53
Отраженная радиация Rk (МДж/м ²)													
2014	48	41	68	111	132	114	158	97	77	30	10	15	901
1961-1990	40	87	131	68	117	126	117	96	58	32	24	22	918
d%	20	-53	-48	63	12	-10	35	1	32	-5	-58	-31	-2
1999-2009	31	74	136	79	116	116	109	85	58	26	17	17	863
d%	53	-45	-50	40	14	-1	45	15	34	17	-42	-10	4
минимум	22	30	51	37	73	90	92	67	31	14	8	5	682
год	1971	2002	2003	1986	1980	2003	2007	2006	1990	1970	1996	2008	2008
максимум	53	133	233	158	155	178	151	127	80	54	44	33	1239
год	1967	1969	1963	1963	1967	1967	1994	1965	1963	1976	1988	1977	1963
Месячные суммы радиационного баланса В (МДж/м ²)													
2014	-16	9	103	218	317	303	372	233	148	27	-14	-10	1690
1961-1990	-34	-26	30	159	267	299	284	212	99	19	-20	-31	1258
d%	53	134	243	37	19	1	31	10	49	42	35	68	34
1999-2009	-15	-11	39	182	289	302	321	224	122	31	-9	-16	1461
d%	71	190	161	20	10	0	16	4	21	-14	22	31	16
минимум	-65	-72	-34	115	201	224	237	140	61	-5	-38	-56	1117
год	1972, 1973	1969	1970	1983	1980	2003	1993	1960	1990	1976	1975	1962	1980
максимум	4	11	97	206	354	373	374	279	141	42	4	-4	1631
год	2006	2002	2002	2009	2002	1999	2010	2004	2007	2007	2009	2000	2011
Альbedo подстилающей поверхности А* (%)													
2014	64	42	23	23	22	19	22	19	22	20	17	46	23
1961-1990	63	64	46	17	20	21	20	20	20	21	39	56	25
Δ	1	-22	-23	6	2	-2	2	-1	2	-1	-22	-10	-2
1999-2009	60	59	47	19	20	19	18	18	19	18	31	48	25
минимум	50	36	19	12	16	18	14	15	15	13	18	23	19
год	1971	2002	2002	1979	1970	> 3 лет	2002	2002	2002	2008	1996	2008	2002
максимум	73	79	70	33	24	24	24	25	25	36	58	78	31
год	1960	1959	2013	1963	1966	1964	1965	1965	1994	1976	1960	1959	2008

Примечание: *- А рассчитано по месячным суммам; экстремумы даны для периода 1958-2013

меньше нормы. Увеличение доли прямой радиации в суммарном потоке ($D/Q \leq 50\%$) относительно нормы отмечено с апреля по сентябрь. Незначительное превышение D/Q (на 5%, 2%) от среднего значения отмечено в октябре и декабре (табл.9.2, рис.9.3.б).

206 дней в году суточные суммы суммарной радиации выше средних, а для 5 дней года отмечен абсолютный максимум суммарной суточной суммы интегральной радиации в эти дни за весь период наблюдений (табл. 9.3, рис.9.4).

Таблица 9.3 – Суточные суммы интегральной суммарной радиации (МДж/м²)

Период	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1. Средняя суточная сумма												
1958-2013	1,95	4,43	9,25	13,61	18,15	21,08	18,19	15,58	7,51	4,55	1,73	1,09
1961-1990	2,06	4,81	8,92	12,97	18,62	20,39	18,73	15,44	9,74	4,72	2	1,28
2014	2,44	3,52	9,43	16,31	19,55	19,87	23,49	16,07	11,41	4,84	2,02	1,03
□	0,93	2,08	3,98	5,61	6,18	6,37	6,20	5,34	4,26	2,72	1,24	0,62
2. Максимальная суточная сумма												
1958-2013	5,15	10,57	18,95	24,77	30,14	31,82	31,44	26,41	20,62	13,89	6,69	3,29
Число	30	27	31	30	23	19	8	1	1	1	1	1
Год	1998	1975	2001	1988	1996	1977	1973	1980	1994	1967	1975	2002
2014	5,30 (31)	9,74	18,25	24,46	28,50	29,32	29,34	23,20	16,36	11,66	5,26	2,47
3. Минимальная суточная сумма												
1958-2013	0,23	0,48	1,19	1,23	2,17	1,68	1,62	1,69	0,98	0,38	0,1	0,12
Число	1	4	4	14	24	15	20	14	16	10	19	15,25
Год	1995	2013	1989	1970	1974	1993	1973	2004	1981	1983	1987	1960,1989
2014	0,35	1,12	2,10	4,20	3,41	6,83	6,01	5,47	2,14	0,92	0,43	0,27

Величина альbedo подстилающей поверхности в среднем за 2014 г на 2 % ниже нормы. Существенное уменьшение отражающих свойств поверхности произошло в зимние и переходные месяцы (месяцы установления и схода снежного покрова) года. Наибольшее уменьшение альbedo от нормы в марте (на 23 %), снег полностью сошел уже в первой декаде месяца. Уменьшение А на 22 % от нормы в ноябре связано с отсутствием снежного покрова в течение всего месяца, что не соответствует климату нашего региона, но стало наблюдаться постоянно в последние годы. В феврале и декабре значения альbedo соответствует наименьшим значениям

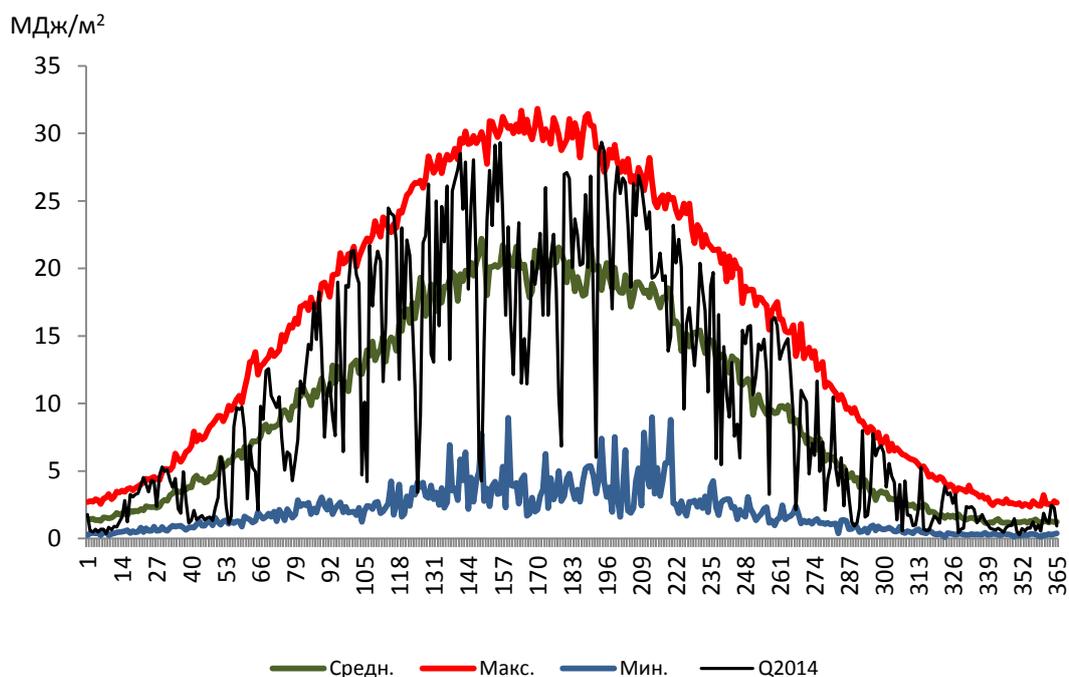


Рисунок 9.4 – Суточные суммы суммарной радиации за каждый день года

альбедо снежного покрова (практически в половине каждого месяца отмечались оттепели), приблизились к минимальным значениям и существенно меньше характерных значений для Москвы (табл.9.2, рис.9.6.б). Превышение A над нормой в апреле вызвано увеличением отражающих свойств поверхности в первой декаде месяца, когда выпал снег и пролежал пять дней.

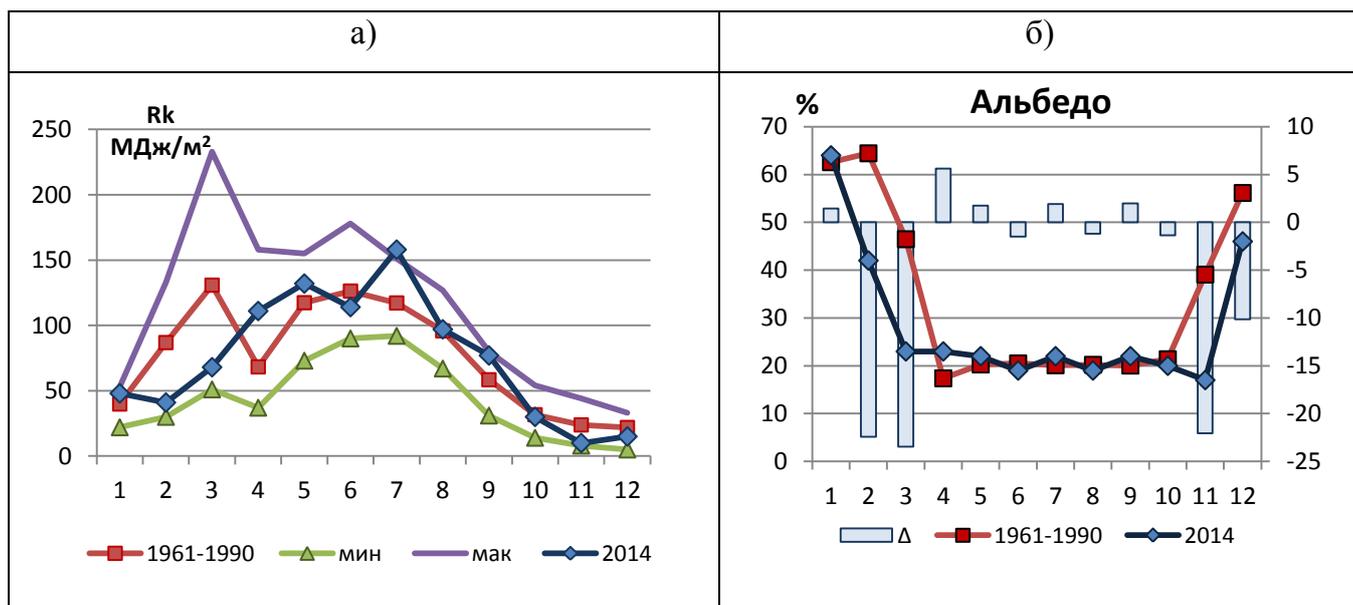


Рисунок 9.6 – Годовой ход: а- отраженной радиации, б- альбедо подстилающей поверхности

В среднем за год отраженная радиация всего на 2% ниже нормы, но внутригодовая изменчивость R_k существенно отличается от средней картины. В связи с низким значением альбедо в марте отсутствует характерный для этого месяца года максимум R_k . Высокое значение A и максимальный приток солнечной радиации в апреле определили значительное превышение (на 63%) отраженной радиации от нормы. Уменьшение R_k в июне (на 10%) и увеличение (на 35%) в июле определялось приходом суммарной солнечной радиации, значения A в эти месяцы близки к норме. Июльское значение R_k стало максимальным в годовом ходе отраженной радиации и **абсолютным максимумом** за весь период наблюдений (табл.9.2, рис.9.6.а).

Годовое значение общего радиационного баланса побил очередную рекорд, его значение в 2014 году составило 1690 МДж/м² (на 34% больше нормы) и стало **абсолютным максимумом** за весь период наблюдения. В последнее десятилетие это уже третий год смены абсолютного максимума B (рис. 9.8). Значительную часть года земная поверхность больше получала тепла, чем отдавала. Дней с отрицательной суточной суммой B было 75, что соответствует **минимальному** значению за весь период наблюдений. В течение всего года месячные суммы радиационного баланса выше нормы. Месячные значения B в феврале, марте, апреле и сентябре стали **абсолютными максимумами** (табл.9.4, рис.9.7а).

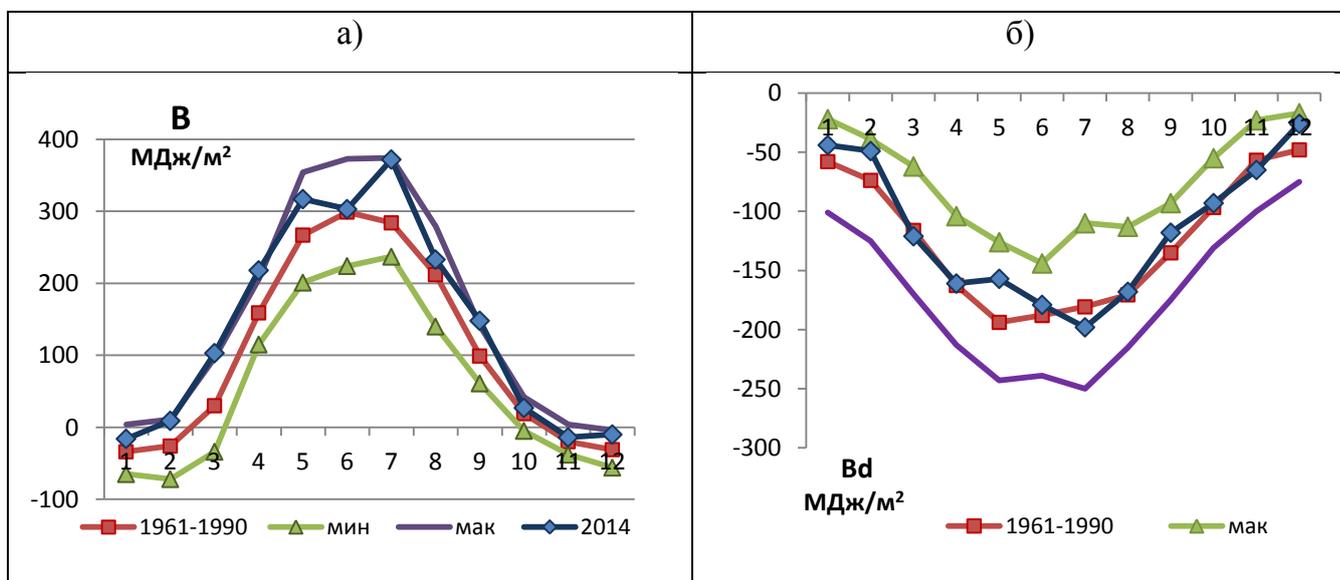


Рисунок 9.7 – Годовой ход : а- общего радиационного баланса, б- длинноволнового баланса

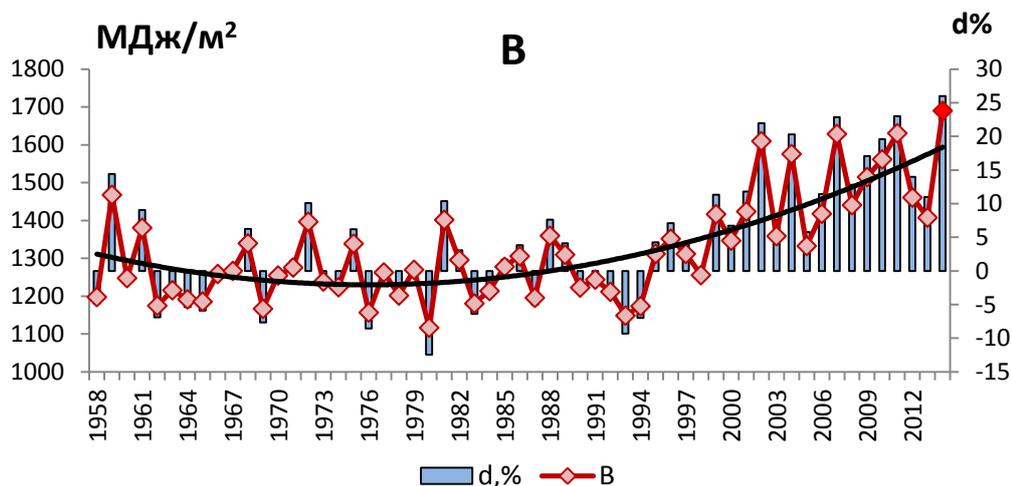


Рисунок 9.8 – Многолетние изменения радиационного баланса и отклонения годовых значений от нормы

Таблица 9.4 – Суточные суммы общего радиационного баланса (МДж/м²)

Период (годы)	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя многолетняя суточная сумма												
1958-2013	-0,62	-0,19	0,57	5,59	8,99	10,94	9,22	7,37	2,82	0,81	-0,41	-0,60
1961-1990	-1,1	-0,91	0,98	5,28	8,58	9,93	9,15	6,83	3,28	0,57	-0,67	-0,99
2014	-0,50	0,32	3,32	7,27	10,27	10,13	12,00	7,51	4,92	0,90	-0,49	-0,32
Максимальная суточная сумма												
1958-2013	0,98	1,94	10,07	15,48	18,05	18,66	17,55	15,73	10,77	5,54	2,73	0,73
Число	25	23	30	29	23	5	8	9	6	3	30	6
Год	1971	2002	2004	2013	2002	2012	1973	2007	2004	2008	1969	1961
2014	0,33	1,72	8,67	12,33	15,84	16,25	16,30	12,88	8,00	3,34	0,82	0,27
Минимальная суточная сумма												
1958-2013	-6,6	-5,83	-3,54	-2,09	0,11	-0,12	0,54	0	-1,27	-2,98	-4,64	-4,68
Число	13	27	13	3	20	12	17	20	31	11	30	9
Год	1971	2000	1971	1972	1965	1994	2000	1962	1985	1962	1965	1986
2014	-1,81	-1,08	-0,97	0,22	1,79	3,12	2,42	1,35	1,03	-1,99	-2,45	-1,29

Годовой ход суточных сумм В повторяет годовой ход месячных сумм В. Для 11 месяцев в году средние суточные значения превысили средние многолетние за период 1958-2013 гг., но максимальные суточные значения не превысили максимальные величины за весь период наблюдений (табл. 9.4). Для 269 дней в году суточные суммы В превысили средние многолетние значения за это же число. Для 33 дней значения суточной сумм В превысило максимальные значения для этих дней из выборки 1955-2007гг. (рис.9.9).

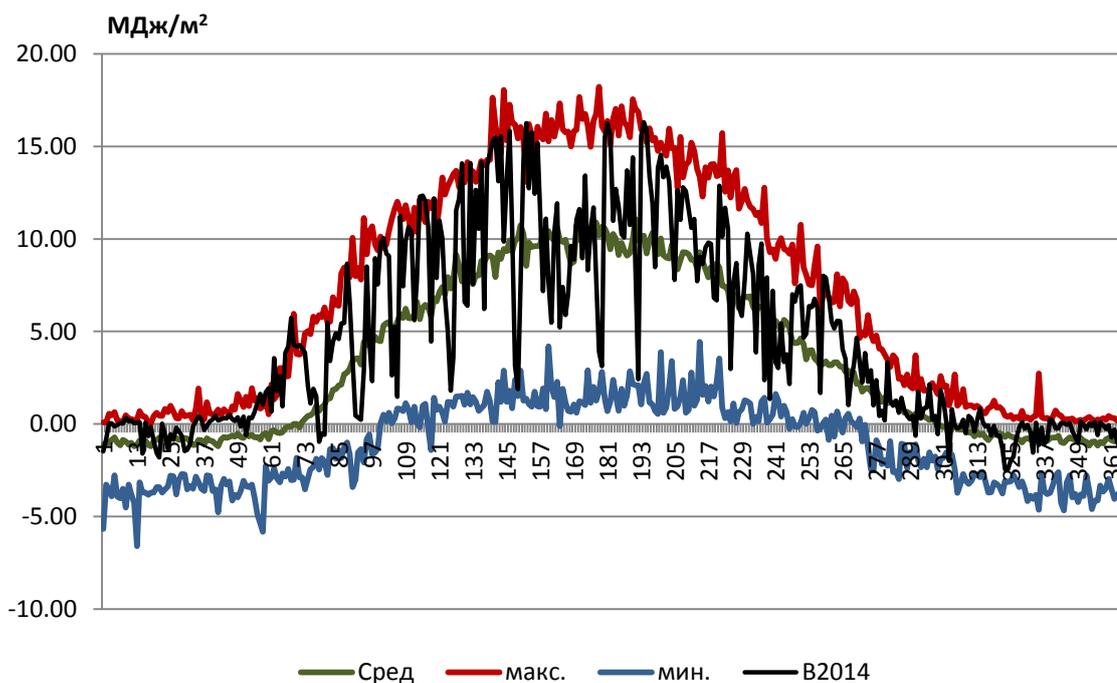


Рисунок 9.9 – Суточные суммы общего радиационного баланса за каждый день года

Увеличение значений общего радиационного баланса в 2014 году происходило как за счет роста месячных сумм коротковолнового, так и длинноволнового баланса. Мартовское значение поглощенной радиации стало **абсолютным максимумом** (на 53% выше нормы) за весь период наблюдений (табл.9.5).

Таблица 9.5 – Месячные и годовые значения коротковолнового и длинноволнового баланса

Месячные суммы коротковолнового баланса V_k (МДж/м ²)													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
2014	28	58	224	379	474	482	570	401	266	120	51	16	3069
1961-1990	24	48	147	321	461	487	465	383	234	115	37	17	2738
d%	17	20	53	18	3	-1	23	5	14	4	40	-7	12
1999-2009	21	48	149	344	474	483	495	383	253	115	37	17	2819
мин 1958-2013	14	26	82	235	327	368	380	259	128	65	22	9	2478
год	2009	1959	1966	1986	1980	2003	1962	1960	2013	1982	1969	1959	2013
мак 1958-2013	36	81	223	406	567	598	612	458	301	155	68	33	3164
год	1973	1972	2002	1960	2002	1999	2010	2005	1974	1987	1967	2002	2002
Месячные суммы длинноволнового баланса V_d (МДж/м ²)													
2014	-44	-49	-121	-161	-157	-179	-198	-168	-118	-93	-65	-26	-1379
1961-1990	-58	-74	-116	-163	-194	-188	-181	-171	-135	-97	-57	-48	-1482
d%	24	34	-4	1	19	5	-10	1	13	4	-15	46	7
1999-2009	-36	-59	-109	-161	-185	-181	-174	-159	-131	-83	-46	-33	-1358
мин 1958-2013	-101	-125	-170	-213	-243	-239	-250	-215	-175	-131	-100	-75	-1726
год	1973	1969	1996	1960	1993	1995	1992	1992	1974	1987	1958	1962	1967
мак 1958-2013	-22	-39	-62	-104	-126	-144	-110	-113	-62	-55	-23	-17	-1080
год	2004	1990	1966	1973	1980	2003	2000	1958	2013	1970	2003	2007	2013

Таблица 9.6 – Годовые значения характеристик прозрачности атмосферы и составляющих радиационного баланса

	P₂	AOT550	A%	S_{гор.}	D	Q	R_k	B
2014	0,772	0,11	23	2176	1794	3970	901	1690
1961-1990	0,709	0,24	25	1584	2073	3660	918	1258
d,%	8	-54	8	37	-13	8	-2	34

Таким образом, в 2014 году отмечены следующие тенденции (табл.9.6):

- увеличение прозрачности атмосферы
- увеличение прямой солнечной радиации
- уменьшение рассеянной радиации
- увеличение суммарной интегральной радиации
- уменьшение отраженной радиации
- увеличение общего радиационного баланса, его длинноволновой и коротковолновой составляющих

Литература

Абакумова Г.М., Горбаренко Е.В. Прозрачность атмосферы в Москве за последние 50 лет и её изменения на территории России. – М.: Издательство ЛКИ, 2008, 192 с.

РД 52.04.562-96 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 5, часть I. Актинометрические наблюдения на станциях. Росгидромет, М. 1997.

10. Особенности режима фотосинтетически активной радиации

О.А.Шиловцева

Солнечная радиация в видимом участке спектра в интервале длин волн 400-700 нм играет ведущую роль в процессе фотосинтеза. С середины XX века сложилась традиция называть ее фотосинтетически активной радиацией или ФАР (Ничипорович,1961). В обсерватории МГУ подобные изменения проводятся с 1980 года. До 2001 г. они осуществлялись с помощью цветного пиранометра ГГО (Махоткина, 1983), а с осени 1998 г. - по прибору LI-190SA американской фирмы LI-COR (www.licor.com).

В 2014 году в МО МГУ продолжались наблюдения за суммарной ФАР по прибору LI-190SL № 46141 с 1 марта 2013 г. Градуировка регистратора ФАР проводилась в теплый период (апрель-октябрь) по контрольному прибору LI-190SL № 46767.

Сравнение данных наблюдений 2014 г. проводились со средними величинами ФАР, полученными за период 1999-2013 гг., т.е за весь период наблюдений по приборам этой модификации.

2014 г. оказался очень щедр на солнечную радиацию, и годовая сумма суммарной ФАР (Q_f), так же, как и интегральной, оказалась самой значительной за последние 16 лет и превысила среднюю за 1999-2013 гг. на 12% (рис. 10.1, 10.2).

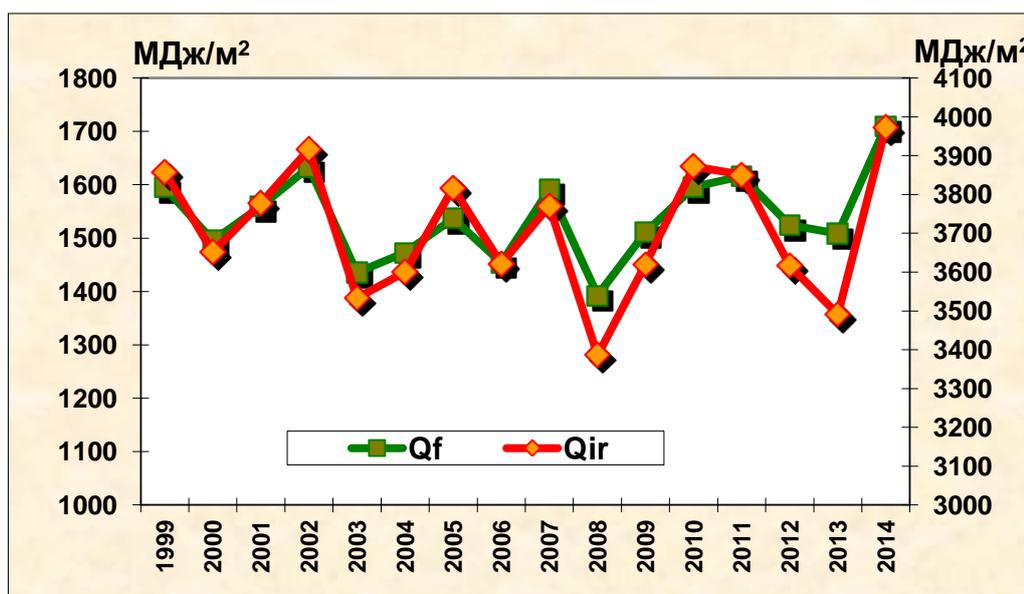


Рисунок 10.1- Многолетнее изменение годовых сумм суммарной ФАР и ИР

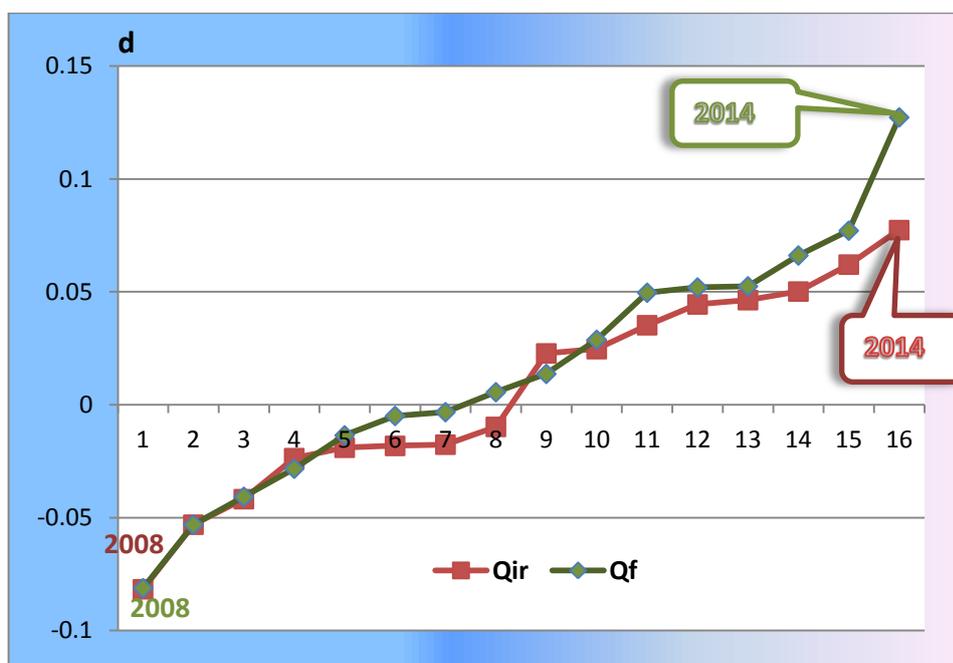


Рисунок 10.2 - Ранжированный ряд относительных аномалий годовых сумм суммарной интегральной (Q_{ir}) и фотосинтетически активной (Q_f) за период 1999-2014:
 $d = (Q - Q_{mean}) / Q_{mean}$, Q_{mean} – средняя за 1999-2013 гг.

Особенностью 2014 года можно считать тот факт, что ни одна из сезонных сумм ФАР не была ниже среднего значения за период с 1999 по 2013 гг. Например, с 2010 года суммарная ФАР зимой постепенно уменьшается, и в 2013–2014 гг. она стала равна норме (табл. 10.1), заняв в ранжированном ряду зимних сумм ФАР срединное восьмое место (рис. 10.3, зима).

Во все остальные сезоны года суммы $\sum Q_f$ оказались значительно выше нормы, отклонения от которой (δ_{2014}) превышают коэффициент вариации на 30% весной и в 2 и более раза летом и осенью (см. табл. 10.1, рис. 10.3). Весной сезонная сумма 2014 года оказалась пятнадцатой в ранжированном ряду $\sum Q_f$, уступив только сумме 2002 года. А $\sum Q_f$ летом и осенью оказались рекордно высокими за последние 15 лет. И особенно велика осенняя сумма, как бы стараясь «возместить» малое поступление ФАР осенью 2013 г.

Все вышеперечисленные тенденции изменения сезонных сумм ФАР обусловлены соответствующими изменениями факторов, влияющих на её поступление к земной поверхности: экстремальный рост продолжительности солнечного сияния и существенное уменьшение общей и, особенно, нижней облачности по сравнению с нормой (см. табл. 10.1).

Таблица 10.1 - Суммарная ФАР, интегральная радиация и факторы, определяющие их приход, по сезонам 2014 года и в среднем за период 1999-2013 гг.

	Зима *	Весна	Лето	Осень	Год
Q_f , МДж/м ²					
2014 г.	83	577	813	237	1709
1999-2013 гг. ± ДИ***	83±5	531±19	719±27	197±10	1528±46
δ**, %	+0	+9	+13	+21	+12
Q , МДж/м ²					
2014 г.	216	1387	1822	503	3972
1999-2013 гг.	208	1293	1697	487	3692
δ**, %	-4	+7	+7	+14	8
Аэрозольная оптическая толщина АОТ ₅₅₀					
2014 г.	0.08	0.12	0.13	0.10	0.11
1999-2013 гг.	0,06	0,16	0,19	0,12	0.14
δ**, %	+29	-22	-30	-20	-19
ПСС, час					
2014 г.	135	735	958	339,5	2168
1999-2013 гг.	112	638	851	271,5	1871
δ**, %	+21	+15	+13	+25	+16
Доля от возможной ПСС,					
2014 г.	19	57	64	36	49
1999-2013 гг.	15	50	57	28	42
Общая облачность, балл					
2014 г.	8,9	6,9	7,1	8.4	7.8
1999-2013 гг.	9,0	7,8	7,6	8,7	8.3
δ**, %	-2	-11	-6	-4	-6
Нижняя облачность, балл					
2014 г.	7,3	3,7	4,1	5.8	5.2
1999-2013 гг.	7,5	4,9	4,7	6,9	6.0
δ**, %	-3	-24	-13	-16	-13
Альbedo подстилающей поверхности в полуденные часы (11-13 ч.), %					
2014 г.	56	23	19	19	-
1999-2013 гг.	58	32	19	23	-
δ**, %	-5	-37	+1	-18	-

*При расчетах взят декабрь предыдущего года.; **δ=(2014-Среднее₁₉₉₉₋₂₀₁₃)/ Среднее₁₉₉₉₋₂₀₁₃

***ДИ – доверительный интервал с уровнем значимости α=0,05

Анализ тенденций изменения сезонных сумм ФАР за последние 16 лет показал, что зимой и летом отмечается статистически незначимый положительный линейный тренд ΣQ_f , а весной и осенью его нет, преобладают квазициклические колебания (рис. 10.3).

В таблице 10.1 также приведены данные по суммарной интегральной радиации. Анализ статистических характеристик за последние 15 лет показывает, что отмеченные тенденции изменения ФАР аналогичны изменениям интегрального потока солнечной радиации.

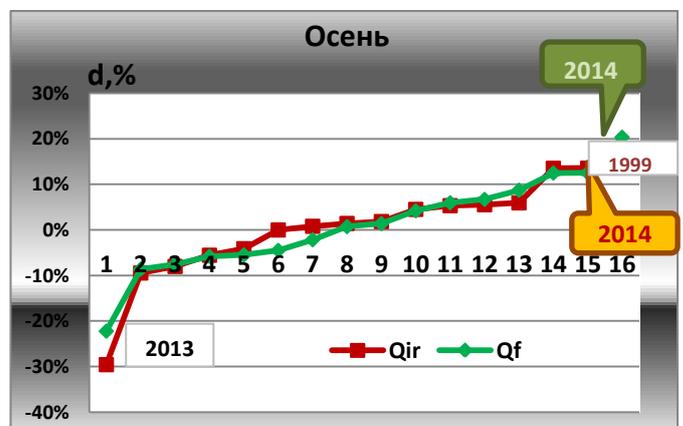
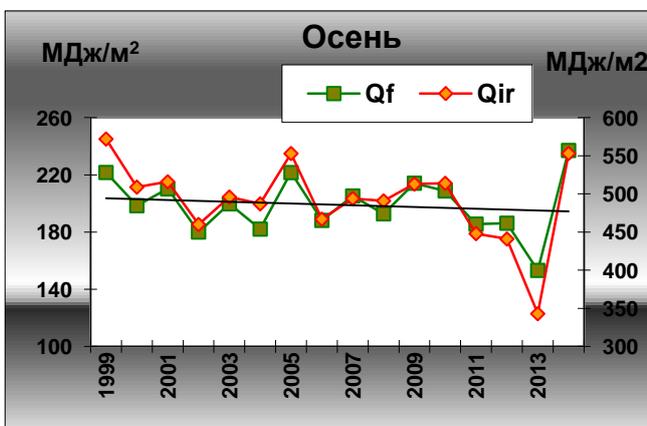
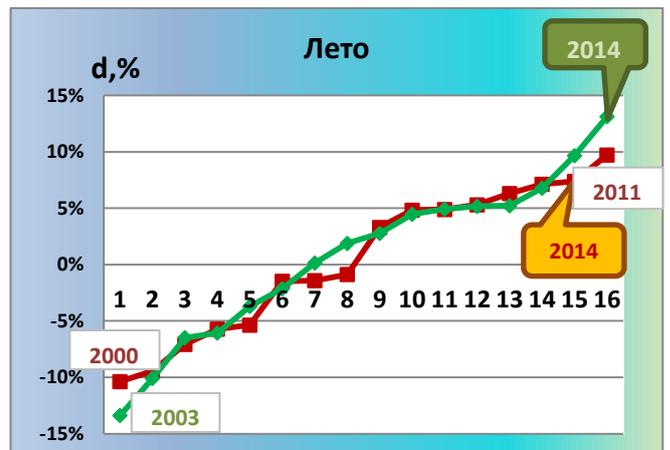
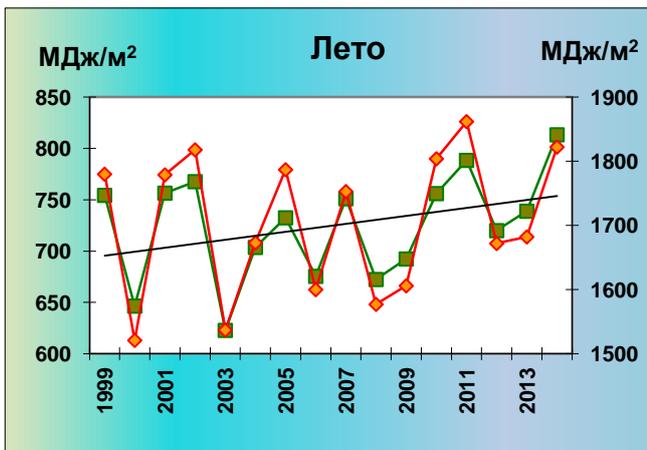
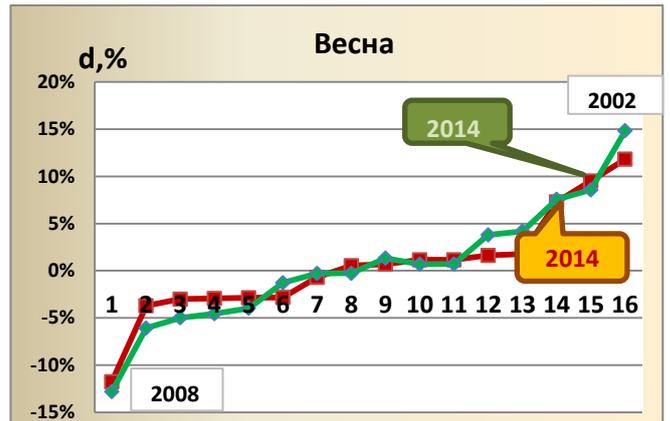
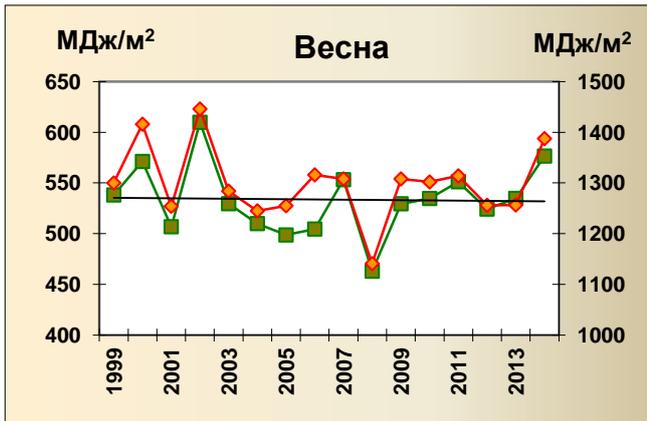
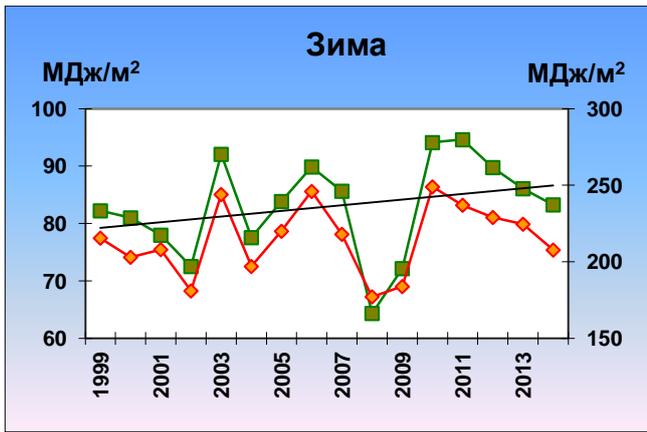


Рисунок 10.3- Многолетние изменения сезонных сумм суммарной ФАР и интегральной солнечной радиации за период 1999-2014 гг.

Месячные суммы суммарной ФАР в течение 2014 года изменялись от 12 МДж/м² в декабре до 327 МДж/м² в июле, следуя за годовым ходом высоты Солнца, облачности и продолжительности солнечного сияния (табл. 10.2, рис. 10.4, см. табл. 8.1).

Таблица 10.2 - Месячные и годовая суммы суммарной ФАР (400-700 нм, МДж/м²)

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
2014 г.	31	38.5	117	201	259	260	327	226	149	63	25	12	1709
1999-2013	22	48	112	172	247	260.5	259	199	120	55.5	20	13	1528
*±ДИ	2.7	4.4	8.4	7.4	16.8	19.4	16.4	15.9	10.0	6.4	2.4	2.4	45.6
**V, %	19	14	12	7	11	12	10	12	13	18	18	28	5
δ 2014, %	44	-19	5	17	5	0	26	14	24	13	23	-6	12
Максимум	32	60	129	191	303	315	316	249	140	78	30	22	1633
Год	2010	2007	1999	2002	2002	1999	2010	2005	2001	2005	1999	2002	2002
Минимум	16	35	77	147	216	192	211	164	73	44	15	9	1393
Год	2007	2002	2008	2003	2005	2003	2000	2008	2011	2002	2003	2006	2008
Доли ФАР в суммарной интегральной радиации (%)													
2014 г.	40	39	40	41	43	44	45	45	44	42	42	39	43
1999-2013	39	39	40	41	42	43	42	42	41	40	39	39	41

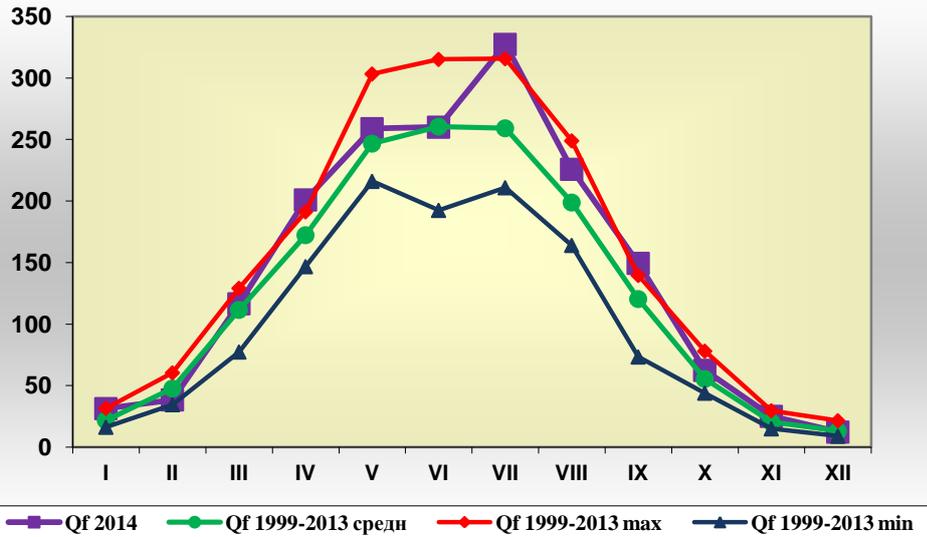
* ДИ – доверительный интервал средней суммы ФАР с уровнем значимости $\alpha=0,05$;

**V - коэффициент вариации месячных сумм ФАР; экстремумы даны за период 1999-2013 гг.

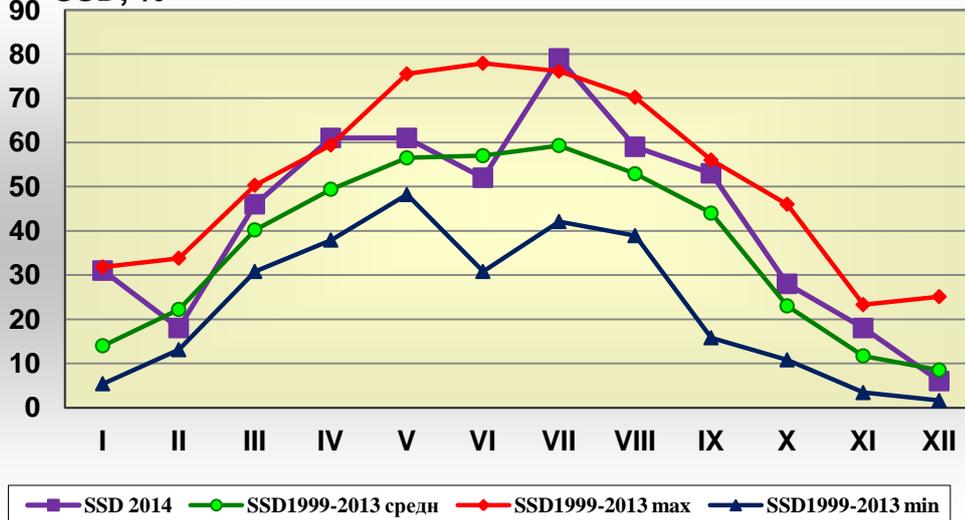
Главной особенностью годового хода месячных сумм суммарной ФАР в 2014 году можно считать тот факт, что в трех месяцах – апреле, июле, сентябре были перекрыты максимумы за последние 15 лет, в шести месяцах они оказались больше нормы, причем в январе и августе это отклонение превысило естественную изменчивость, т.е. $\delta_{2014} > V$. В феврале $\sum Qf$ оказалась значительно меньше средней суммы за 1999-2013 гг., а в марте, мае, июне и декабре суммы ФАР близки к норме, т.е. δ_{2014} значительно меньше средней изменчивости $\sum Qf$. Все это и явилось главной причиной того, что и годовая сумма ФАР оказалась максимальной.

Анализ годового хода главных факторов, формирующий режим радиации – облачности и продолжительности солнечного сияния – хорошо объясняет полученные закономерности. Так, в феврале был значительное уменьшение солнечного сияния на фоне роста балла общей облачности. Наоборот, в апреле были зафиксированы наименьшее за этот месяц количество облачности (как общей, так и нижней) и наибольшая продолжительность солнечного сияния. Максимум последней также был перекрыт в июле, что и явилось причиной рекордного поступления суммарной радиации, как ФАР, так и интегральной (см. рис.9.3) за рассматриваемый период времени (см. рис. 10.4).

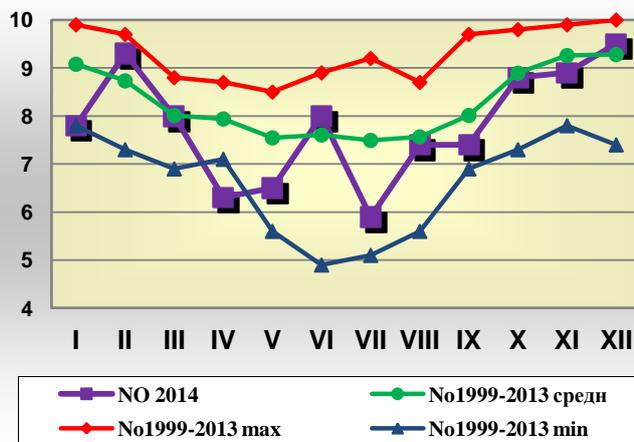
МДж/м2 Суммарная ФАР



SSD, % Продолжительность солнечного сияния



балл Общая облачность



балл Нижняя облачность

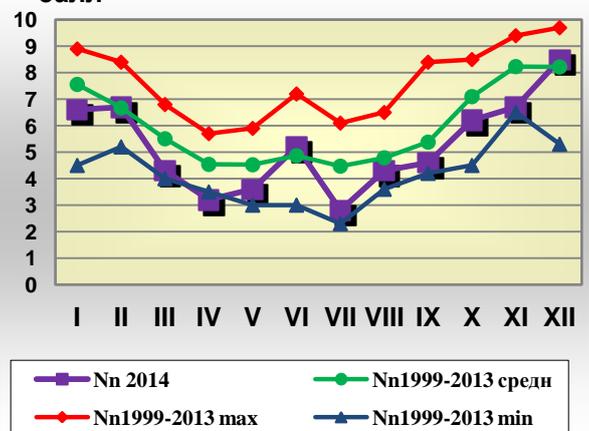


Рис. 10.4 - Годовой ход месячных сумм суммарной ФАР (Q_f , МДж/м²), относительной продолжительности солнечного сияния (SSD,%) и среднего за месяц общей (NO, балл) и нижней облачности (NL, балл) в 2014 году

Анализ временной изменчивости месячных сумм ФАР показал, что статистически значим за период 1999-2014 гг. оказался рост поступления радиации только в январе ($P_I=0,97$). За это время $\sum Q_f$ в этом месяце в среднем выросла на 43%. Заметное увеличение поступления ФАР отмечено и в июле, значимость тренда увеличилась до 15% ($\alpha_{VII}=0,15$, т.е. вероятность принять решение, что тренд есть, когда его на самом деле нет, составляет 15%). Во все остальные месяцы линейная тенденция в изменении $\sum Q_f$ выражена слабо.

Вклад ФАР в годовую сумму суммарной интегральной радиации составил 43%, изменяясь в месячных суммах в пределах 39-45% (см. табл.10.2).

Средние суточные суммы суммарной ФАР в течение 2014 года менялись от 0,40 Мдж/м² в декабре до 10,6 Мдж/м² в июле (табл.10.3). Приход суммарной ФАР может колебаться в широких пределах ото дня ко дню в зависимости от облачности, прозрачности атмосферы, альbedo подстилающей поверхности и т.д. Это хорошо видно при анализе статистических характеристик суточных сумм ФАР и их экстремальных величин (табл.10.3, рис. 10.5).

Таблица 10.3 - Суточные суммы суммарной фотосинтетически активной радиации в 2014 г. и в среднем за 1999-2013 гг. (МДж/м²)

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2014 год												
Средняя	1.01	1.38	3.76	6.70	8.35	8.67	10.56	7.29	4.98	2.02	0.84	0.40
Максимум	2.22	4.21	7.22	9.8	12.04	13.64	13.30	10.59	7.43	5.14	2.43	0.98
Дата	29	28	29	27	21	5	13	9	16	2	10	29
Минимум	0.13	0.46	0.78	1.72	1.46	2.63	2.57	2.26	0.80	0.35	0.19	0.11
Дата	8	23	6	16	5	28	11	27	24	16	24	17
σ	0.74	1.22	1.67	2.47	3.18	2.73	2.26	2.38	1.98	1.17	0.56	0.21
Интервал $\sum Q_f^*$	0,2-0,4 (29%)	0,5-1,0 (50%)	2,5-3,0 (13%) 6,0-6,5 (13%)	7,0-9,0 (40%)	11-12 (23%)	7-8 (17%) 10-11 (17%)	11-12 (32%)	9,0-10,0 (26%)	6,0-6,5 (20%)	2,5-3,0 (23%)	0,2-0,4 (23%)	0,2-0,3 (39%)
1999-2013 гг.												
Средняя	0,71	1,72	3,69	5,74	8,11	8,86	8,49	6,48	4,02	1,83	0,68	0,43
ДИ \pm	0,04	0,09	0,16	0,22	0,26	0,26	0,23	0,22	0,17	0,11	0,05	0,02
Максимум	1,96	4,23	8,15	10,23	13,24	14,28	12,92	11,22	8,97	5,36	2,63	1,20
Дата	31/2002	26/2007	30/2004	30/2006	25/2007	3/2007	7/1999	9/2007	3/2007	1/2005	1/2005	1/2002
Минимум	0,12	0,28	0,57	0,78	1,05	1,13	1,36	0,74	0,49	0,22	0,11	0,04
Дата	7,12/2007	8/2008	16/2001	19/2005	25/2008	25/2009	17/2000	14/2004	28/2002	31/2004	30/2008	8/2008
σ	0,41	0,91	1,85	2,43	2,89	2,86	2,29	2,37	1,87	1,23	0,48	0,25
Интервал*	0,2-0,6 (48%)	0,5-1,0 (22%)	2,0-2,5 (12%) 4,0-4,5 (10%)	7,0-8,0 (16%)	10-12 (15%)	10-12 (28%)	9-10 (18%)	8-9 (17%)	4,5-5,5 (21%)	0,5-1,0 (25%)	0,2-0,4 (30%)	0,2-0,3 (22%)

Примечание: * - интервал – интервал максимальной повторяемости суточных сумм в каждом месяце, в скобках её относительная величина.

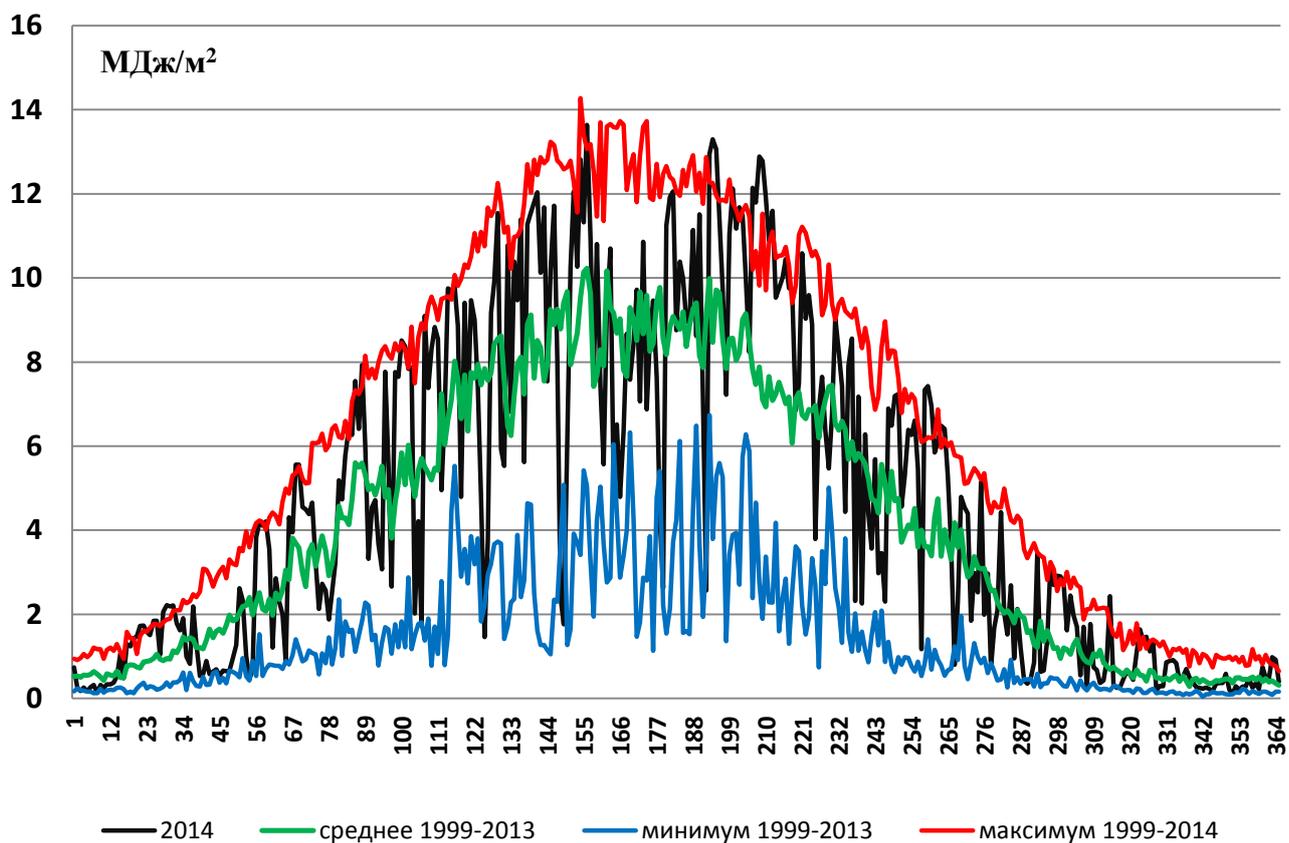


Рис. 10.5 - Годовой ход суточных сумм суммарной ФАР в 2014 г. и за период 1999-2013 гг. для каждого дня года.

Особенностью 2014 года является также тот факт, что 209 дней в году суммы ФАР были больше, чем средние за 1999-2013 гг., а 42 суточные суммы оказались больше, чем максимумы для этих дат за последние 15 лет (см. рис. 10.5). Больше всего таких дней оказалось в январе (9) и июле (11), и абсолютные максимальные суточные суммы ФАР за период 1999-2013 гг. в эти месяцы были перекрыты (см. табл.10.3). Наоборот, дней, когда сумма ФАР оказалась меньше, чем установленный ранее минимум для этих дат, оказалось всего 16, причем больше всего их в октябре (4).

Анализ погоды в дни, когда отмечены как максимальные суточные суммы ФАР, так максимальная энергетическая освещенность ФАР (табл. 10.3-10.4), показал, что в холодное время, как правило, это наблюдается при сплошном покрове облаков верхнего и среднего яруса при небольшом количестве слоисто-кучевых облаков. В теплое время года максимумы наблюдаются при наличии перистой, высоко-кучевой и кучевой облачности.

Поскольку наибольший интерес информация о ФАР представляет для биологов, отдельно были рассчитаны декадные суммы ФАР, а также суммы за вегетационный период.

Таблица 10.4 - Максимальная энергетическая освещенность суммарной ФАР в 2014 г.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ФАР, КВт/м ²	0,24	0,22	0,33	0,40	0,51	0,56	0,50	0,48	0,41	0,31	0,16	0,08
День	29	20	28	18	11	11	5 10	4 8	6	1	2	29 30
Время*	11 ²³	11 ³⁶	13 ⁰⁴	12 ⁵¹	12 ²⁷	14 ⁰¹	11 ³² 11 ²⁵	12 ⁵³ 12 ⁰³	12 ²⁶	12 ⁴¹	11 ⁴²	11 ⁵¹ 12 ⁵⁰
Характер погоды	☀ ² 2/2 Sc	☀ [10]/6 Ci Ac Sc	☀ 4/4 Sc	☀ 8/8 Cu	☀ [10]/[10] Ci Sc	☀ 8/8 Cu Sc	☀ [10]/9 Ci Cc Ac Cu [10]/9 Ac Cu Sc	☀ [10]/5 Ci Ac Cu Sc 8/7 Ac Sc Cu	☀ [10]/9 Cc Ac Sc Cu	☀ 8/7 Ac Sc	☀ 8/8 Sc	☀ [10]/0 Ci Cc 7/1 Ci Cc Ac Sc
среднее за 1999-2013, КВт/м ²	0.13	0.22	0.34	0.43	0.50	0.53	0.49	0.46	0.38	0.29	0.16	0.09

*Время истинное солнечное

Под вегетационным периодом понимается период года, в который возможен рост и развитие растений. В условиях умеренного климата вегетационный период травянистых растений примерно соответствует промежутку времени от последних весенних до первых осенних сильных заморозков; у деревьев - от начала сокодвижения (фенологически отмечают у клёна и берёзы) до конца листопада. Вегетационный период - важнейший биоклиматический показатель, которым пользуются при интродукции и акклиматизации растений.

Вегетационный период (ВП), строго говоря, для каждого растения свой. Для большинства растений ВП определяется как количество суток со средними температурами 5° и выше. Для среднетребовательных к теплу растений - после перехода температуры через +10°C, а для теплолюбивых - через +15°C. В климатологии (агроклиматологии) в большинстве случаев ориентируются на температуру +10°C и сумму активных температур (выше +10°C). Но единого подхода нет. Для большинства древесных и кустарничковых растений видимая вегетация начинается после перехода среднесуточной температуры через +5°C, когда начинается набухание почек, но распускаться почки начинают при более высоких температурах - около +10°C и даже больших (до +15°C). В то же время вегетация тополя, березы и др. начинается при много меньших температурах. Не менее сложно определить и дату осеннего окончания вегетации, так как одни растения реагируют на изменение температуры, а другие - на изменение продолжительности фотопериода и даже интенсивность солнечной радиации.

Поэтому была рассчитана длительность вегетационного периода (ВП) и соответствующие ему суммы суммарной ФАР, температуры воздуха и осадков для периодов с устойчивыми средними за сутки температурами воздуха выше 0°C (ВП0), 5°C (ВП5), и 10°C (ВП10). Рассмотрены последние 6 лет – 2008-2013 гг. Согласно (Доклад..., 2012) 2008 год был высокоурожайным, а 2010 год, наоборот, в силу экстремальных засушливых условий – неурожайным (табл. 10.5). Эти 2 года служат «граничными условиями», относительно которых удобно проводить сравнительный анализ.

В 2014 году продолжительность ВП5 и ВП10 выше средних многолетних значений, а ВП0, наоборот, короче на 23 дня и оказалась минимальна за период с 2008 года (см. табл. 10.5). По сравнению с 2013 г. продолжительность ВП0 и ВП10 в 2014 г. уменьшилась, а ВП5 несколько возросла.

Таблица 10.5 – Характеристика вегетационных периодов в 2008-2014 гг.

	t>0°C					t>5°C					t>10°C					ГКТ
	ВП0		∑t	∑Q _f	∑R	ВП5		∑t	∑Q _f	∑R	ВП10		∑t	∑Q _f	∑R	
	период	дни	°C	МДж/м ²	мм	период	Дни	°C	МДж/м ²	мм	период	дни	°C	МДж/м ²	мм	
2008	22.II - 9.XII	292	3133	1339	749	1.IV - 2.XI	216	2954	1230	587	26.IV - 10.IX	138	2257	986	410	1,8
2009	28.III - 04.XII	252	2922	1347	480	23.IV - 28.X	189	2751	1190	390	26.IV - 29.IX	157	2542	1103	275	1,1
2010	26.III - 20.XI	240	3517	1377	383	30.III - 11.X	196	3310	1230	305	30.IV - 28.IX	152	2972	1146	267	0,9
2011	2.IV - 4.XI	217	3156	1379	396	17.IV - 13.X	180	3000	1293	342	22.IV - 24.IX	156	2792	1220	297	1,1
2012	6.IV - 29.X	207	3064	1278	501	14.IV - 22.X	192	3035	1246	416	16.IV - 5.X	173	2880	1213	361	1,3
2013	31.III - 26.XI	241	3139	1304	772	13.IV - 25.IX	166	2759	1159	666	30.IV - 22.IX	146	2579	1037	587	2,3
2014	06.IV - 18.X	196	2993	1432	282	12.IV - 15.X	172	2968	1338	276	08.V - 24.IX	140	2532	1156	232	0,9
1961-1990	31.III - 4.XI	219	2576	1316	468	15.IV - 15/X	154	2489	1215	407	4.V - 18.IX	138	2155	1026	332	

Особенность вегетационного периода 2014 года – крайне малое увлажнение. Суммы осадков за всю теплую половину года существенно меньше не только нормы 1961-1990 гг., но самого засушливого 2010 г. В результате вегетационный период 2014 г. можно охарактеризовать как чрезвычайно засушливый. При этом он был максимально обеспечен фотосинтетически активной радиацией, т.к. в 2010 г. наблюдалось снижение уровня ФАР за счет наличия дымной мглы. Гидротермический коэффициент Селянинова практически такой же, как и в 2010 г. (см. табл. 10.5).

Анализ средних суточных сумм за декаду в 2014 г. показал, что в годовом ходе они меняются от 0,29 МДж/м² в первой декаде января (как следствие значительной повторяе-

мости пасмурной погоды и отсутствии постоянного снежного покрова, см. п. 4) до 11,4 МДж/м² в третьей декаде июля (рис.10.6). Наибольшая разница в сторону уменьшения между средними многолетними величинами Q_f и суммами 2014 г. достигла 46% в первой декаде января. Максимальная разница в сторону увеличения (почти в два раза) средней за декаду суммы Q_f по сравнению с нормой 1999-2013 гг. отмечена в третьей декаде опять же января, и также следуя, главным образом, за ходом облачности и альбедо подстилающей поверхности (см. рис. 10.6). Кроме этой декады, абсолютные максимумы ФАР были перекрыты в третьей декаде июля, второй декаде сентября и третьей декаде октября, что явилось результатом значительного уменьшения среднего балла нижней облачности.

Таким образом, теплое полугодие 2014 г. с точки зрения условий произрастания и развития зеленых насаждений и агрокультур по радиационным и температурным условиям можно считать вполне благоприятным. Однако условия увлажнения в течение всего периода с положительными температурами были крайне недостаточными, что привело к засухе и в почве, и воздухе. И хотя в период наиболее активной вегетации (период с начала вегетации до примерно середины июля) приход ФАР был достаточен для произрастания растений и формирования урожая, условия увлажнения не позволили их использовать в полной мере.

В заключение отметим, что 2014 г. оказался исключительным с точки зрения прихода ФАР годом:

- годовая сумма суммарной ФАР оказалась максимальной за последние шестнадцать лет и превысила среднюю за 1999-2013 гг. на 12%;
- ни одна из четырех сезонных сумм ФАР в 2014 году не была ниже среднего значения за последние 15 лет, а летом она оказалась максимальной и превысила норму на 13%;

- наиболее значительное положительное отклонение от средней многолетней месячной суммы ФАР отмечено в январе (+44%), отрицательное – в феврале (-19%). В апреле, июле, сентябре были перекрыты абсолютные максимумы месячных сумм за последние 15 лет;
- максимальная суточная сумма ФАР наблюдалась 5 июня (13,7 МДж/м²), а минимальная – 17 декабря (0,11 МДж/м²). Максимальная энергетическая освещенность суммарной ФАР (0,56 МДж/м²) наблюдалась 11 июня. В январе и июле были перекрыты абсолютные максимумы суточных сумм за последние 15 лет;
- теплое полугодие 2014 г. с точки зрения условий произрастания и развития зеленых насаждений и агрокультур по радиационным и температурным условиям можно считать вполне благоприятным. Однако условия увлажнения в течение второй половины периода с положительными температурами были крайне недостаточными, что привело к засухе и в почве, и воздухе во второй половине лета. Согласно данным, приведенным в п.5, по режиму увлажнения 2014 год оказался экстремально сухим. Это согласуется и с результатами, представленными в обобщающем докладе Росгидромета (Доклад..., 2015).

Литература

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации в 2013 г. 2014//М.: Росгидромет. 109 с.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации в 2014 г. 2015//М.: Росгидромет. 107 с.

Махоткина Е.Л. 1983. Цветные пиранометры //Труды ГГО, Вып. 456, с. 71-77.

11. Режим естественной освещенности земной поверхности

О.А.Шиловцева

Раздел посвящен анализу режима естественной освещенности в 2014 году. Естественная освещенность земной поверхности - это фотометрическая величина, которую создает солнечное излучение в диапазоне длин волн 380-760 нм и которую оценивают по зрительному восприятию человека. Она измеряется в фотометрических единицах – килोलюксах (клк). Количество освещения в Метеообсерватории МГУ (МО МГУ) оценивается в килोलюкс-часах или мегалюкс-часах (клк·ч или Млк·ч= 10^3 ·клк·ч). Для перевода в систему СИ (килолюкс-секунда) величины количества освещения надо умножить на 3600. Световой эквивалент имеет размерность люмен на ватт (лм/Вт), а световой эквивалент количества освещения – клм/МДж, лм/В=3,6• клм/МДж. (Люмен - единица светового видимого потока в международной системе единиц (СИ), равная объёму видимого света, испускаемому точечным источником в телесном угле 1 стерadian при силе света 1 кандела).

В МО МГУ непрерывная регистрация суммарной и рассеянной освещенности проводится с 1964 года, текущий год сопоставляется с нормой, рассчитанной за период 1964-2013 гг. В течение всего 2014 года на записи суммарной освещенности стоял прибор LI-210SL №8917 американской фирмы LI-COR (www.licor.com), на записи рассеянной - оригинальный прибор РЕО-4 (регистратор естественной освещенности), сконструированный в метеообсерватории МГУ мастером по точным приборам А.В.Высоцким (Никольская и др., 1972). К сожалению, весной начались частые перебои в его работе, и в июле прибор окончательно вышел из строя. Наблюдения за рассеянной освещенностью с августа 2014 года прекращены. Контроль приборов, стоящих на регистрации, проводился ежемесячно по фотометру LI-210SL № 9498. В сентябре 2014 г. во время сравнений эталонных актинометрических средств измерений Росгидромета, проходивших в Кисловодске, были проведены сопоставления последнего с национальным фотометрическим эталоном ВНИИОФИ, которые подтвердили величину его чувствительности – 10,0 клк/мв.

Годовое количество освещения суммарным светом (E_Q) в 2014 году - 119.9 Млк·ч, что выше средней многолетней величины или нормы (E_{Qcp} = 110 Млк·ч) на 9%. Это вторая по величине сумма за все годы наблюдений, которая меньше максимума E_Q , наблюдавшегося в 2002 г., всего на 0,4% (рис.11.1, 11.2). Анализ многолетней изменчивости количества освещения за 51 год показал, что на фоне его квазипериодической изменчивости

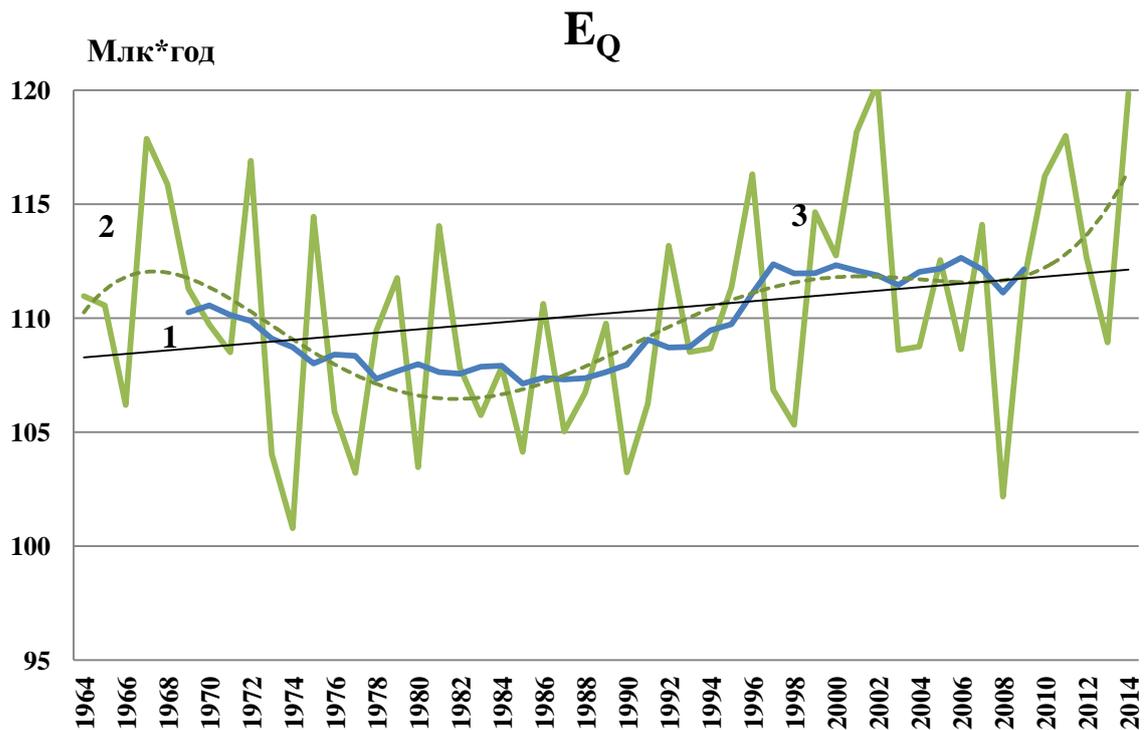


Рис.11.1 - Многолетнее изменение годового количества естественного освещения в Москве: 1 – линейный тренд, 2 – полином 5 степени, 3 – 11 летние скользящие средние

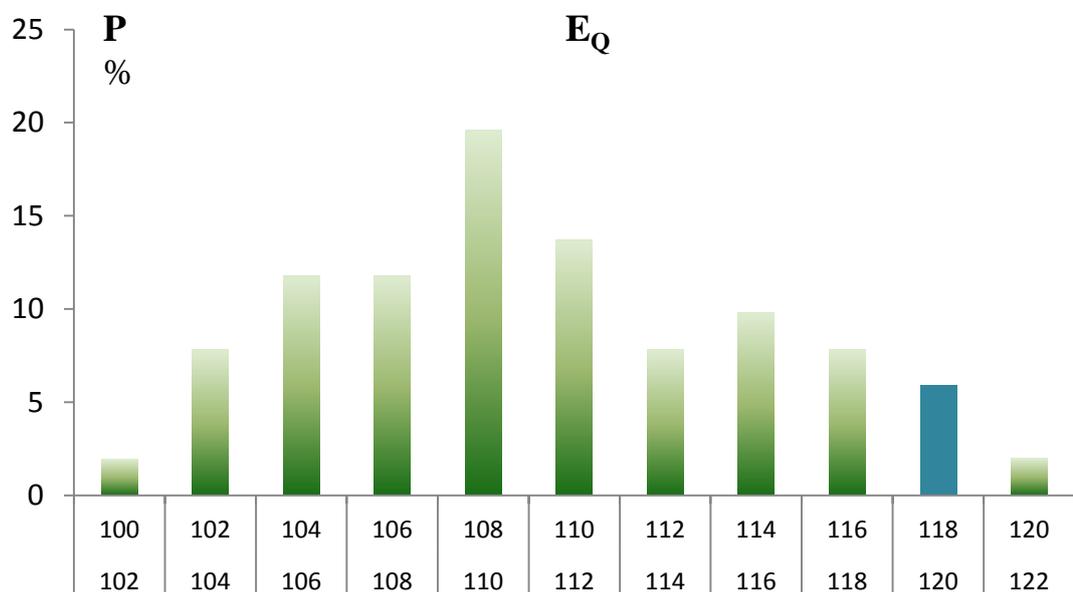


Рис. 11.2 - Гистограмма повторяемости годовых сумм освещения суммарным светом в Москве за 1964-2014 гг. Другим цветом выделена градация, куда попала сумма 2014 г.

прослеживается линейная тенденция к значительному росту E_Q , причем тренд статистически значим с $\alpha > 0,095$.

Приход E_Q в календарные сезоны 2014 года был значительно выше нормы в течение всех сезонов года, за исключением зимы (табл. 11.1). Разница между весенними, летними и осенними суммами E_Q 2014 г. и нормами превысила средние квадратические отклонения (СКО) до полутора раз. Зима оказалась на 16 месте в ранжированном ряду из 51 члена соответствующих сезонных сумм в результате того, что снежный покров зимой 2013-2014 гг. был необычно маломощным, недолгим и, кроме того, почти полностью исчез в январе, что случается крайне редко (см. п. 4). Кроме того, в этом сезоне отмечен и небольшой рост облачности по сравнению с нормой (табл. 11.1). Все остальные сезоны 2014 г. вошли в пятерку самых больших сумм: весенняя расположилась на 48 месте, лето – на 47 месте, а осень – на 49-м. Этому способствовало и уменьшение облачного покрова, и значительный рост продолжительности солнечного сияния, и существенное уменьшение содержания аэрозольных частиц в атмосфере, наблюдавшееся в течение этих сезонов в 2014 г. (см. табл. 11.1). В результате на гистограммах повторяемости сезонных сумм они попали в интервалы, расположенные значительно правее относительно интервалов их максимальной повторяемости (рис. 11.2).

Анализ многолетних изменений сезонных сумм E_Q в течение полувека показал, что статистически значимый рост освещенности наблюдается только весной: на 8% с уровнем значимости $\alpha = 0,02$. Летом и осенью изменения незначительны, а зимой отмечено уменьшение поступления естественного света на 8%, но с $P = 0,79$ (см. рис. 11.3).

Месячные суммы освещения суммарным светом в течение 2014 года изменялись от 825 клк·час в декабре до 22728 клк·час в июле. Поступление суммарного освещения в течение восьми месяцев было больше нормы (табл. 11.2). Наибольшее положительное отклонение месячной суммы E_Q в 2014 году наблюдалось в апреле и июле – это новые рекорды за пятидесятилетний мониторинг этого параметра, предыдущие наблюдались в 2009 и 2010 годах соответственно. Кроме этого, значительное превышение E_Q ($\delta > V$, см. табл. 11.2) отмечено в январе и сентябре, следуя за годовым ходом продолжительности солнечного сияния, облачности и альbedo подстилающей поверхности (см. п. 8 и 9). Наиболее «темными» были февраль и декабрь, когда уменьшение E_Q составило более 18-22% от нормы.

Таблица 11.1 - Сезонные и годовые суммы количества освещения суммарным светом, суммарная интегральная солнечная радиация и факторы, определяющие их приход к земной поверхности, в 2014 г. и в среднем за 1964-2013 гг. (норма)

		Зима *	Весна	Лето	Осень	Год
Естественная освещенность земной поверхности (E_Q , клк•час)	2014	5815	41678	55864	16568	119863
	1964-2013	6284	37528	51576	14613	110013
	±ДИ***	234	709	798	409	±1335
	V, %	13	7	6	10	4
	Максимум	7910	44542	58503	18411	120323
	Год	1969	2002	2011	1967	2002
	Минимум	4424	31519	47188	10804	100783
	год	1990	1974	2000	2013	1974
	δ2014**, %	-8	11	9	13	+9
	LEQ ₂₀₁₄ , Лм/Вт	96,6	108,1	110,4	107,8	108,6
LEQ ₁₉₆₄₋₂₀₁₃ , Лм/Вт	99,8	107,9	110,6	107,5	108,6	
Суммарная интегральная радиация (Q , МДж/м ²)	2014 г.	217	1387	1822	553	3972
	1964-2013 гг.	228	1252	1679	489	3648
	δ**, %	-5	11	9	13	9
Аэрозольная оптическая толщина АОТ ₅₅₀	2014 г.	0,08	0,12	0,13	0,10	0,11
	1964-2013 гг.	0,13	0,23	0,22	0,16	0,19
	δ**, %	-38	-48	-41	-38	-42
Продолжительность солнечного сияния (ПСС), час	2014 г.	135	735	958	339,5	2168
	1964-2013 гг.	118	583	808	257	1765
	δ**, %	14	26	19	32	23
Доля от возможной ПСС, %	2014 г.	19	57	64	36	49
	1964-2013 гг.	16	45	54	27	39
Общая облачность, балл	2014 г.	8,9	6,9	7,1	8,4	7,8
	1964-2013 гг.	8,7	7,7	7,3	8,6	8,1
	δ**, %	2	-10	-3	-2	-4
Нижняя облачность, балл	2014 г.	7,3	3,7	4,1	5,8	5,2
	1964-2013 гг.	7,0	5,1	4,9	7,0	6,0
	δ**, %	4	-27	-16	-17	-13
Альbedo подстилающей поверхности в полуденные часы (11-13 ч.), %	2014 г.	56	23	19	19	-
	1964-2013 гг.	61	29	19	26	
	δ**, %	-8	-21	0	-27	

*Взят декабрь предыдущего года; ** - $\delta = (E_Q^{2014} - \text{Норма}) / \text{Норма}$; ДИ – доверительный интервал среднего с уровнем значимости $\alpha = 0,05$

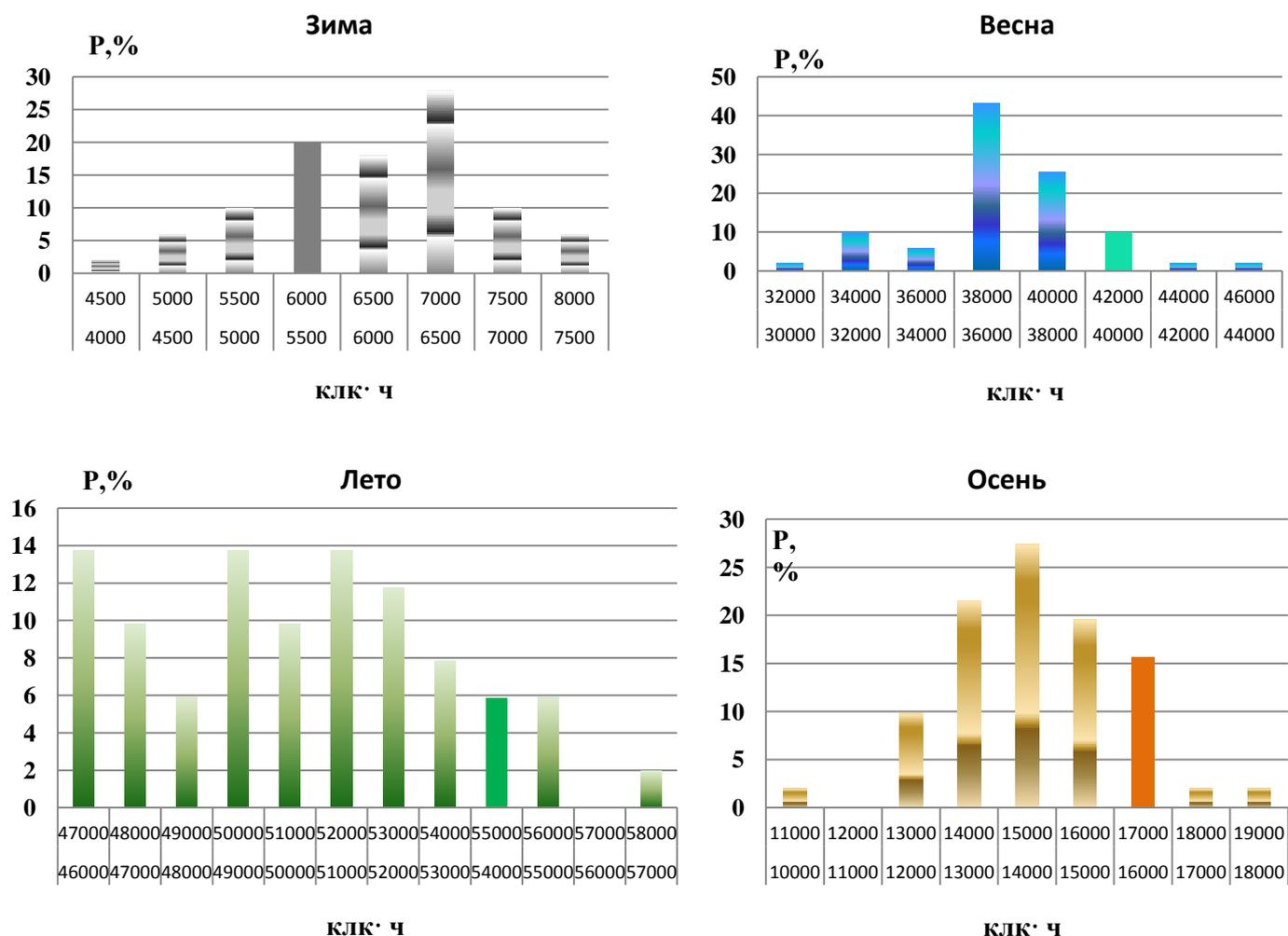


Рис. 11.2 - Гистограмма повторяемости сезонных сумм освещения суммарным светом в Москве за 1964-2014 гг. Другим цветом выделена градация, куда попала сумма 2014 г.

Отношение фактического количества суммарного освещения к возможному (последнее имеет место при отсутствии облаков в течение всего месяца) показало, что в целом за 2014 год к земной поверхности поступило 72% от возможной суммы E_Q , что превысило норму на 6%. Меньше всего световой энергии было в октябре-декабре (менее 50% от возможного количества E_Q). Максимум от возможного количества E_Q наблюдался в январе, апреле и июле - более 80% (см. табл. 11.2).

Световые эквиваленты средней за месяц интегральной суммарной радиации (LEQ), представляющие собой отношение освещенности к суммарной радиации, колеблются в пределах 93-112 лм/Вт, несколько меньше, чем средние LEQ (см. табл. 11.2).

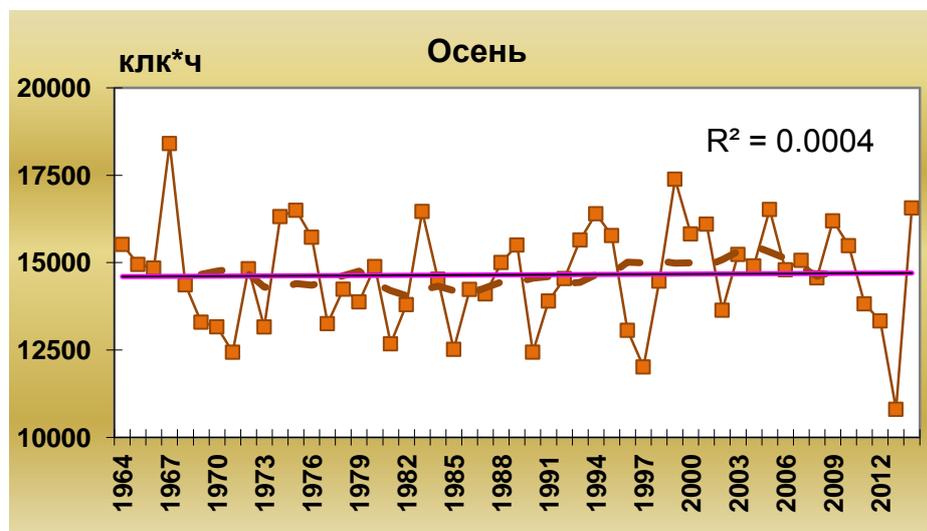
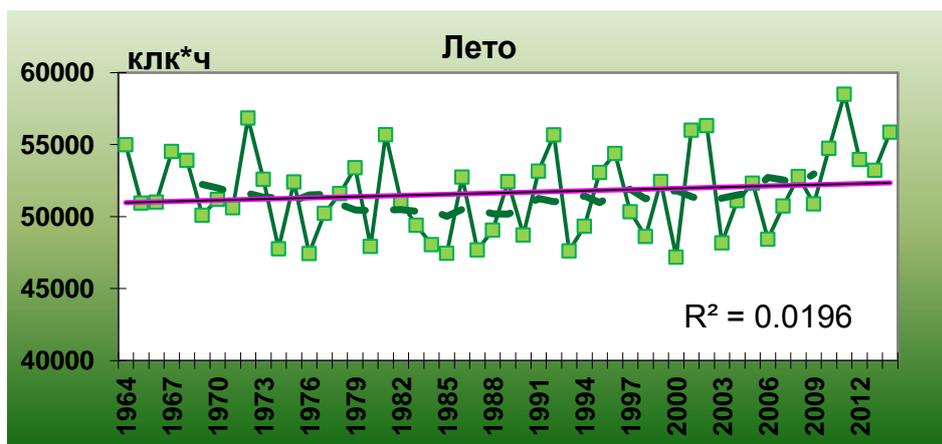
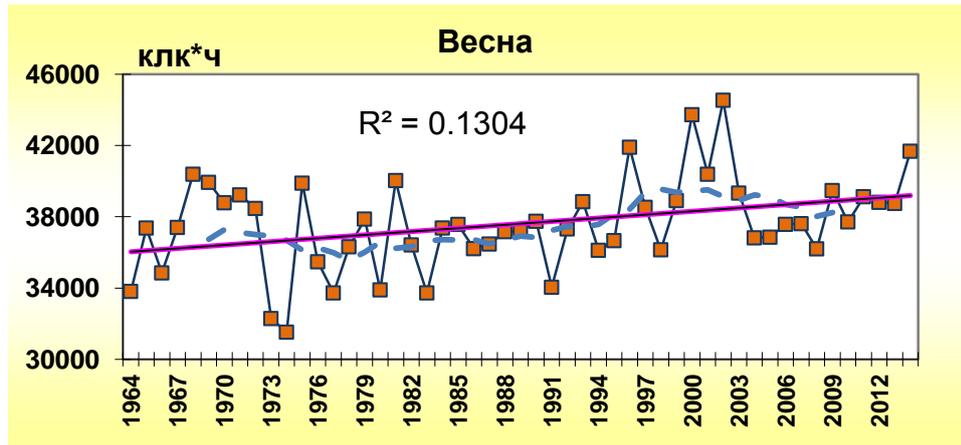
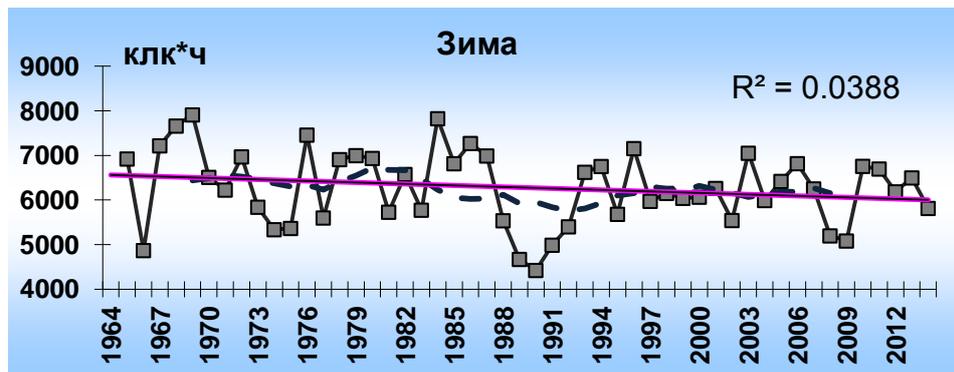


Рис. 11.3 – Многолетнее изменение сезонных сумм освещения суммарным светом в Москве за 1964-2014 гг. Показаны также линейный тренд и 11-летняя скользящая средняя

Таблица 11.2 - Количество освещения суммарным светом за месяц (Млк•час) в 2014 г. и в среднем за период 1964-2013 гг.

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2014 г.	2,09	2,84	8,87	14,57	18,24	17,91	22,73	15,23	10,55	4,34	1,67	0,82
1964-2013гг.	1,66	3,63	8,17	11,79	17,55	18,69	18,27	14,64	8,74	4,20	1,67	1,00
±ДИ	0,08	0,18	0,28	0,36	0,57	0,53	0,49	0,38	0,34	0,19	0,10	0,06
E_{Qmax} 1964-2013	2,21	4,99	10,77	14,12	22,39	22,38	21,92	17,18	10,78	5,62	2,68	1,67
Год	2010	1969	1969	2009	2002	1968	2010	1971	1974	1987	1967	2002
E_{Qmin} 1964-2013	1,11	2,22	5,67	8,35	12,54	14,51	15,04	11,57	5,07	2,33	1,02	0,69
Год	1989	1990	1979	1986	1974	2003	2000	1998	2013	1970	2003	1965
V,%	17	17	12	11	11	10	9	9	14	16	21	20
δ 2014,%	+26	-22	+9	+24	+4	-4	+24	+4	+21	+4	0	-18
Световые эквиваленты количества освещения (лм/Вт)												
LE_Q 2014	95	104	109	107	108	108	112	110	111	104	99	93
LE_Q 1964-2013	99	101	106	107	109	110	111	111	109	106	105	97
Отношение сумм освещения к возможным (%)												
E_{Q2014}/E_{Qo}	86	54	69	80	73	65	85	75	75	47	45	43
$E_{Q1964-2013}/E_{Qo}$	69	69	64	65	70	68	69	72	62	46	45	53

Насколько сильно может меняться суточное количество освещения в зависимости от условий, хорошо видно из рис. 11.4 и табл. 11.3. В 2014 году на 2-6% были перекрыты максимумы на конкретный день 29 января, 17, 24 и 25 апреля и 13, 14, 27 июля. Минимальные количества освещения на конкретный день были перекрыты на 3-46% 8 января, 6 марта, 5 и 29 мая, 24 сентября, 16 октября и 24 ноября.

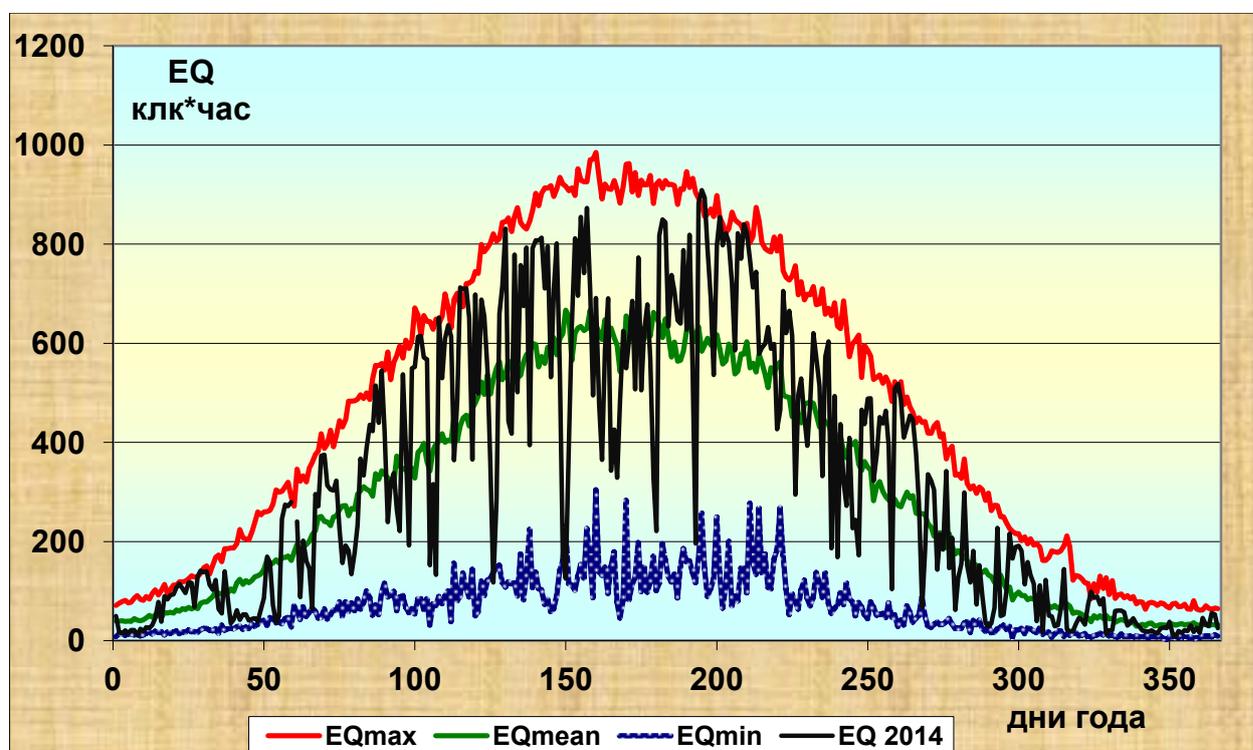


Рисунок 11.4 – Изменение ото дня ко дню суточного количества освещения суммарным светом: в среднем за 1964-2013 гг (E_{Qmean}), максимальные суммы (E_{Qmax}), минимальные суммы (E_{Qmin}) и за каждый день 2014 г. (E_{Q2014})

Таблица 11.3 – Статистические характеристики количества освещения за сутки в Москве (Клк·ч)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
E_Q 2014	67,4	101,4	286,0	485,6	588,5	597,0	733,2	491,2	351,7	140,2	53,9	26,6
E_Q 1964-2013	53,6	128,0	263,4	393,3	565,8	623,6	589,6	472,1	291,8	135,5	55,3	32,4
\pm ДИ	1,3	3,2	5,9	8,5	9,6	10,0	9,4	8,25	6,9	4,2	1,9	0,85
V%	50	48	45	42	34	31	31	35	46	62	66	53
E_{Qmax} 1964-2013	151,0	319,3	582,6	744,5	934,8	985,3	946,4	847,1	616,4	417,6	211,1	91,1
ГОД	31/2011	27/1972	31/2001	29/2013	20/2000	8/1980	8/1973	1/1980	3/1999	1/1967	11/1993	1/2002
E_{Qmin} 1964-2013	7,85	14,7	43,6	31,7	58,5	46	64,8	52,7	27,2	6,4	6,4	2,25
ГОД	1/1995	4/2013	2/1966	14/1970	24/1974	16/1988	20/1973	11/1980	27/1968	24/1974	28/1969	14/1965
δ 2014,%	26	-21	9	23	4	-4	24	4	21	3	-3	-18

Представленные в таблице 11.4 максимальные значения E_Q дают возможность оценить годовой ход наибольшего уровня освещенности естественным светом. Суммарная максимальная освещенность, так же, как и суммарная ФАР и интегральная радиация, наблюдается, как правило, при отметке диска Солнца "первая степень" или "2" и наличии облаков разных ярусов. Для сравнения в таблице также представлены средние многолетние максимальные значения E_Q за период 1975-2013 гг.

Таблица 11.4 – Максимальные значения освещенности (клк) в 2014 году

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Максимальная суммарная освещенность, клк												
E_Q	36,5	54,0	89,6	105,6	120,2	142,0	131,0	114,9	107,4	78,2	37,8	17,2
Дата	29	20	28	18	3	26	10	17	6	1	2	3
*Время	11 ²²	13 ¹²	13 ⁰⁴	12 ⁵¹	11 ³⁸	11 ³⁹	11 ²⁵	12 ²⁷	12 ²⁶	12 ⁴¹	11 ⁴²	13 ⁰⁸
Характер погоды	 2/2 Sc	 [10]/5 Ci Ac Sc	 4/4 Sc	 8/8 Cu	 8/7 Ac Sc Cu Cb	 8/5 Ac Cu Sc	 9/7 Ac Cu Sc	 [10]/9 Ci Ac Sc Cu	 [10]/9 Cc Ac Sc Cu	 8/7 Ac Sc	 8/8 Sc	 [10]/3 Ac Sc
среднее за 1975-2013 гг.	32	52	81	99	115	122	118	110	92	70	41	23

*Примечание: время истинное солнечное

Учет данных о естественном световом режиме E_Q необходим при взаимной увязке норм естественного и искусственного освещения помещений различного назначения, для экономических расчетов, связанных с оценкой вариантов освещения и т.д. При нормировании освещения в здании задан критический уровень естественной освещенности горизонтальной поверхности - освещенность в момент включения (вечером) и выключения (утром) искусственного освещения в помещении. Она равна 5 клк (Гусев, 1968).

Опираясь на этот критерий, можно оценить продолжительность использования естественного освещения в помещении по данным мониторинга EQ. В качестве примера рассмотрим условия освещения помещения при безоблачном небе ($P_{\text{я}}$) и средних условиях облачности ($P_{\text{суо}}$) для двух периодов - 2014 года и норм EQ за период 1964-2013 гг., а также для отдельных конкретных дней 2014 г., когда наблюдалась пасмурная погода ($P_{\text{п}}$) (табл.11.5). Расчеты наглядно показывают, насколько варьируют эти показатели в зависимости от конкретных погодных условий и насколько облачность может уменьшать возможную продолжительность использования естественного освещения.

Из сопоставления величин $P_{\text{я}}$, $P_{\text{суо}}$ и $P_{\text{суо}2014}$ хорошо видно, что в январе, апреле и июле 2014 года в среднем использование ресурсов естественного освещения было близко к условиям безоблачного неба (разница была менее 20 минут). Во все остальные месяцы величины $P_{\text{суо}2014}$ близки или несколько превышают норму 1964-2013 гг. Насколько облачность нижнего яруса может уменьшать этот параметр, хорошо видно при сопоставлении величин $P_{\text{я}}$, $P_{\text{суо}}$ с результатами расчетов $P_{\text{п}2014}$ для конкретных дней. Например, в декабре и январе при пасмурной погоде естественная освещенность может вообще не достигать установленной границы в 5 клк. В остальные месяцы время использования ресурсов естественного освещения уменьшается на 1-3 часа по сравнению с нормой и до 4 часов по сравнению с безоблачным небом (см. табл. 11.5).

Таким образом:

- Годовое количество освещения суммарным светом в 2014 году составило 120 Млк•ч, что выше средней многолетней величины или нормы ($EQ_{\text{ср}}= 110$ Млк•ч) на 9%. Это вторая по величине сумма за все годы наблюдений, которая меньше максимума EQ, наблюдавшегося в 2002 г., всего на 0,4%;
- 2014 год можно охарактеризовать как комфортный с точки зрения условий освещения. Средняя продолжительность использования естественного освещения в этом году либо близка к норме в девяти месяцах из двенадцати, а в трех из них - январь, апрель и июль - всего лишь немногим меньше величины $P_{\text{я}}$;
- освещенность суммарным светом была меньше нормы (на 8%) только зимой 2014 г., во все остальные сезоны года суммы превысили средние многолетние величины: на 11% весной, 9% летом и 14% осенью;

Таблица 11.5 - Время наступления критической освещенности, равной 5 клк, и продолжительность использования естественного освещения в Москве (П, час) при различных условиях облачности в 2014 г.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Условия ясного неба												
утро ¹	9:07	8:04	6:32	5:32	4:36	4:04	4:17	5:00	6:00	7:04	8:35	9:29
вечер	14:49	16:10	17:27	18:25	19:24	20:04	19:43	19:02	18:01	16:42	15:19	14:24
П _я	5h42'	8h06'	10h55'	12h53'	14h48'	16h00'	15h26'	14h02'	12h01'	9h38'	6h44'	4h55'
Средние условия облачности за период 1964-2013 гг.												
утро	9:39	8:15	6:53	5:47	4:50	4:20	4:34	5:24	6:33	7:54	9:22	10:18
вечер	14:24	15:53	17:07	18:18	19:17	19:49	19:30	18:38	17:34	16:08	14:37	13:42
П _{суо}	4h45'	7h38	10h14'	12h31'	14h27'	15h29'	14h56'	13h14'	11h01'	8h14'	5h15'	3h24
Средние условия облачности в 2014 г.												
утро	9:16	8:22	6:45	5:37	4:48	4:31	4:17	5:15	6:20	7:55	9:29	10:50
вечер	14:45	15:48	17:16	18:21	19:14	19:51	19:36	18:43	17:45	16:09	14:51	13:41
П _{суо} 2014	5h29'	7h26'	10h31'	12h44'	14h26'	15h21'	15h19'	13h28'	11h25'	8h14'	5h22'	2h51'
Пасмурное небо, облачность нижнего яруса, 2014 г.												
дата	2	16	2	14	5	23	11	нет ²	3	4	14	8
утро	нет	9:05	8:05	6:30	6:54	5:42	6:37		6:24	8:30	10:30	нет
вечер		13:57	16:04	16:57	17:58	19:28	18:19		17:29	17:06	13:20	
Пп2014		4h52'	7h59'	10h27'	11h04'	13h46'	11h42'		11h05'	8h36'	2h50'	

Примечание: 1 – моменты критической освещенности указаны по истинному солнечному времени, час:минуты; П_я – продолжительность использования E_Q при ясном небе; П_{суо} – продолжительность использования E_Q при средних условиях облачности; Пп – продолжительность использования E_Q при пасмурном небе. 2 - В августе 2014 г. полностью пасмурных дней не было

- в апреле и июле 2014 г. были перекрыты максимумы месячного количества освещения суммарным светом за период 1964-2013 гг.;
- для конкретных суток были перекрыты максимумы 7 раз: один день в январе и по три дня в апреле и июле. В течение семи дней условия освещения оказались ниже уже установленных минимумов за период 1964-2013 гг. И если для максимумов разница не превысила 7%, то для минимумов она достигла 46%;
- максимальная суммарная освещенность (142 клк) отмечена в июне;
- в среднем продолжительность использования естественного освещения в Москве в помещении в течение 2014 года была либо больше нормы (в семи месяцах из двенадцати), либо близка ней.

Литература

Гусев Н.М., Киреев Н.Н. 1968. Освещение промышленных зданий. М.: Изд-во литературы по строительству. 1968. с. 160.

Зачек С.И., А.П.Бычкова, С.А.Соколенко. 1988. О некоторых результатах натуральных испытаний люксметров на кремниевых фотодиодах ячеистой структуры. Труды ГГО, Ленинград, Гидрометеиздат, под ред.Г.П.Гущина, с.74-81.

Никольская Н.П., Евневич Т.В., Янишевский Ю.Д., Луцько Л.В. 1972. Рекомендации по учёту светового климата при проектировании естественного освещения. Строительная светотехника, вып.5(19), с.15-105.

12. Особенности режима УФ радиации 300-380 нм

Е.И.Незваль

Как уже говорилось в предыдущих выпусках (Незваль, 2013, Незваль 2014), в Метеорологической обсерватории МГУ (МО МГУ) осуществляется непрерывная регистрация суммарной и рассеянной ультрафиолетовой радиации (УФР) в области спектра 300-380 нм. До декабря 2008 года измерения проводились широкополосными уфиметрами, разработанными и сконструированными сотрудниками обсерватории М.П. Гараджа и А.В.Высоцким (Ультрафиолетовые измерительные приборы, 1977, Chubarova, Nezval, 2000). В июле 2005 г. была произведена привязка показаний контрольного уфиметра МО МГУ №9 к данным спектрорадиометра Bentam DTM-300 Медицинского университета в Инсбруке, входящего в группу приборов, по которым осуществляется градуировка УФ приборов в Европе. Это дало возможность привести показания уфиметров к международному стандарту. Начиная с декабря 2008 года, для измерения суммарной УФ радиации 300-380 нм используется УФ пиранометр UVA-1 Yankee Environmental Systems LTD (www.yesinc.com/products/data/uvb1/index/html), проградуированный в области спектра 300-380 нм. Возможность использования УФ пиранометра UVA-1 для измерения суммарной УФ радиации в области спектра 300-380 нм показана в работах (Nezval', Chubarova, 2007, 2008). Обоснование возможности сохранения однородности мониторинга суммарной УФ радиации 300-380 нм при использовании УФ пиранометра UVA-1 YES приводится в работе (Незваль, Чубарова, 2011).

В настоящее время во всем мире широко используются приборы фирмы Kipp&Zonen (Нидерланды). Метеорологическая обсерватория располагает двумя экземплярами прибора Kipp&Zonen UVS-A-T (www.kippzonen.com/Product/26/UVS-A-T-UV-Radiometer/html), предназначенными для измерения радиации в области УФ-А (315-400 нм). В работе (Незваль Е.И., 2014) было показано, что данный прибор может быть использован для продолжения мониторинга суммарной УФ радиации в области 300-380 нм.

12.1. Методика градуировки и обработки данных

В июле 2008 г. и в сентябре 2011 г. контрольный УФ пиранометр UVA-1 №060902 был отградуирован по спектрорадиометру Bentham DTM-300 Медицинского университета в Инсбруке в области 300-380 нм.

Как уже говорилось в предыдущих выпусках, при обработке данных учитываются переводные множители, а также спектральные и косинусные погрешности УФ приборов. В 2008 г. в Инсбруке была определена кривая спектральной чувствительности контрольного прибора UVA-1 YES и его косинусная характеристика (отклонение показаний прибора от закона косинусов). На основании этих данных по модельным расчетам были определены спектральная и косинусная поправки для ясного и пасмурного неба, которые учитывались при обработке результатов измерений (Незваль, Чубарова, 2011). В 2011 г. вновь была определена кривая спектральной чувствительности, которая практически совпала с данными 2008 г.

УФ пиранометр UVA-1 № 031201, который используется для непрерывной регистрации суммарной УФ радиации, был откалиброван в области спектра 300-380 нм по контрольному прибору в 2008 г. Спектральная поправка регистратора была рассчитана по кривой спектральной чувствительности, приведенной в паспорте прибора. Косинусная поправка была взята такой же, как для контрольного прибора, так как в паспорте прибора UVA-1 YES косинусные характеристики не приводятся.

По градуировке в Инсбруке в 2011 г. переводные множители контрольного прибора выросли на 2.1% по сравнению с градуировкой 2008 г. В соответствии с этим методом линейной интерполяции были изменены переводные множители регистратора суммарной УФ радиации (Незваль Е.И., 2014).

На протяжении всех лет работы прибора UVA-1 (с 2007 г.) периодически проводится запись суммарной УФ радиации параллельно двумя приборами UVA-1 YES. Эта работа была продолжена в 2014 г. (рис. 12.1). На рисунке представлены средние за период сравнений отклонения (d) показаний регистратора ($Q_{\text{уфр, рег}}$) от данных контрольного прибора ($Q_{\text{уфр, контр}}$), выраженные в процентах, с мая 2009 г. по август-сентябрь 2014 г. :

$$d = (Q_{\text{уфр, рег}} / (Q_{\text{уфр, контр}} - 1)) * 100 \dots \dots \dots (1)$$

За исключением аномально жаркого лета 2010 г., различия в показаниях контрольного прибора и регистратора при всех условиях (при наличии прямой радиации и при ее

отсутствии) колеблются в пределах $\pm 2\%$ (см. рис. 12.1.). Учитывая небольшие значения и различные знаки d , а также различия между значениями d при наличии прямой радиации и при ее отсутствии, данные регистратора к показаниям контрольного прибора не приводились. Для июня-сентября 2010 г. показания регистратора были приведены к показаниям контрольного прибора. Различия в показаниях регистратора и контрольного прибора, полученные в августе-сентябре 2014 года также лежат в пределах $\pm 2\%$.

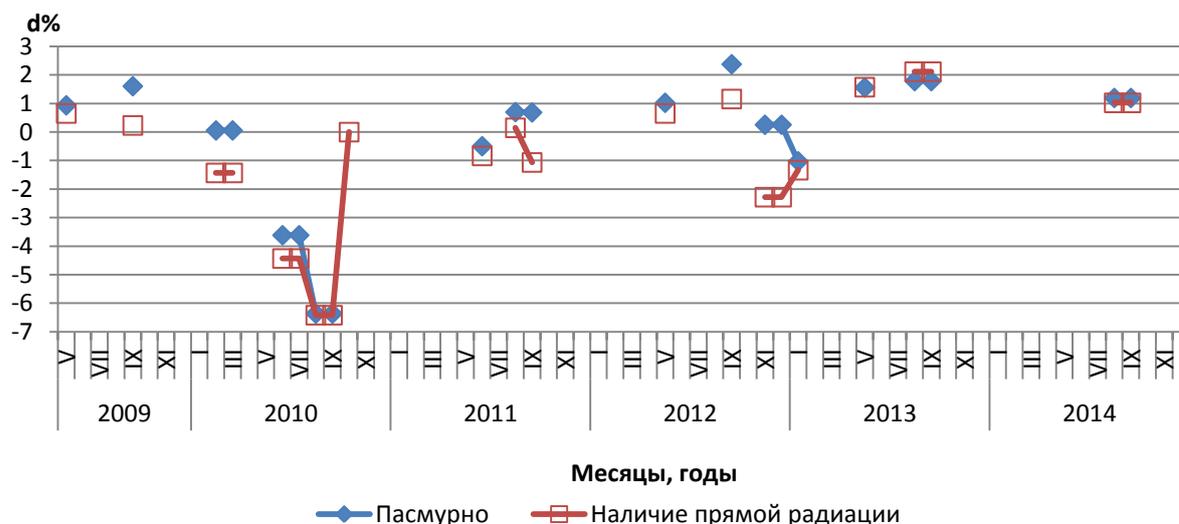


Рисунок 12.1 – Отклонения показаний прибора UVA-1 - регистратора от показаний контрольного прибора UVA-1 с мая 2009 г. по сентябрь 2014 г.

В 2014 г. продолжены параллельные измерения по регистратору UVA-1 YES и прибору №110062 фирмы Kerr&Zonen. В табл.12.1 приведены средние значения переводного множителя прибора № 110062 при высоте Солнца $h=30^\circ$, полученные в различные периоды сравнений 2013 г. и 2014 г.

Из таблицы следует, что переводные множители при $h=30^\circ$ в августе-сентябре 2014 года на 1.5 % ниже по сравнению с аналогичным периодом 2013 г. при наличии прямой радиации и на 2.4 % ниже при плотной облачности.

В октябре-декабре 2014 года в связи с ремонтом регистратора UVA-1 суммарная УФ радиация в области спектра 300-380 нм определялась по прибору UVS-A-T фирмы Kerr&Zonen № 110062. При обработке данных за октябрь-декабрь был

Таблица 12.1 – Переводные множители прибора №110062 Kipp&Zonen, при высоте Солнца $h=30^\circ$, полученные по регистратору суммарной УФ радиации UVA-1 YES № 031201, Вт/м² В

Условия сравнений	Период сравнений					
	15.02.13-12.03.13	7-13.05.13	21.08.13-03.09.13	05-31.03.14	01-29.04.14	19.08.14-16.09.14
Есть прямая радиация	20.60	20.54	20.42	20.55	20.11	20.12
Пасмурно	21.59		21.94	21.78	21.60	21.42

использован переводный множитель, полученный в августе-сентябре 2014 г. (см. табл. 12.1) и уравнения (2) и (3) для учета спектральной и косинусной погрешностей соответственно при наличии прямой радиации (2) и при плотной облачности (3):

$$y=0.00002117*h^2-0.00010836*h+0.984196 \quad (2)$$

$$y= - 0.00000113*h^2+0.00238704*h+0.993570 \quad (3),$$

где h – высота Солнца в градусах.

12.2 Результаты.

В целом за 2014 г. приход суммарной УФ радиации за 7.7% выше средней величины за 40 лет (1968-2007 гг. - норма), табл. 12.2. Это пятая по величине годовая сумма за весь 47-летний период наблюдений. По сравнению со средней величиной за все предыдущие годы (1968-2013 гг.) положительная аномалия годовой суммы суммарной УФ радиации в 2014 г. несколько меньше (7.3%), а по сравнению со средней годовой суммой за более поздний период (1999-2009 гг.) она составила всего 5.9%. В 2014 г. в пяти месяцах отмечались значимые положительные аномалии суммарной УФ радиации, из которых в апреле и июле они превышали норму на 20%. Значимые отрицательные аномалии в 2014 г. отмечались только в 2 месяцах: в феврале (около -25%) и в декабре (-9%). По сравнению со средней величиной за 1999-2009 гг. в декабре отрицательная аномалия оказалась незначимой.

На рис.12.2 представлены отклонения от средних значений за период 1968-2007 гг. месячных сумм суммарной УФ ($dQ_{уфр}$) и интегральной ($dQ_{ир}$) радиации, балла общей ($dN_{о св}$) и нижней ($dN_{н св}$) облачности за светлую часть суток и продолжительности солнечного сияния ($d_{ПСС}$) за 2014 г.. Положительные аномалии в приходе суммарной УФ радиации сопровождаются отрицательными аномалиями нижней облачности (при этом знак измене-

ния общей облачности в отдельные месяцы может быть противоположным, например, в марте, августе, октябре), положительными аномалиями продолжительности солнечного сияния и наоборот.

Таблица 12.2 - Месячные и годовые суммы суммарной УФ радиации 300-380 нм за 2014 год и за периоды 1968-2007 гг., 1968-2013 гг. и 1999-2009 гг., МО МГУ.

Параметры	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Месячные и годовые суммы суммарной УФ радиации 300-380 нм, МДж/м ²													
2014	2.66	3.80	10.9	18.0	24.1	24.5	28.9	20.3	13.0	5.70	2.31	1.42	155.7
1968-2007 г. г.	2.36	5.05	10.8	14.9	22.4	24.6	24.1	19.4	11.5	5.62	2.34	1.57	144.6
±Д.И.	0.10	0.24	0.46	0.51	0.70	0.78	0.59	0.59	0.43	0.27	0.14	0.08	2.43
1968-2013 г. г.	2.38	5.00	10.8	15.1	22.5	24.8	24.3	19.3	11.4	5.62	2.31	1.54	145.1
±Д.И.	0.09	0.22	0.41	0.47	0.63	0.70	0.61	0.56	0.42	0.24	0.12	0.08	2.27
1999-2009 гг. г.	2.30	4.91	11.1	15.7	22.8	24.8	24.7	19.3	12.0	5.50	2.32	1.46	147.0
±Д.И.	0.17	0.26	0.61	0.48	1.25	1.42	1.14	1.04	0.82	0.35	0.24	0.17	3.61
Отклонения месячных и годовой сумм УФ радиации за 2014 г. (d%) от средних многолетних величин													
1968-2007 г. г.	12.7	-24.8	1.4	20.9	7.6	-0.6	20.3	4.5	13.4	1.4	-1.2	-9.1	7.7
1968-2013 г. г.	12.0	-24.1	1.5	19.4	7.2	-1.4	19.2	5.1	13.8	1.4	-0.1	-7.7	7.3
1999-2009 г. г.	15.6	-22.6	-1.4	14.7	5.6	-1.3	17.3	5.2	8.0	3.5	-0.6	-2.5	5.9
Максимальные и минимальные месячные и годовые суммы за период 1968-2013 гг., МДж/м ²													
Q _{макс}	2.93	6.23	13.6	18.1	27.3	30.5	30.1	23.4	13.5	7.19	3.62	2.22	160.3
Год	1972 2010	1968	1996	1968	2002	1968	2010	1971	1970	1994	1998	2002	1968
Q _{мин}	1.81	3.44	7.58	11.1	16.5	20.2	21.1	15.5	7.41	3.39	1.48	1.16	132.1
Год	1989	1974	1979	1986	1980	2003	1984	2008	2013	1982	1976	2006	1980
Доли месячных и годовых сумм рассеянной УФ радиации в суммарной, %													
2014 г. г.	96	94	85	74	72	74	67	78	79	88	98	98	76
1968-2007 г. г.	98	94	87	84	78	78	79	80	85	92	97	99	82
Доли месячных и годовых сумм суммарной УФ радиации в месячных и годовых суммах суммарной интегральной радиации, %.													
2014 г. г.	3.5	3.8	3.7	3.7	4.0	4.1	4.0	4.1	3.8	3.8	3.8	4.6	3.9
1968-2007 г. г.	4.0	3.9	3.8	3.8	3.9	4.1	4.1	4.1	4.0	3.9	4.1	4.1	4.0

Примечание: Д.И. – доверительный интервал с доверительной вероятностью $\alpha=0.05$ средних за 1968-2007 гг., 1968-2013 гг. и 1999-2009 гг. Красным и синим цветом отмечены соответственно положительные и отрицательные значимые аномалии. Доли рассеянной УФ радиации в суммарной получены по данным уфиметра МО МГУ.

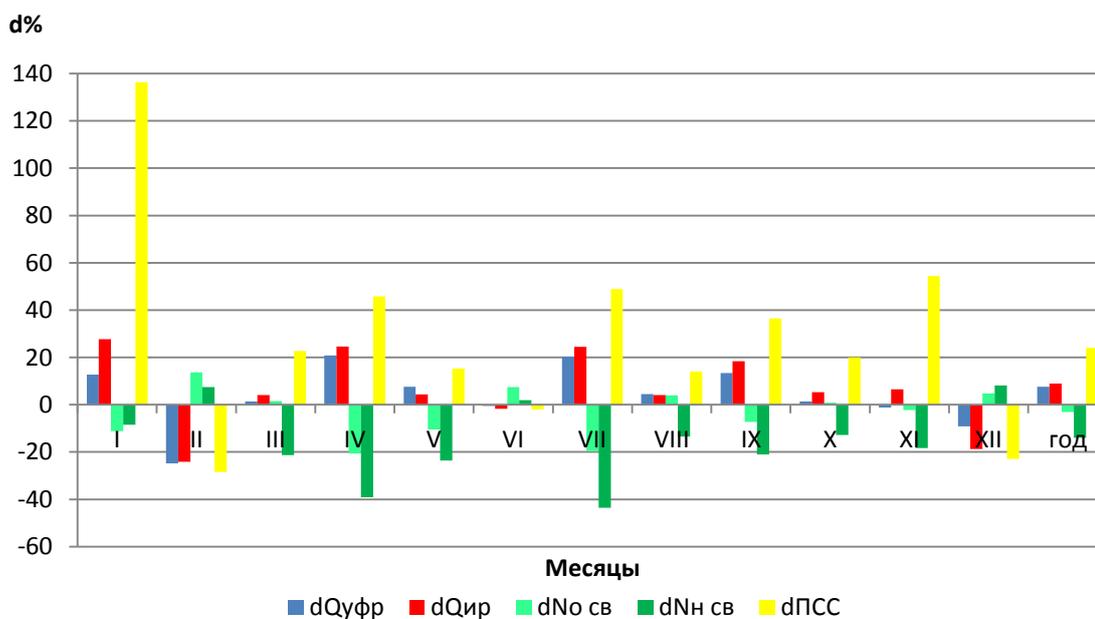


Рисунок 12.2 - Отклонения (d%) от нормы (1968-2007 гг.) месячных значений суммарной УФР ($dQ_{уфр}$), суммарной интегральной радиации ($dQ_{ир}$), общей ($dN_{о св}$ и нижней ($dN_{н св}$) облачности за светлую часть суток и продолжительности солнечного сияния ($dПСС$) за 2014 год.

Можно видеть, что наибольшим положительным аномалиям месячных сумм суммарной УФ радиации соответствует резкое понижение нижней облачности (почти до 40% в апреле и более, чем на 40% в июле) и связанный с этим резкий рост продолжительности солнечного сияния (соответственно на 46% и 49%) по сравнению со средней величиной за 1968-2007 гг. Интересно отметить, что в январе прирост продолжительности солнечного сияния достигал 136% относительно нормы, хотя положительная аномалия суммарной УФ радиации за этот месяц составила всего $\approx 13\%$, а в ноябре при значительном увеличении ПСС (на 54%) приход суммарной УФ радиации оказался близок к норме (незначимая отрицательная аномалия -1.4%). Это обусловлено незначительной долей прямой радиации в суммарной в УФ области спектра при низких высотах Солнца. ПСС, как известно характеризует, продолжительность солнечного сияния, т.е. продолжительность в часах, когда отмечалась прямая солнечная радиация. В январе и ноябре доля $(D/Q)_{уфр}$ в среднем за 40 лет составляет соответственно 98% и 99%.. т.е. доля прямой радиации в общем приходе составляет всего 2 и 1%. В 2014 г. величины $(D/Q)_{уфр}$ составила 96 и 98%. Как следует из рис.12.2, для суммарной интегральной радиации максимальная положительная месячная аномалия приходится на январь, а в ноябре она составляет $\approx 7\%$. Для суммарной радиации всего солнечного спектра доля прямой радиации существенно выше: D/Q составляет в среднем за 1968-2007 для января и

ноября соответственно 83 и 82%. В 2014 г. эти значения гораздо ниже: 57 и 70%. Таким образом, в 2014 г. доля прямой интегральной радиации в суммарной составила соответственно 43% в январе и 30% в ноябре.

Доля суммарной УФ радиации в суммарной интегральной радиации в течение года в среднем за 40 лет колебалась незначительно (см. табл.12.2). В 2014 г. наиболее заметные отклонения величины $Q_{\text{уфр}}/Q_{\text{ир}}$ от средней многолетней величины наблюдались в январе (3.5% при норме 4.0%), в ноябре (3.8% при норме 4.1%) и в декабре (4.6 при норме 4.1%).

В целом за весну, лето и осень суммы суммарной УФ радиации в 2014 г. на $\approx 10-8\%$ превосходят соответствующие значения за 1967-2007 гг. (табл.12.3). Лишь зимой 2013-2014 гг. сумма существенно ниже нормы (\approx на 12%).

Максимальные и минимальные за каждый месяц суточные суммы в 2014 г. ниже максимальных суточных сумм и выше минимальных суточных сумм за все предыдущие годы (табл.12.3, рис.12.3). Однако для отдельных дней года отмечались самые высокие и самые низкие суточные суммы за весь период наблюдений (рис.12.4). Максимальные суточные суммы для отдельных дней отмечались 28 января (28), 24 апреля (115), 21 мая (142), 21 и 27 июля (203 и 209) и 26 декабря (361). В скобках указан номер дня года. В эти дни наблюдалась или безоблачная погода (27.05 и 27.07), или небольшая кучевая облачность (24.04) или кучевая облачность в сочетании с облаками верхнего яруса (21.07), или слоисто-кучевая облачность (28.01 и 26.12), не экранирующая диск Солнца. Минимальные суточные суммы были зарегистрированы для 8 января (8) и 29 мая (150). В эти дни отмечался сплошной покров плотных облаков нижнего яруса (слоистые и разорванно-слоистые облака (08.01) и слоисто-кучевые в сочетании с кучево-дождевыми облаками, сопровождавшимися ливневыми осадками (29.05). Максимальные для отдельных дней суточные суммы превосходят максимальные значения для этих дней за все предыдущие годы в основном менее, чем на 1%; исключение составляет суточная сумма за 27 июля, которая оказалась выше предыдущей максимальной суммы за 3.6%. Минимальные суточные суммы могут существенно отличаться от предыдущих минимумов: более чем на 16 % 08.01 и почти на 37% 29.05.

Таблица 12.3 - Суммы суммарной УФ радиации за сезоны 2014 г. и за период 1968-2007 гг. и 1999-2009 гг., МДж/м²

Период	Характеристики-	Зима	Весна	Лето	Осень
2014 г.		7.89	53.04	73.74	21.00
1968-2007 гг.	Средняя	9.00	48.09	68.12	19.42
	Доверительный	0.33	1.13	1.23	0.55

	Интервал				
	d %	-12.3	10.3	8.3	8.2
1999-2009 гг.	Средняя	8.73	49.62	68.80	19.86
	Доверительный интервал	0.50	2.13	2.26	1.01
	d%	-9.6	6.9	7.2	5.7
1968-2013 гг.	Максимум	10.88	54.82	76.06	23.16
	Год	1968 1996	2000	1968	1994
	Минимум	6.83	40.20	60.75	15.07
	Год	1990	1980	1984	2013

Примечание: В сумму за зиму входит сумма за декабрь предыдущего года. Красным и синим цветом отмечены соответственно положительные и отрицательные значимые аномалии.

Таблица 12. 4 - Суточные суммы суммарной УФ радиации 300-380 нм, кДж/м²

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2014 г.												
Q _{средн}	86	136	352	600	778	817	934	655	433	184	77	46
Q _{макс}	157	312	624	863	1083	1107	1153	915	613	415	162	84
Число	31	28	29	25	21	5	13	9	6	2	10	29
Q _{мин}	22	56	98	214	184	359	336	263	105	48	22	15
Число	8	23	6	16	5	28	11	27	24	16	24	17
σ	47	82	127	186	254	480	159	162	141	85	38	18
V%	54	60	36	31	33	59	17	25	32	46	49	39
1968-2007 гг.												
Q _{средн}	76	179	347	496	723	821	776	627	382	181	78	51
V%	41	41	40	39	31	29	29	32	41	53	54	43
1999-2009 гг.												
Q _{средн}	74	174	357	523	737	827	796	623	401	177	77	47
V%	43	42	41	36	31	29	27	31	36	54	53	44
1968-2013 гг.,												
Q _{макс}	175	382	683	1057	1307	1265	1236	1066	826	487	227	116
Число	31	25	31	27	29	22	10	6	1	3	1	3
Год	2002	1998	2000	1974	1974	1969	1995	1995	1994	1998	1975	2001
Q _{мин}	14	29	52	67	126	91	93	91	42	15	6	8
Число	1	4	5	14	2	15	20	14	26	10	18	18
Год	1995	2013	1992	1970	1980	1993	1973	2004	1972	1983	1976	1980

Примечание: σ - среднее квадратическое отклонение, кДж/м²; V - коэффициент вариации, %

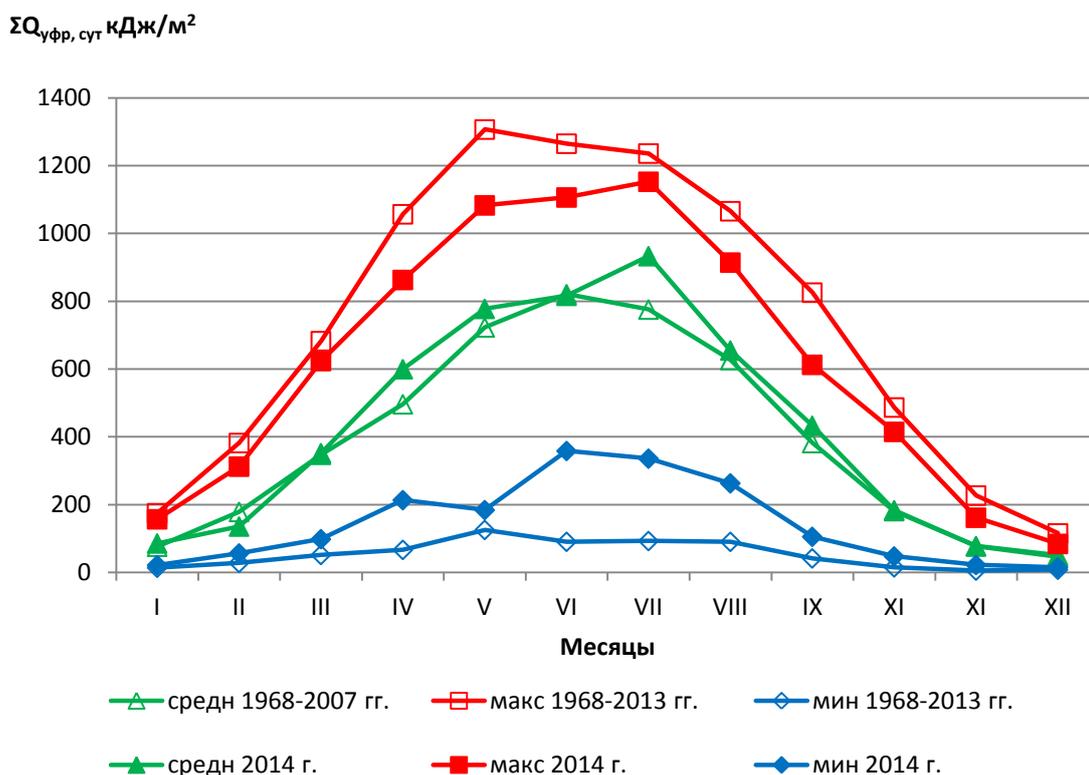


Рисунок 12.3 - Годовой ход средних суточных сумм суммарной УФ радиации за 2014 год и за период 1968-2007 гг. (норма) и максимальных и минимальных величин за 2014 г. и период 1968-2013 гг.

В 2014 г. в годовом ходе коэффициентов вариации максимум (60%) приходится на февраль, а минимум (17%) – на июль (рис.12.5). Для большинства месяцев изменчивость суточных сумм несколько ниже средней многолетней величине. Исключение составляют высокие по сравнению с нормой значения коэффициентов вариации суточных сумм суммарной УФ радиации для января и февраля

Характер многолетних изменений в приходе суммарной УФ и интегральной радиации за год представлен на рис. 12.6. На рисунке представлены отклонения d в % от нормы (1968-2007 гг.). В целом ход многолетних изменений прихода суммарной УФ радиации достаточно хорошо согласуется с изменениями суммарной интегральной радиации. Коэффициент корреляции годовых сумм суммарной УФ и интегральной радиации составляет 0.71.

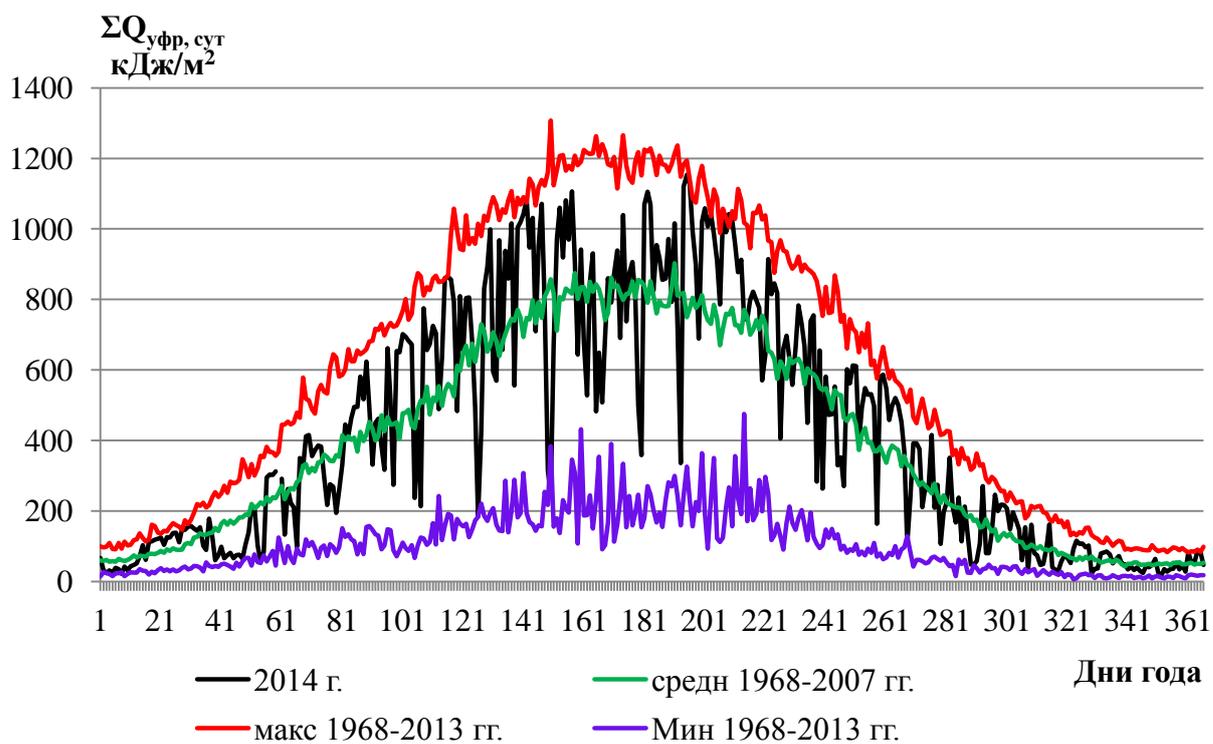


Рисунок 12.4 - Изменение суточных сумм суммарной УФ радиации в 2014 г.

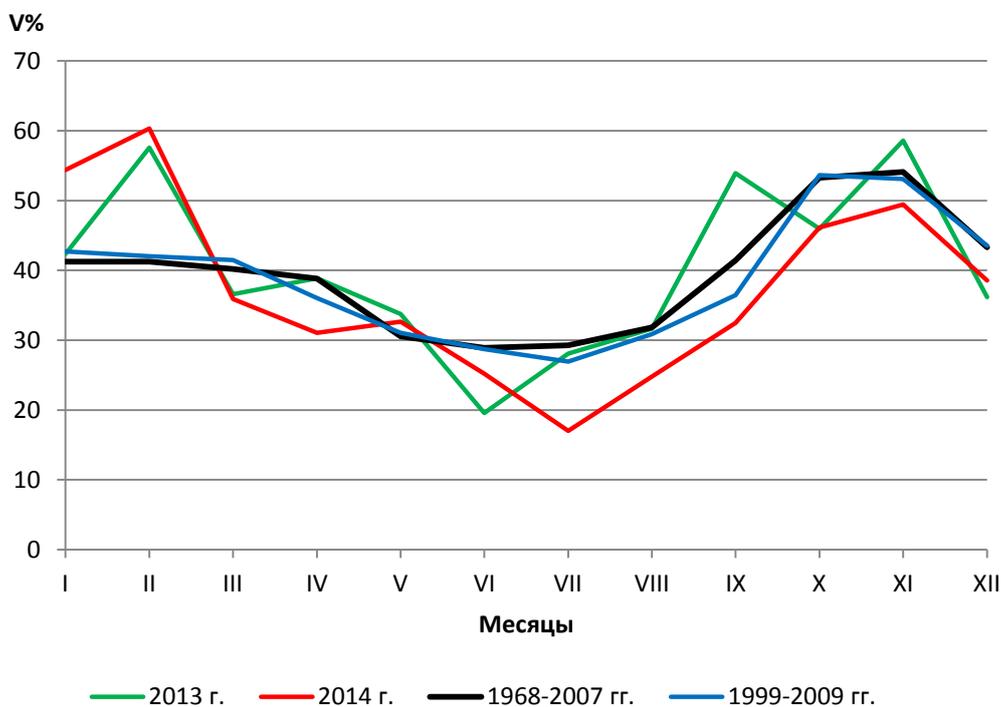


Рисунок 12.5 - Годовой ход коэффициента вариации суточных сумм суммарной УФ радиации в 2014 г. и в различные периоды наблюдений

Высокие положительные аномалии в приходе УФ радиации за год отмечены в начале периода наблюдений. Существенное снижение годовых сумм радиации приходится на вторую половину 70-х – начало 90-х годов, что обусловлено ростом облачности (см. раздел 8). Высокий приход суммарной УФ радиации отмечался со второй половине 90-х до 2002 годов. Начиная с 2003 г. имело место понижение прихода солнечной радиации, достигшее наибольшей величины в 2008 г., что обусловлено заметным ростом облачности в эти годы. Период после 2008 г. характеризуется очень высоким приходом суммарной УФ и интегральной радиации в 2010, 2011 и 2014 гг. и заметным понижением в 2012 и 2013 гг.

На рис. 12.7 приведены изменения в приходе суммарной УФ радиации за год, за теплый период (май-сентябрь) и за холодный период (ноябрь-март). В сумму за холодный период входит сумма за ноябрь и декабрь предыдущего года. Можно видеть, что основные черты изменений в приходе суммарной УФ радиации за теплый период практически полностью повторяют характер изменений за год. Следует отметить, что приход радиации за 5 месяцев с мая по сентябрь составляет в среднем 71% от годовой суммы, незначительно варьируя от 66 до 74%. Коэффициент корреляции между годовой суммой суммарной УФ радиации и суммой за теплый период составляет 0.93. За холодный период общая тенденция многолетних изменений в приходе УФ радиации также повторяет основные черты изменений за год и за теплый период. Отмечается следующая особенность. Как положительные, так и отрицательные аномалии в холодный период достигают значительно больших значений по сравнению с аномалиями в теплый период и в целом за год. Если максимальные отклонения для года в целом и для теплого периода лежат в диапазоне $\pm 11\%$, то для холодного периода положительные отклонения от нормы достигают 25%, а отрицательные превосходят -20%. Можно отметить, что в холодный период 2013-2014 гг. еще продолжается понижение в приходе суммарной УФ радиации по сравнению с нормой, в то время как в целом за 2014 год и за теплый период 2014 г. приход УФ радиации оказался соответственно пятым и четвертым по величине за весь период наблюдений. По сравнению с 2013 г. годовой приход и приход за теплый период в 2014 г. вырос соответственно на 8.7 и 11.5 %. В холодный период 2013-2014 гг. приход суммарной УФ радиации понизился на 6.3 % по сравнению с холодным периодом 2012-2013 гг.

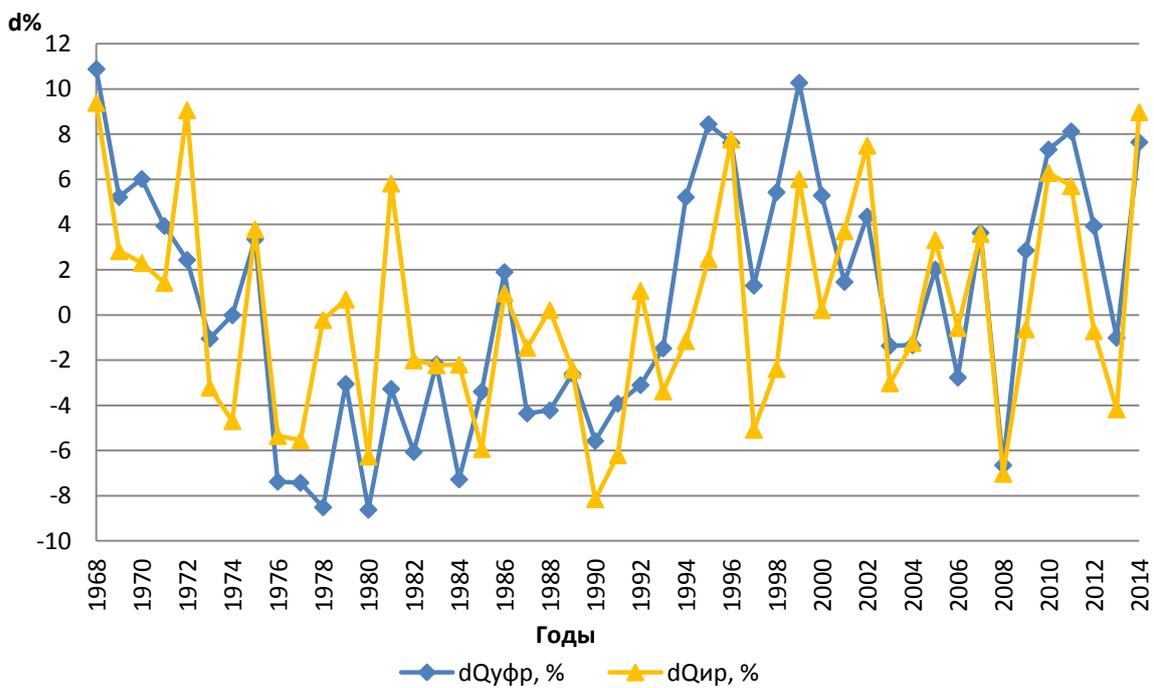


Рисунок 12.6 - Отклонения (d%) от нормы (1968-2007 гг.) суммарной УФ и интегральной радиации за год.

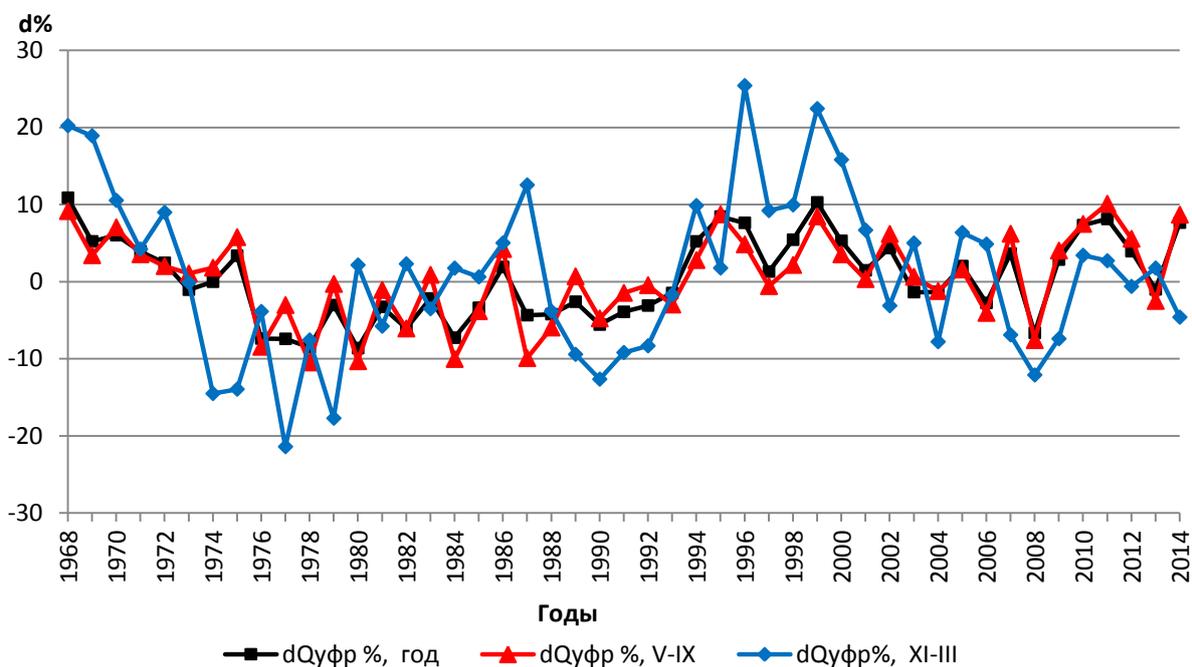


Рисунок 12.7- Отклонения от нормы (d%) сумм УФ радиации за год, теплый (V-IX) и холодный (XI-III) периоды. (В сумму за холодный период входит сумма за ноябрь и декабрь предыдущего года).

Таким образом:

- Приход суммарной УФ радиации в области спектра 300-380 нм в целом за 2014 г. был высоким: на 7.7% выше нормы. За теплое время года (с мая по сентябрь) приход суммарной УФ радиации превысил норму на 8.7%.

- Максимальные положительные аномалии в приходе суммарной УФ радиации, превышающие 20%, отмечались в апреле и июле. Значимые отрицательные аномалии отмечались только для февраля и декабря. При этом для февраля отрицательная аномалия достигла почти -25%.

- Для весны, лета и осени 2014 г. имели место положительные аномалии, составляющие соответственно 10.3%, 8.3%, 8.2% от нормы (1968-2007 гг.). Для зимы отмечалась отрицательная аномалия, равная -12.3%.

Литература

Незваль Е.И. 2013. Особенности прихода УФ радиации 300-380 нм. «Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2012 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ», под редакцией Н.Е.Чубаровой, М., Макс Пресс, CD-ROM 978-5-317-03592-1, с. 96-109.

Незваль Е.И. 2014. Особенности прихода УФ радиации 300-380 нм. «Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2013 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ», под редакцией Н.Е.Чубаровой, М., Макс Пресс, CD-ROM 978-5-317-03592-1, с.95-113.

Незваль Е.И., Чубарова Н.Е. 2011. Разработка методики сохранения однородности ряда УФ радиации в диапазоне длин волн 300-380 нм при переходе на современную аппаратуру. «Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2010 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ». М., Макс Пресс, CD-ROM 978-5-317-03592-1, с.155-170.

Ультрафиолетовые измерительные приборы. 1977. Пущино, координационный центр стран СЭВ и СФРЮ по проблеме «Исследования в области биологической физики», с. 35-38.

Chubarova N. YE. and Nezval' YE. I. 2000. Thirty year variability of UV irradiance in Moscow. Journal of Geophysical Research, vol. 105, No D10, pp. 12,529-12,539.

Nezval' YE. I. and Chubarova N. YE. 2007. An applicability of the UVA-1 YES to the continuation of long-term monitoring of UV irradiance 300-380 nm in Moscow. Proceedings of

the UV Conference “One Century of UV Radiation Research”, 18-20 September 2007, Davos, Switzerland, p.51-52.

Nezval' YE. I. and Chubarova N. YE. 2008. Optimal conditions for longwave UV monitoring by a UVA-1 YES pyranometer. Препринт Российского научного центра «Курчатовский институт», IAE-6506.16, “Determination of NO₂ in the surface layer of the atmosphere”, Москва, с.13-19.

www.kippzonen.com/Product/26/UVS-A-T-UV-Radiometer/html

www.yesinc.com/products/data/uvb1/index/html

13. Оценка биологически-активной УФ радиации

Е.Ю. Жданова, Н.Е. Чубарова

13.1 Краткая характеристика приборов и методических аспектов измерений.

Измерения эритемной УФ-радиации в 2014 году осуществлялись пиранометром UV-S-E-T KIPP&Zonen №120056. С целью контроля качества мониторинга УФ-радиации сравнения измерений регистрирующего прибора с измерениями контрольного прибора (№060904) и второго прибора UV-S-E-T KIPP&Zonen №120057 были проведены в мае (14.05- 28.05.2014) и сентябре (9.09-24.09.2014).

В Табл.13.1 приведена относительная разница измерений эритемной радиации разными приборами в зависимости от градаций высот Солнца, проведенных в мае. В среднем при высотах Солнца около 30 градусов показания регистратора оказались ниже показаний контрольного прибора на 7%. На рис.13.1 отношения измерений приборов представлены по тем же градациям высот Солнца, что и в табл.13.1, но для отдельных дней.

Таблица 13.1. Относительная разница между измерениями эритемной радиации различными приборами в зависимости от высоты Солнца 14-28 мая 2014 г.

высота Солнца	Q#120056/Q#060904	Q#120056/Q#120057	Q#120057/Q#060904
5-9	-9%	-14%	6%
9-15	-11%	-12%	1%
15-21	-10%	-11%	1%
21-27	-8%	-10%	2%
27-33	-7%	-10%	3%
33-39	-7%	-9%	3%
39-45	-6%	-9%	3%
45-51	-5%	-8%	3%
51-55	-5%	-8%	3%

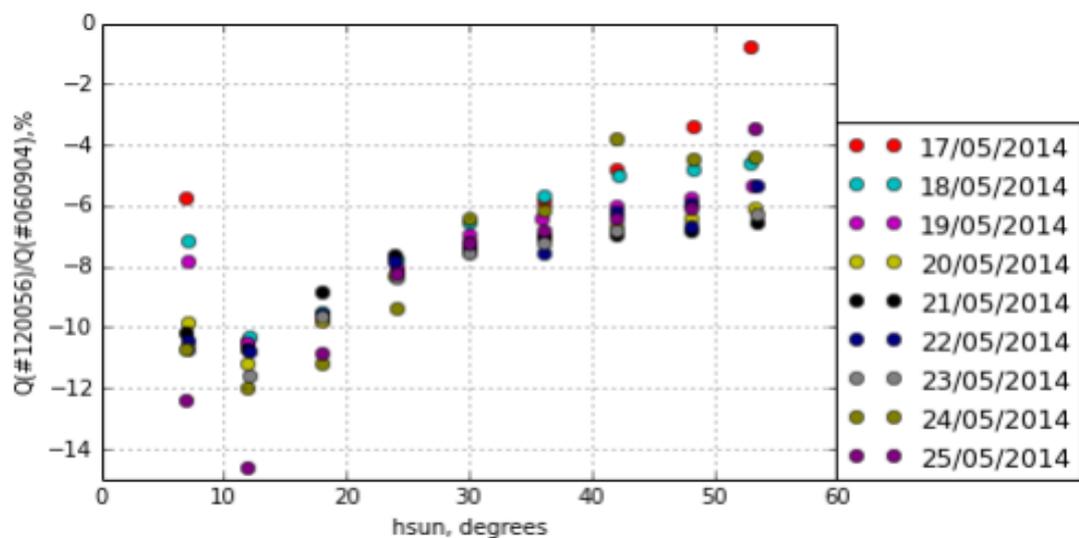


Рисунок 13.1 – Относительная разница между измерениями эритемной радиации регистрирующим (№120056) и контрольным (№060904) приборами в зависимости от высоты Солнца для отдельных дней мая 2014 г.

Для оценки различий между измерениями регистрирующим и контрольным приборами, кроме средних, были рассчитаны такие характеристики, как медиана и интерквартильный размах IQR (рис.13.2). На рис. 13.2 красным цветом отмечена медиана, границы боксов - 25-% и 75-% перцентили; усы показывают диапазон величин ($p75\% + 1.5 \text{ IQR}$, $p25\% - 1.5 \text{ IQR}$), а отдельные точки отображают выбросы. Больше количество выбросов наблюдалось в условиях переменной облачности.

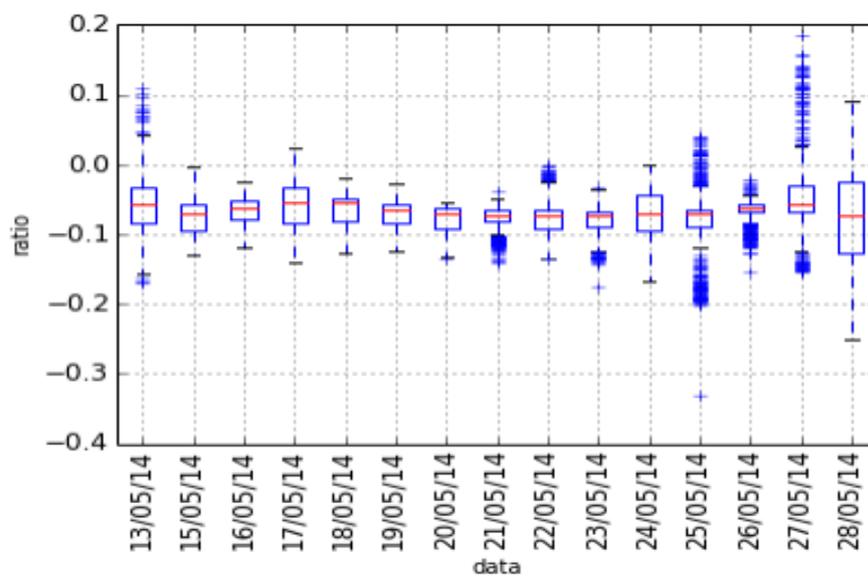


Рисунок 13.2 – Медианные и интерквартильные оценки относительной разницы между измерениями эритемной радиации регистратором и контрольным прибором в разные дни мая 2014 года

В Табл.13.2 и на рис.13.3 приведены отношения измерений приборами в зависимости от градаций высот Солнца в сентябре. В среднем, при высотах Солнца около 30 градусов показания регистратора не изменились по сравнению со сравнениями, проведенными в мае. Они оказались ниже показаний контрольного прибора на 8%. Согласно рис. 13.4 медианное значение относительной разницы измерений регистрирующего и контрольного приборов в среднем равно -9%, p75 = -12%, p25= -7%.

Таблица 13.2 – Относительная разница между измерениями эритемной радиации различными приборами в зависимости от высоты Солнца 10-23 сентября 2014 года

высота Солнца	Q#120056/Q#060904	Q#120056/Q#120057	Q#120057/Q#060904
5-9	-15%	-19%	6%
9-15	-15%	-17%	2%
15-21	-13%	-15%	2%
21-27	-9%	-13%	3%
27-33	-8%	-12%	3%
33-39	-7%	-11%	4%

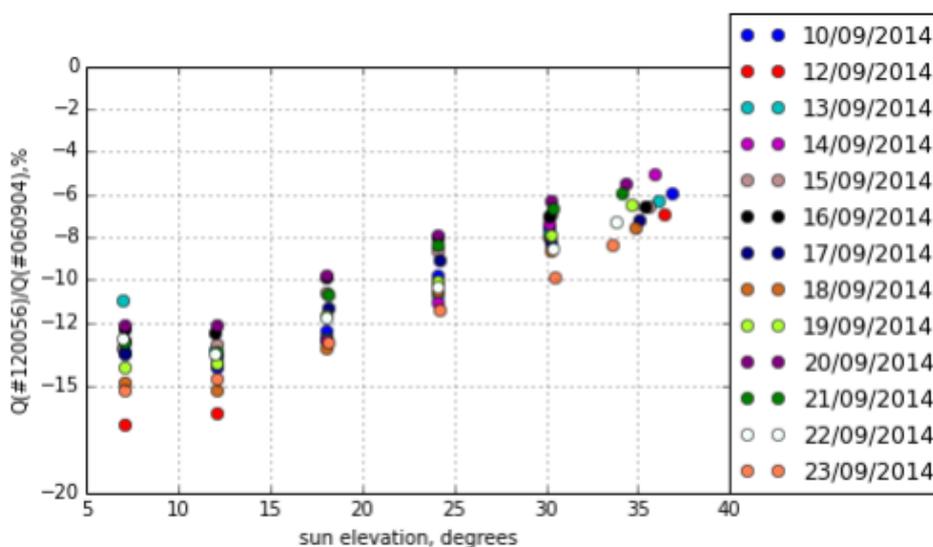


Рисунок 13.3 - Относительная разница между измерениями эритемной радиации регистрирующим (№120056) и контрольным (№060904) приборами в зависимости от высоты Солнца для отдельных дней сентября 2014г..

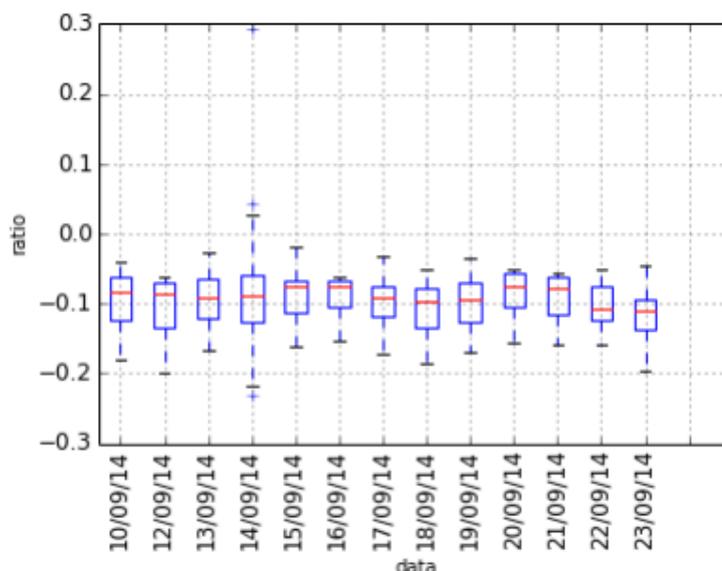


Рисунок 13.4 - Медианные и интерквартильные оценки относительной разницы между измерениями эритемной радиации регистрирующим и контрольным приборами в разные дни мая 2014 года.

По сравнению с результатами калибровок, проведенных в мае 2014 года, можно сказать, что в сентябре в среднем отношение измерений регистрирующего прибора к измерениям контрольного прибора при высотах Солнца около 30 градусов сохранилось и составило 7-8%. Однако при низких высотах Солнца (меньше 20 градусов) отношение измерений регистрирующего прибора к измерениям контрольного прибора увеличилось по модулю. Отношение измерений прибора №120057 к измерениям контрольного прибора не изменилось, следовательно, можно говорить о том, что изменения калибровок произошли у регистрирующего прибора.

Полученные оценки отношений регистрирующего прибора к контрольному были учтены при обработке измерений эритемной УФ-радиации в 2014 году. Согласно результатам сравнений, для измерений регистрирующего прибора, которые будут проводиться в 2015 году, введен дополнительный поправочный коэффициент, равный 7%.

13.2 Анализ данных измерений биологически активной радиации в 2014 году

Годовая сумма эритемной УФ-радиации (Q_{er}) в 2014 году составила 438 Дж/м²(эфф), что всего на 1.5% выше среднего значения за 1999-2013 гг. Более высокая годовая сумма по сравнению со средними условиями связана в основном с малооблачными условиями июля: балл общей облачности составил 6, нижней - 2.8. На рис.13.5 показан сезонный ход средних за месяц суточных сумм Q_{er} в 2014 году, средние многолетние суточные суммы Q_{er} за период 1999-2013 гг, а также относительная разница между среднесуточными суммами в 2014 году и средними многолетними значениями.

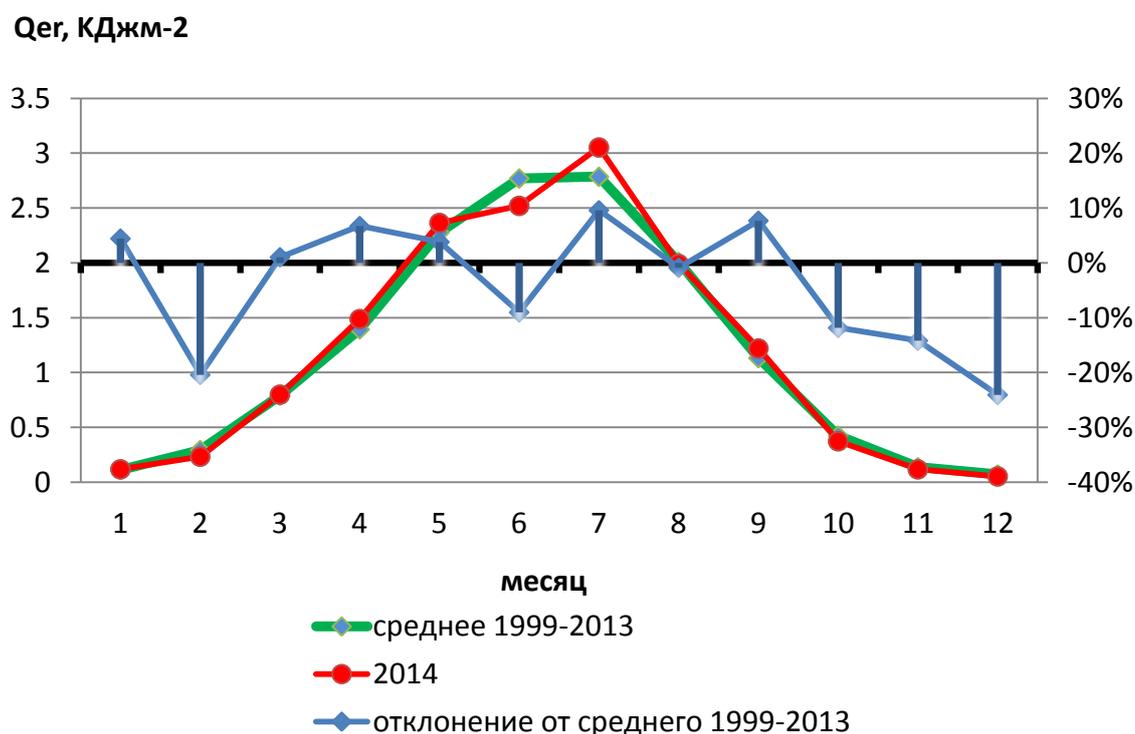


Рисунок 13.5 - Сезонный ход средних за месяц суточных сумм Q_{er} в 2014 году, среднемноголетних значений за период 1999-2013 гг. (левая ось) и относительные изменения Q_{er} по сравнению со средними значениями (правая ось).

Из рис. 13.5 видно, что эритемная УФ-радиация менялась от -24% в декабре до +10% - в июле относительно средних многолетних значений. Ниже средних значений месячные дозы эритемной радиации наблюдались в холодный период года: в октябре-декабре и феврале, а также в июне.

Таблица 13.3 - Средние, минимальные, максимальные суточные суммы Q_{er} (Дж/м²эфф) в 2014 году, в период 1999-2013 гг. и максимальные УФ-индексы в 2014г, 1999-2013гг; относительные изменения Q_{er} в 2014 году

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_{er} 2014	118	233	799	1488	2365	2520	3053	1990	1219	374	118	53
Q_{er} (среднее) 1999-2013	113	293	791	1394	2278	2770	2786	2008	1132	424	137	70
Q_{er} (максимум) 1999-2013	155	378	975	1635	2710	3332	3308	2471	1267	501	205	115
Q_{er} (минимум) 1999-2013	89	245	643	1222	1949	1890	2177	1658	625	351	105	51
УФ-индекс (максимум) 2014	0.6	1.3	3.4	4.2	5.8	6.2	6	5	3.9	1.9	0.7	0.2
УФ-индекс (максимум) 1999-2013	0.8	2.7	3.8	4.9	6.4	7.7	7.2	6.2	4.6	2.5	1.2	0.5
$Q_{er2014}/Q_{er1999-2013} - 1, \%$	4%	-20%	1%	7%	4%	-9%	10%	-1%	8%	-12%	-14%	-24%

Изменения сумм радиации относительно средних значений в 2014 году во многом связаны с изменениями озона. Хотя среднегодовое значение общего содержания озона в 2014 году оказалось ниже среднего за период 1999-2013 гг. всего на 2%, но максимальные потери озона достигали 15% в марте. Кроме того, пониженные значения озона отмечались в ноябре и феврале (на 5% и 9% соответственно). В то же время в декабре отмечалось увеличение общего содержания озона по сравнению со средними значениями за период 1999-2013 гг. на 8%. Облачность является другим важным фактором, влияющим на поступление эритемной радиации к земной поверхности.

Для выяснения причин вариаций эритемной УФ-радиации в 2014 году была использована модель реконструкции УФР, позволяющая оценивать изменения радиации с месячным и более осреднением (Chubarova, 2008). Сравнения измеренных и рассчитанных вариаций эритемной УФ-радиации приведено на рис.13.6. Отметим, что модель учитывает относительную изменчивость Q_{er} за счет оптической толщины облаков только за период май-сентябрь. При наличии снежного покрова возможно увеличение погрешностей модельных расчетов. Наиболее надежные модельные расчеты показаны на рисунке синим цветом.

Вариации эритемной УФ-радиации за период май-сентябрь в 2014 году относительно средних значений (1999-2013 гг) по данным измерений и по расчетам модели реконструкции хорошо согласуются по знаку во все месяцы теплого периода (рис.13.6). Аналогичные разнонаправленные тенденции в ноябре и относительно сильное занижение измеренных значений Q_{er} могут свидетельствовать как о влиянии вариаций оптических толщин,

так и о возможном понижении переводных множителей регистрирующего прибора после сентября 2014г., что будет уточнено при следующих калибровках.

На рис. 13.7 показан вклад различных факторов (общее содержание озона, аэрозольная оптическая толщина, эффективный балл облачности, облачная оптическая толщина) в наблюдаемые изменения Q_{er} по результатам модели реконструкции для теплого периода.

Согласно рис. 13.7, наблюдающееся увеличение Q_{er} в апреле, мае, июле и сентябре связано с уменьшением эффективного балла облачности. Летом наибольший рост Q_{er} наблюдался в июле (+10%) в связи с малооблачными условиями. В зимние месяцы отмечалось существенное уменьшение эритемной радиации по сравнению с модельными оценками. Это может происходить за счет не учета изменчивости оптических толщин облаков в

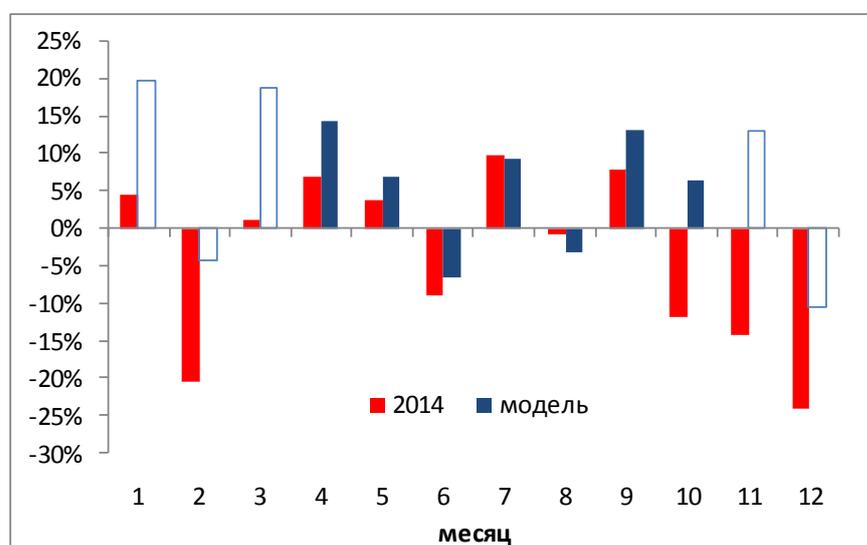


Рисунок 13.6 – Относительные изменения эритемной УФ-радиации по данным измерений и моделирования

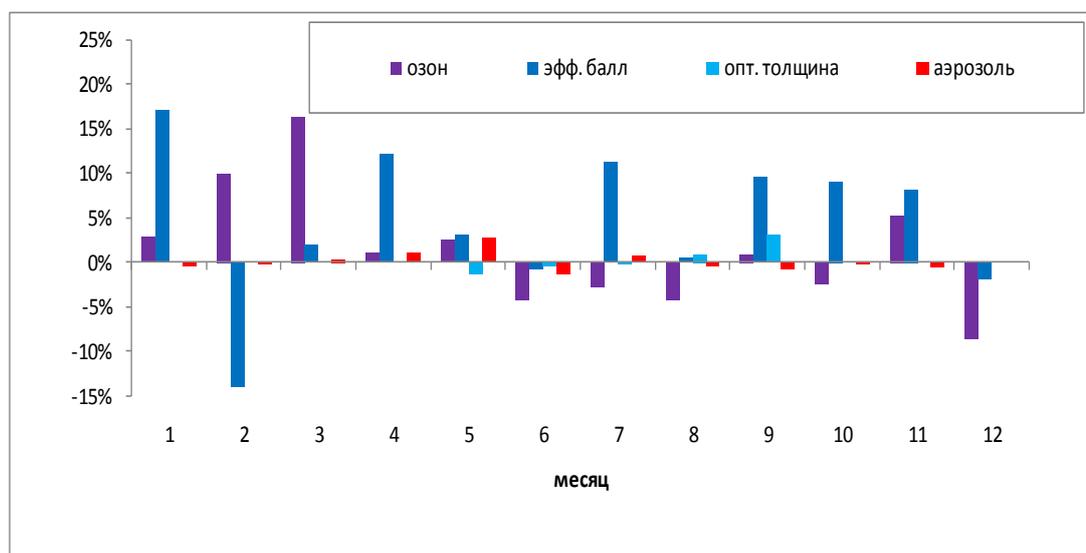


Рисунок 13.7 - Относительные изменения эритемной УФ-радиации за счет различных факторов в 2014 г. относительно средней величины за 1999-2013 г. период наблюдений. Модель реконструкции.

зимние месяцы в модели, в то же время рассогласование экспериментальных и модельных величин может быть также связано с несколько пониженными значениями переводных множителей после сентября 2014г.

На рис.13.8 показаны максимальные УФ-индексы¹ в 2014 году и их абсолютные максимумы за 1999-2013 гг. В 2014 году абсолютные максимумы УФ-индексов превышены не были.

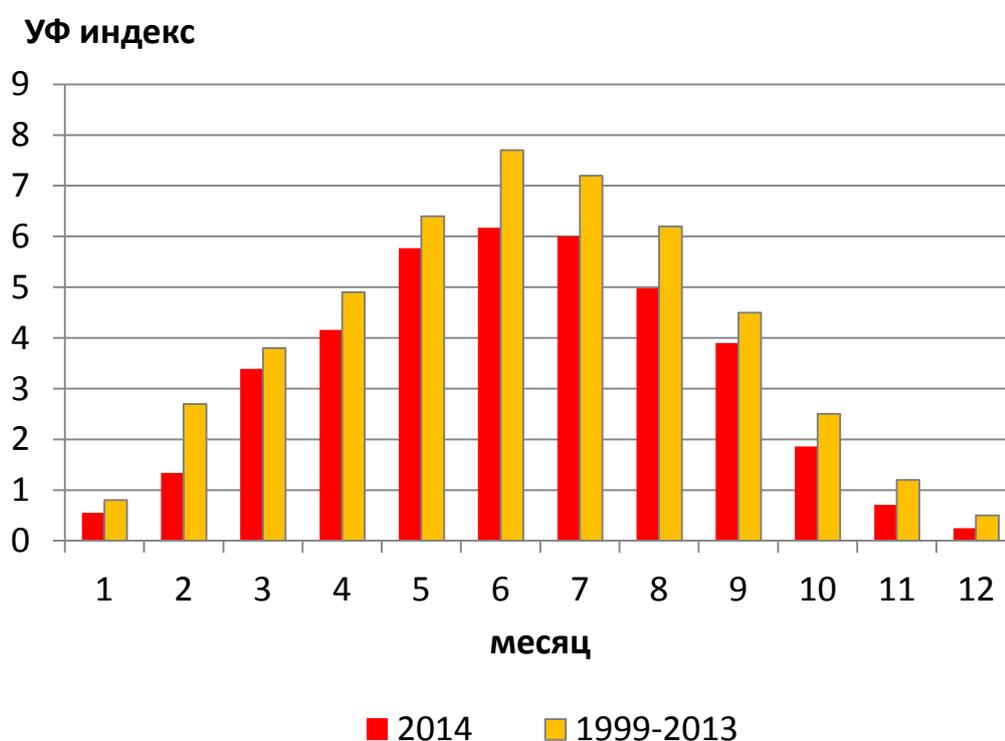


Рисунок 13.8 - Максимальные часовые значения УФ-индексов в 2014 году и абсолютные максимумы за 1999-2013 гг.

Таким образом, поступление эритемной УФ-радиации к поверхности Земли в 2014 году было близко к среднему уровню (1999-2013 гг.), в связи с тем, что наибольшие отрицательные аномалии пришились на холодный период года, когда уровень радиации низкий.

¹ УФ индексы, широко принятые при анализе биологически активной эритемной радиации, рассчитываются нормированием Q_{er} ($Втм^{-2}_{эф}$) на $0.025(Втм^{-2}_{эф})$. В МО МГУ они рассчитываются по средним за час измерениям Q_{er} .

Анализ УФ-ресурсов

УФ-радиация оказывает существенное влияние на здоровье населения, как отрицательное, связанное с образованием эритемы, которая впоследствии может привести к развитию рака кожи, так и положительное : она способствует образованию витамина D. Согласно классификации УФ-ресурсов условия 100%-УФ-недостаточности обозначают, что в течение суток нельзя получить дозу ультрафиолетовой радиации, необходимую для образования витамина D; условия полуденной УФ-недостаточности говорят о том, что невозможно получить необходимую дозу для образования витамина D в течение часа около полудня, но можно в течение суток. Условия УФ-оптимума характеризуются, тем, что в течение околополуденного времени в течение часа уже возможно получить дозу ультрафиолетовой радиации для формирования витамина D, но величина радиации не превосходит опасного значения, с которым связано появление эритемы. Если величины поступающей УФ радиации, превосходят опасный уровень для образования эритемы, то такие условия характеризуются УФ-избыточностью. В зависимости от уровня УФ радиации выделяется несколько градаций УФ-избыточности. Методику расчета УФ-ресурсов можно найти в (Chubarova, Zhdanova, 2013).

Согласно рис.13.9, в 2014 году для людей со вторым типом кожи, типичным для жителей средней полосы России, в Москве 100% УФ-недостаточность наблюдалась в течение всего декабря и января, что связано в декабре с низким уровнем эритемной УФ-радиации за счет большего по сравнению со средним поглощением УФР озоном, а в январе - за счет более низких эффективных температур воздуха во второй половине месяца, которые обеспечили более низкие оценки открытости тела человека. Условия УФ-оптимума могли наблюдаться с февраля по октябрь, а условия УФ-избыточности - с марта по сентябрь. Июль практически полностью характеризовался условиями УФ-избыточности средней (68 %) и высокой степени (29 %).

Таким образом:

Поступление эритемной УФ-радиации к поверхности Земли в 2014 году было близко к среднему уровню (1999-2013 гг.).

Ноябрь, декабрь и январь характеризовались условиями УФ недостаточности для второго типа кожи.

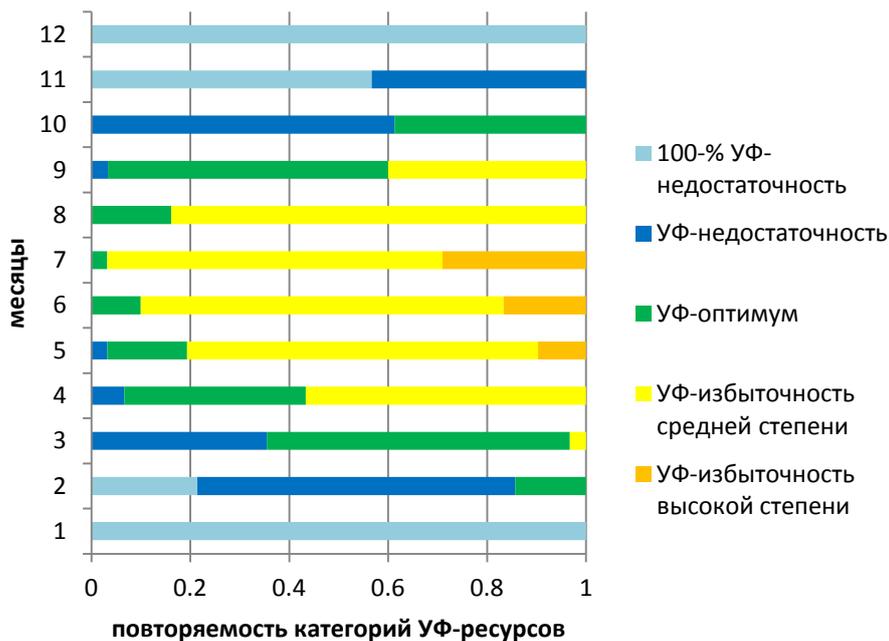


Рисунок 13.9 - Повторяемость категорий УФ-ресурсов в Москве в 2014 году для второго типа кожи.

Условия УФ-оптимума могли наблюдаться в отдельные дни с февраля по октябрь, а условия УФ-избыточности - с марта по сентябрь. Июль практически полностью характеризовался условиями УФ-избыточности средней и высокой степени.

Литература

Чубарова Н.Е. , Жданова Е.Ю. 2012. Ультрафиолетовые ресурсы при ясном небе на территории России. Вестник Московского университета. Серия 5. География, (6):9–19.

Chubarova N.E.. 2008. UV variability in Moscow according to long-term UV measurements and reconstruction model. Atmos. Chem. Phys., 8, pp. 3025-3031

Chubarova N., Zhdanova Ye. 2013. Ultraviolet resources over northern Eurasia // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. — Vol. 127. — P. 38–51.



Часть III

Аэрозольный и газовый состав атмосферы, химический состав атмосферных осадков



14. Основные аэрозольные характеристики и влагосодержание атмосферы по данным солнечно-небесного фотометра CIMEL сети AERONET

Н.Е. Чубарова, А.А. Полюхов

14.1 Особенности аэрозольных измерений, проводимых в 2014 году.

С 2001 года в МО МГУ проводятся регулярные измерения аэрозольных свойств атмосферы с помощью солнечно-небесных фотометров CIMEL CE 318–2 в рамках международной программы AERONET (Holben et al., 1998, Chubarova et al., 2011). Измерения ослабления прямой солнечной радиации ведутся на 8 длинах волн – 340, 380, 440, 500, 670, 870, 940 и 1020 нм. Канал 940 нм используется для восстановления влагосодержания атмосферы W , а остальные каналы – для определения спектральной аэрозольной оптической толщины атмосферы AOT_{λ} . Измерения рассеянного излучения в солнечном альмукантарате и в главной солнечной плоскости проводятся в 4 спектральных каналах: 440, 670, 870 и 1020 нм. Ширина полосы пропускания на половине максимума составляет 2 нм в УФ области спектра и 10 нм – для остальных фильтров. Прибор имеет 2 коллиматора с одинаковыми углами зрения 1.2° для измерений прямого и рассеянного солнечного излучения. Погрешность измерений АОТ в видимом и ближнем ИК диапазоне составляет 0.01, в УФ области спектра для каналов 340 и 380 нм – 0.02. Более подробную информацию о методах измерений можно найти на сайте AERONET или в наших предыдущих публикациях. В настоящем анализе данных за 2014 г. используются данные уровня 2, поскольку солнечный фотометр, работавший в 2014 году, уже прошел вторичную калибровку в США, с дополнительной фильтрацией по облачности. В таблице 14.1 приведены калибровочные константы для прибора CIMEL, полученные в NASA до и после проведения измерений в МО МГУ. На официальном сайте программы AERONET <http://aeronet.gsfc.nasa.gov> доступны данные нескольких уровней. Изначально данным присваивается уровень 1.0. Данные измерений проходят автоматический контроль качества, измерения, искаженные влиянием облаков, отбраковываются, а оставшимся результатам измерений присваивается уровень 1.5 (Smirnov et al., 2000). Далее, после вторичной калибровки фильтров и дополнительного контроля, данным присваивается уровень 2.0. В МО МГУ, в дополнение к основному алгоритму, принятому на сети AERONET, используются и дополнительные критерии, которые основаны на визуальных наблюдениях за облачностью (Улюмджиева, Чубарова, Смирнов, 2005), что позволяет проводить более качественный отбор измерений.

Измерения аэрозольных характеристик проводились в течение 167 дней, что несколько больше среднего числа измерений в год (135 дней) за период 2001-2014г.

Таблица 14.1. - Калибровочные константы V0 старые и новые для прибора CIMEL №37

длины волн, мкм	Новый переводный коэффициент	сигма	старый переводный коэффициент	сигма	Разница, %
1.020	14324.5	0.11	14264.1	0.11	0.4
0.869	15253.1	0.10	15224.2	0.11	0.2
0.675	16981.5	0.18	16857.4	0.12	0.7
0.440	16416.9	0.12	16433.8	0.11	-0.1
0.500	14419.3	0.09	14394.2	0.12	0.2
0.381	32925.4	0.16	33248.2	0.11	-1.0
0.339	35436.7	0.20	35707.7	0.16	-0.8
0.94	17458.6	0.20	17418.1	0.29	0.2

14.2 Сезонные вариации аэрозольных характеристик атмосферы в 2014 г.

На Рисунке 14.1 показаны сезонные изменения среднемесячных значений аэрозольной оптической толщины (АОТ) на разных длинах волн, полученные по данным измерений в 2014 г. Дополнительно в Таблице 14.2 приведены основные статистики АОТ для некоторых длин волн в ультрафиолетовом, видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра, а также статистики параметра (волнового экспонента) Ангстрема и содержания водяного пара.

Для всех месяцев хорошо прослеживается закономерный рост АОТ с уменьшением длины волны от ближней инфракрасной ($\lambda=1020\text{нм}$) до УФ области спектра ($\lambda=340\text{ нм}$), связанный с преобладанием рассеяния на мелкодисперсном аэрозоле.

Отметим, что как и в 2012 году, в 2014 году сезонный максимум АОТ на разных длинах волн приходился на разные месяцы: на февраль в ближнем инфракрасном спектре (0.08 на длине волны 1020нм) и на август – в видимом и УФ диапазоне (АОТ₅₀₀=0.21, АОТ₃₄₀=0.33). Февральский максимум в ИК диапазоне спектра связан с ростом влияния повышенных концентраций грубодисперсного аэрозоля, когда наблюдения проводились в условиях частично открытой почвы). Наличие грубодисперсного аэрозоля ведет к сглаживанию спектральных различий АОТ, что выразилось и в существенном понижении параметра Ангстрема относительно среднего значения за этот месяц (табл. 14.2). Максимальное среднемесячное значение АОТ наблюдается в августе (АОТ₅₀₀=0.21); оно заметно

а.

б.

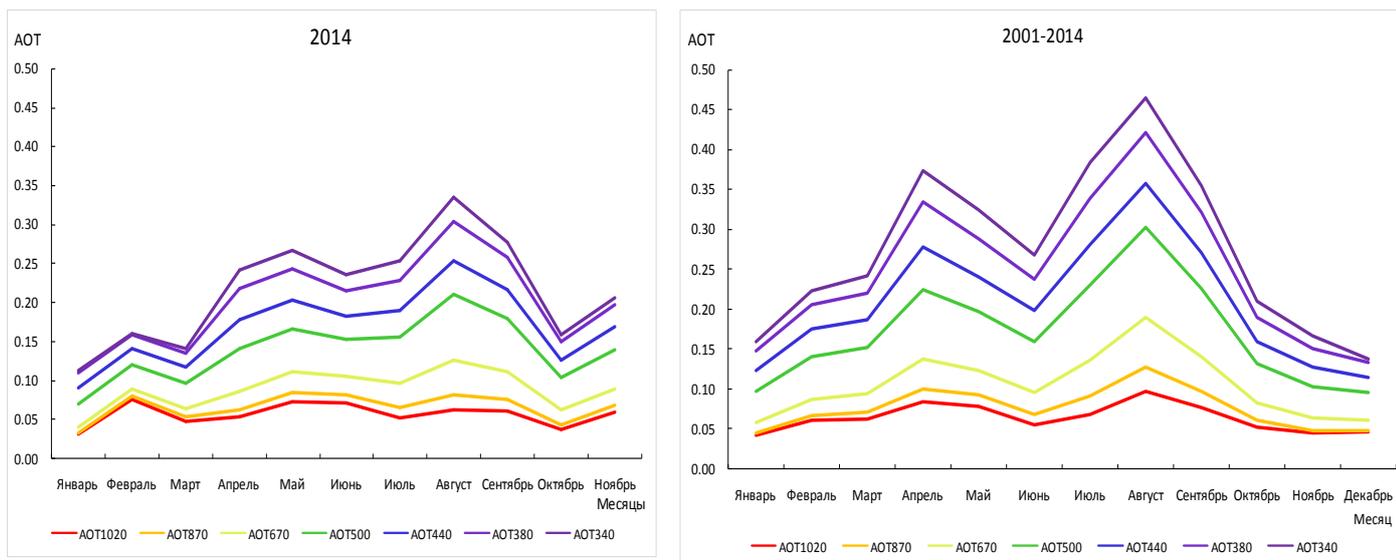


Рисунок 14.1 - Вариации среднемесячных значений аэрозольной оптической толщины на разных длинах волн по данным AERONET в 2014 г и в среднем за период 2001-2014(б). Уровень 2. Москва.

ниже среднего многолетнего значения. В 2014 году хорошо прослеживается вторичный минимум АОТ в июне, который не наблюдался в 2013 г.

При сравнении Рисунков 14.1а и 14.1б хорошо видно существенно меньшее содержание аэрозоля в 2014 году весной и летом, когда уменьшение АОТ превышало 30%. В то же время в холодный период наблюдались разнонаправленные тенденции АОТ в разные месяцы года. В декабре условий для наблюдений не было..

Поскольку функция плотности распределения среднемесячных значений АОТ имеет выраженную положительную асимметрию из-за влияния дымной мглы 2002 и 2010 гг., то сравнения месячных значений АОТ 2014 года проводились и с медианными оценками, полученными за период 2001-2014 гг. Результаты сравнений для влагосодержания и АОТ на длине волны 500 нм приведены на Рисунке 14.2. Хорошо видно, что медианные оценки сезонных вариаций АОТ также выявляют два максимума, однако второй, условно летний максимум (август-сентябрь), выражен слабее, чем величина, полученная по средним многолетним оценкам.

Таблица 14.2- Средние, минимальные, максимальные месячные значения и коэффициенты вариации (Cv,%)* аэрозольных оптических толщин на 500нм, 340нм и 1020 нм, влагосодержания атмосферы (W,см), параметра Ангстрема**в 2014 году и их относительные разницы (R, доли) со средними многолетними значениями за период 2001-2010г. Москва, МО МГУ. Уровень 2.

Общее число дней измерений – 167.

Месяц	Число дней	AOT500					AOT340					AOT1020					W,см					Параметр Ангстрема				
		Сред.	Cv,%	Мин	Макс	R	Сред.	Cv,%	Мин	Макс	R	Сред.	Cv,%	Мин	Макс	R	Сред.	Cv,%	Мин	Макс	R	Сред.	Cv,%	Мин	Макс	R
Январь	9	0.07	15.10	0.04	0.17	-0.29	0.11	15.21	0.06	-0.30	-0.30	0.03	13.72	0.02	0.06	-0.25	0.23	3.13	0.12	0.31	-0.13	1.55	6.91	1.06	1.82	0.05
Февраль	3	0.12	12.59	0.10	0.13	-0.15	0.16	12.44	0.14	-0.28	-0.28	0.08	12.72	0.06	0.09	0.23	0.31	13.83	0.27	0.34	0.04	0.85	7.54	0.75	0.96	-0.40
Март	10	0.10	19.82	0.05	0.37	-0.37	0.14	20.85	0.05	-0.42	-0.42	0.05	18.74	0.03	0.16	-0.23	0.62	7.41	0.28	1.39	0.29	1.13	9.93	0.80	1.37	-0.19
Апрель	21	0.14	17.74	0.05	0.31	-0.37	0.24	19.12	0.08	-0.35	-0.35	0.05	17.57	0.02	0.10	-0.37	0.67	7.90	0.31	1.17	-0.04	1.49	7.62	1.04	1.86	0.01
Май	23	0.07	19.42	0.16	0.03	-0.15	0.27	23.70	0.12	-0.18	-0.18	0.07	19.42	0.03	0.16	-0.08	1.59	22.42	0.55	2.56	0.15	1.28	10.41	0.74	1.74	-0.11
Июнь	19	0.15	13.22	0.03	0.44	-0.05	0.24	14.56	0.04	-0.12	-0.12	0.07	14.03	0.02	0.22	0.30	1.50	6.34	0.65	2.31	-0.12	1.29	9.43	0.43	1.76	-0.19
Июль	29	0.16	18.43	0.08	0.34	-0.33	0.25	18.89	0.12	-0.34	-0.34	0.05	23.42	0.03	0.10	-0.25	1.91	5.47	1.36	2.58	-0.13	1.54	7.59	1.04	1.91	-0.09
Август	20	0.21	14.01	0.08	0.48	-0.30	0.33	14.47	0.12	-0.28	-0.28	0.06	14.99	0.03	0.13	-0.37	2.14	5.01	1.20	3.33	0.06	1.64	4.08	1.32	1.82	0.02
Сентябрь	20	0.18	13.57	0.08	0.32	-0.20	0.28	13.25	0.11	-0.22	-0.22	0.06	15.14	0.03	0.11	-0.21	1.51	4.48	0.80	2.08	-0.04	1.53	5.08	0.98	1.73	-0.01
Октябрь	8	0.10	12.62	0.07	0.14	-0.22	0.16	12.07	0.10	-0.24	-0.24	0.04	15.33	0.03	0.05	-0.29	0.67	4.90	0.24	1.00	-0.25	1.57	5.86	1.17	1.88	0.12
Ноябрь	5	0.13	11.44	0.07	0.20	0.34	0.20	10.70	0.11	0.23	0.23	0.06	12.81	0.03	0.10	0.33	0.38	2.12	0.21	0.54	-0.41	1.42	3.55	1.19	1.58	-0.03
Среднее		0.13	15.27	0.07	0.27	-0.19	0.22	15.93	0.10	-0.23	-0.23	0.06	16.17	0.03	0.12	-0.11	1.05	7.55	0.54	1.60	-0.05	1.39	7.09	0.96	1.67	-0.07

*Cv- определяется как средняя из суточных вариаций AOT.

**Параметр Ангстрема определяется как $\alpha = -\ln(AOT_{\lambda}) / \ln \lambda$. Расчет параметра Ангстрема в стандартном алгоритме AERONET проводится на основании уравнения регрессии для различных спектральных диапазонов, но в качестве основного диапазона принята область 440-870нм.

Оба сезонных максимума АОТ500 2014 года ниже, хотя июльские значения АОТ500 и совпадают в целом со средними и медианными величинами. В то же время по влагосодержанию (см. Рисунок 14.2а) в марте, мае и августе наблюдаются значения, близкие к абсолютным максимумам.

На Рисунке.14.2а приведены сезонные вариации содержания водяного пара и его сравнения со средними и медианными оценками за весь период измерений 2001-2014. Видно, что в июле и ноябре отмечался абсолютный минимум этой величины. Эти флуктуации в основном связаны с особенностями эффективной температуры тропосферы. Отметим, что в июле наблюдающиеся низкие значения влагосодержания коррелируют с близким к абсолютному минимуму значением АОТ500, что связано с адвекцией относительно холодного и чистого арктического воздуха.

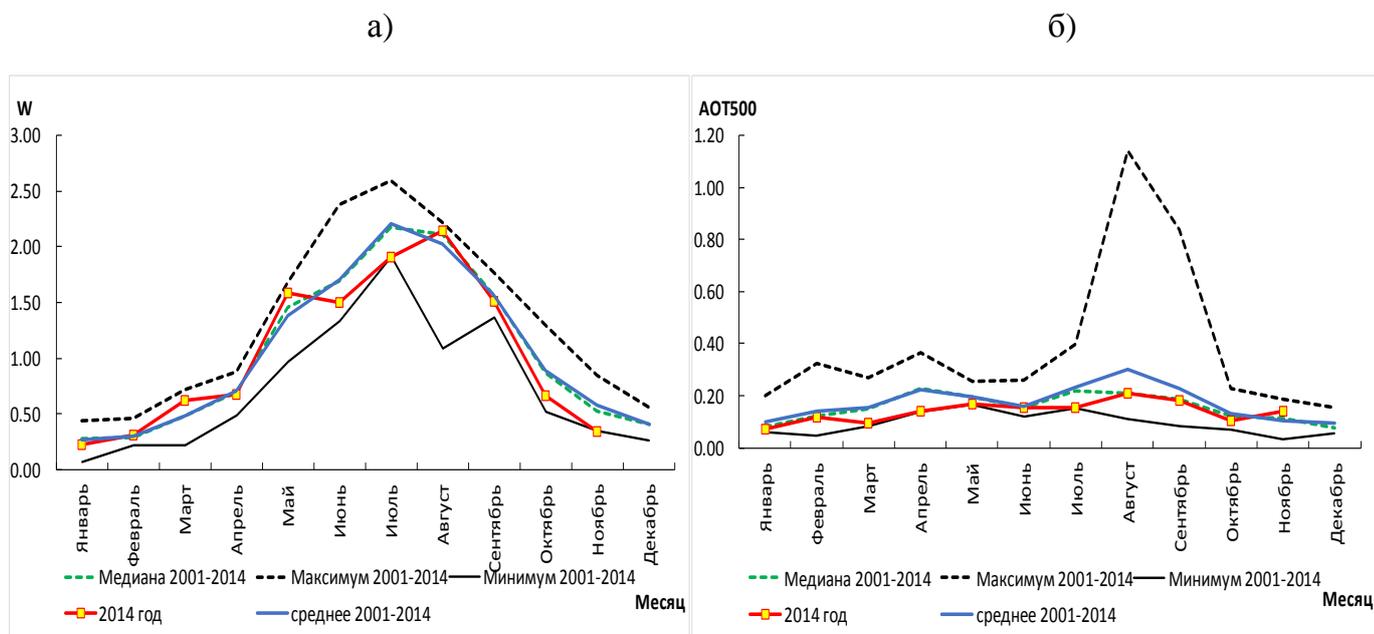


Рисунок 14.2 – Сезонные вариации содержания водяного пара (а) и АОТ500 (б) в 2014 году, а также минимальные, максимальные, средние и медианные оценки за период 2001-2014 г. Уровень 2. Москва.

Вариационный размах месячных величин АОТ в УФ диапазоне спектра составил $\Delta AOT_{340}=0.22$, в видимом диапазоне - $\Delta AOT_{500}=0.14$, а в ближнем инфракрасном диапазоне спектра - $\Delta AOT_{1020}=0.08$. Это дополнительно увеличивает изменчивость УФ излучения по сравнению с изменчивостью излучения в более длинноволновом спектральном диапазоне.

На Рисунке 14.3 приведена межгодовая изменчивость средних и медианных значений АОТ500 за весь период наблюдений. В этом случае 2001 г. не рассматривался, так как наблюдения были начаты лишь со второй половины года и годовые оценки могли быть смещены. Хорошо видна общая тенденция к уменьшению АОТ в последние годы, а также максимумы АОТ в период с дымной мглой.

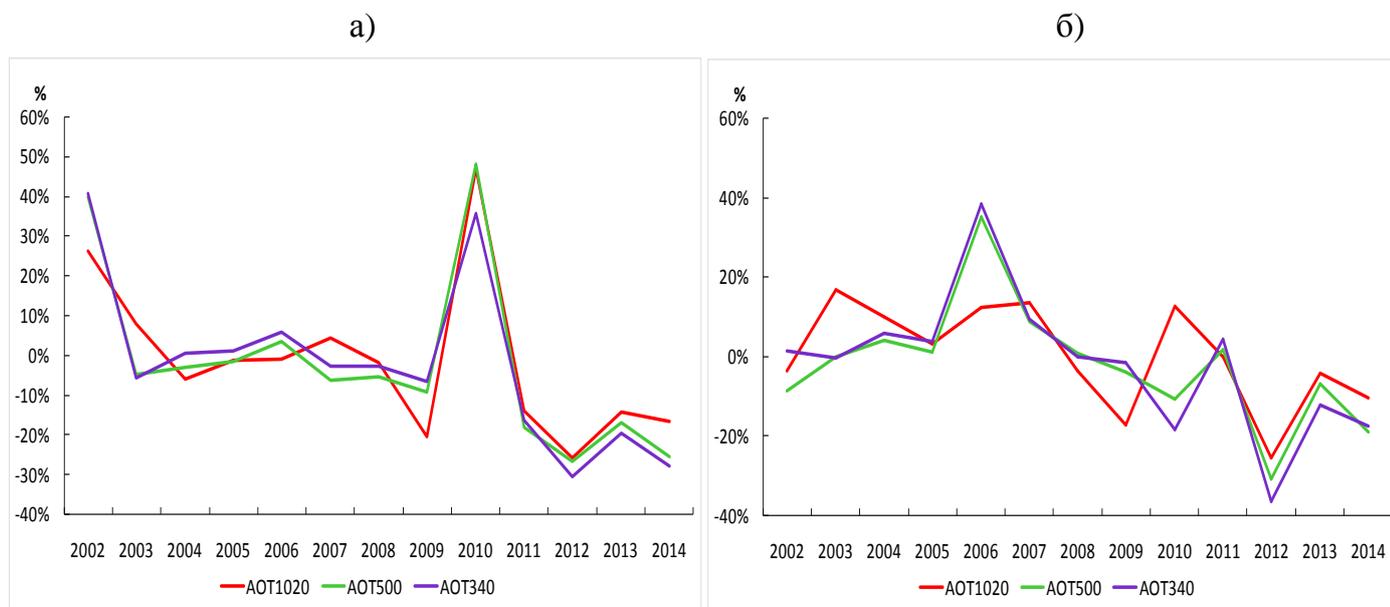


Рисунок 14.3 - Межгодовая изменчивость среднегодовых (а) и медианных (б) оценок АОТ500, АОТ340 и АОТ1020 в Москве. Среднегодовое значение считалось с равным весом каждого месяца, не учитывая числа случаев измерений в месяце

В целом 2014 год характеризовался более низким уровнем аэрозольного содержания (-19%) по сравнению со средними многолетними значениями за 2001-2014. Эта тенденция отчетливо наблюдается в последние несколько лет с 2011 г. В среднем АОТ500 составило 0.13. Медианные значения соответственно равны $AOT500=0.14$ и также занижены относительно среднего многолетнего.

На Рисунке 14.4 приведена межгодовая изменчивость среднегодовых и медианных оценок влагосодержания атмосферы и параметра Ангстрема за весь период наблюдений в Москве. Отмечается существенная изменчивость влагосодержания от году у году ($\pm 20\%$) и существенно меньшие вариации параметра Ангстрема. Трендов во временной изменчивости этих величин не наблюдается.

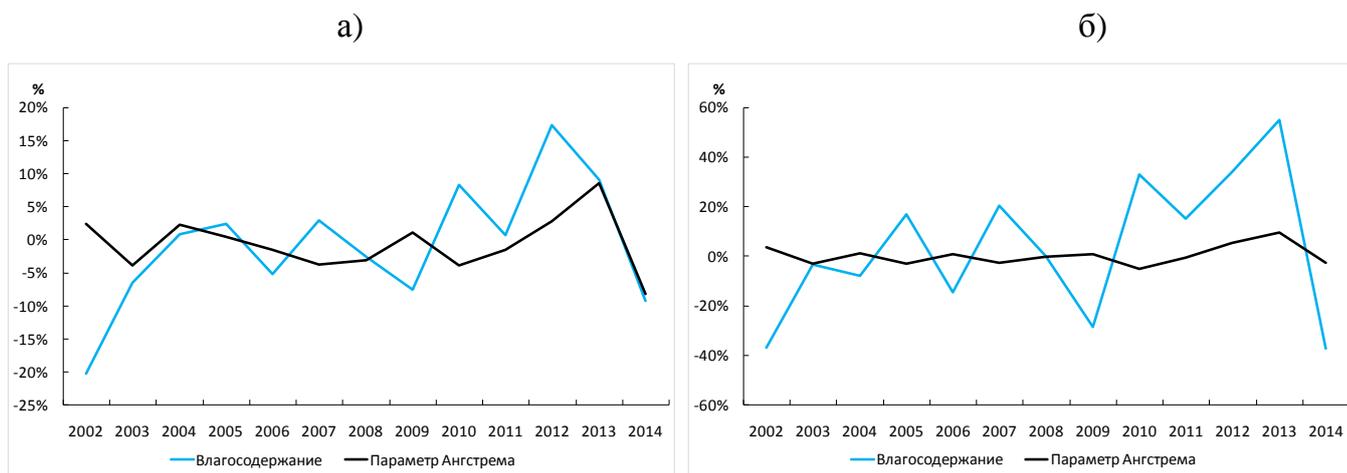


Рисунок 14.4 - Межгодовая изменчивость среднегодовых (а) и медианных (б) оценок влагосодержания атмосферы и параметра Ангстрема

14.3 – Микрофизические, оптические и радиационные свойства аэрозоля в 2014 году

Наряду с аэрозольными характеристиками, которые рассчитываются по ослаблению прямого солнечного излучения, исследовательской группой AERONET были разработаны алгоритмы, позволяющие определять и другие важные микрофизические, оптические и радиационные характеристики аэрозоля по пространственной вариации диффузного излучения.

Следует отметить, что статистика таких случаев гораздо меньше, чем случаев определения АОТ, поэтому говорить о сезонных особенностях вариации параметров нужно с осторожностью.

В Таблице 14.3 приведены осредненные за месяц статистики наиболее важных оптических, радиационных и микрофизических характеристик аэрозоля. Мы использовали уровень данных 1.5 после окончательной калибровки, что дает возможность значительно увеличить статистику выборки и снимает проблему асимметричных климатических оценок этих параметров только при больших величинах АОТ.

Среднее за год альbedo однократного рассеяния на длине волны 675 нм (SSA_{675}) составляло 0.82. При этом сезонные вариации этой величины были невелики. Отметим, что полученная величина несколько ниже средней многолетней величины альbedo однократного рассеяния на уровне 1.5, равной 0.85 (Chubarova et al., 2011). Она также существенно ниже среднего многолетнего значения $SSA_{675}=0.9$ для уровня 2, которая определяется при АОТ440 более 0.4 и в основном типична для дымового аэрозоля.

Таблица. 14.3. - Среднемесячные микрофизические, оптические и радиационные аэрозольные характеристики атмосферы в 2014 г. Уровень 1.5 при окончательной калибровке. Москва.

Месяц	Число дней	Число случаев	AOT500	Альbedo однократного рассеяния на длине волны 675нм	Действительная часть показателя преломления на 675нм	Мнимая часть показателя преломления на 675нм	Фактор асимметрии 675нм	Объемная концентрация, мкм ³ /мкм ²	Эффективный радиус мелкодисперсной фракции, мкм	Эффективный радиус грубодисперсной фракции, мкм	Доля объемного содержания мелкодисперсной фракции
Январь	8	13	0.073	0.742	1.435	0.037	0.626	0.024	0.131	2.469	68%
Февраль	3	9	0.124	0.744	1.407	0.029	0.755	0.062	0.152	1.785	22%
Март	9	26	0.081	0.846	1.514	0.019	0.658	0.036	0.138	2.304	38%
Апрель	16	39	0.140	0.853	1.528	0.014	0.607	0.057	0.123	2.487	38%
Май	17	35	0.167	0.861	1.506	0.012	0.625	0.070	0.130	2.202	35%
Июнь	7	9	0.139	0.852	1.506	0.020	0.661	0.084	0.130	2.311	20%
Июль	24	72	0.153	0.824	1.495	0.021	0.606	0.057	0.135	2.642	41%
Август	16	30	0.217	0.850	1.449	0.018	0.621	0.061	0.152	2.578	58%
Сентябрь	15	42	0.161	0.816	1.478	0.023	0.640	0.054	0.146	2.588	46%
Октябрь	4	7	0.095	0.806	1.502	0.025	0.621	0.031	0.141	2.580	43%
Ноябрь	2	4	0.144	0.805	1.457	0.017	0.650	0.074	0.126	2.850	35%
Год	121	286	0.136	0.818	1.480	0.021	0.643	0.056	0.137	2.436	40%

Примечание: статистика по AOT500 приведена в качестве индикатора соответствия полученных в табл. 14.2. аэрозольных характеристик основной выборки AOT из Таблицы 14.2

В среднем за 2014 год вещественная и мнимая часть комплексного показателя преломления близки к оценкам, полученным по многолетним данным (REFR= 1.46, REFI=0.02). Фактор асимметрии индикатрисы рассеяния был также близким к среднему за период наблюдений значению.

Доля мелкодисперсной фракции в среднем составила 40% и изменялась от 20-22% в феврале и июне до 68% – в январе. Низкие значения параметра Ангстрема, а также повышенные значения AOT 1020 согласуются с преобладанием грубодисперсной фракции в конце февраля за счет конвективного вовлечения пылевых частиц при фрагментарном снежном покрове.

Таким образом, 2014 год характеризовался пониженным аэрозольным содержанием атмосферы. Сезонный максимум AOT в ближней инфракрасной области отмечался в феврале, в то время как в УФ и видимом диапазоне максимум AOT был в августе. Альbedo

однократного рассеяния было несколько меньше среднего многолетнего значения на уровне 1.5. Наблюдались значительные вариации доли мелкодисперсного аэрозоля в течение всего года.

Литература

Улюмджиева Н., Н. Чубарова, А. Смирнов. 2005. Аэрозольные характеристики атмосферы в Москве по данным солнечного фотометра CIMEL. Метеорология и Гидрология, №1, стр. 48-57

Chubarova N., Smirnov A., Holben B.N. 2011. Aerosol properties in Moscow according to 10 years of AERONET measurements at the Meteorological Observatory of Moscow State University // Geography, Environment, Sustainability, 4, 1, 19-32,

Holben, B.N., T.F.Eck, I.Slutsker, D.Tanré, J.P.Buis, A.Setzer, E.Vermote, J.A. Reagan, Y.J.Kaufman, T.Nakajima, F.Lavenu, I.Jankowiak and A.Smirnov. 1998. AERONET-A federated instrument network and data archive for aerosol characterization. Remote Sens. Environ., 66, p.1-16.

15. Химический состав атмосферных осадков в 2014 году.

И.Д.Еремина

В 2014 г. были продолжены наблюдения за химическим составом осадков и их кислотностью. Собрано и проанализировано 101 проба твердых и жидких осадков, подвергнутых полному химическому анализу, и 25 проб, в которых было определено только значение кислотности (из-за малого количества образца). Из них 58% проб дождя, 25% – снега и 17% проб – смешанных осадков. Общее количество полностью проанализированных осадков составило 98,3% всех выпавших в этом году.

Кислотность осадков. Среднее годовое значение pH составило 4,90 pH – близкое к среднему многолетнему (4,88). Минимальное значение в 2014 г. равно 4,0 pH (дождь 3 июля 2014 г.), и это был единственный случай выпадения осадков с $\text{pH} \leq 4,0$. Максимальное значение 8,25 pH получено для пробы снега 1 декабря 2014 г., это была одна из самых загрязненных проб в году. До этого выпадения 3 недели не было осадков, и это выпадение было всего 0,8 мм осадков. Пробы осадков с $\text{pH} > 8$ – большая редкость, до этого случая такая проба выпала последний раз в 2005 г. По количеству кислотных проб осадков 2014 г. похож на предыдущий - было 26% осадков с $\text{pH} < 5$. В теплый период их выпало 56% от всех проб дождей, а в холодные месяцы 2014 г. кислотных осадков не было! (А в прошлом – около 11%).

Среднее значение pH осадков за теплый период 2014 года равно 4,72 (кислое), а для холодных месяцев 6,14 pH (рис.15.1).

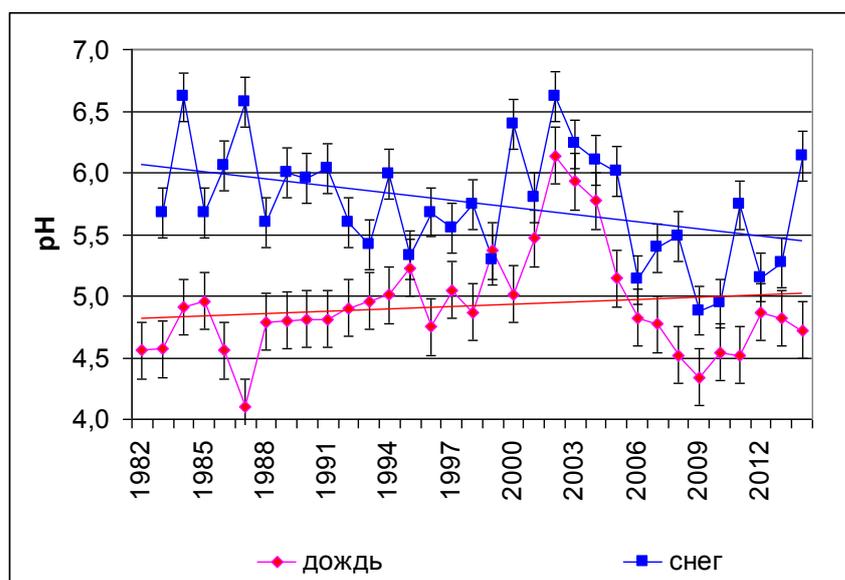
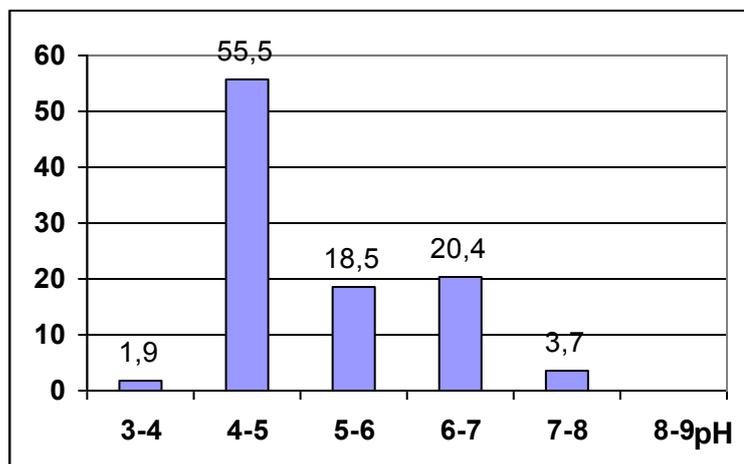


Рисунок 15.1 – Средние сезонные значения pH осадков за все годы наблюдений

Видно, что пока сохраняется небольшая тенденция уменьшения рН для проб снега (т.е. кислотность увеличивается). В 2014 г. вновь наблюдается большая разница средних значений рН для теплого и холодного периодов, как и вначале наших наблюдений в 80-е годы.

Распределение проб по градациям рН для проб теплого и холодного периодов в этом году очень различаются (рис.15.2). Максимальное количество проб дождей в этом году имело кислотное значение рН от 4 до 5 (чаще бывает от 5 до 6), но многолетнее значение доли проб дождей с рН 4-5 составляет 29,3%, а в этом году 55,5%. Максимальное количество снежных проб имело рН от 6 до 7 (как обычно), только по средним многолетним данным таких проб 47% от среднего количества проб в холодный период в отличие от 74,5% в этом году.

а)



б)

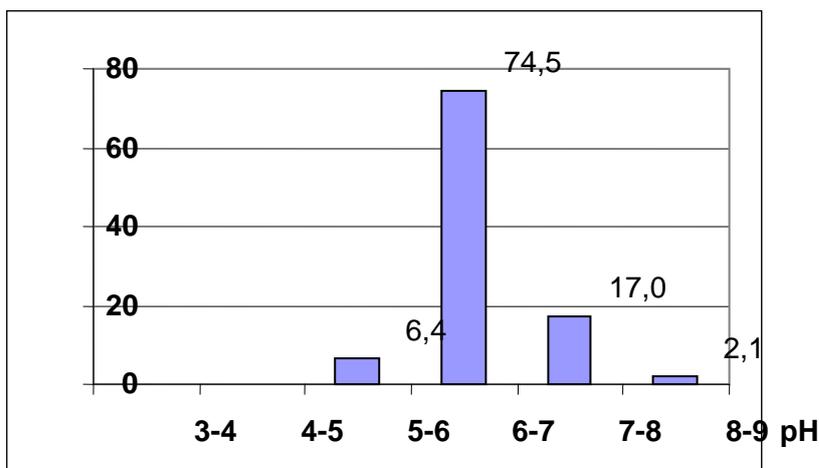


Рисунок 15.2 – Распределение проб осадков по градациям рН в теплый (а) и холодный (б) периоды 2014г.

Годовой ход рН осадков в 2014 г. (рис.15.3) примерно соответствует среднему многолетнему, и по-прежнему с апреля по сентябрь среднемесячные значения осадков кислые (рН <5). Отметим резкий переход рН осадков от зимних нейтральных значений (в марте) к весенне-летним, кислотным (в апреле).

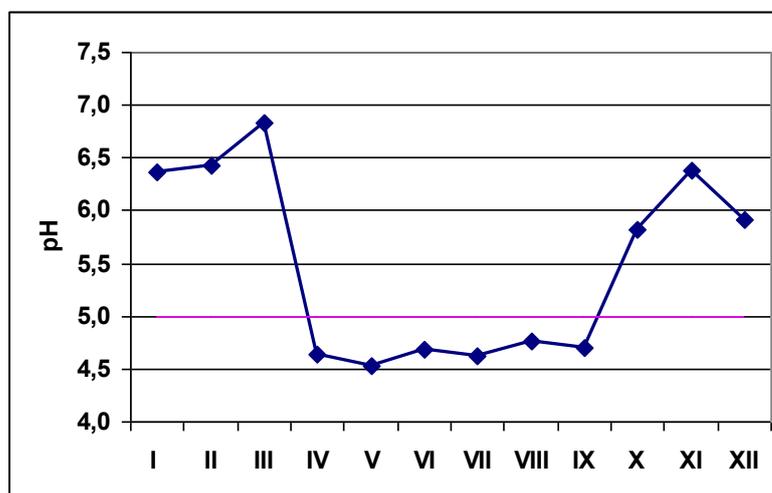


Рисунок 15.3 – Годовой ход рН осадков в 2014 г.

Это может быть следствием того, что в феврале - марте – апреле выпало очень мало осадков (22,2, 18,07 и 17,9 мм соответственно), и проб поэтому было мало. А когда проб бывает мало, средние почти всегда бывают заниженными или завышенными, в зависимости от измеренных значений. В мае все 6 проб были с $\text{pH} \leq 5,0$, поэтому и среднее получилось самое кислое (4,53 рН) по сравнению с другими месяцами.

Ионный состав осадков. В табл.15.1 приведены осредненные данные химического состава осадков за 2014 г. по сравнению с прошлым годом и средними многолетними значениями.

Получилось так, что 2013 г. был самым влажным за весь период с 1980 г. (1015,8 мм), а 2014 г. – самым «сухим» (477,5 мм). И это, конечно, сказалось на содержании всех ионов в осадках и их сумме – минерализации проб. Видно (табл.15.1), что и годовое значение минерализации, и средние сезонные значения в 2014 г. выше, чем соответствующие многолетние значения, и намного выше, чем в прошлом, влажном 2013 г. По сравнению с прошлым годом средние концентрации выше для всех ионов, но концентрации хлоридов надо отметить особо. Они не только выше 2013 г. и многолетних, но самые высокие за все годы наблюдений - и годовые, и средние за теплые и холодные месяцы 2014 г. (выделены жирным шрифтом).

Таблица 15.1 – Средневзвешенные значения концентраций ионов в осадках в 2013 г., 2014 г. и осредненные данные за все годы наблюдений

Сезон	Концентрация ионов, мг/л										
	pH	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Сумма ионов
2014 г.											
Год	4,90	1,5	2,4	7,2	1,97	3,7	0,13	0,62	0,21	1,36	19,2
Тепл. (IV-X)	4,72	0,8	2,3	7,6	1,93	3,6	0,14	0,29	0,23	1,49	18,4
Хол. (I-III, XI-XII)	6,14	2,8	2,6	6,5	2,04	4,0	0,11	1,25	0,18	1,13	20,6
2013 г.											
Год	4,91	1,0	1,8	4,4	1,67	2,2	0,09	0,49	0,15	1,04	12,8
Тепл. (IV-X)	4,82	0,6	1,8	4,3	1,55	2,2	0,09	0,14	0,14	1,05	11,9
Хол. (I-III, XI-XII)	5,27	1,7	1,8	4,7	1,96	2,1	0,09	1,35	0,16	1,0	14,9
Многолетние данные (1982-2013 гг)											
Год	4,88	2,9	4,7	3,4	1,80	3,2	0,18	0,37	0,16	0,90	17,5
Тепл. (IV-X)	4,77	2,0	4,7	3,6	1,73	3,0	0,18	0,22	0,18	1,04	16,7
Хол. (I-III, XI-XII)	5,50	4,8	4,5	2,9	1,99	3,6	0,17	0,72	0,14	0,63	19,4

Тенденция увеличения хлоридов в осадках в последние годы продолжается, зато сульфатов и гидрокарбонатов становится меньше (рис.15.4).

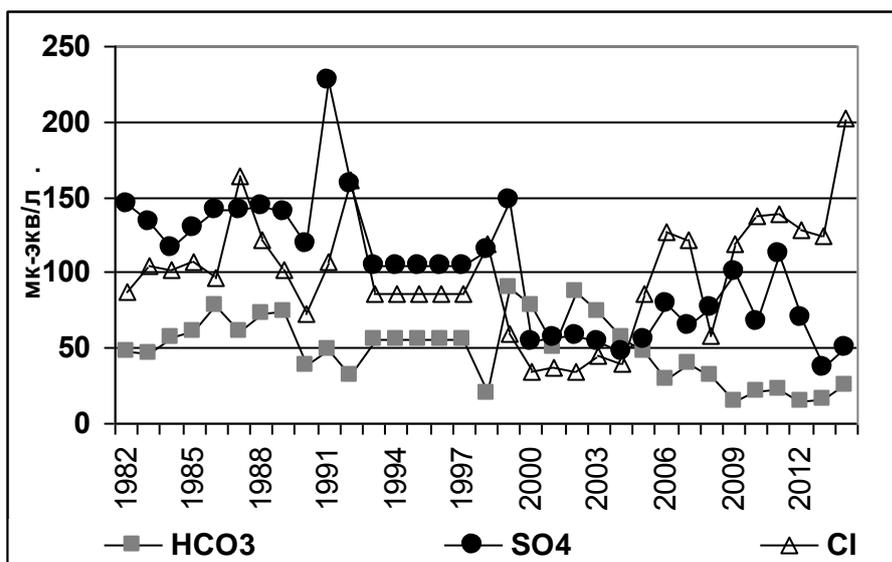


Рисунок 15.4 – Динамика годовых концентраций основных анионов в осадках.

Годовой ход минерализации в 2014 г. по форме напоминает многолетний (наличие характерного весеннего максимума) (рис.15.5). Однако этот максимум гораздо выше многолетнего из-за того, что в феврале, марте и апреле 2014 г. осадков выпадало в 2 раза меньше нормы, и большинство проб в эти месяцы были очень загрязнены. Кроме этого, проявился и июльский максимум, так как в июле выпало всего 5,9 мм осадков (4 пробы) при норме 91мм. Среднее значение минерализации в марте 67,7 мг/л – самое высокое за

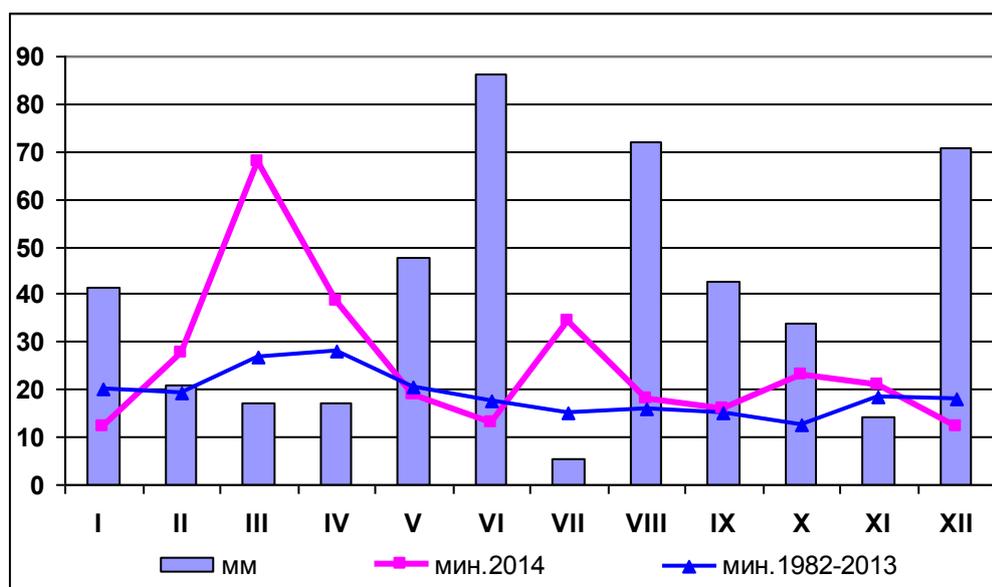


Рисунок 15.5 – Годовой ход минерализации осадков 2014 г. по сравнению с многолетним.

все годы наблюдений, и превышает многолетнее значение в марте почти в 2,5 раза. В те месяцы, когда количество осадков было близко к норме, средняя минерализация была близка к многолетним значениям (январь, май, июнь, август, сентябрь, декабрь).

Распределение значений минерализации проб по градациям загрязненности осадков в 2014 г. очень похоже на многолетнее распределение (рис.15.6). Ввиду того, что осадков было мало, чистых проб с минерализацией до 20 мг/л было несколько меньше, чем по многолетним данным, а загрязненных – больше. Причем, очень грязных проб с минерализацией >100 мг/л было в 2 раза больше (8 эпизодов), а обычно бывает 2-4 пробы в год, больше было только в жарком и дымном 2010 г. (11 эпизодов).

Сравнительное содержание всех компонентов осадков теплого и холодного периодов 2014 г показано на рис.15.7. Приведены относительные содержания катионов (например, $Ca=C_{Ca} \cdot 100 / \Sigma \text{ катионов}$, где C_{Ca} - среднее содержание катиона кальция в теплый или холодный период) и анионов ($Cl=C_{Cl} \cdot 100 / \Sigma \text{ анионов}$). В пробах и дождя, и снега среди катионов, как обычно, преобладал ион кальция. Вторым по содержанию являлся ион аммония, и его содержание в пробах теплого периода несколько выше, чем в пробах холодного. А натрия, наоборот, традиционно больше в холодные месяцы (возможно, из-за влияния противо-гололедных реагентов). Среди анионов преобладает в осадках хлорид, его экстремально много в этом году, за ним следуют сульфат, нитрат,

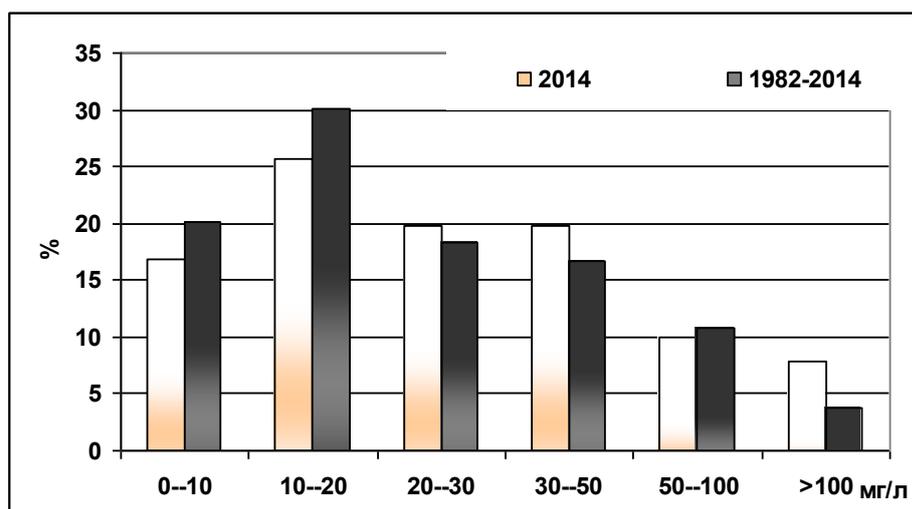


Рисунок 15.6 – Распределение значений минерализации проб 2014 г. по сравнению с многолетним

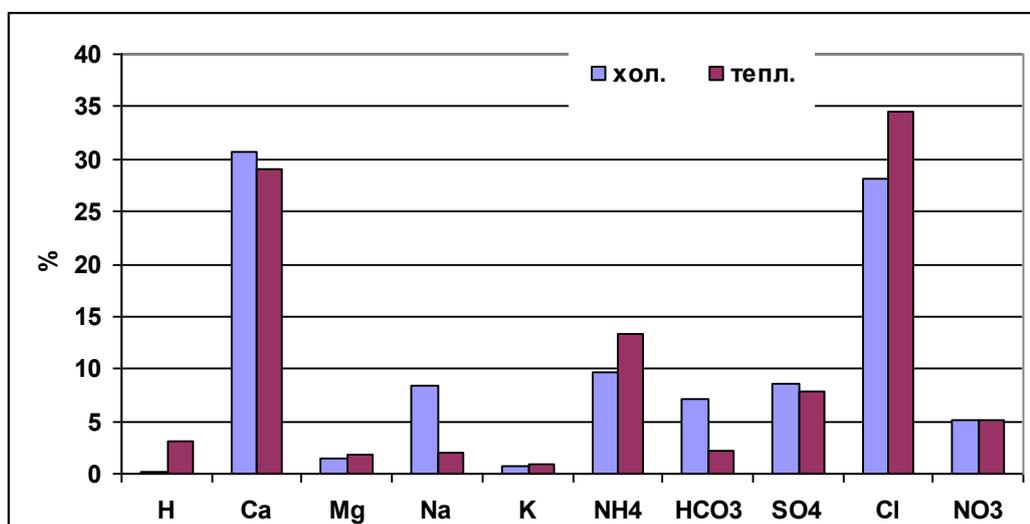


Рисунок 15.7 – Относительное содержание анионов и катионов в пробах дождя и снега в 2014 г.

гидрокарбонат. Такая же последовательность наблюдается в пробах дождя, а в зимние месяцы гидрокарбоната в среднем немного больше, чем нитрата (рис.15.7).

Экстремальные значения 2014 г. Этот год был «урожайным» для максимальных средних и разовых концентраций многих компонентов осадков. Особенно много экстремумов получено для ионов хлоридов. Так, в 2014 г. для хлорида наблюдалось максимальное среднее **годовое** значение (7,2 мг/л) и максимальные **сезонные** значения (7,6 мг/л для теплого периода и 6,5 мг/л для холодных месяцев 2014 г.). В феврале получены максимальные **среднемесячные** значения для хлорида (9,0 мг/л) и натрия (2,96 мг/л). В марте – почти для всех компонентов – для хлорида (25,9 мг/л), нитрата (6,55), кальция (15,3), натрия (2,98), калия (0,44), аммония (3,82) и минерализации (67,7 мг/л). В октябре макси-

мальное среднемесячное значение получено для хлорида (7,5 мг/л) и в ноябре – для хлорида (6,2 мг/л), калия (0,31) и аммония (1,00 мг/л). В 2014 г. получено максимальное количество натрия в одной пробе – 33,5 мг/л (снег 9 февраля 2014 г., количество осадков 1,2 мм). Больше всего максимальных значений получено для ионов хлорида. На рис.15.8 показана динамика средних годовых и сезонных концентраций хлоридов в осадках. Примерно с начала 2000-х годов наблюдается рост хлоридов в осадках. Увеличение имеет не монотонный характер, но, тем не менее, тренд за последние 15 лет имеет величину достоверности аппроксимации R^2 около 0,6-0,7

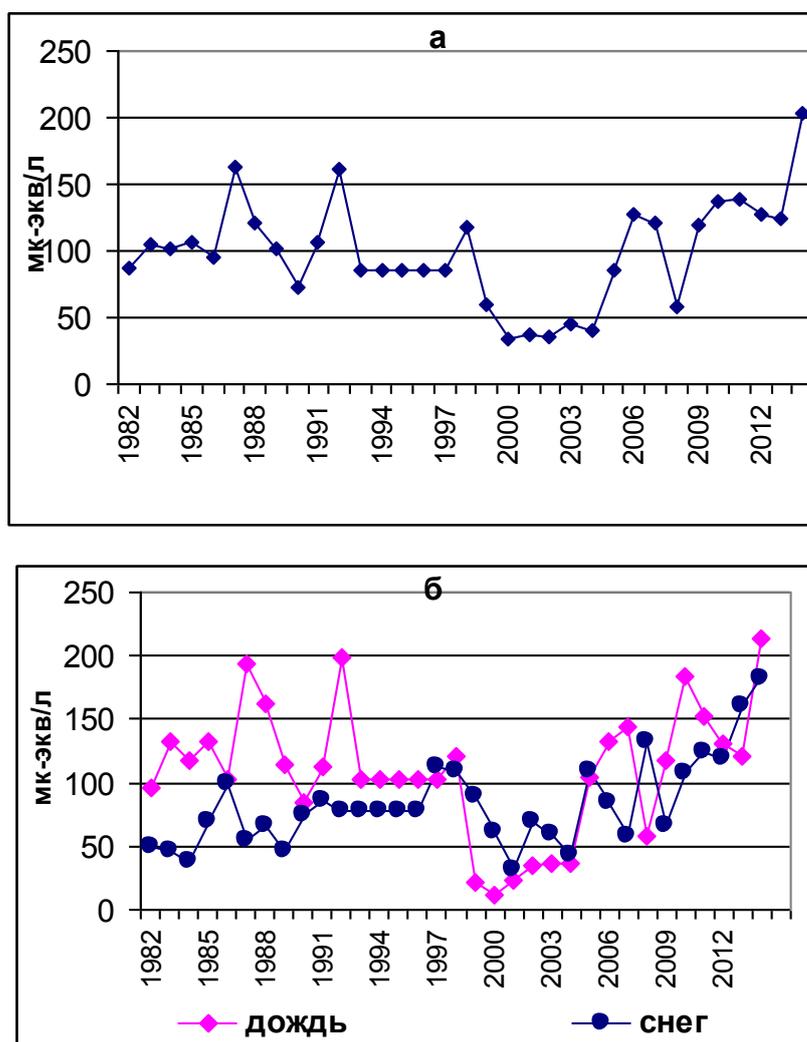


Рисунок 15.8 – Средние годовые (а) и средне-сезонные концентрации хлоридов в осадках

Выпадение солей с осадками. В 2014 г. с атмосферными осадками на подстилающую поверхность выпало 91,8 кг/га минеральных солей (среднее многолетнее значение 126,4 кг/га в год). Из них 34,4 кг/га хлоридов (37,4%), 11,7 кг/га – сульфатов (12,7%) и 17,9 кг/га солей кальция (19,5%). Эта величина зависит от средней годовой концентрации каждого

компонента и количества выпавших осадков, и из-за малого количества осадков в году снизилось и общее количество выпавших минеральных солей, составив 72,6% от средней многолетней величины.

Выводы

- В холодные месяцы 2014 г. не было ни одного выпадения с $\text{pH} < 5$, поэтому среднее значение довольно высокое (6,14 pH). В теплый период более половины осадков были кислотными – 57,4% (многолетнее значение 31,2%).
- В годовом ходе минерализации 2014 г. весенний максимум превышен по сравнению с многолетним в 2,5 раза, и в марте получено самое высокое среднее значение за весь период наблюдений (67,7 мг/л). Кроме этого, проявился июльский максимум минерализации из-за очень малого количества осадков (5,9 мм).
- Чистых осадков (с минерализацией < 20 мг/л) в 2014 г. было меньше, чем по многолетним данным, а загрязненных больше – из-за малого количества осадков в году.
- В 2014 г. получено много максимальных среднемесячных значений для разных компонентов осадков. Особенно их много для хлоридов, а в марте превышены средние почти для всех ионов и минерализации.
- Среднее годовое содержание хлоридов и средние сезонные значения в 2014 г. максимальны за весь период наблюдений.
- В 2014 г. получено максимальное количество натрия в одной пробе – 33,5 мг/л.

16. Особенности динамики аэропалинологического спектра

Северова Е.Э., Волкова О.А., Полева С.В.

Наблюдения за аэропалинологическим составом атмосферы проводили с 8 марта по 15 сентября при помощи волюметрического пылеуловителя Буркарда по стандартной методике (Принципы и методы, 1999). Идентификацию и подсчет пыльцевых зерен проводили на постоянных препаратах в глицерин-желатине, каждый из которых соответствует одним суткам работы пылеуловителя. Всего за период наблюдения в атмосфере были обнаружены пыльцевые зерна 45 палинологических типов, 20 из которых являются пыльцевыми аллергенами. Кроме пыльцевых зерен, в препаратах фиксировали споры грибов из родов *Cladosporium* и *Alternaria*.

Вегетационный сезон 2014 года можно условно разделить на три периода, различающихся по качественному и количественному составу пыльцевого спектра. Первый период пришелся на 8 марта - 17 мая и связан с цветением сережкоцветных деревьев. Его, в свою очередь можно разделить на две части – пыление деревьев, цветущих до распускания листьев (ольха (*Alnus*), орешник (*Corylus*), тополь (*Populus*), вяз (*Ulmus*), клен (*Acer*), ясень (*Fraxinus*)) и пыление деревьев, цветущих во время или после распускания листьев (береза (*Betula*) и дуб (*Quercus*)). Споры грибов в этот период очень немногочисленны и фиксируются в составе спектра нерегулярно.

Первыми в воздухе были зафиксированы пыльцевые зерна ольхи и орешника – для обоих таксонов было отмечено очень раннее начало пыления по сравнению с многолетними данными, ранее отмечавшееся только в 2002 и 2007 гг. (рис. 16.1).

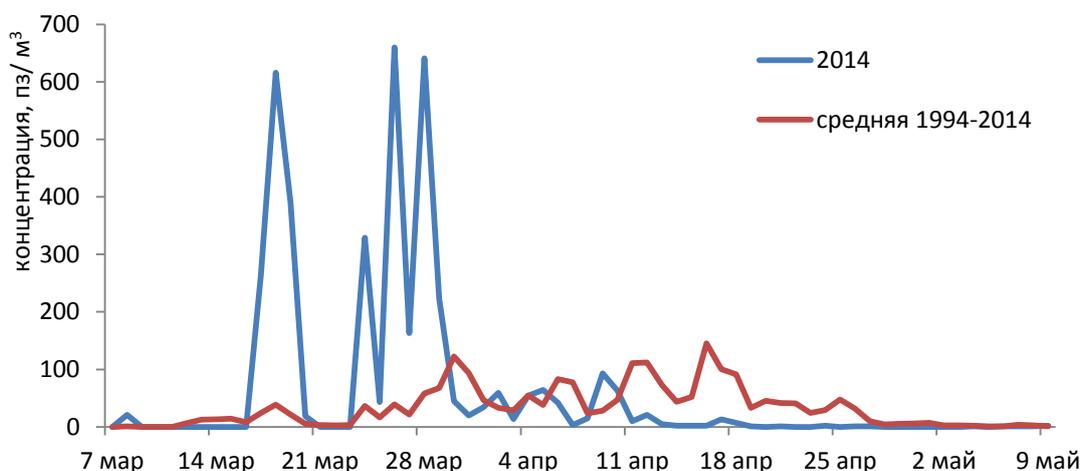


Рисунок 16.1 - Особенности пыления ольхи в сравнении с многолетними данными

Пыление ольхи в 2014 году отличалось высокой интенсивностью и компактностью, основное пыление завершилось к концу марта. Сходная интенсивность пыления наблюдалась ранее в 1995, 2002 и 2011 гг.

Абсолютной доминантой спектра в первый период пыления является пыльца березы – на ее долю в 2014 году пришлось 84% от всей пыльцы, зарегистрированной в период с 8 марта по 17 мая (рис. 16.2).

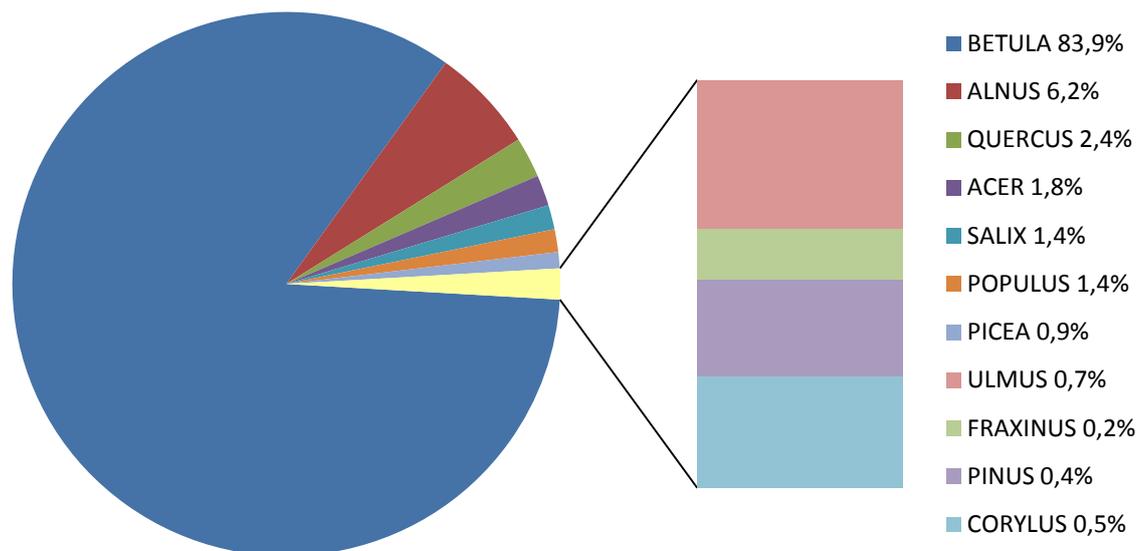


Рисунок 16.2 - Состав аэропалинологического спектра 8 марта - 17 мая

Начало основного периода пыления березы было зафиксировано 20 апреля, что соответствует наиболее ранним датам начала пыления за весь период наблюдений (с 1993 года), наблюдавшимся в 1995, 1999, 2008 гг. Пик пыления березы пришелся на период с 21 апреля по 2 мая, концентрация пыльцы в пик пыления (28 апреля) составила 6827 пыльцевых зерен в м³ (пз/м³) воздуха. За две недели до начала основного пыления (7 апреля) был зафиксирован дальний занос пыльцы березы, суточная концентрация пыльцы в этот день составила 137 пз/м³. Пыльцевая продукция березы существенно варьирует из сезона в сезон, для многих регионов показан двухлетний или трехлетний ритм пыления (Emberlin et al., 1993; Dahl, Strandhede, 1996). Сезон 2014 года является сезоном высокой пыльцевой продукции, суммарная концентрация пыльцы березы существенно превышала средние многолетние значения (рис.16.3).



Рисунок 16.3 - Динамика пыльцевой продуктивности березы, 1993-2014

Во втором периоде пыления (18 мая – 8 июля) основными компонентами пыльцевого спектра являются пыльцевые зерна сосны (*Pinus*), крапивы (*Urtica*) и злаков (*Poaceae*) (рис.16.4), пыльца последних представляет наибольшую опасность с аллергологической точки зрения. Споры грибов в составе спектра отмечаются регулярно, но их концентрация невелика – суточная концентрация спор *Alternaria* не превышает 10-20 спор/ м³, спор *Cladosporium* – в пределах 1000 спор/ м³, хотя в отдельные дни может достигать и 5000 спор/ м³.

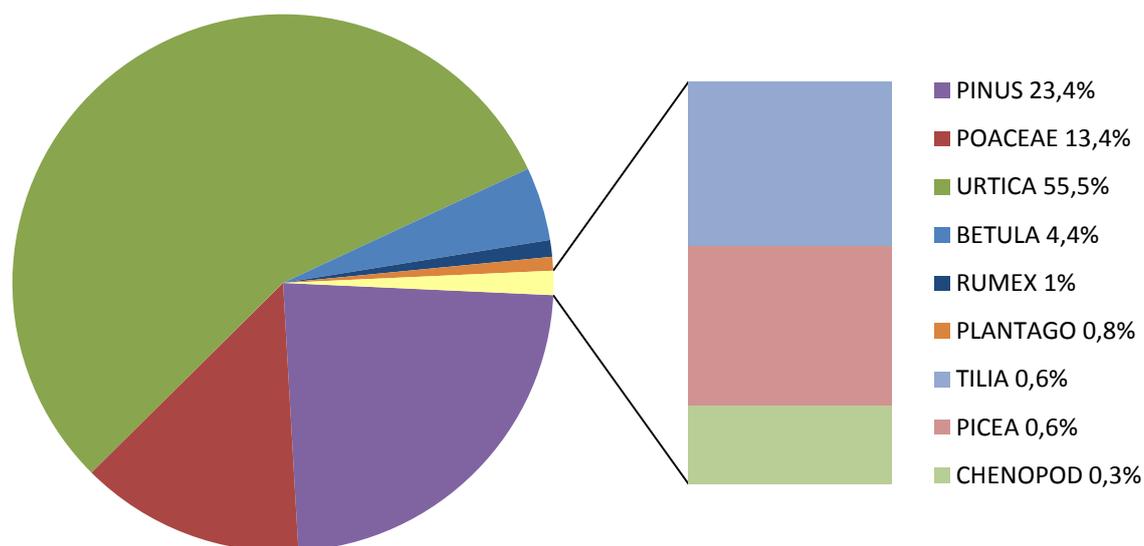


Рисунок 16.4 - Состав аэропаллинологического спектра 18 мая – 8 июля

Пыление сосны и злаков в 2014 году происходило почти синхронно, начало основного периода пыления злаков (30 мая) соответствовало средним многолетним. Продолжи-

тельность пыления злаков соответствовала средним многолетним, интенсивность пыления значительно превышала средние показатели (рис.16.5). Сходная интенсивность пыления наблюдалась в 1994 и 2001 гг.

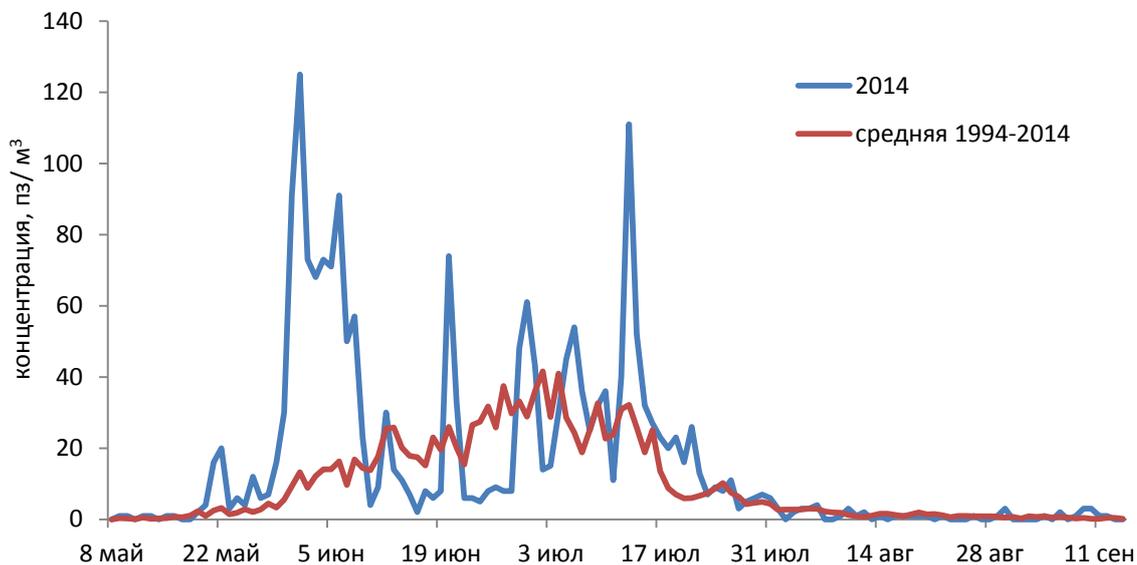


Рисунок 16.5 - Особенности пыления злаков в сравнении с многолетними данными

Начало пыления сосны соответствовало средним многолетним наблюдениям и пришлось на 16 мая (среднее многолетнее 19 мая), пыление крапивы началось на две недели позже – 1 июля (среднее многолетнее 18 июня). Интенсивность пыления сосны близка к среднему многолетнему значению, интенсивность пыления крапивы превышает его в 1,6 раза.

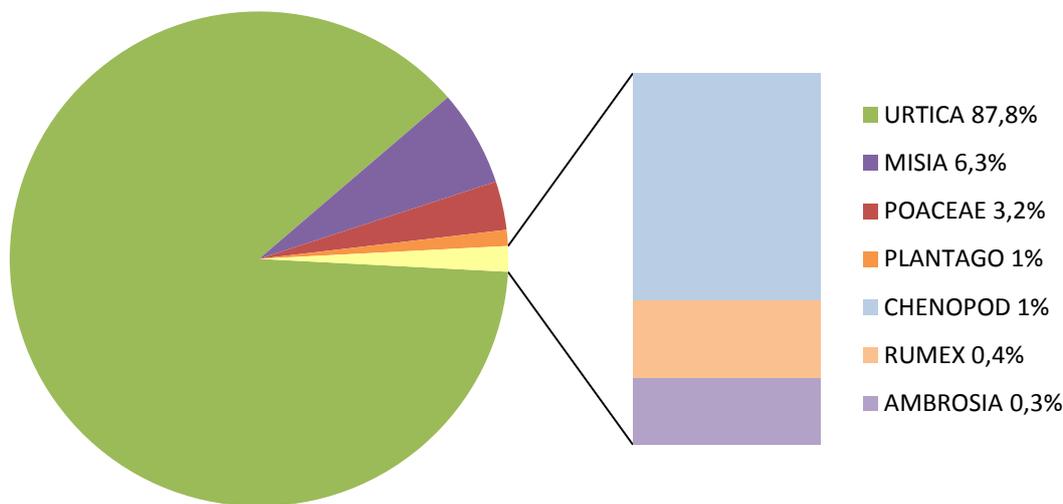


Рисунок 16.6. - Состав аэропалинологического спектра 9 июля – 15 сентября

Третий период пыления приходился на 9 июля – 15 сентября и отличался очень высокой концентрацией спор грибов: суточная концентрация спор *Alternaria* составляла 50-100 спор/ м³, суточная концентрация спор *Cladosporium* обычно превышала 1000, достигая в отдельные дни 13000 спор/ м³. В пыльцевой части спектра доминировала пыльца крапивы (*Urtica*), злаков (*Poaceae*) и полыни (*Artemisia*), пыльца последней – основной аллерген позднелетнего спектра (рис.16.6).

Начало, продолжительность и интенсивность пыления полыни в 2014 году соответствовало многолетним наблюдениям (рис. 16.7).

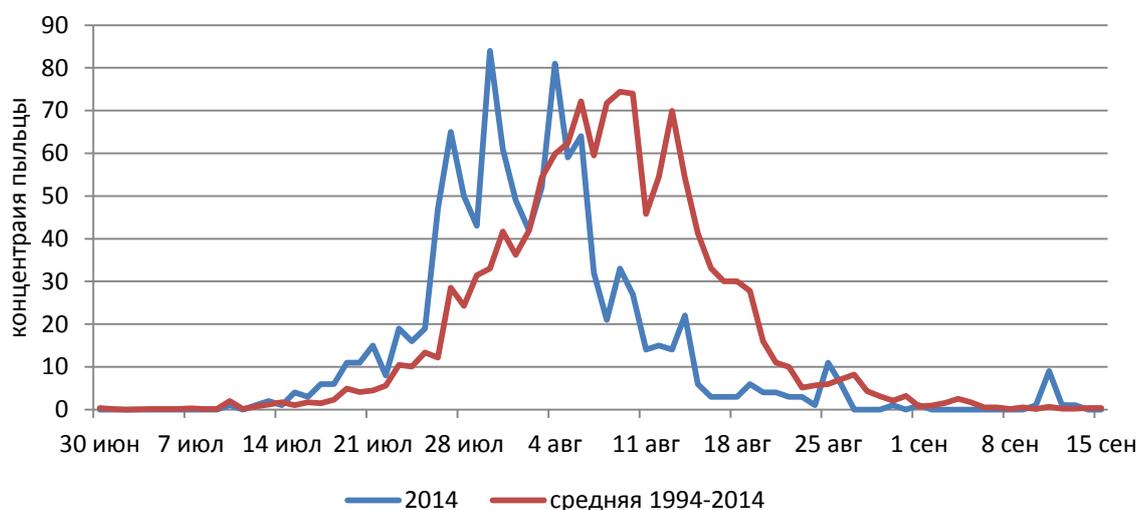


Рисунок 16.7 - Особенности пыления полыни в сравнении с многолетними данными

В период с 20 по 26 августа в составе спектра была зарегистрирована пыльца амброзии (*Ambrosia*) – одного из самых сильных пыльцевых аллергенов. Амброзия не характерна для средней полосы России, но чрезвычайно широко распространена в южных регионах (Ставрополье, Краснодарский край, Ростовская область). В Московской области зарегистрированы отдельные немногочисленные популяции (Виноградова и др., 2010). Амброзия обладает отчетливым суточным ритмом пыления с суточным максимумом в 9-12 часов (Северова и др., 2008). В 2014 году максимум пыления был зафиксирован 22 августа (18 пз/м³), суточный максимум пришелся на 11-13 часов, что говорит о локальном происхождении пыльцы.

Таким образом, сезон пыления 2014 года отличался ранним началом и интенсивным пылением ольхи, березы, крапивы и злаков. Пыление завершилось к началу сентября, что соответствует многолетним наблюдениям.

Литература

Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. 2010. //Черная книга флоры Средней России. М.: ГЕОС, 512 с.

Принципы и методы аэропалинологических исследований. 1999. // Под ред. Н.Р. Мейер-Меликян, Е.Э. Северовой. М., 48с.

Северова Е., Sijlamo P., Skjoth C.A. 2008. Дальнезаносная пыльца в аэропалинологическом спектре Москвы // Палинология: стратиграфия и геоэкология: Сборник науч. тр. XII Всерос. палинол. конф. СПб., Т. 1. С. 185-190.

Dahl A., Strandhede S.-O. 1996. Predicting the intensity of the birch pollen season. // *Aerobiologia*, V.12. P. 97-106.

Emberlin J., Savage M., Woodman R. 1993. Annual variations in the concentrations of *Betula* pollen in the London area, 1961–1990 // *Grana*, V. 32. P. 359-363.

17. Состав и качество приземного воздуха по данным многолетних наблюдений

А.И. Скороход, И.Б. Беликов, И.П. Ситникова

17.1 Общие сведения

Малые газовые и аэрозольные примеси в приземном воздухе измерялись в МО МГУ на станции наблюдений состава атмосферы (далее - станция), созданной совместно Географическим факультетом МГУ им. М.В. Ломоносова и ИФА им. А.М. Обухова РАН, с февраля 2002 года по 21 июля 2014 г, когда станция прекратила свое существование.

Основой станции являлся автоматизированный интегрированный комплекс аппаратуры для мониторинга параметров состава атмосферы (Беликов, 2004), размещенный в специально оборудованном помещении (экологическом павильоне). Измерительная аппаратура комплекса по своим характеристикам приближается к используемой на станциях мировой сети ВМО, а также обеспечивалась калибровочными средствами, поставляемыми ведущими мировыми научными центрами. Наблюдения были полностью автоматизированы, большей частью велись в круглосуточном режиме, контроль за ними и состоянием приборов осуществлялся через сеть Internet. Основные характеристики станции и состав измеряемых параметров (таблица 17.1) неоднократно описывались в предыдущих изданиях (Эколого-климатические характеристики атмосферы..., 2010, 2011, 2012, 2013 и 2014).

В данной главе будут проанализированы, в основном, особенности поведения атмосферных примесей в первой половине 2014 года, а также будет произведен анализ качества атмосферного воздуха в приземном слое за все время наблюдений на основе методики, разработанной в ИФА им. А.М.Обухова РАН (Skorokhod et. al., 2012). К сожалению из-за прекращения работы станции в середине 2014 года в данной публикации нет возможности провести анализ среднегодовых значений наблюдаемых примесей и статистический обзор некоторых суммарных годовых показателей (например, количество дней с превышением ПДК по разным компонентам атмосферного воздуха).

17.2 Ряды среднесуточных концентраций

Непрерывные ряды данных концентраций (на основе среднесуточных значений) основных наблюдаемых на станции газовых примесей в приземном слое атмосферы, полученные за первую половину 2014 года, показаны на рисунке 17.1.

Таблица 17.1 - Параметры состава атмосферы, измеряемые на станции, и используемые измерительные приборы

№	Измеряемый параметр	Используемые приборы	Диапазон
1	Приземная концентрация O_3	1008-RS, № 6394 (Dasibi Inc., США)	1 - 1000 ppb
2	Приземная концентрация NO и NO_2	APNA-360, № 575419021 (Horiba Inc., Япония)	0,5 - 2000 ppb
3	Приземная концентрация CO	TE48S № 48S-54487-300 (Thermo Inc., США)	0,05 - 1000 ppm
4	Приземная концентрация CO_2	LI6262, № IRG3-990 (LiCor Inc., США)	1 - 3000 ppm
		ET20-200 (ООО "ЭТЭК", Россия)	1 - 1000 ppm
5	Приземная концентрация SO_2	APSA-360, № 8512250410 (Horiba Inc., Япония)	0,5 - 500 ppb
6	Приземная концентрация NH_3	M201A, № 2779 (Teledyne API Inc., США)	1 - 2000 ppb
7	Содержание NO_2 в вертикальном столбе атмосферы	Спектрометр MS-260i, № 133 (Oriel Inc., США)	
8	Концентрация атмосферного аэрозоля $PM_{2,5}$	TEOM 1400ab, № 140AB258010508 (Thermo Inc., США)	2,5 мкг/м ³ - 5 г/м ³
9	Распределение аэрозольных частиц по размерам	1.108 № 8F090014 (Grimm, Германия)	0,3 - 10 мкм 1 - 2 10 ⁶ 1/л
10	Приземные концентрации ЛОС	PTR-MS № (C16)07/C05 (Ionicon Inc., Австрия)	0,5 - 500 ppb
11	Вертикальный профиль температуры	МТП-5 № 28 (НПО "Аттех", Россия)	0 - 600 м -40 - 40 град.С
12	Параметры турбулентности в приземном слое	USA-1 № 0101011329 (Metek GmbH, Германия)	

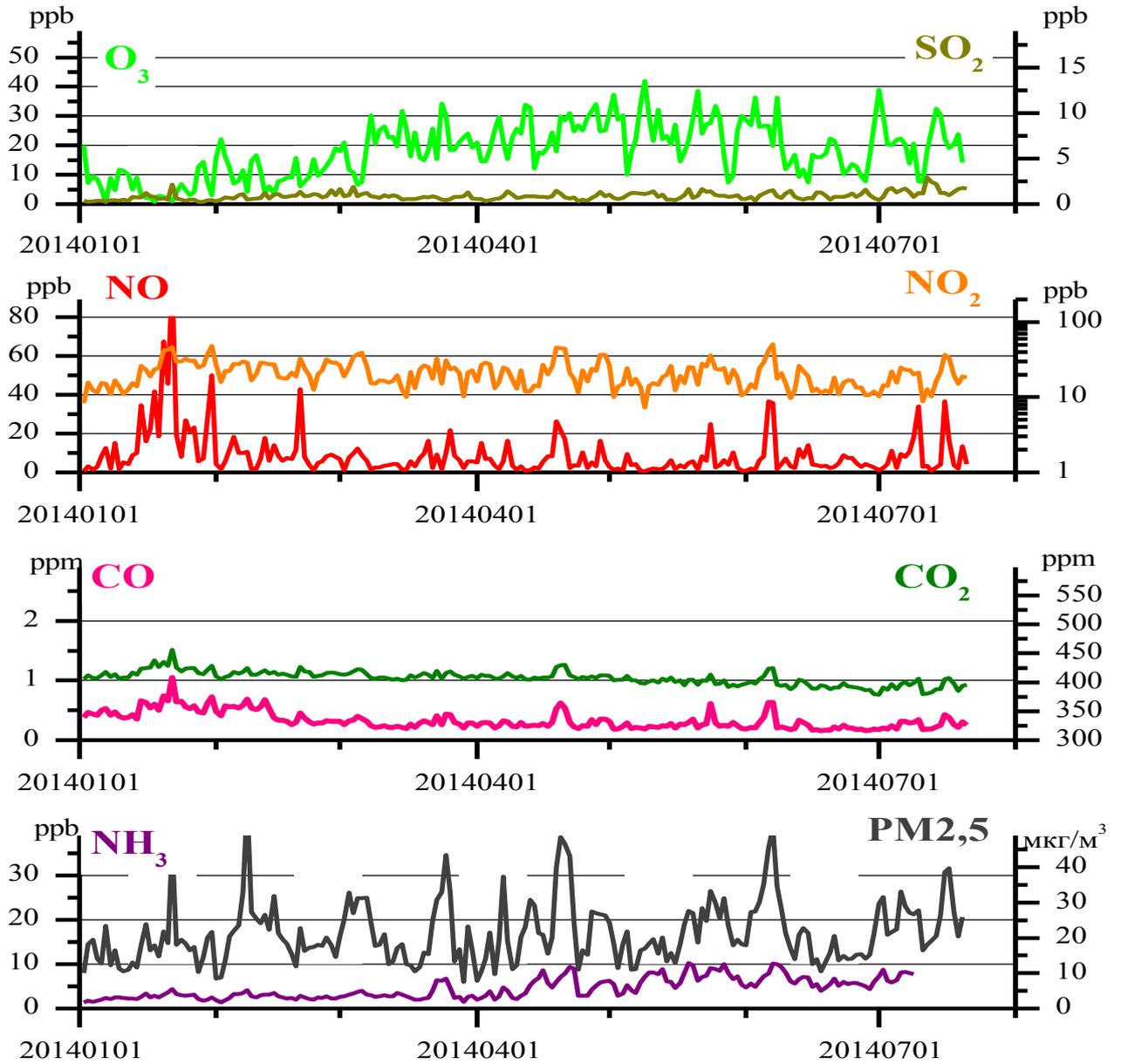


Рисунок 17.1 - Ряды среднесуточных концентраций газовых примесей за 2014 г. (до 21.07.2014)

В целом 1-я половина 2014 г. не была отмечена погодными аномалиями, имевшими место в 2002 и 2010 годах (Эколого-климатические характеристики атмосферы..., 2011), когда обширные торфяные и лесные пожары в Московской области привели к формированию в г. Москве дымной мглы и формированию рекордно высоких концентраций практически всех загрязняющих компонентов (Еланский и др., 2011), существенно превышающих предельно допустимые.

В целом для озона наблюдалась характерная картина внутригодового хода с двумя сезонными максимумами: весенним и летним. Первый обусловлен интенсификацией стратосферно-тропосферного обмена и поступлением стратосферного озона в нижние слои тропосферы, тогда как второй вызван ростом фотохимической генерации в летних условиях. Весенний пик более продолжителен и устойчив – в 2014 г он продолжался с начала марта до конца 1-й декады июня. Летний максимум обычно менее выражен (если речь не идет о формировании мощного блокинга, как в 2010 г) и состоит из нескольких пиков, обусловленных чередой антициклонов с благоприятными для генерации озона условиями (повышенная солнечная радиация и значительное содержание в приземном слое предшественников озона). При этом пауза между этими пиками может быть весьма не большой (в 2014 г лишь около 20 суток) и имеет тенденцию к уменьшению. В течение 1-го максимума (с марта по июнь) среднесуточная наблюдаемая концентрация озона в существенном числе случаев находится выше значения ПДКсс, которое составляет всего 30 мкг/м³ (около 15 ppb). При характерных концентрациях приземного озона в районе 20-30 ppb, превышение его ПДК становится уже обычным явлением. При этом максимально разовые ПДК по озону в Москве превышаются крайне редко (Еланский и др., 2015). Собственно, такие случаи за всю работу станции с 2002 г. фиксировались только в результате 2-х уже упоминавшихся выше событий 2002 и 2010 г. В 2014 г превышений максимально разовых ПДК по озону также не было зафиксировано.

Максимальные среднесуточные концентрации NO зачастую имеет место в зимний период при неблагоприятных экологических ситуациях, связанных с формированием температурных приземных инверсий (Эколого-климатические характеристики атмосферы..., 2013). В 2014 г мощнейший эпизод, связанный с загрязнением NO, наблюдался в середине января, когда среднесуточное значение достигло 80 ppb. Впоследствии наблюдались 2 зимних пика (конец января и 2-я декада февраля) с концентрациями более 40 ppb и 3 несколько меньших пика в летние месяцы (1 в июне и 2 в июле).

Во время упомянутых эпизодов загрязнения наблюдались значительные повышения концентраций и по другим компонентам атмосферного воздуха: NO_2 , CO , CO_2 , SO_2 , $\text{PM}_{2,5}$ (см. рис. 17.1). При этом если концентрации двуокиси серы и угарного газа даже при всплесках весьма далеки от ПДК, то измеряемые концентрации NO_2 довольно часто превышают ПДКсс, составляющий 40 мкг/м^3 (или около 20 ppb).

Концентрация аммиака NH_3 за период наблюдений в 2014 году была далеко от ПДК, что характерно для данной примеси, не имеющей постоянных мощных источников в Москве. При этом очевидны сезонные изменения, когда с ростом температуры приземная концентрация NH_3 увеличивается от 2-4 ppb зимой до 5-10 ppb весной и летом.

Концентрация атмосферного аэрозоля $\text{PM}_{2,5}$ довольно часто превышала среднесуточный ПДК. При этом максимумы $\text{PM}_{2,5}$ довольно равномерно распределены по временам года, что указывает на преимущественно антропогенное происхождение твердых частиц.

17.3 Среднемесячные характеристики

Особенности режима концентраций приземных газовых примесей, характерные для первой половины 2014 года, по сравнению со средними значениями за весь период работы станции показаны на графиках рисунков 17.2 и 17.3, на которые нанесены также среднемесячные значения концентраций за 2002 - 2014 годы и отдельно за 2014 год.

По концентрации озона и диоксида азота характер сезонных вариаций в первой половине 2014 года практически полностью совпадает со средним за 2002 - 2014 годы.

Концентрации оксида азота NO в атмосфере в 2014 году были меньше средних значений за 2002 - 2014 годы во все месяцы наблюдений, кроме января.

Концентрации оксида углерода CO за первую половину 2014 года существенно меньше средних значений, что продолжает общее снижение с начала работы станции. Следует отметить, что в течение всего времени работы станции имели место случаи аномально высокого загрязнения, в частности, в 2002 и 2010 годы (Эколого-климатические характеристики атмосферы..., 2011). При не столь большой длине общего статистического ряда (12 лет) вклад этих аномалий в общее среднее значение оказывается существенным.

Также заметно меньше средних значений среднемесячные концентрации аммиака, который измеряется с 2012 г.

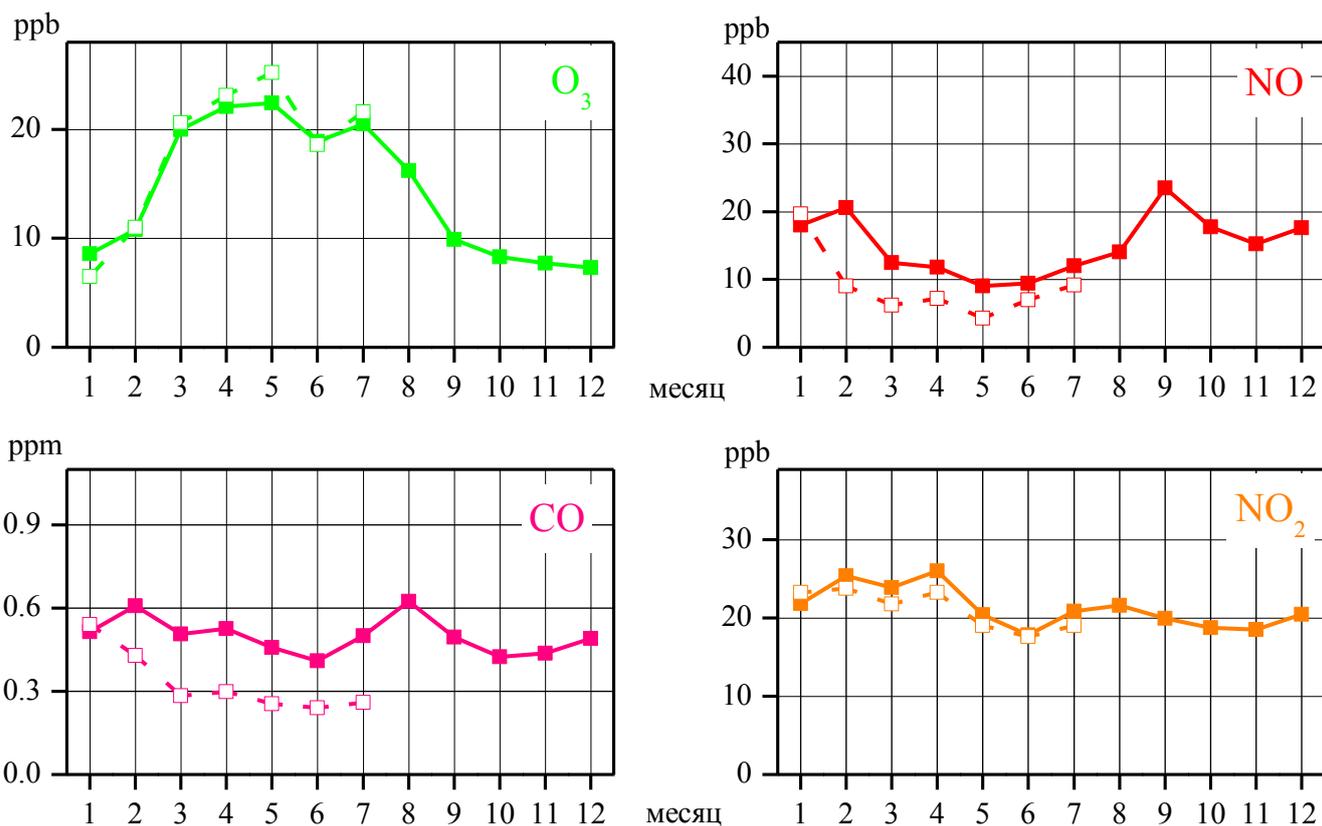


Рисунок 17.2 - Среднемесячные приземные концентрации O₃, CO, NO и NO₂, осредненные за 2002 - 2014 годы (сплошные линии) и за 2014 год (пунктир)

Ниже средних значений (особенно в зимние месяцы) оказался и диоксид серы (рис.17.3). Только ближе к лету (май и летние месяцы) его уровень близок к среднемноголетнему.

В среднем продолжила свой рост приземная концентрация PM_{2,5}, непрерывная регистрация которой было включено в программу наблюдений на станции только в 2011 году. Более явно эта тенденция характерна для CO₂, превышающем средний уровень в течение всех месяцев 2014 г., продолжая практически непрерывный рост с 2009 года (Эколого-климатические характеристики атмосферы..., 2014).

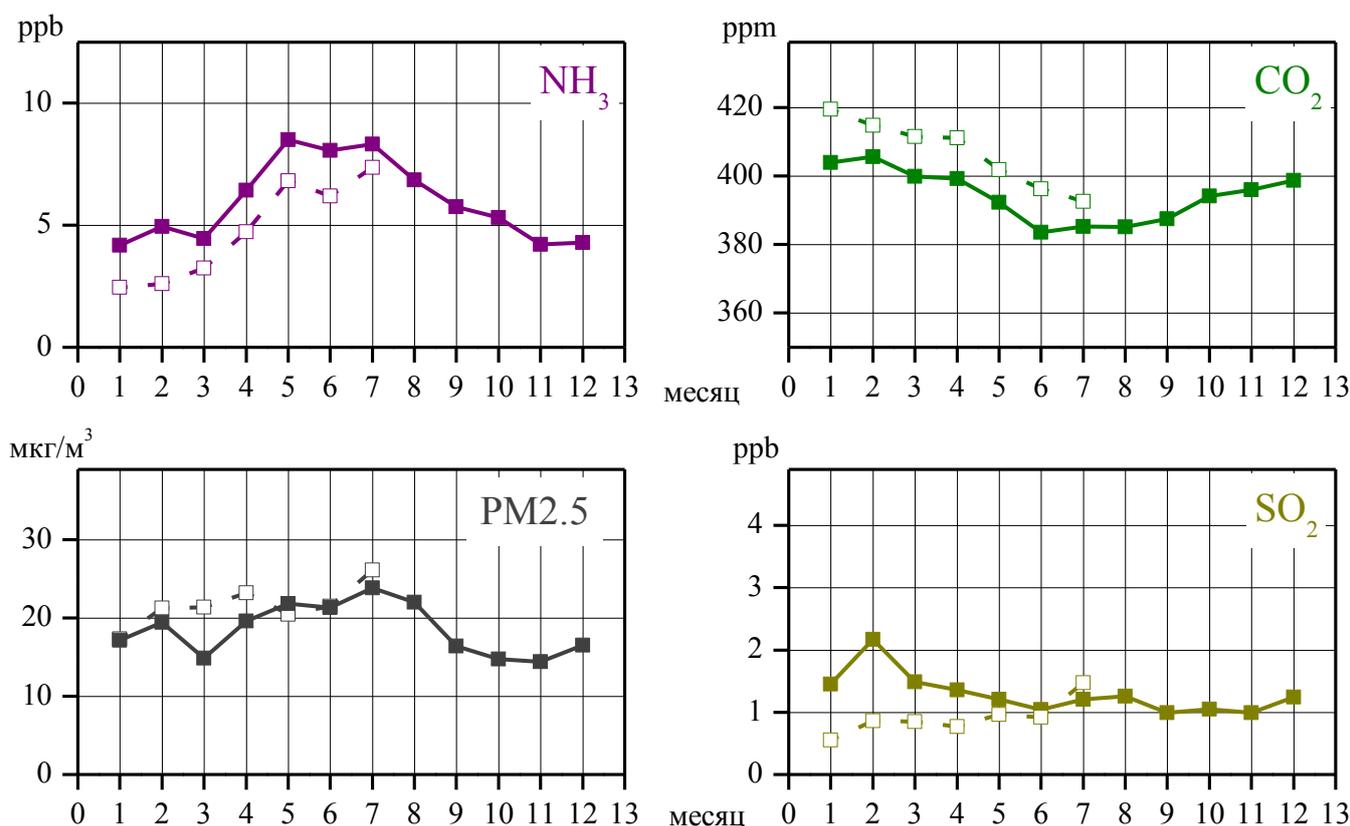


Рисунок 17.3 - Среднемесячные приземные концентрации CO₂, NH₃, PM_{2,5} и SO₂, осредненные за 2002 - 2014 годы (сплошные линии) и за 2014 год (пунктир)

17.4 Исследование качества атмосферного воздуха

Крупные города (мегаполисы) оказывают сильное воздействие на окружающую среду как в региональном, так и в глобальном масштабе. Урбанизированная среда все чаще становится неблагоприятной и даже опасной для здоровья человека. Серьезные опасения вызывает состояние атмосферного воздуха. Так, по современным оценкам, около 66 млн. человек в России постоянно проживают в условиях повышенного загрязнения атмосферы [1]. Для контроля за ситуацией и разработкой мер по ее улучшению необходима удобная система оценки качества атмосферного воздуха, учитывающая современный уровень измерений состава атмосферы, национальные и международные рекомендации, возможности численного моделирования, ассимиляции спутниковых данных и прогнозирования.

После тщательного анализа существующих российских и зарубежных методик расчетов Индексов загрязнения атмосферы (ИЗА) (Росгидромета, Агентства по защите окружающей среды США, CAQI, ATMO и других европейских методик, а также методики, применяемой в рамках международного проекта MEGAPOLI) в Институте физике атмосферы им. А.М.Обухова РАН предложена собственная методика расчетов ИЗА, учитывающая харак-

терные ситуации и источники загрязнений в Москве и других российских городах. В основу методики, содержащей 5 уровней загрязнения, положен расчет ИЗА на основе среднечасовых концентраций по 6-ти характерным и регулярно измеряемым компонентам состава атмосферы (PM10, NO2, CO, O3, SO2, общее содержание неметановых углеводородов). На основе созданной методики была разработана компьютерная обработка измеренных и рассчитанных данных по составу атмосферного воздуха и

расчета показателей качества атмосферного воздуха (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. №2013618614 от 12.09.2013) (рис. 17.4).

Методика и программа прошли апробацию и доработку в рамках проекта «Мегаполис» (Государственный контракт № 02.527.12.0007 «Разработка методического, алгоритмического и программного обеспечения для сбора и предварительной обработки временных серий данных наземных наблюдений для оценки состояния и динамики изменения окружающей среды в крупных городах»), а также в рамках работы «Методологическое и аппаратное обеспечение для оценки качества атмосферного воздуха загрязненных территорий России» в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» (ГК № 14.515.11.0004 с Минобрнаукой).



Рисунок 17.4 - Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

Алгоритм определения индекса загрязнения выглядит следующим образом:

- определяется наибольшая концентрация вещества за весь период наблюдений в исследуемой области;
- по таблице 17.2 находится диапазон изменения значений концентрации соответствующего вещества (breakpoints) и соответствующий ему диапазон изменения индекса ЗА (AQI);
- крайние точки диапазонов используются для расчета индекса ЗА для каждого вещества по следующей формуле:

$$I_p = \frac{I_{HI} - I_{Lo}}{BP_{HI} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

где I_p – индекс ЗА, C_p – концентрация вещества, BP_{HI} – верхнее граничное значение концентрации вещества в диапазоне, BP_{Lo} – нижнее граничное значение концентрации вещества в диапазоне, I_{HI} – значение индекса ЗА, соответствующее BP_{HI} , I_{Lo} – значение индекса ЗА, соответствующее BP_{Lo}

- наибольшее значение индекса, полученное при расчетах, объявляется индексом ЗА на данный момент времени в данном городе.

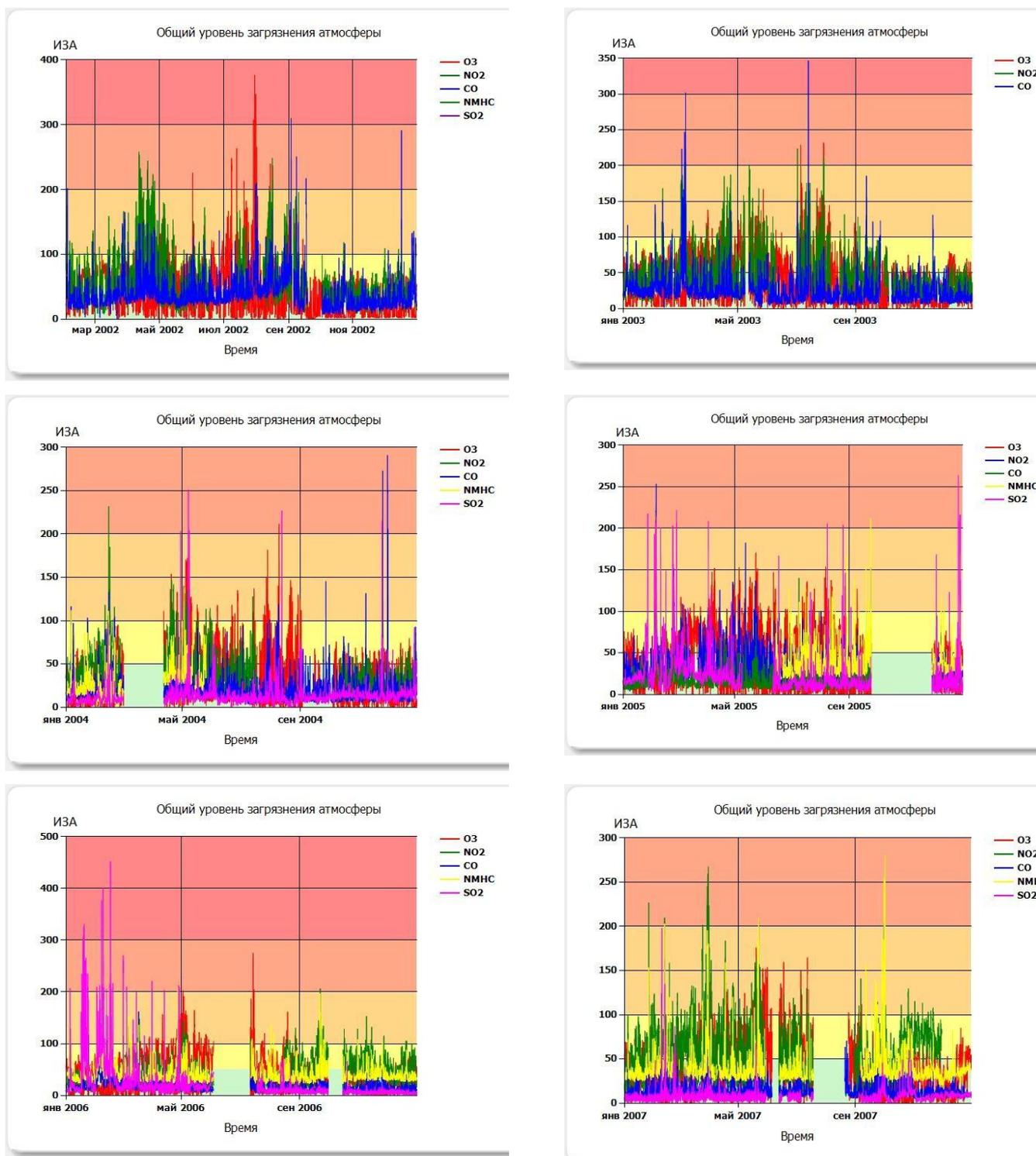
Таблица 17.2 - Определение общего уровня загрязнения при помощи индекса загрязнения атмосферы (ИЗА)

Общий уровень загрязнения	При- месь ИЗА	PM10 мкг/м ³	NO ₂ мкг/м ³	CO мг/м ³	O ₃ мкг/м ³	NMHC млн ⁻¹	SO ₂ мкг/м ³
	1. Низкий	0-50	0-38	0-40	0-1,5	0-30	0 - 0,5
2. Умеренный	51-100	39-75	41-80	1,6-3	31-80	0,5- 1	16-30
3. Неблагоприятный для восприимчивых групп населения	101-200	76-150	81-150	4-6	81-150	1-2	31-60
4. Высокий	201-300	151-300	151-250	7-9	151-200	2- 4	61-120
5. Опасный	>300	>300	>250	>9	>200	>4	>120

Таблица 17.2, была составлена на основании анализа зарубежных методик оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха для PM10, нормативных документов по пре-

дельно допустимым концентрациям загрязняющих веществ в РФ для NO_2 , CO , O_3 , SO_2 , и на основании проведенных исследований в ИФА РАН для NMHC (суммы неметановых углеводородов).

На рис.17.5 представлен общий уровень загрязнения с 2002 по 2013 год.



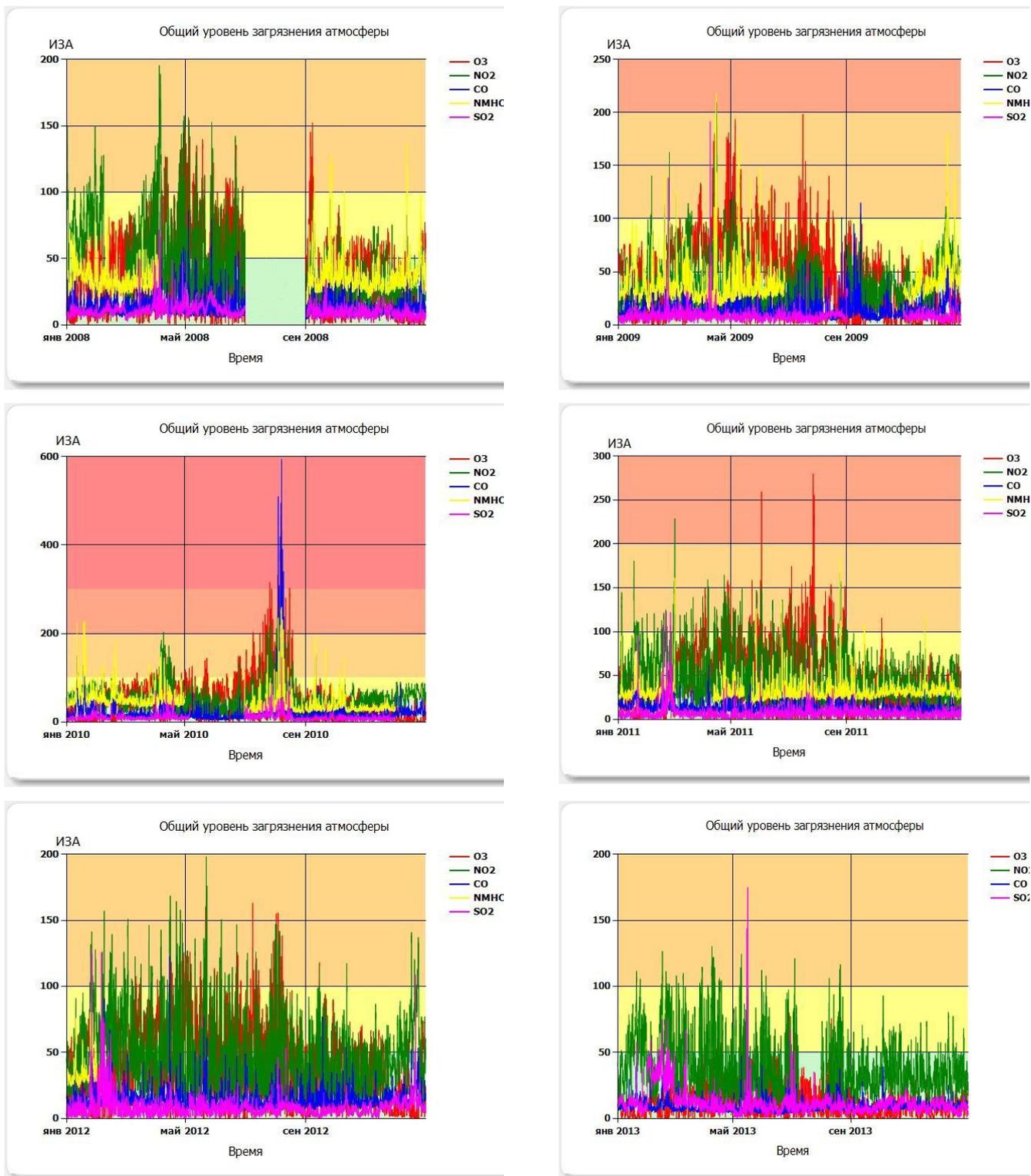


Рисунок 17.5 - Общий уровень загрязнения в г. Москве с 2002 г. по 2013 г.

Данные графики достаточно наглядны и хорошо отражают экстремальные ситуации, например, летом 2010 года. На соответствующем рисунке за 2010 г отчетливо видно повышение уровня загрязнения практически по всем примесям. Отметим, что в приведенных расчетах ИЗА не учтена концентрация аэрозолей PM10, поскольку такие

наблюдения на станции не велись. Между тем, из проведенных ранее исследований следует, что для Москвы, как впрочем, и для большинства мировых мегаполисов, наиболее репрезентативны при определении ИЗА содержание аэрозоля (>95% случаев) и концентрация NO₂.

На рис. 17.6 представлена динамика изменения общего уровня загрязнения в период с 2002 по 2013 г. с месячным осреднением. На графике видно, что в основном загрязнение атмосферы в Москве находится на умеренном уровне, лишь в некоторых случаях, достигает неблагоприятного для восприимчивых групп населения.

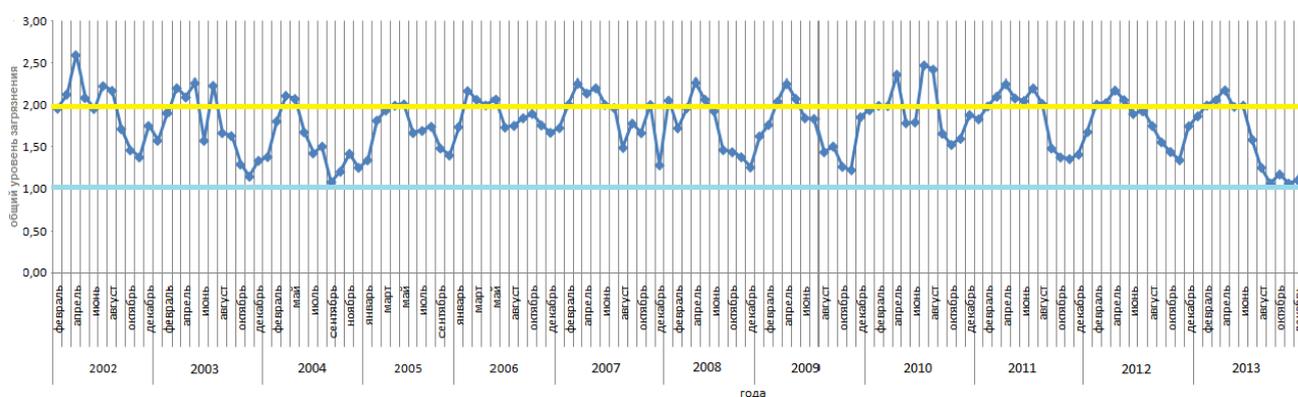


Рисунок 17.6 - Динамика изменения общего уровня загрязнения атмосферного воздуха с 2002 по 2013 г. в г. Москве

Самый высокий уровень загрязнения приходится на весну 2002 года и лето 2010 года. Повышение уровня загрязнения весной 2002 года, обусловлено увеличением значений концентраций O₃ и NO₂. В настоящее время не является возможным выяснить причины такого повышения содержания загрязняющих примесей. Предположительно, они носят комплексный характер и связаны с весенней перестройкой атмосферной циркуляции, сезонным увеличением числа автотранспорта и ростом эмиссий загрязняющих веществ при сходе снежного покрова. А причиной сильнейшего загрязнения атмосферного воздуха летом 2010 года являются лесные и лесо-торфяные пожары.

Полученные результаты были сравнены с данными Мосэкомониторинга. Согласно данным Мосэкомониторинга с 2002 по 2006 год самым «неблагополучным» годом по уровню загрязнения атмосферного воздуха являлся 2002 год (аномальный год, когда длительное время отмечались неблагоприятные метеорологические условия и в Москву поступал задымленный воздух от лесо-торфяных пожаров в Подмосковье и близлежащих областях).

Начиная с 2003 года, отмечается отрицательный тренд содержания в атмосферном воздухе оксида углерода, оксида азота, углеводородов и т.д. Несмотря на рост транспортного парка, снижение содержания загрязняющих веществ происходит за счет метеорологических условий рассеивания, а также благодаря организации улично-дорожного движения (ограничение движения грузового автотранспорта, установка нейтрализаторов и перевод муниципального автопарка на нормативы Евро 2 и выше), контролю качества моторных топлив (утверждение московских экологических стандартов качества моторного топлива и создание системы контроля за моторным топливом, реализуемым в Москве), естественной замене автотранспортных средств на более современные экологичные модели.

Загрязнение воздуха на территории Москвы неоднородно. Очагами загрязнения являются автотрассы и прилегающие к ним территории. На жилых территориях содержание загрязняющих веществ на 15-30% ниже, чем в центре Москвы, и на 30-50% - чем вблизи автотрасс.

По комплексному показателю в 2006 году качество атмосферного воздуха сохранилось практически на прежнем уровне. Комплексный показатель загрязнения атмосферы (ИЗА), рассчитываемый по 5 приоритетным для города загрязняющим веществам (оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, озон и формальдегид) составил 6,4, в 2005 - 6,1, в 2004 году – 6,2, что характеризует уровень загрязнения воздуха как повышенный. Незначительное увеличение уровня загрязнения воздуха в 2006 году связано с особенностями метеорологических условий года [34].

С помощью ИЗА была исследована внутригодовая изменчивость уровня загрязнения атмосферного воздуха в Москве за 12 лет (рис.17.7).

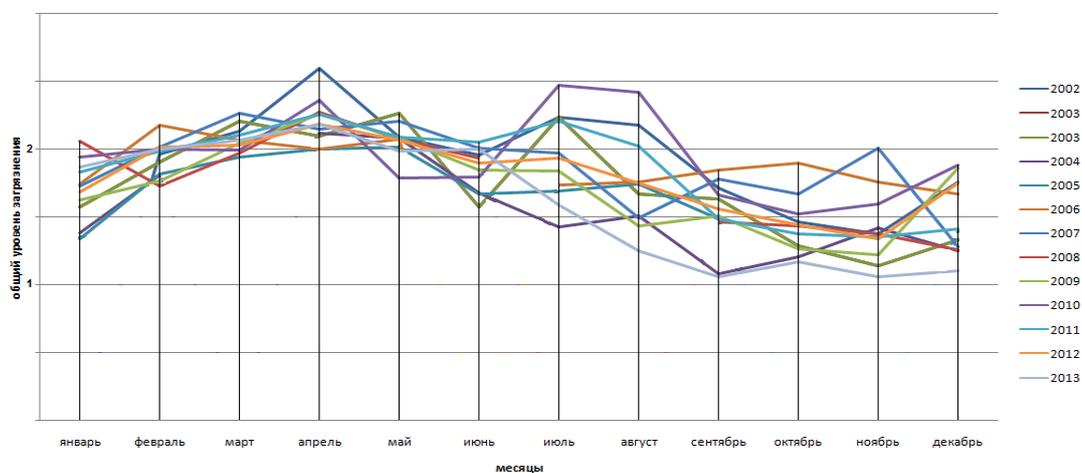


Рисунок 17.7 - Внутригодовая изменчивость общего уровня загрязнения атмосферного воздуха в Москве с 2002 по 2013 год

На рис.17.7 наглядно прослеживается внутригодовая изменчивость качества воздуха в Москве. Низкий уровень загрязнения характерен для зимнего и, в особенности, для осеннего периода. Повышение общего уровня загрязнения наблюдается с марта по май и в период с июня по сентябрь. Такой результат ожидаем, т.к. именно в весенний период используются резервные виды топлива, а летом часто возникают пожары. Пики загрязнения приходятся на апрель 2002 года и июль-август 2010 года.

Результаты исследования вклада отдельных примесей в общее загрязнение атмосферного воздуха в Москве в период с 2009 по 2013 г. в разное время года представлен на рис.17.8. Хорошо прослеживается изменение вклада диоксида азота в общее загрязнение атмосферного воздуха, основным источником которого является автотранспорт. По данным ежегодника (Безуглая и др., 2010) выбросы автомобилей составляют 96% от суммарных антропогенных выбросов. Наибольшая доля диоксида азота наблюдается в зимний и осенний сезоны. Данный факт связан с тем, что весной и летом увеличивается интенсивность фотохимических реакций, в которых диоксид азота принимает непосредственное участие. Доля же озона, наоборот, возрастает в летний и весенний периоды в соответствии с сезонными максимумами, вызванными притоком стратосферного озона весной и фотохимической генерацией летом.

Вклад таких примесей как оксид углерода, сумма неметановых соединений и диоксид серы является незначительным. Эти примеси могут достигать больших концентраций вблизи локальных источников. Отсутствие таких источников вблизи метеорологической обсерватории МГУ привело к полученным результатам.

17.5 Заключение

В целом первую половину 2014 г. можно рассматривать как достаточно характерный с точки зрения состава и уровня загрязнения атмосферного воздуха. Не было отмечено событий, ведущих к резкому росту концентраций наблюдаемых примесей. Следует отметить стабильность среднегодовых значений большинства загрязняющих компонентов воздуха (O₃, CO, NO, NO₂, SO₂). При этом продолжается устойчивый рост среднегодовой концентрации углекислого газа и PM₁₀, причины которого пока полностью не выяснены и могут быть связаны как с возобновлением экономического роста после 2008 г, так и с воздействием локальных факторов (строительные работы на территории МГУ, реконструкция близлежащих автомагистралей).

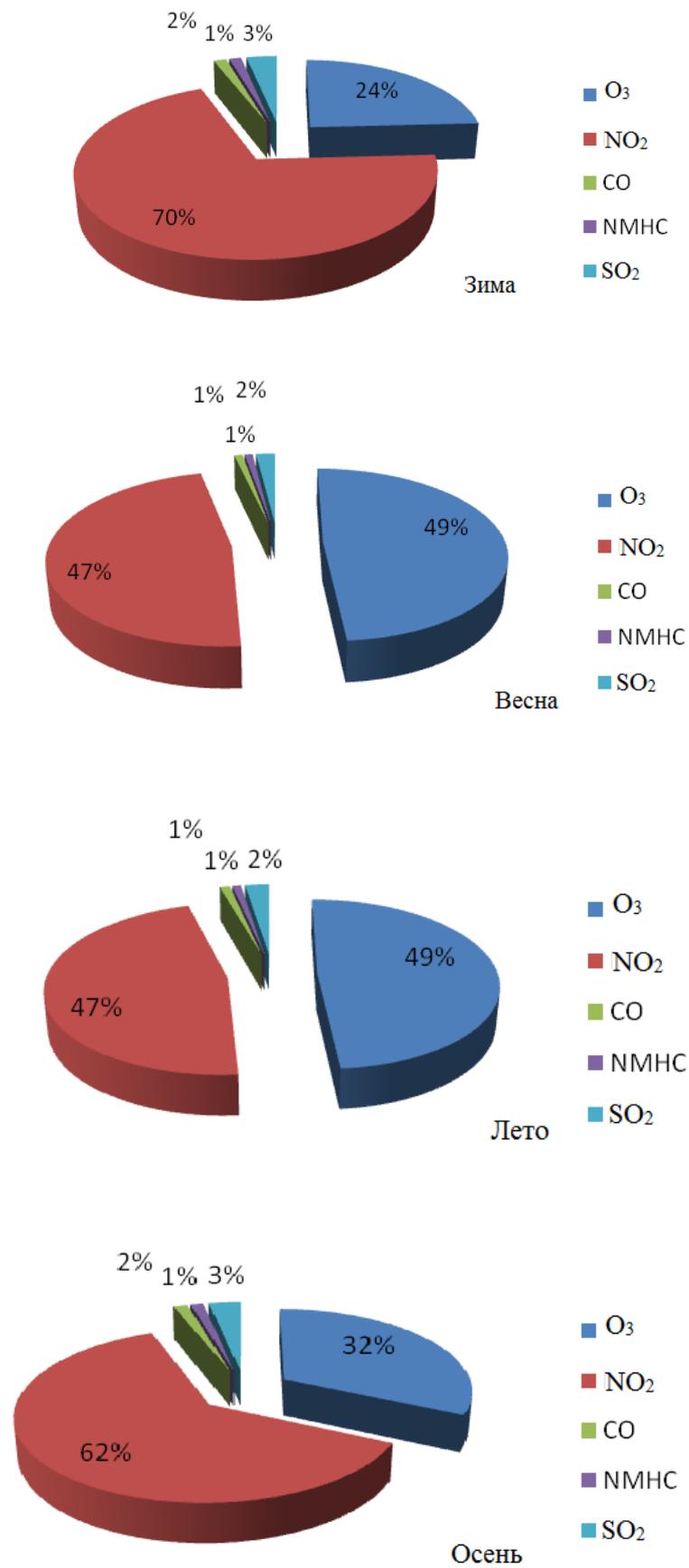


Рисунок 17.8 - Вклад отдельных примесей в общее загрязнение атмосферного воздуха Москвы в разные времена года

Анализ качества воздуха за весь период наблюдений на станции позволяет сделать вывод, что уровень загрязнения воздуха в Москве в целом умеренный. Из компонентов газового состава наибольшее влияния на уровень загрязнения оказывают озон и диоксид азота, чьи среднесуточные концентрации зачастую превышают ПДК. Наименьший уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Москве характерен для осеннего и зимнего сезона. Наибольший же уровень загрязнения характерен для летнего и весеннего сезона и обусловлен сезонными максимумами озона.

Литература.

Беликов И.Б. Газовые примеси атмосферы над территорией России по наблюдениям автоматизированным комплексом аппаратуры // Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. ИФА им. А.М. Обухова РАН. 2004.

ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

ГН 2.1.6.1983-05. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнения и изменения N 2 к ГН 2.1.6.1338-03.

ГН 2.1.6.2604-10 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнение N 8 к ГН 2.1.6.1338-03.

Еланский Н.Ф., М.А. Локощенко, И.Б. Беликов, А.И. Скороход, Р.А. Шумский. Изменчивость газовых примесей в приземном слое атмосферы Москвы // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, т.43, № 2, 2007. С. 246-259.

Н.Ф. Еланский, чл.-корр. И.И. Мохов, И.Б. Беликов, Е.В. Березина, А.С. Елохов, В.А. Иванов, Н.В. Панкратова, О.В. Постыляков, А.Н. Сафронов, А.И. Скороход, Р.А.Шумский. Газовые примеси в атмосфере над Москвой летом 2010г. Известия РАН. Физика атмосферы и океана, т.47, № 6, 2011, с. 729-738.

Еланский Н.Ф., Локощенко М.А., Трифанова А.В., Беликов И.Б., Скороход А.И. О содержании малых газовых примесей в приземном слое атмосферы над Москвой. Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2015, том 51, № 1, с. 39–51

РД 52.04.667-2005. Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию.

Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2010 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ // И.Б. Беликов, Е.В. Горбаренко, И.Д. Еремина, П.И. Константинов, М.А Локощенко, Е.И. Незваль, Н.Е. Чубарова, О.А. Шиловцева, Р.А. Шумский. Под ред. Н.Е. Чубаровой. Электронное издание. ISBN:978-5-317-03592-1. Москва, МАКС Пресс, 2011.

Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2011 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ // И.Б. Беликов, Е.В. Горбаренко, А.С. Елохов, И.Д. Еремина, В.А. Иванов, П.И. Константинов, М.А Локощенко, Е.И. Незваль, О.В. Постыляков, Н.Е. Чубарова, О.А. Шиловцева, Р.А. Шумский. Под ред. Н.Е. Чубаровой. Электронное издание. ISBN:978-5-317-04010-9. Москва, МАКС Пресс, 2012.

Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2012 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ // И.Б. Беликов, Е.В. Горбаренко, И.Д. Еремина, Е.Ю. Жданова, П.И. Константинов, И.А. Корнева, М.А Локощенко, Е.И. Незваль, А.И. Скороход, Н.Е. Чубарова, О.А. Шиловцева, Р.А. Шумский, К.И. Ахиярова, А.А. Ремизов. Под ред. Н.Е. Чубаровой. Электронное издание. ISBN:978-5-317-04478-7. Москва, МАКС Пресс, 2013.

Эколого-климатические характеристики атмосферы в 2013 г. по данным метеорологической обсерватории МГУ// Беликов И.Б., Е.В. Горбаренко, И.Д. Еремина, Е.Ю. Жданова, П.И. Константинов, И.А. Корнева, М.А Локощенко, Е.И. Незваль, А.И. Скороход, С.А. Сократов, Н.Е. Чубарова, О.А. Шиловцева, А.А.Полюхов, И.Д. Горлова, Ю.Г. Селиверстов, П.Б. Гребенников. Под ред. Н.Е.Чубаровой. Электронное издание. ISBN: 978-5-317-04763-4. Москва, МАКС Пресс, 2014.

Skorokhod A., N. Elansky, N. Pankratova, O. Lavrova. Urban pollution in Russia and its assessment. 8th International Conference on Air Quality - Science and Application. 19- 23 March 2012, Athens, Greece. Short papers, 2012, AQC2012-SkorA00579, pp. 729-732.

Skorokhod A., Ginzburg A. New Approach for Calculation of Megacity Air Quality Indexes in Russia NewsLetters of the FP7 EC MEGAPOLI Project. Issue 12, September 2011. P. 7.

Безуглая Э.Ю. и др. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2010 год: Ежегодник / Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова. С-Пб -2011.- 215 с.

Руководство по контролю загрязнения атмосферы (под ред. Э.Ю. Безуглой). РД

52.04.186-89. Москва: Гидрометеиздат, 1991.

B.R. Gurjar, T.M. Butler, M.G. Lawrence, J. Lelieveld. Evaluation of emissions and air quality in megacities. *Atmospheric Environment* 42 (2008) 1593–1606

Comparing Urban Air Quality Across Borders. A review of existing air quality indices and the proposal of a common alternative. Environmental Protection Agency Rijnmond, Schiedam, The Netherlands, 2007, 33 p., <http://www.airqualitynow.eu>.

Environmental Protection Agency (EPA). Air Quality Index Reporting; Final Rule. 40 CFR Part 58 [FRL-6409-7], RIN 2060-AH92. Federal Register/vol. 64, No. 149, 1999, Rules and Regulations, Environmental Protection Agency (EPA), USA, www.epa.gov/ttn/caaa/t1/fr_notices/airqual.pdf.

World Health Organization. Air Quality Guidelines for Europe, second ed. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe. WHO Regional Publications, European Series No. 91, 2000.



Часть IV

История метеорологических наблюдений в Московском Университете



История метеорологических наблюдений в Московском университете

О.А.Шиловцева

Метеорологические наблюдения в Московском университете в XIX - первой половине XX вв.

Научные исследования и преподавание в области геофизики в Московском университете начали развиваться в XIX в. Интересы большинства первых профессоров-физиков университета находились, как правило, в сфере изучения атмосферы, климата и земного магнетизма (Трухин, Петрунин, 2003). Еще в начале XIX в. и в России и за рубежом не было специальных учебных дисциплин, посвященных физике атмосферы и метеорологии, они лишь входили в университетские курсы физики. В 1810 году появился первый отечественный очерк по метеорологии в учебнике профессора Московского университета П.И.Страхова (1757-1813) «Краткое начертание физики». Спустя 31 год выходит в свет первый учебник по метеорологии на русском языке, принадлежащий перу профессора физики Дерптского университета Л.Ф. Кемца (1801-1867).

В течение всего XIX века в университетах развивается практическая база для обучения студентов-метеорологов - образуются метеорологические обсерватории. И первым оказался Московский университет, при котором П.И.Страхов начал вести регулярные метеорологические наблюдения уже в 1808 г. на крыше нового, построенного архитектором М.Казаковым, здания на Моховой. Они были прерваны в августе 1812 года при приближении войск Наполеона к Москве и возобновились в 1816-1817 гг., но неизвестно где.

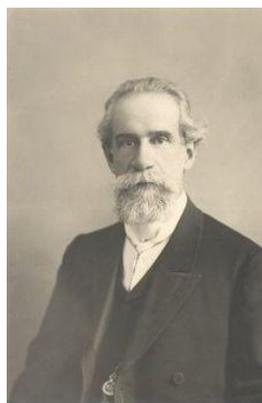
С мая 1820 г. регулярные метеорологические наблюдения в Московском университете возобновились по инициативе профессоров И.А. Двигубского (1771-1839) и М.Ф. Спасского (1809-1859). В 1830-1831 г. на территории дачи, расположенной "у Пресненской части на Трех горах" и подаренной в 1827 г. Московскому университету его почетным членом, купцом-меценатом З.П.Зосимой, была построена обсерватория для проведения астрономических и метеорологических наблюдений (рис. IV.1). Она возводилась под неусыпным надзором её первого директора в 1831-1851 гг. Д.М.Перевощикова (1788-1880), профессора астрономии физико-математического отделения университета. Он развивал астрономическое и геофизическое направления.



И.А.Двигубский



Д.М.Перевощиков



Б.И.Средневский



Э.Г.Лейст

Научные интересы М.Ф. Спасского, назначенного адъюнктом на кафедру физики и физической географии в 1839 г., сосредотачиваются исключительно в области метеорологии. Он лично возобновляет и в течение многих лет проводит метеорологические наблюдения. Длительный ряд наблюдений на одной станции, проанализированный по специально разработанной методике, дал ему возможность заложить основы отечественной климатологии, изложенные в докторской диссертации 1848 г. «О климате Москвы» (Трухин, Петрунин, 2003). К сожалению, метеорологические наблюдения были прерваны в 1853 г.

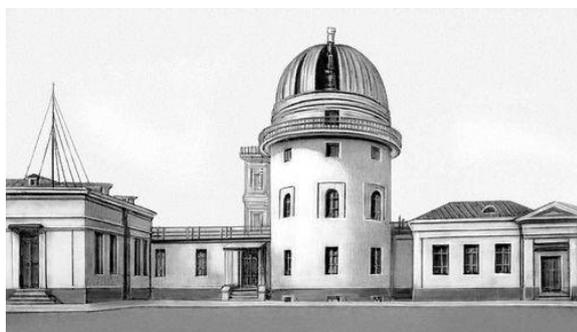


Рисунок IV.1– Здание астрономической обсерватории Московского университета на Пресне. Слева - проект 1831 г. (<http://bse.sci-lib.com/particle018986.html>); справа - фото 2015 г.

После перерыва в 40 лет их возобновили под руководством Б.И. Срезневского (1857-1934) и Э.Е.Лейста (1852-1918) (Климат Москвы, 1969). Именно Эрнст Егорович Лейст сыграл огромную роль в организации и развитии геофизических и метеорологических наблюдений в обсерватории университета. Он наладил регулярные наблюдения, под его ру-

ководством Метеорологическая обсерватория (теперь она называлась Физико-Географическим институтом) стала выдающимся для того времени не только научным, но и учебным геофизическим учреждением. Наблюдения давали необходимый материал для преподавания дисциплин по "физико-географической" специальности, введенной на физико-математическом факультете в 1906 г. тоже стараниями Э.Е. Лейста (1906). В дальнейшем на базе обсерватории ему удалось организовать самостоятельную кафедру "физической географии и метеорологии" (1910-1911) и тем самым заложить основы школы московских геофизиков (Трухин, Петрунин, 2003).

Первая мировая война, а затем восстановление хозяйства после разрухи гражданской войны высветили необходимость в специализированных метеорологических кадрах. Уже в 1921 г. Совнарком РСФСР издает декрет об организации метеорологической службы. Но реальные шаги в этом направлении относятся только к 1929 г., когда были образованы



А.Ф.Вангенгейм (1881-1937)
(<http://docslide.ru/education/-5584cff2d8b42ae0138b5007.html>)

Гидрометеорологический комитет при Совете народных комиссаров СССР (первый председатель А.Ф.Вангенгейм в 1929-1934 гг.) и Единая гидрометеорологическая служба СССР. В 1930 г. был основан Московский гидрометеорологический институт, базой для которого послужил, в частности, как раз Физико - географический институт Московского университета. Его метеорологическая обсерватория продолжала свою работу в составе нового учреждения до осени 1941 г. Впоследствии метеорологические

наблюдения там уже больше не проводились, ныне это Краснопресненская обсерватория ГАИШ (см. рис. 18.1).

27 октября 1944 г. приказом № 531 Всесоюзного комитета по делам высшей школы при СНК СССР образована кафедра метеорологии и климатологии на географическом факультете МГУ. Её первым заведующим стал крупнейший советский климатолог профессор Борис Павлович Алисов. В 1911 г. он стал студентом физико-математического факультета Московского университета, в 1915 году ушёл на фронт и участвовал в Первой мировой войне, а затем, с 1917 по 1921 годы, во время



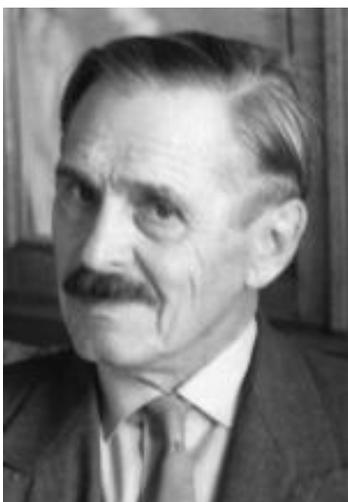
Б.П.Алисов (1891-1972)
(фото из архива МО МГУ)

гражданской войны, служил поваром в Красной Армии. В 1921 году он вернулся к научной деятельности, занялся метеорологией, начал с изучения климатических условий курортов Северного Кавказа. Борис Павлович вложил много труда в восстановление и организацию метеорологической сети, организовав в Кисловодске и Пятигорске актинометрические станции, в Геленджике – специализированную медицинско-метеорологическую. В 1931 году Б.П.Алисов переехал в Москву и до 1941 года работал в Государственном геофизическом институте. В 1933 году начал преподавать в Московском гидрометеорологическом институте (МГМИ), где разработал курс

климатологии. В 1936 году ему присвоили ученую степень кандидата географических наук, и в 1938 году Бориса Павловича назначили заведующим кафедрой климатологии МГМИ. В июне 1941 года он защитил докторскую диссертацию на географическом факультете МГУ, и в ноябре он перешёл туда на должность профессора кафедры общей физической географии. Через три года Б.П.Алисов возглавляет созданную по его инициативе кафедру метеорологии и климатологии, оставаясь её заведующим до 1958 г.

В старом здании МГУ на Моховой кафедра метеорологии делила комнату с созданной одновременно кафедрой геоморфологии, места было мало, и о проведении регулярных метеорологических наблюдений не могло быть и речи. Но при формировании новой территории МГУ на Ленинских горах на территории Ботанического сада построили метеорологическую обсерваторию (МО МГУ), которая и поныне работает как подразделение кафедры метеорологии и климатологии. Регулярные аблюдения в МО МГУ по программе Гидрометеослужбы СССР начались 1 января 1954 г. Своим возникновением обсерватория обязана, наряду с Б.П.Алисовым, своему первому заведующему, кандидату физико-математических наук, старшему научному сотруднику кафедры Анатолию Анатольевичу Лучшеву и крупному специалисту в области актинометрии доценту Михаилу Сергеевичу Аверкиеву.

Анатолий Анатольевич Лучшев в 1909 г. поступил на физико-математический факультет Московского университета, а в 1910-м за участие в организации студенческой забастовки его исключили из числа студентов без права поступления в университеты России. Поэтому в 1911 году он был вынужден продолжить учебу в Женевском



А.А.Лучшев (1891-1962)
(фото из архива МО МГУ)

университете (Швейцария). После восстановления в правах Анатолий Анатольевич вернулся в Россию и в 1918 г. окончил университет.

В области метеорологии он начал работать с 1921 года и был одним из первых синоптиков, долгое время работая в Центральном институте прогнозов в отделе сельскохозяйственной метеорологии. Во время Великой Отечественной войны Анатолий Анатольевич ушел на фронт – День победы он встретил в Потсдаме.

В 1951 году, зная А.А.Лучшева как замечательного метеоролога-организатора, Б. П. Алисов пригласил его принять участие в организации метеорологической обсерватории, а затем и стать её первым заведующим. Совместно с М. С. Аверкиевым Анатолий Анатольевич разработал перспективный план развития наблюдений и научных исследований обсерватории, оснащения её приборами. По его инициативе с 1956 г. издается ежемесячный бюллетень "Наблюдения метеорологической обсерватории МГУ", благодаря которому МО МГУ стала известна не только в нашей стране, но и за рубежом.

Михаил Сергеевич Аверкиев в 1909 году после окончания физико-математического факультета Московского университета был оставлен для подготовки к профессорскому званию на кафедре метеорологии и физической географии. В том же году он зачисляется ассистентом при физико-географическом институте и метеорологической обсерватории МГУ на Красной Пресне. Осенью 1912 года ему приходится прервать свою научную и педагогическую деятельность - его призывают на военную службу. После демобилизации Михаил Сергеевич переезжает в Нижний Новгород, где работает в Управлении водного транспорта, затем заведует метеорологическим бюро Нижегородского земельного управления. В 1918 году он возобновляет педагогическую деятельность: преподает в Нижегородском Государственном университете, Педагогическом и Сельскохозяйственном институтах, политехникуме водного транспорта. В 1931 году его приглашают на работу в Москву в Гидрометеорологический институт (МГМИ), где он читает один из основных



М.С.Аверкиев (1884-1974)
(фото из архива МО МГУ)

курсов института - метеорологию. Во время Великой Отечественной войны Михаил Сергеевич много сил и энергии отдал подготовке специалистов-метеорологов для Красной Армии.

С 1944 года Михаил Сергеевич - доцент кафедры метеорологии и климатологии Географического факультета МГУ, один из организаторов метеорологической обсерватории на Ленинских горах. Здание обсерватории построено по его проекту (рис.18.2), оборудование и наглядные пособия приобретены по заявкам М.С.Аверкиева и А.А.Лучшева. В перспективный план наблюдений и научных исследований обсерватории, кроме основных вопросов метеорологии и актинометрии, они включили наблюдения над естественной освещенностью земной поверхности, ультрафиолетовой радиацией, а также оценку влияния большого города на приход солнечной радиации и на прозрачность атмосферы. Все эти направления получили развитие в дальнейшей работе обсерватории.

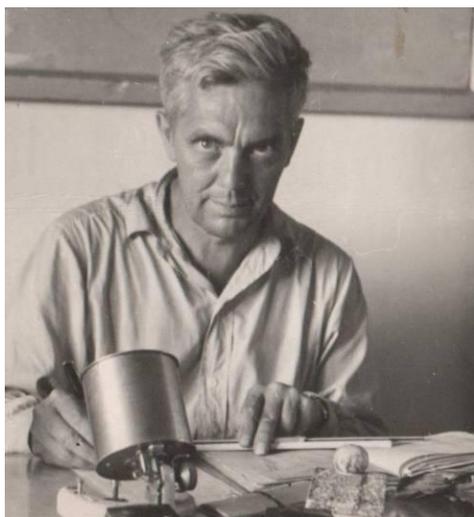
ных исследований обсерватории, кроме основных вопросов метеорологии и актинометрии, они включили наблюдения над естественной освещенностью земной поверхности, ультрафиолетовой радиацией, а также оценку влияния большого города на приход солнечной радиации и на прозрачность атмосферы. Все эти направления получили развитие в дальнейшей работе обсерватории.



Рисунок IV.2 - Метеорологическая обсерватория МГУ в 1954 г. и в 2015 г.
(фото из архива обсерватории)

Метеорологическая обсерватория МГУ во второй половине XX века

Метеорологическая обсерватория Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова начала работать с 1 января 1954 года. Формирование программы наблюдений совпало по времени с активным развитием актинометрической сети СССР, поэтому нет ничего удивительного в том, что одним из ведущих направлений в деятельности обсерватории стала актинометрия, которая развивалась под руководством М. С. Аверкиева. Большую помощь в оснащении приборами, организации и методическом сопровождении актинометрических наблюдений оказывал обсерватории Юрий



Ю.Д.Янишевский (1907-1990) (фото из архива Главной геофизической обсерватории)

Дмитриевич Янишевский, ведущий советский актинометрист и приборист, ученик Н.Н.Калитина. Им были существенно усовершенствованы имеющиеся ранее актинометрические приборы и сконструированы новые, успешно проработавшие многие десятилетия на сети станций СССР и России. Он являлся главным методистом актинометрической сети СССР, куда входила и метеорологическая обсерватория МГУ.

А.А. Лучшев руководил обсерваторией до 27 мая 1962 г. В этот день он скоропостижно скончался. До сих пор каждый год около его портрета, висящего в холле

обсерватории, сотрудники ставят цветы.

В дальнейшем руководителями обсерватории в 1962-1963



Л.В.Клименко (фото из архива МО МГУ)

гг. был Леонид Викторович Клименко (известный советский климатолог,

создатель классификации синоптических процессов, историограф климата Москвы), в 1963-1972 гг. - доктор физико-математических наук Александр Александрович Дмитриев, внедрявший в обработку метеорологических данных статистические методы и автоматизацию.



А.А.Дмитриев (фото из архива МО МГУ)

С 1972 г. по 1984 г. обсерваторию возглавляла Маргарита Павловна Гараджа - выпускница кафедры метеорологии и климатологии 1951 г., одна из первых сотрудниц обсерватории, принимавшая активное участие в организации наблюдений и её техническом оснащении. Вся трудовая жизнь Маргариты Павловны прошла в стенах метеообсерватории МГУ. Именно благодаря её усилиям, энтузиазму и научному предвидению советская/российская радиационная климатология имеет сейчас самый длительный в мире ряд наблюдений за ультрафиолетовой солнечной радиацией в области спектра 300-380 нм.



М.П. Гараджа
(1928-2006)
(фото из личного
архива)

В 1984 –1986 гг. обсерваторией руководила Наталия Петровна Никольская - также выпускница кафедры метеорологии и климатологии, благодаря её инициативе и организаторским способностям в обсерватории в 1980 г. появилась химическая лаборатория и начались регулярные измерения химического состава каждого дождя или снега.



Н.П.Никольская
(фото О.А.Шиловцевой, 2004)

В 1986–1989 гг. обсерваторией заведовал доктор биологических наук Игорь Александрович Шульгин.

С 1989 г. по 4 июня 2007 гг., в бурные и неустойчивые годы перестройки политического и хозяйственного устройства государства, обсерваторией успешно руководил профессор кафедры метеорологии и климатологии, доктор географических наук



А.А.Исаев (1939-2007) (фото О.А. Шиловцевой, 2004)

Анатолий Алексеевич Исаев, которого и по сей день сотрудники вспоминают с теплотой и любовью. Будучи крупным ученым, специализирующемся по климатологии осадков, применению статистических методов в метеорологии, долгосрочному прогнозу погоды, Анатолий Алексеевич положил много сил и здоровья на улучшение быта, условий работы и оплаты труда наблюдателей, которые создают фундамент и для научных исследований, и для оперативного прогноза погоды. Под его руководством был издан двухтомный "Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы" - большой труд, в котором обобщены результаты наблюдений метеообсерватории за весь период её работы в XX веке.

Анатолий Алексеевич очень любил сочинять стихи. На веб-странице кафедры (http://meteo-geofak.narod.ru/nartvor/ISAN_2004.htm) помещен его "Метео кафедральный «путеводитель» на 2000-2005 гг.", под псевдонимом А.Исан.

О себе он написал так.

Признания "пионера" (пенсионного)

О, Друзья мои, коллеги! Должен я признаться вам: Жизнь я вел не в томной неге, Все тянул, тянул телегу, Дотянул вот к сим годам.	Вроде б все недавно было: Не был белый, как сугроб, Те ж желанья, те же силы, Но теперь вот больше мыла Просит мой исайский лоб.	Но зато я дед и папа. Тем и жив мой талисман. Мне не нужно модной шляпы, Подойдет для ног и лапоты И хватает мне ста грамм...
--	--	---

Ниже приведено А.Исана стихотворение о коллегах-метеорологах:

Сердечный! Выгляни в окошко: Там корчат рожи облака, Крадется солнышко, как кошка, И ветер треплет за бока.	Она одна навечно в моде, Но, вместе с ней, сегодня речь О тех, кто с нею "шашни водит", Прогноз ее готов "испечь".	Что, мол, сидят они на крыше И палец держат по ветру, Чтоб приметил их Всевышний И дал погоду по нутру.
Так пропишу я о погоде, Но в ней всех пакостей не счастье, Не зря у умного в природе Ей поклонение и честь.	Кто "пяткой чувствует" циклоны, Чьи "мысли бьются" в облаках, О ком базарные мадонны Судачат, как о дураках.	Коллега мой! Не внемли "прессе" Мы ж знаем - место нам в Раю, Достоин ты, конечно, песни Я эту песню пропою!

После внезапной кончины А.А.Исаева метеообсерваторией в течение семи лет руководила Елена Иосифовна Незваль, тоже выпускница кафедры метеорологии и климатологии географического факультета МГУ, кандидат географических наук, специалист по радиационной климатологии, соратник М.П. Гараджи по изучению ультрафиолетовой радиации. Все научные работы Елены Иосифовны отличаются высочайшим качеством, и среди коллег она пользуется глубоким уважением как скрупулёзный (школа В.А. Белинского)

редактор. Вся её жизнь связана с кафедрой и обсерваторией, куда она пришла работать в 1958 г., и трудится по сей день (июль 2015 г.).



Е.И. Незваль (фото Ф.А.Романенко, 2014)

Её работы пользуются широкой известностью среди актинометристов бывшего СССР, со многими из которых она до сих пор поддерживает хорошие отношения. Широта интересов Елены Иосифовны, кроме актинометрии и метеорологии, велика – музыка, живопись, путешествия, архитектура, литература.



О.А.Шиловцева (фото Ф.А.Романенко)

С июня 2014 г. обсерваторией руководит выпускница кафедры метеорологии и климатологии географического факультета МГУ 1980 г., кандидат географических наук Ольга Александровна Шиловцева, специалист по спектральной актинометрии и радиационной климатологии.

А.А.Исаев посвятил ей следующее стихотворение:

И освещенность ей под силу
И Фар и Бикр покорены
И изолинии покрыли
Всю территорию страны.

Она у Зава ходит в Замах,
В ИФА ее без стука ждут,
Ее портреты в красных рамах
Их для рекламы берегут.

Ее лицо румяно-бело
На нем не сыщется место зло
Еще "бикрит и фарит" тело
И хохотанье не ушло.

А это, значит, жить ей долго
И радиацию тропить
Так дай же Бог дорогу Ольге
И долго, долго "Фарной" быть!

В организации и проведении первых наблюдений метеорологической обсерватории МГУ принимали активное участие Любовь Петровна Преферансова (с 1951 г.), Анна Сергеевна Хромова, Клавдия Петровна Крылова (с 1953 г.), Анна Ильинична Творожкова



1960-е годы. Наблюдатели (слева направо): А.И.Творожкова (1927-2003), С. Шпирнова (стоит), Л.П. Упорова и Е.К. Шумаковский (1936-1976) (фото из архива МО МГУ)

(проработавшая с 1954 г. до пенсии в 1982 г.) и многие многие другие. Евгений Кузьмич Шумаковский (с 1957 г. до скоропостижной смерти в 1976 г.) возглавлял группу актинометрических наблюдений. Это был высококвалифицированный специалист и интеллигентный человек, старожилы обсерватории до сих пор вспоминают его с любовью и уважением. Бесспорно за-

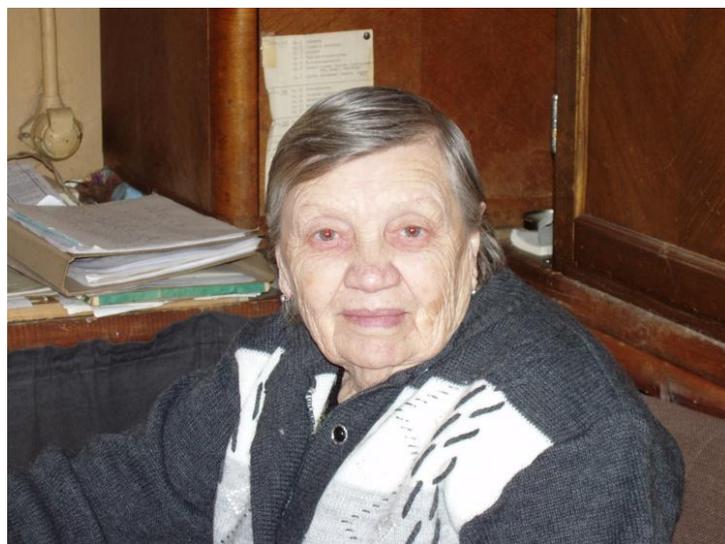
ведовал хозяйством обсерватории инженер Петр Васильевич Чуковенко (с 1953 г. до выхода на пенсию в середине 1970-х годов), очень много сделавший для оснащения её приборами, для создания условий для её бесперебойной работы, для комфортной работы её сотрудников.

За прошедшие 60 лет в обсерватории работало много наблюдателей (к сожалению, не все фамилии с инициалами): Акаёмова, М.П.Алёшина, Т.А. Антипина, О.В.Архангельская, И.И.Бабальянц, Т. Балабан, Е.М. Белова, У. Белоцкая, Н.Н. Биланин, Р.А.Бирюкова, Н.Р.Боброва, Бугрова, М.К. Булан, Н.Ф. Васильева, Васина, Вовченко, И.В.Вознесенская, Гребенщикова, Голдобин, Горностаева, Грибёнкина, Грибова, А.С. Гулатава, Н.П.Данилевская, М. Дворянчикова, О. Дворянчикова, В.Н.Дорохов, Дробышева, Дьякова, Евстигнеева, Едапина, Елисеев, Е.П. Ефремова, Т.Жаворонкова, О.И.Заигралина,

И.В.Зеленева, Е.Н. Зеленкова, Т. Земскова, О.Г. Иванченко, Иваничева, Иванова, О.М. Изакова, Износкова, С.В. Казакова, Качальняк, Б. Киселёв, И. Клевакина, Князева, Колесникова, Короткова, З.Н. Кривцова, Л. Кручёнова, Крылова, В.Г. Крюченко, М.И.Кукушкина, Л.Н. Кучерук, Т.И.Линёва, Лисовенко, Локтионова, Лунякова, О.О. Макеева, Мелешко, Е. Меньщикова, Мотриченко, Ю.Н. Музжухин, Н.В. Мясникова, Н.Назарова, Негримовская, Нестерова, В.А.Нефедов, Е.В. Перервина, Погосян, П.Г. Полякова, Е.А.Пузанова, Ромашкан, Русова, Т.В.Платова, З.И.Попова, Л.Н. Посадскова, К.Р. Пульсон, Р.С. Савченко, Самшкина М.В., Седова, Сидоренко, Синицын, Соловьёва, Сорокина, Б.Н.Старостин, Н. Творемирова, Телешев, А.Ф. Теплова, Удова, Л.П. Упорова, М.Н.Чанышева, Чекалина, Т.А. Шатрукова, Шатун, А. Шерешева, С. Шпирнова, Н. Шумилина, Щигорева, Эльманович, . Кто-то работал несколько месяцев, кто-то - десятилетия. Именно благодаря их труду и был создан тот фундамент, на котором строится научная работа, за что приносим им свою искреннюю благодарность.

Многие сотрудники обсерватории, приходя в неё работать, проводили в её стенах всю свою трудовую жизнь. Так, Анна Фёдоровна Муровцева пришла в МО МГУ в марте 1960 года, и прошла путь от наблюдателя до руководителя группы метеорологических наблюдений и заместителя заведующего по административно-хозяйственным вопросам. Окончив ремесленное училище связи в г. Душанбе, она приступила

к работе на высокогорной метеостанции Шахристанский перевал в должности радиста в военный 1944 год, а затем в феврале 1945 г. перешла на должность гидрометеонаблюдателя и до 1959 года проработала на метеорологических станциях Таджикской ССР (Мадрушкент, Сангистан, Файдабад, Комсомолабад, Гарм, Кировабад, Ховалинг). В 1963 году, уже работая в обсерватории, она закончила Московский гидрометеорологический техникум.



А.Ф. Муровцева (1927-2013)
(фото О.А.Шиловцевой, 2004)

Без преувеличения можно сказать, что Анна Федоровна отдала всю свою жизнь на благо обсерватории. Её отличали высокая квалификация, недюжинная энергия,

ответственное отношение к своим обязанностям, несомненные педагогические способности. Она пользовалась заслуженным уважением и любовью всего коллектива обсерватории. Даже выйдя на пенсию в 2000 г., Анна Федоровна продолжала регулярно приходить в обсерваторию и всячески помогала и наблюдателям, и старшим групп наблюдений, и заменившей её на посту материальной ответственной Людмиле Юрьевне Морозовой, и заведующему обсерваторией.

Вот строчки А.Исана, посвященные ей:

Она - особый элемент:
Метода, память, инструмент
И исторический момент -
Ходячий, в общем, монумент!

И не дай бог произойдет,
Что монумент сей упадет!
Спасательный утонет круг
И станет тихо все вокруг.



В.М.Товстолес (1930-2010)
(фото О.А.Шиловцевой, 2004)

Очень теплые воспоминания хранят сотрудники о Валентине Михайловне Товстолес, выпускнице Московского гидрометеорологического техникума, пришедшей в обсерваторию в 1961 г. наблюдателем в метеорологическом отделе и ставшей в дальнейшем руководителем группы актинометрических наблюдений. Исключительно ответственная, любящая своё дело, очень уважительная в обращении с коллегами и прекрасный педагог

Валентина Михайловна также проработала в МОМГУ до ухода на пенсию в 1998 г. Она очень любила поэзию и часто читала нам по памяти стихи Пушкина и Лермонтова, Евтушенко и Вознесенского... На одной из фотографий, подаренных Валентине Михайловне молодой наблюдательницей актинометрического отдела Таней, написано так: "У каждого человека в жизни есть свой идеал, к которому он стремится. Моим идеалом доброты стали Вы, Валентина Михайловна, и я буду стремиться стать похожей на Вас" (1979).

Людмила Ивановна Летова пришла в обсерваторию в 1971 г., отработав после окончания Московского гидрометеорологического техникума три года аэрологом на



Л.И. Летова (1946-2014 гг.)
(фото из архива МОМГУ)

пустынной станции Гасан-Кули (Туркмения). Как и многие сотрудники обсерватории, она прошла путь от рядового техника-наблюдателя до инженера-актинометриста, сменив В.М.Товстолес на посту старшей группы. Профессионализм, великолепное владение материалом, внимательность и ответственное отношение к делу—все эти качества позволили Людмиле Ивановне стать высококвалифицированным специалистом в столь специфической области метеорологических наблюдений, как радиационные. Людмила Ивановна пользовалась всеобщим уважением и любовью не только коллектива

обсерватории, но и коллег с географического факультета. До сих пор мы скорбим о её безвременной кончине в январе 2014 года.

А.Исан написал о Людмиле Ивановне следующее стихотворение:

Покоен Балбес и Ученый	Мы знаем не будет вопросов,	В неточность, баланс расчерченный,
Людмила на вахте стоит	Коль надо для знания Светил,	Не сдвинет проказистый бес,
Ее карандаш заточенный,	Она, как забытый Матросов	И будет спокоен ученый,
Как стражник, над цифирью бдит.	Закроет и фронт наш, и тыл.	И счастливо-лаен Балбес*!

* - Балбес - пес, родившийся в обсерватории и охранявший её в 2000-х годах

Очень необычным и чрезвычайно талантливым человеком был наш бессменный мастер по точным приборам Анатолий Васильевич Высоцкий. Он был призван в армию 1953 г. Служил в Усть-Камчатске, после окончания срока службы остался в армии на сверхсрочной службе до 1961 г. В армии он приобрел специальность радиста, стал начальником мастерской, обеспечивающей работу оборудования ПВО, охраняющей воздушное пространство Камчатской области. В 1957 г. заочно закончил Кемеровское военное училище по специальности техник-радист.

Приехав в Москву в 1962 г., Анатолий Васильевич поступил на работу в обсерваторию МГУ и проработал в ней до конца 2007 г., когда по состоянию здоровья был вынужден уйти на пенсию. Именно благодаря его незаурядным таланту и уму, золотым рукам и смекалке обсерватория обладает



А.В.Высоцкий (1935-2013)
(фото из архива МОМГУ)

самыми продолжительными рядами наблюдений за ультрафиолетовой радиацией (300-380 нм) и естественной освещенностью. Многие придуманные им усовершенствования в производстве актинометрических измерений облегчали труд наблюдателей и улучшали сами наблюдения. Мы помним его человеком с искрометным и несколько саркастичным юмором, доброжелательным и безотказным во всем, что касалось обсерватории - от создания высокоточного спектрометра до починки водопроводного крана.

А.Исан так его охарактеризовал в своём "Путеводителе":

Он не простой у нас товарищ:
Его компотом не затаришь,
Метеокрепок его ген -
Он золотой абориген.

Коль есть настрой и не ленится
Любую схватит спектр-частицу
Бывало даже сам Френель
В его совался колыбель,

Сев в "персональную машину"
Косил траву по пуповину,
Потом лечил одряхший кабель
Потом дивился прыти бабьей.

И в свое время его руки
Тропу проторили науке,
И то, что есть у нас УэФ,
Его раскопки и посев.

Но, заплутав на чердаке,
Вновь кольцевался вдалеке.
А наш Васильич, взяв лопату,
Боролся с сором-супостатом.

Что закрутили провода
Совсем не так и не туда.
Грозил оставить Обсерв-дом,
Но все оставил на потом.

.....
.....
Пошел по тропочке страдной
Весело-шаткий, но родной!

Исправное техническое состояние обсерватории (приборы, метеорологическая площадка, крыша обсерватории, анемометрическая вышка и проч.) в 1960-1980-е годы поддерживали инженеры Вячеслав Георгиевич Котельников, Юрий Анатольевич Шудибиль, Владимир Алексеевич Лучков, в 2000-х - Анатолий Павлович Мальковский.

Большую нагрузку по обработке данных, подготовке ежемесячного бюллетеня наблюдений МО МГУ, подготовке материала для написания статей, отбору проб осадков и пр. оказывали инженеры В. С. Сычук, А.Н. Хиловская, Н.В.Черняк, О.И.Дмитриева (Платошина), С.С.Симонян, М.В.Монахова и др.

С 1985 г. до начала 1990-х гг. в обсерватории работал Александр Гурамович Каландаришвили, выпускник кафедры метеорологии и климатологии 1987 г. Став впоследствии успешным предпринимателем, А.Г. Каландаришвили продолжает участвовать в жизни обсерватории и близко к сердцу принимает её интересы. В 2012 г. он оказал МО МГУ финансовую помощь при публикации обобщающей монографии, посвященной ресурсам солнечной радиации в Московском регионе, за что авторы выражают ему огромную благодарность.

Очень много сделал для обработки актинометрических наблюдений ветеран Великой Отечественной войны Андрей Александрович Гейер. Пройдя практически всю войну танкистом, он в 1959 г. поступает на географический факультет МГУ, а с 1964 г. работает на кафедре экономической географии СССР. С 1972 по 1988 гг. Андрей Александрович успешно руководит отделом внедрения научно-исследовательской работы факультета. Мудрый и опытный руководитель, многих из нас Андрей Александрович научил выполнять экономическое сопровождение научно-исследовательских работ. В 1988 г., оставив руководящий пост, Андрей Александрович приходит в обсерваторию на должность инженера актинометрического отдела и до ухода на пенсию в 2008 г. выполнял статистическую обработку метеорологической информации.

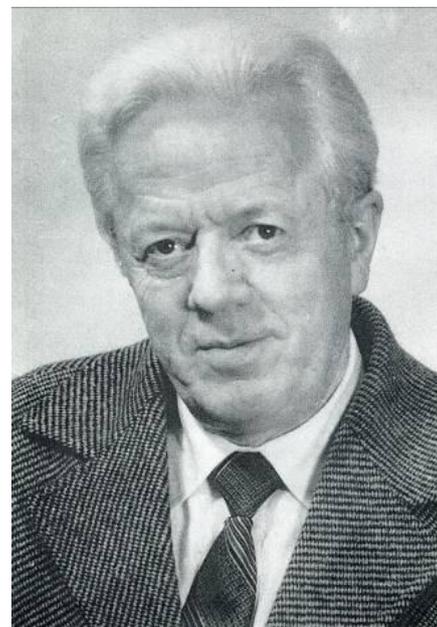
А.Исан посвятил А.А.Гейеру следующие строки:

Ну что поведать про солдата:
В душе всегда артиллерист,
Не любит запаха санбата,
На боль и стоны не речист.

В свой год красоты не меньше,
Он держит стойку как солдат.
Но все ж попался в лапы женщин
Под Абакумовский снаряд.

И вот теперь с утра до ночи
Он радиацию "жует",
В нее влюбился очень, очень
И дня без ней не проживет.

И мы влюбленности той рады
Дай Бог, коль есть, что на обед,
Ну, а про женщин и снаряды?,
Так это выдумал поэт!...



А.А. Гейер (1924-2008)
(фото из личного архива)

Помимо производства наблюдений и их обработки, коллектив обсерватории занимался методическими и научными исследованиями, климатическим обобщением полученных результатов. На кафедре метеорологии и климатологии материалы обсерватории широко использовали в своей научной и педагогической деятельности



В.А.Белинский (1905-1988)
(фото из архива МОМГУ)

профессор Василий Алексеевич Белинский, один из основателей и первый директор Московского гидрометинститута, и доцент, ветеран Великой Отечественной войны Борис Васильевич Полтараус. Под их руководством на основе наблюдений МО МГУ написано и защищено много дипломных и курсовых работ.



Б.В.Полтараус (1918-1988)
(фото из архива МОМГУ)

Кандидат географических наук Татьяна Владимировна Евневич начала свою трудовую деятельность лаборантом на кафедре метеорологии и климатологии в 1949 г., училась на вечернем отделении географического факультета, а в 1962 г. пришла в обсерваторию.



Т.В. Евневич
(фото из архива МОМГУ)

При её неусыпном контроле и руководстве А.В. Высоцкий сконструировал регистратор естественной освещенности, который позволил начать наблюдения с 1964 года. Много внимания она уделяла разработке метода расчета прозрачности атмосферы по актинометрическим данным, а методикой оценки общего влагосодержания атмосферы в обсерватории пользуются по сей день. В 1996 г. Татьяна Владимировна ушла на пенсию, заведя актинометрическим отделом обсерватории. На факультете и в обсерватории её вспоминают до сих пор как исключительную красавицу, доброжелательного и интеллигентного человека.

Галина Михайловна Абакумова пришла в обсерваторию наблюдателем-актинометристом в 1962 году, еще не закончив обучения на кафедре метеорологии географического факультета МГУ. Вся творческая жизнь Галины Михайловны связана с МО



Г.М.Абакумова (фото О.А.Шиловцевой,
(фото О.А.Шиловцевой)

МГУ. Её основная профессиональная деятельность была ориентирована на проведение, осмысление и обобщение наблюдений по солнечной радиации, разработку эмпирических методов её оценки. Она внесла большой вклад в разработку методов расчета прозрачности атмосферы, оптической плотности облаков верхнего яруса и проч. Формально Галина Михайловна ушла на пенсию в 2008 году с должности заве-

дующей актинометрическим отделом, фактически продолжала работать до 2012 года, завершая многолетний труд - Справочник "Радиационные параметры безоблачной атмосферы" и монографию "Климатические ресурсы солнечной радиации", и оставаясь для нас образцом во всем, касается ли это деловых или личных отношений. Галина Михайловна всегда отличалась молодым задором, творческим подходом к изучению того или иного явления, оставаясь при этом в высшей степени аккуратным, пунктуальным и чрезвычайно добросовестным сотрудником. Все всегда знали, если что-то сделано Галиной Михайловной, - ошибок нет и быть не может.

В "Путеводителе "А. Исан так писал о ней:

С небес обсерваторию светило знай палит,
Галина Абакумова прибором шевелит.
Сбирает радиацию (то правда, не слушок)
Сачком актинометрическим в альбедовый мешок.
От квантов интегральных давно распух сундук,

Ой, надо бы спектральных, да не хватает рук.
Вдруг зайчик от светила отметился в квадрат,
Галина с новой силой ведет актино-рать:
"Ногой ловите кванты, коль не хватает рук!"
Такие вот таланты среди метео наук!

Очень интересные работы по изучению загрязнения воздуха и колебаниям его влаго-содержания начала выпускница кафедры 1968 года Ольга Николаевна Липовецкая, проработавшая в МО МГУ до начала 1990-х гг. Её разработки по медицинской метеорологии продолжила Ольга Николаевна Тараканова, очень много сделавшая для обсерватории, осо-

бенно в плане её оснащения входившими еще только в арсенал отечественного научного сотрудника персональными компьютерами. Нынешние научные сотрудники обсерватории не забудут её первый компьютер IBM286, подаренный ей в США, который Ольга Николаевна привезла для нашего общего пользования в 1990 г.

Современные будни метеорологической обсерватории МГУ

В настоящее время (2015 г.) коллектив метеорологической обсерватории МГУ несколько уменьшился по сравнению, например, с 1980-ми годами и, конечно, стал более солидным. Всего в обсерватории трудится 22 человека. Средний возраст научных сотрудников - 55 лет, а инженерно-технического персонала - 62 года. Средний возраст наблюдателей в метеорологическом отделе составляет 58 лет, а в актинометрическом - 57 лет. Здание обсерватории сильно обветшало и давно требует капитального ремонта. Зарботная плата техника составляет около 7400 рублей, инженера - 9300 - 10400 рублей в зависимости от категории, ведущего научного сотрудника - 20600-21400, заведующего обсерваторией - около 24000 рублей. Поэтому нет ничего удивительного, что нет притока молодежи, и можно только удивляться, что обсерватория еще работает и выдает научную продукцию, которая вызывает интерес не только внутри страны, но и за её пределами.

В 2014 году обсерватория отметила 60-летний юбилей – она проработала больше, чем все её предшественницы.

В обсерватории по-прежнему существует отдел наблюдений, который разделен на две группы - метеорологическую и актинометрическую. Метеорологическую группу наблюдателей возглавляет Валентина Васильевна Белопухова, которая пришла в обсерваторию в 1995 г.



В.В.Белопухова (фото О.А.Шиловцевой, 2012)

Стихотворение А.Исана, посвященное В.В.Белопуховой:

Опять над метеоплощадкой
Дождем сифонят облака
На Валентине мочат шапку
И шереборят за бока.

Но Валентина непреклонна
Обсерватории верна
Она ведет себя достойно
Как мать и верная жена.

Других достоинств в ней немало,
Но добрых не обходит рок
Всевышний! Дай ей одеяло -
Когда она идет на срок!

Под её началом трудятся метеорологи - наблюдатели: Ольга Петровна Дурнева (в МО МГУ с 2006 г.), Ольга Владимировна Василёнок (с 2009 г.), Галина Михайловна Воробьева (с 2002 г.), Татьяна Николаевна Гайкинвельдер (с 2002 г.) и один из наших самых опытных сотрудников Александр Андреевич Устинов, который начал работать в обсерватории в 1975 г.



Г.М. Воробьева



О.В. Василёнок



Т.Н. Гайкинвельдер



О.П. Дурнева



А.А. Устинов

Группу наблюдений за атмосферной радиацией или актинометрических наблюдений возглавляет выпускница кафедры метеорологии и климатологии 1982 г. инженер Надежда Алексеевна Бунина, пришедшая работать в обсерваторию в 1986 г. Под её началом трудятся также выпускницы кафедры 1982 г. и 1983 г. инженеры Елена Игоревна Розанова (в обсерватории с 2014 г.) и Елена Гавриилловна Столярова (с 1997 г.), а также выпускница Московского гидрометеорологического техникума Надежда Анатольевна Трускова (с 2005 г.).



Н.А.Бунина



Н.А.Трускова

А.Исан о наблюдателях-
актинометристах:

Актинометрист-наблюдатель
(«Радик»)

Всем известны в спектре волны,
Что несут свето-лучи,
Но порядок тут не полный
Это знают и грачи.

Нам, конечно же, приятен
Облик неба голубой,
Но всегда ль он прав - опрятен,
Коль давлует над тобой.



Е.И.Розанова

Почему же красный властен,
Смерть несет ультра-фиолет,
Синий, желтый не опасен,
И в зеленом нету бед.

Солнце с жаром засветилось
Скоро вылезет в квадрат
Много ватт к Земле пробилось
Нос сгорит! А как же зад?



Е.Г.Столярова

Чтоб понять все эти страсти,
Вставить точки с запятой
Лены, Оли, Нади, Насти
Снопик вяжут золотой.

Хоть длинны актиноградки
В каждом спектре свой урод.
Все у Радиков в порядке
Уж такой они народ!

Наши наблюдатели создают фундамент для дальнейшей работы как для синоптиков (данные оперативно поступают и в Московское метеобюро, и в Гидрометеоцентр России), и для научных сотрудников - метеорологов и климатологов. В отличие от метеорологических станций Госкомгидромета, в штате обсерватории трудятся научные сотрудники, которые не только проводят исследования, главным образом связанные с изучением климата большого города в современных климатических условиях, но и делятся ими со студентами, проводят методические работы, обобщают полученные результаты наблюдений.

Ведущий научный Елена Иосифовна Незваль продолжает курировать наблюдения во всей ультрафиолетовой области солнечного спектра (300-380 нм) и в области УФ-А (320-380 нм).

Её ученица доктор географических наук, профессор Наталья Евгеньевна Чубарова (выпускница кафедры метеорологии и климатологии 1985 г.) продолжает работы по изучению ультрафиолетового потока солнечной радиации, главный упор делая на эритемную радиацию, а также развивая работы по исследованию аэрозольного состава атмосферы. Благодаря её усилиям в 2001 г. МО МГУ вошла в число станций, включенных в международную сеть AERONET, предназначенную для изучения свойств атмосферного аэрозоля. По её инициативе и благодаря колоссальной работе Н.Е.Чубаровой и инженеров актинометрической группы О.М. Изаковой и В.А.Розенталя в 1995 г. в оперативную работу внедрена система автоматизированных актинометрических наблюдений и обработки данных на основе персональных компьютеров (SUN), которая позволила поднять качество получения первичного материала на современный уровень.

Стихотворение А.Исана, посвященное Н.Е.Чубаровой:

Над Натальей, над Натальей
Проплывают облака,
Демонстрируют из дали
Свое тело и бока.

Альтостратус словно страус,
Кумуль-нимбус как горшок.
А вот этот словно кактус,
А вот тот как петушок.

Ох, меняет небо лица
Небосвод то сер, то сед.
Все в модели пригодится
А модель "ПроФиолет".

Как узнать его проходы
Через эту кутерьму.
Он сегодня очень в моде,
Мы должны помочь ему.

Далека еще развязка
Впереди модели-тур
Аплодирует Аляска,
Покоряется Мельбурн.

Вновь орудует Наталья
Посреди родимых стен.
Озаряет из менталья
Ее любящий Шопен!



Н.Е.Чубарова (фото О.А.Шиловцевой, 2014)

Екатерина Валентиновна Горбаренко (выпускница кафедры метеорологии и климатологии 1985 года, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник) продолжает дело наших отцов-основателей и учителей в области общей актинометрии. В частности, ею разработан метод расчета аэрозольной оптической толщины атмосферного аэрозоля по данным сетевого актинометра Савинова-Янишевского, что позволяет оценить степень загрязнения воздуха по данным сетевых актинометрических наблюдений за прямой солнечной радиацией. В настоящее время он широко применяется как российскими, так и зарубежными учеными. Большое внимание Екатерина Валентиновна также уделяет изучению долговременных колебаний характеристик прозрачности атмосферы и атмосферной радиации в свете современного изменения климата.



Е.В.Горбаренко (фото Н.А.Буниной, 2011)

А.Исан очень тепло относился к Е.В.Горбаренко и написал о ней такие строки:

Ну, зачем же эта мрачность,
Ну, зачем же этот взгляд,
Мы то знаем: Вы прозрачность,
Что была сто лет назад.

Мы то знаем Вы березка
Образ русских Катерин.
На кого как маму-Бозку,
Даже молится раввин.

Состав дождя и снега изучает кандидат химических наук, выпускница химического факультета МГУ 1976 года, ведущий научный сотрудник Ирина Дмитриевна Еремина. В 1980 году она организовала химическую лабораторию (при всемерной поддержке Наталии Петровны Никольской) и с тех пор в обсерватории есть банк данных о кислотности и химическом составе всех выпавших осадков. Стараниями Ирины Дмитриевны аналитическое оборудование постоянно поддерживается на современном уровне, что дается нелегко, особенно в последнее время.



И.Д.Ерёмина (фото Н.А.Буниной, 2011)

Кроме научной деятельности, Ирина Дмитриевна вот уже много лет несёт и груз общественной работы - она наш бессменный профорг, который готов прийти на помощь в любой момент.

А.Исан так шутливо описал работу Ирины Дмитриевны:

Сосуд стоял, собак не трогал
Не ведал страсти и вражды,
Он собирал не квас, не гроги,
А атмосферные дожди.

Но у Ирины ныне стоны,
Сплошные охи и пассаж.
За грань ошибок вышли ионы,
Кислоты льются по рН.

Но почему же, почему же
Так смотрит в небо наш Балбес?²:
Он в сбор-сосуд наделал лужу
И ждет награды от небес!

Колоссальную научную и производственную работу по изучению распределения температурно-ветровых характеристик нижнего слоя атмосферы с 1990 года ведет в обсерватории Михаил Александрович Локощенко - кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, выпускник кафедры метеорологии и климатологии 1989 г. Михаила Александровича без преувеличения можно назвать энтузиастом метеорологии. Помимо анализа и обработки содарных наблюдений, он опубликовал ряд работ по истории метеорологических наблюдений, по температурному режиму почвы, в целом по климату города. И ему всё интересно.



М.А.Локощенко с коллегами из института физика атмосферы РАН А.П.Медведевым и В.Г.Перепёлкиным (фото О.А. Шиловцевой, 2014 г.)

Помимо научных исследований, Михаил Александрович прекрасно рисует, сочиняет стихи, поёт в Академическом хоре МГУ. Кроме того, он имеет большую педагогическую нагрузку, и его лекции не раз удостаивались самых высших похвал от студентов.

Деятельность Михаила Александровича очень живо отражена в шутивном стихотворении А.Исана:

Зондил Содар, скрипел Содар
Как будто выпил скипидар,
Но неустанный Михаил
Подподавал Содару сил.

И несмотря на граммо-массу
Побежал Содар на трассу,
Словно юный пионер,
Новорусским во-пример.

От содаровых красот
Встречный пятился народ.
Если б видел президент,^{*}
То отрекся бы в момент.

Но, оставив отречение,
Михаил поел печенья
И, набравшись снова сил,
Содар с лазером смесил.

Не стерпев такой "пистоль
Сдал редут аэрозоль!
Попотев с содаро-бегом,
Михаил занялся снегом.

В почву влез на глубину,
Я уверен, климат роя,
Вывел притчу не одну,
Он еще не то откроет,

Ну, а главное, что климат
А в итоге всем назло
Скоро мерзлость в почве снимет.
Нам с Михайлом повезло!

Большую помощь в проведении метеорологических наблюдений и передачи их в Московское метеобюро и Гидрометеоцентр РФ оказывает старший преподаватель кафедры метеорологии, её выпускник 2002 г., кандидат географических наук Павел Игоревич



П.И.Константинов
(фото Н.Пупышевой, 2011 г.)

в XXI веке ». В 2014 году экспедиционный проект "Климатические тайны Арктики - Исследование климата полярных мегаполисов" под руководством Константинова П.И. вошел в топ-5 лучших проектов, номинированных на Премию РГО в номинации «Географические исследования».

Кроме того, он вместе с М.А.Локощенко несет большую общественную нагрузку, осуществляя "связь с общественностью" и отвечая на многочисленные запросы средств массовой информации, которые в последние годы очень часто обращаются в обсерваторию по всевозможным вопросам, связанным с погодой, климатом и экологией.

Константинов, специалист по климату городов. О его высоком профессионализме и квалификации говорит хотя бы тот факт, что в 2013 году Константинов П.И. одержал победу в конкурсе на право получения грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (Конкурс - МК-2013) с проектом « Разработка климатических сценариев развития российских мегаполисов ». В 2015 году Константинов П.И. одержал победу в конкурсе на право получения грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (Конкурс - МК-2015) с проектом «Прогноз динамики микроклимата крупнейших городов Арктической зоны РФ

По инициативе Анатолия Анатольевича Лучшева еще в самом начале работы обсерватории все наблюдения ежемесячно собирались вместе в специальный Бюллетень Метеорологической обсерватории МГУ. Это делается и поныне. В настоящее время Главная по Бюллетеню МО МГУ - инженер Людмила Германовна Руднева, выпускница кафедры метеорологии и климатологии, работающая в обсерватории уже не один десяток лет. И хотя в настоящее время этот процесс почти полностью автоматизирован, и бюллетень можно получить как в цифровом, так и в бумажном виде, работа над очередным выпуском чрезвычайно кропотлива. Это и формирование содержания бюллетеня, контроль данных, исправление ошибок, соблюдение срока выпуска очередного выпуска – и Людмила Германовна выполняет всё с тщанием и аккуратностью, вдумчивостью и с колоссальным вниманием, в лучших традициях советских климатологов.



Л.Г.Руднева (фото О.А.Шиловцевой, 2014 г.)

Процесс создания Бюллетеня также отражен в "Путеводителе" А.Исана:

Что за воздыханья среди стен?
Плетет Людмила бюллетень.
Дрожит, старается компьютер,
Для бюллетеня она - Mutter,
Пристав и верная раба.
Идет за качество борьба.

Нельзя, чтоб, как на тот плетень,
На бюллетень упала тень.
Что с фолиантом по цене -
Еще такого ж нет в стране!

Обсерватория – большое и очень сложное хозяйство, поэтому помимо чисто научных и производственных вопросов необходимо решать множество хозяйственных проблем. И решать их приходится нашему инженеру Людмиле Юрьевне Морозовой, которая пришла к

нам в 2000 году, сменив на этом посту Анну Федоровну Муровцеву. Заботливость, аккуратность и ответственность Людмилы Юрьевны – надёжный тыл для всех сотрудников обсерватории.



Л.Ю.Морозова (фото О.А.Шиловцевой, 2014 г.)

Важнейшую роль в производстве наблюдений играют наши инженеры. Без их неусыпного контроля за работой приборов, кропотливого ремонта старого оборудования, тщательной установки нового, – функционирование обсерватории невозможно. В 2008 г. Дмитрий Тихонович Голубицкий, выпускник Московского физико-технического института 1971 г., сменил А.В.Высоцкого на посту мастера по точным приборам. И теперь на его плечах лежит ответственность за исправность и техническое состояние всего многосложного электронного и механического оборудования.

Огромную благодарность наблюдатели и научные работники актинометрического отдела обсерватории выражают инженеру Виктору Александровичу Розенталю, который работает в МО МГУ по совместительству. Наше сотрудничество с В.А.Розенталем длится уже более четверти века. За это время Виктор Александрович принимал активное участие в компьютеризации обработки актинометрических наблюдений, в расширении приборного комплекса, ремонте, наладке и калибровке оборудования.



Д.Т.Голубицкий (фото О.А.Шиловцевой, 2011 г.)

Именно им создан программно- аппаратный комплекс SUN, позволивший, в частности, уже с 1995 года свести к минимуму ручной рутинный труд наблюдателей и увеличить надёжность получаемой информации.



В.А.Розенталь (фото О.А.Шиловцевой, 2009 г.)

Таким образом, активно работающая в настоящее время метеорологическая обсерватория – преемник метеорологической обсерватории на Пресне. Она продолжает дело про-

фессоров Московского университета П. И. Страхова, М.Ф. Спасского, Э.Е.Лейста и многих других. Производство метеорологических наблюдений - дело многотрудное и затратное. Оно требует не только постоянного вложения средств для обновления парка приборов, обучения персонала, поддержания в порядке здания и площадки – оно требует постоянной преданной и практически не видной постороннему глазу любви к своему делу, непрерывного и порой довольно однообразного труда.

И те перерывы в наблюдениях, которые случались в ходе метеорологических исследований в Московском университете, только в очередной раз выявили и подчеркнули их важность. Прекращаясь, наблюдения обязательно восстанавливались по прошествии нескольких лет, и их начинали вести снова, потому что всегда возникала необходимость в них.

Как показывает опыт научных исследований последних лет, даже в наш высокотехнологичный век не теряют актуальность, а часто и обретают особенную ценность не только работающие в автономном режиме современные "умные" метеостанции, но и то, что может быть сделано только человеком. Потому что никакой компьютер иной раз не заменит опытный глаз наблюдателя, чувствующего все тонкости и «подводные камни», знание которых так необходимо для получения качественных научных данных.

Потому что любая работа держится на людях, а люди радуются, когда могут любить свою работу. Для многих метеорологическая обсерватория МГУ значит гораздо больше, чем просто научная лаборатория. Из года в год ее сотрудники поднимаются по ее крыльцу, а затем и на крышу снимать показания приборов, наблюдать за облачностью, определять горизонтальную дальность видимости; а после с удовольствием собираются обсуждать научную статью, события в мире или в университете за неизменным чаем.

За пределами метеоплощадки идет время, и оно не оставляет ничего неизменным. Погода тоже не бывает постоянной. Воздух то нагревается, то охлаждается, ветры дуют то с севера, то с юга, а чаще всего - с юго-запада, дождь и снег имеют разную кислотность и минерализацию, солнце то показывается, то прячется за облаками, которые могут быть кучевыми, слоистыми или перистыми. И всё это наблюдается, регистрируется, описывается и анализируется в МО МГУ на протяжении последних шестидесяти лет.

"...Значит - это кому-нибудь нужно?"

Жизнь, конечно, ответит на этот вопрос, и недаром в основе успешного развития прогностических моделей лежат именно качественные метеорологические наблюдения, которые в течение многих лет ежедневно и неустанно ведут сотрудники метеостанций, среди которых метеорологическая обсерватория МГУ.

Литература

Трухин В.И., Петрунин Г.И. Отделение геофизики: страницы истории.
<http://msu.ru/jubilee/phys/structure/div-geophys/history-pages.html>

Трухин В.И., Петрунин Г.И. 2003. Научный подвиг и драма профессора физики Императорского Московского университета Э.Е. Лейста. – "Советский физик", 1(31)
[http://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2003/3\(33\)-2003/podvig/](http://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2003/3(33)-2003/podvig/)

Климат Москвы. 1969. Под ред. д-ра ф-м. наук А.А.Дмитриева и Н.П.Бессонова. – Л., Гидрометеиздат. с.323.

Исан А. Метео кафедральный «путеводитель» на 2000-2005 гг. (с сонатой деканату и метео-словарём). Географический факультет МГУ. Москва, 2004 г. (http://www.meteo-geofak.narod.ru/nartvor/ISAN_2004.htm)

Приложение

Метеорологическая обсерватория МГУ в фотографиях



Фото 2012 г.

Особо-территория (Из «Путеводителя» А.Исана)

Особо-территория
У нас Обсерватория
Здесь "Метики" и "Радики" живут,

Цифрует "климаторию",
Погодную историю
Их неприметный труд.

"Радик" - от светила,
"Метик" - от ветрила,
Свою цифрию жнут.

На сколь земля остыла,
Куда - чего наплыло
В приемник и сосуд.

Кучкуются погоды -
Красавцы и уроды,
Без смотря не уйдут.

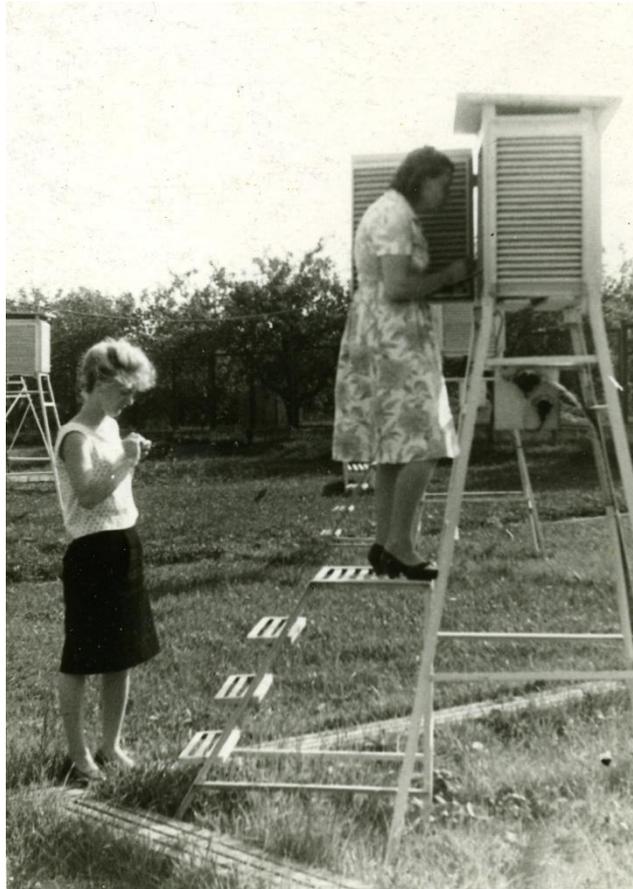
Измерят их регалии
От головы до талии,
К начальству поведут.

И доблестный начальник,
Пыхтящий словно чайничек
Прочувствует их суть.

Осмотрит лик покаянно,
Махнет рукой отчаянно,
Отправит снова в путь.

И мыкаются бедные,
То милые, то вредные
То дарят, то крадут.

Земля по кругу вертится,
Погоды вновь отметятся
И снова в путь уйдут.



1960-е. Л.П. Упорова и А.Ф. Муровцева на метеоплощадке обсерватории
(фото из архива МО МГУ)



1960-е. Крайняя слева - Анна Федоровна Муровцева (фото из архива МО МГУ)



1960-е. Наблюдатели. (фото из архива МО МГУ)



1960-е. В.М.Товстолес (сидит справа) с наблюдателями-актинометристами
Т.Жаворонковой (сидит) и ?
(фото из архива МО МГУ)



1960-е. В.М.Товстолес – наблюдатель в метеоотделе
(фото из архива МО МГУ)



1969 г. Апрельский субботник в обсерватории. А.И.Творожкова и наблюдатель-метеоролог (фото из архива МО МГУ)



1969 г. Апрельский субботник в обсерватории
(фото из архива МО МГУ)



12 апреля 1969 г. Субботник в обсерватории – уборка территории. Наблюдатель-метеоролог Васильева Н.Ф. и инженеры Ю.А.Шудибиль и А.В.Высоцкий
(фото из архива МО МГУ)



Начало 1970-х. Ю.А.Шудибиль за работой на ЭВМ (фото из архива МО МГУ)



Начало 1970-х. Нина Васильевна Мясникова и Людмила Ивановна Летова



Начало 1980-х гг. Володя Сычук и Людмила Летова
(фото из архива МО МГУ)



Апрель 1984 г. – празднование 30-летия обсерватории. Слева направо: Наталья Черняк,
Евгения Зеленкова, А.В. Высоцкий, А.Ф.Муровцева, Ольга Дмитриева (Платошина),
Ольга Котова (Шиловцева)
(фото из архива МО МГУ)



Апрель 1984 г. – празднование 30-летия обсерватории.
Стоят М.П.Гараджа и П.В.Чуковенко, сидят Зинаида Кривцова, ?, А. Шостьина
(фото из архива МО МГУ)



Начало 1980-х гг. Чаепитие в 5-ой комнате. Слева направо: Е.И.Незваль,
М.П.Гараджа, Н.П.Никольская
(фото из архива МО МГУ)



1987 г. Слева направо стоят: И.А.Шульгин, В.М.Товстолес, ?, Т.В.Евневич, А.В.Высоцкий, И.Д. Еремина, О.Н.Тараканова, М.А. Алёшина, ?; сидят О.А.Шиловцева, А.Г.Каландаришвили, В.А. Лучков (фото из архива МО МГУ)



Конец 1980-х. Е.В. Ярхо (Горбаренко) за телетайпом – идет набивка актинометрических данных для отправки в ГГО (фото из архива МО МГУ)



1970-е. А.В.Высоцкий и сотрудник кафедры Н.В.Зукерт (фото из архива МО МГУ)



1970-е. Субботник в обсерватории. Крайняя слева В.М.Товстолес, в центре – Л.В.Клименко (фото из архива МО МГУ)



1970-е. Субботник в обсерватории. Крайняя слева В.М.Товстолес, сидит О.Н.Липовецкая с дочерью (фото из архива МО МГУ)



1970-е. Е.И. Незваль и А.В. Высоцкий: калибровка спектрометра МО МГУ в экспедиционных условиях (фото из архива МО МГУ)



1970-е. Слева направо: М.П.Гараджа, О.Н.Липовецкая, Е.И.Незваль, В.А.Белинский, мадам Коулсон, Л.В. Клименко (фото из архива МО МГУ)



Конец 1970-х гг. А.Ф.Муровцева на крыше обсерватории (фото из архива МО МГУ)



2000-е. Крыша обсерватории. Слева направо: Е.И.Незваль, Е.В.Горбаренко, Г.М.Абакумова, Е.Г.Столярова, О.А.Шиловцева (фото из архива МО МГУ)



1996 г. Слева направо: Р.А. Бирюкова, М.А. Локощенко, А.Ф. Муровцева, Т.В. Евневич, Е.И. Незваль, Г.М. Абакумова, О.А.Шиловцева, В.М.Товстолес, Н.А.Бунина, А.А. Исаев, Е.В.Горбаренко, Сидит А.В. Высоцкий
(фото из архива МО МГУ)



1996 г. Стоят Р.А. Бирюкова, А.А. Исаев, А.Ф. Муровцева, Т.В. Евневич, В.М.Товстолес, М.А. Локощенко, Е.И. Незваль, Г.М. Абакумова. Сидят: А.П.Мальковский, А.В. Высоцкий, Е.В.Горбаренко, Н.А.Бунина
(фото из архива МО МГУ)



1996 г. Стоит Н.А, Бунина, слева направо: О.А.Шиловцева, А.В.Высоцкий,
А.П.Мальковский (фото из архива МО МГУ)



Декабрь 1997 г. Слева направо: Е.И.Незваль, Г.М.Абакумова, Т.В.Евневич, М.П.Гараджа,
Н.П.Никольская, А.В.Высоцкий. (фото из архива МО МГУ)



Сентябрь 1998 г. Юбилей О.А.Шиловцевой. Поздравляют Л.И.Летова,
Г.М.Абакумова, Е.И.Незваль, Н.Е.Чубарова, О.М.Изакова



Сентябрь 1999 г. Слева направо: О.А.Шиловцева, Н.Е.Чубарова,
Г.М.Абакумова, О.Н.Липовецкая, И.Д.Еремина, Е.И.Незваль, О.М.Изакова



Осень 1999 г. Слева направо: Г.М.Абакумова, Е.И.Незваль, И.Д.Еремина,
Л.И.Летова (фото из архива МО МГУ)



30 декабря 2002 г. Слева направо, дальний ряд: Б.Г.Шерстюков, М.А.Локощенко, А.А.Исаев, Н.В.Семенова, А.А.Гулатава, Г.М. Абакумова, И.Д. Еремина;
средний ряд: Л.Ю. Морозова, Л.Г. Руднева, М.Н. Чанышева, Е.И .Незваль,
В.В.Белопухова, А.Ф. Муровцева;
сидят: А.П.Мальковский, Т.Н.Гайкинвельдер, Л.И.Летова, О.А.Шиловцева
(фото из архива МО МГУ)



23 марта 2004 г. День метеоролога. Дальний ряд слева направо: А.В. Высоцкий, Л.И.Летова, Т.В.Евневич, М.А.Локощенко, Е.В.Горбаренко, И.Д.Еремина, Е.Г.Столярова, Н.В.Семенова; средний ряд: Г.М.АбакумоваЮ, Н.П.Никольская, М.Н.Чанышева, А.Ф.Муровцева, дочь А.А. Лучшева Александра Анатольевна Лучшева, В.В.Белопухова, Е.И.Незваль, Л.Ю. Морозова, А.А. Исаев, Р.А. Бирюкова, А.П. Мальковский; первый ряд: Л.П. Упорова, Л.Г. Руднева, В.М. Товстолес, О.А. Шиловцева, М.А. Петросянц (фото из архива МО МГУ)



31 января 2008 г. Празднуем юбилей Татьяны Владимировны Евневич. Слева направо:
Н.А.Мячкова, В.М.Товстолес, Н.П.Никольская, Т.В.Евневич, Е.И.Незваль
(фото О.А.Шиловцевой)



Ноябрь 2009 г. Празднуем юбилей Г.М. Абакумовой (фото О.А.Шиловцевой)



Ноябрь 2012 г. Празднуем день рождения Г.М.Абакумовой. Слева направо:
Л.И.Летова, Е.И.Незваль, за ней Н.А.Бунина, Г.М.Абакусова, Е.В.Горбаренко,
В.В.Белопухова, Л.Ю.Морозова (фото О.А. Шиловцевой)



30 декабря 2013 г. Слева направо: Д.Т.Голубицкий, В.В. Белопухова, Е.В.Горбаренко, А.В. Кислов, М.А.Локощенко, В.Г. Перепелкин, О.А.Шиловцева, Н.А.Трускова, Е.И.Розанова, Л.Ю.Морозова, Е.И.Незваль, Р.А.Бирюкова, Е.Ю.Жданова, И.Д.Ерёмина, Н.Е.Чубарова, И.Б.Беликов (фото А.Ф.Романенко)