

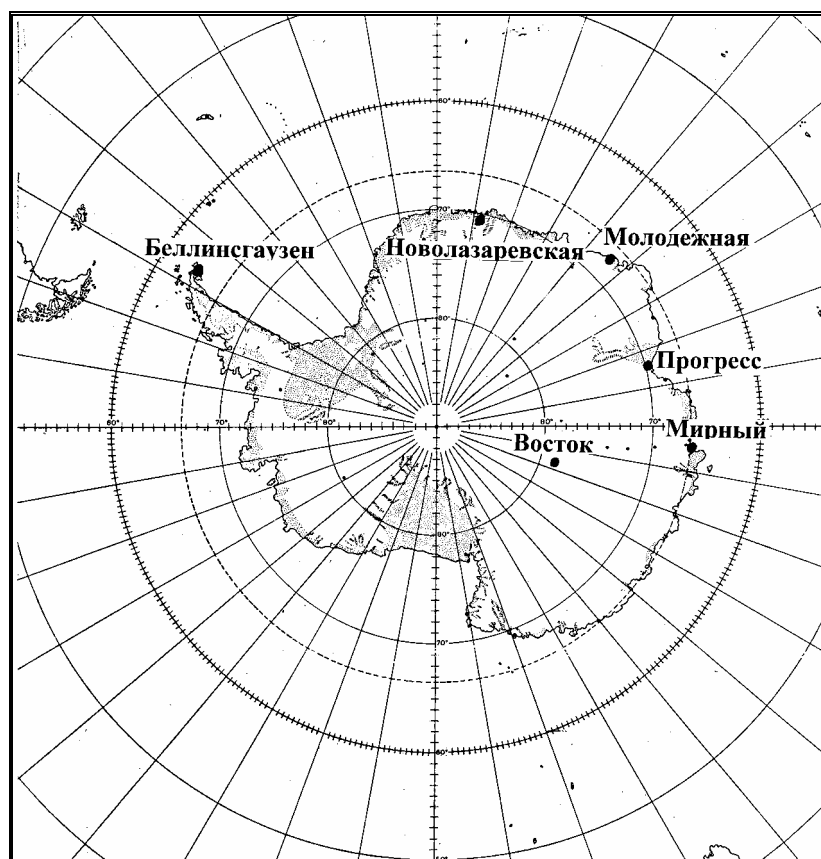
Федеральная служба России по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды
ГНЦ РФ
Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт
Российская антарктическая экспедиция

СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ АНТАРКТИКИ

Оперативные данные российских антарктических станций

Апрель - июнь 2002 г.

№2 (19)



Санкт-Петербург, 2002

Федеральная служба России по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды

ГНЦ РФ

Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт

Российская антарктическая экспедиция

СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ АНТАРКТИКИ

Оперативные данные российских антарктических станций

Апрель – июнь 2002 г.

№2 (19)

Под редакцией В. В. Лукина

Санкт-Петербург, 2002

Составители бюллетеня и авторы разделов:

отв. редактор	- М. О. Кричак (отдел Российской антарктической экспедиции – РАЭ),
раздел 1	- М. О. Кричак (РАЭ),
раздел 2	- Е. И. Александров (отдел метеорологии),
раздел 3	- В. А. Беязо, Г. Е. Рябков (отдел долгосрочных метеорологических прогнозов),
раздел 4	- А. И. Коротков (отдел ледового режима и прогнозов),
раздел 5	- Е. Е. Сибир (отдел метеорологии),
раздел 6	- И. П. Едиткина, Р. Ю. Лукьянова, И. В. Москвин, А. В. Франк-Каменецкий (отдел геофизики),
раздел 7	- Н.И. Фомичев (РАЭ),
раздел 8	- В.Е. Лагун, С. В. Яговкина (отдел взаимодействия атмосферы и океана),
раздел 9	- В.А. Кучин, В.В. Лукин (РАЭ).

Российская антарктическая экспедиция выражает благодарность всем сотрудникам ААНИИ, осуществлявшим помощь при подготовке настоящего сборника.

Предложения и замечания просим направлять по адресу:

Арктический и Антарктический НИИ, Российская антарктическая экспедиция,
199397, Санкт - Петербург, ул. Беринга, 38.

Тел.: (812) 352 - 1541

Факс: (812) 352 - 2827

Эл. Почта / E - Mail: lukin@raexp.spb.su

Бюллетень размещается в сети Интернет на сайте ГНЦ РФ ААНИИ Росгидромета

<http://www.aari.nw.ru/Projects/Antarctic/> на страницах РАЭ в разделе «Квартальный Бюллетень».

© Арктический и антарктический научно-
-исследовательский институт (ААНИИ),
Российская антарктическая экспедиция (РАЭ), 2002 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.	1
1. Данные аэрометеорологических наблюдений на российских антарктических станциях.	3
2. Метеорологические условия на российских антарктических станциях в апреле - июне 2002 г.	17
3. Обзор атмосферных процессов над Антарктикой в апреле - июне 2002 г.	23
4. Краткий обзор ледовых процессов в Южном океане по данным спутниковых и прибрежных наблюдений на российских антарктических станциях в апреле - июне 2002 г.	24
5. Результаты измерений общего содержания озона на станции Мирный во втором квартале 2002 года.....	27
6. Геофизические наблюдения на российских антарктических станциях в апреле - июне 2002 г.	28
7. Пространственно-временная изменчивость гидрохимических параметров морской воды в прибрежной зоне бухты Ардли (район станции Беллинсгаузен) в летний период 2000 –2001гг.	36
8. Об измерениях метана в Антарктиде.....	42
9. Основные работы 46 РАЭ во втором квартале 2002 года.	51

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основой для подготовки бюллетеня являются сведения, поступающие с российских антарктических станций в оперативном режиме по каналам связи. Бюллетень издается с 1998 года, ежеквартально.

Первый раздел настоящего выпуска содержит среднемесячные данные стандартных метеорологических и актинометрических наблюдений, аэрологического зондирования на российских антарктических станциях за второй квартал 2002г.

Стандартные метеорологические наблюдения проводятся в настоящее время на станциях Мирный, Новолазаревская, Беллинсгаузен, Восток. Аэрологическое зондирование выполняется на двух станциях – в обсерватории Мирный и на ст. Новолазаревская, один раз в сутки, в срок 00.00 UT. (В течение мая 2002 г. в связи с работами по модернизации измерительного комплекса АВК на ст. Новолазаревская аэрологическое зондирование на этой станции не проводилось.) Угущенное зондирование в периоды Международного геофизического интервала (МГИ) проводится на обеих станциях в соответствии с Международным геофизическим календарем.

В метеорологических таблицах значение атмосферного давления для прибрежных станций представляется приведенным к уровню моря, а для внутриконтинентальной станции Восток, расположенной на высоте 3488 м, – на уровне станции.

Наряду со среднемесячными значениями метеоэлементов в таблицах представлены их отклонения от средних многолетних значений (абсолютные аномалии), нормированные аномалии – отклонения в долях σ_f –

$(f-f_{cp})/\sigma_f$ и относительные аномалии (f/f_{cp}) месячных сумм осадков и суммарной радиации. Необходимые для расчета аномалий статистические характеристики получены в отделе метеорологии ААНИИ для рекомендованного Всемирной метеорологической организацией периода 1961 - 1990 гг.

В бюллетене помещены краткие обзоры, содержащие оценку состояния природной среды Антарктики по фактическим данным.

Метеорологическим и синоптическим условиям посвящены разделы 2 и 3. Анализ ледовых условий Южного океана (раздел 4) выполняется по наблюдениям автономных пунктов приема информации с искусственных спутников Земли на станциях Беллинсгаузен, Новолазаревская, Мирный и по наблюдениям прибрежных станций Беллинсгаузен, Мирный. Аномальность ледовых условий оценивается в сравнении со средними многолетними данными о положении кромки дрейфующих льдов, а также средними многолетними датами наступления различных ледовых фаз в примыкающих к антарктическим станциям прибрежных районах Южного океана. Используемые средние многолетние характеристики получены в отделе ледового режима и прогнозов ААНИИ за период 1971-1995 гг.

В разделе 5 традиционно представляется обзор общего содержания озона (ОСО) по измерениям на российских станциях.

Данные геофизических наблюдений, публикуемые в разделе 6, являются результатом измерений по геомагнитной и ионосферной программам (магнитные и риометрические наблюдения) в обсерватории Мирный и на ст. Восток. Данные риометрических наблюдений приводятся в виде графиков максимальных суточных значений поглощения космического радиоизлучения на частоте 32 МГц.

Геофизическая информация включает также показатель магнитной активности РС-индекс, расчет которого выполняется по данным геомагнитных наблюдений станции Восток.

В разделе 7 представлена статья Н.И.Фомичева, посвященная экологическим работам на станции Беллинсгаузен – изучению физико-химических характеристик воды в прибрежной части бухты Ардли, в связи с тем, что этот район является местом сброса сточных вод российской базы Беллинсгаузен и чилийской базы Фрей.

В разделе 8 публикуется статья Лагуна В.Е. и Яговкиной С.В., посвященная измерению метана на российских антарктических станциях и сопоставлению данных измерений российских и иностранных станций.

Последний раздел бюллетеня (9) традиционно посвящен основным направлениям и событиям логистической деятельности РАЭ в течение рассматриваемого квартала.

**РОССИЙСКИЕ АНТАРКТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, ДЕЙСТВОВАВШИЕ ВО ВТОРОМ КВАРТАЛЕ
2002 ГОДА**

ОБСЕРВАТОРИЯ МИРНЫЙ

СИНОПТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС СТАНЦИИ	89592
ВЫСОТА МЕТЕОПЛОЩАДКИ НАД УРОВНЕМ МОРЯ	39.9 м
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ	$\varphi = 66^{\circ}33' \text{ S}; \lambda = 93^{\circ}01' \text{ E}$
ГЕОМАГНИТНЫЕ КООРДИНАТЫ	$\Phi = -76.8^{\circ}; \Delta = 151.1^{\circ}$
НАЧАЛО И ОКОНЧАНИЕ ПОЛЯРНОГО ДНЯ	7 декабря – 5 января
НАЧАЛО И ОКОНЧАНИЕ ПОЛЯРНОЙ НОЧИ	нет

СТ. НОВОЛАЗАРЕВСКАЯ

СИНОПТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС СТАНЦИИ	89512
ВЫСОТА МЕТЕОПЛОЩАДКИ НАД УРОВНЕМ МОРЯ	119 м
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ	$\varphi = 70^{\circ}46' \text{ S}; \lambda = 11^{\circ}50' \text{ E}$
НАЧАЛО И ОКОНЧАНИЕ ПОЛЯРНОГО ДНЯ	15 ноября – 28 января
НАЧАЛО И ОКОНЧАНИЕ ПОЛЯРНОЙ НОЧИ	21 мая – 23 июля

СТ. БЕЛЛИНСГАУЗЕН

СИНОПТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС СТАНЦИИ	89050
ВЫСОТА МЕТЕОПЛОЩАДКИ НАД УРОВНЕМ МОРЯ	14.3 м
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ	$\varphi = 62^{\circ}12' \text{ S}; \lambda = 58^{\circ}56' \text{ W}$
НАЧАЛО И ОКОНЧАНИЕ ПОЛЯРНОГО ДНЯ	нет
НАЧАЛО И ОКОНЧАНИЕ ПОЛЯРНОЙ НОЧИ	нет

СТ. ВОСТОК

СИНОПТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС СТАНЦИИ	89606
ВЫСОТА МЕТЕОПЛОЩАДКИ НАД УРОВНЕМ МОРЯ	3488 м
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КООРДИНАТЫ	$\varphi = 78^{\circ}27' \text{ S}; \lambda = 106^{\circ}52' \text{ E}$
ГЕОМАГНИТНЫЕ КООРДИНАТЫ:	$\Phi = -89.3^{\circ}; \Delta = 139.5^{\circ}$
НАЧАЛО И ОКОНЧАНИЕ ПОЛЯРНОГО ДНЯ	21 октября – 21 февраля
НАЧАЛО И ОКОНЧАНИЕ ПОЛЯРНОЙ НОЧИ	23 апреля – 21 августа

1. ДАННЫЕ АЭРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

АПРЕЛЬ 2002

ОБСЕРВАТОРИЯ МИРНЫЙ

Таблица 1.1

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения от средних многолетних (f_{ср})

Апрель 2002 г.

	f	f _{макс}	f _{мин}	Аномалия f-f _{ср}	Нормированная аномалия (f-f _{ср})/σ _f	Относительная аномалия f/f _{ср}
Атм. давление на уровне моря, гПа	982,8	1006,2	954,6	-5,4	-1,6	
Температура, °С	-10,6	-1,6	-24,1	3,3	1,7	
Относ. влажность, %	85			12,7	2,8	
Общая облачность, баллы	8,4			1,7	2,1	
Нижняя обл., баллы	5,9			2,9	2,4	
Колич. осадков, мм	64,2			24,7	0,8	1,6
Средн. скор. ветра, м/с	12	26		-0,4	-0,3	
Преобл. напр. ветра, град	158					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	97			-9,8	-1,0	0,9
Общее содержание озона, ед.Добсона	274	328	216			

Таблица 1.2

Результаты аэрологического зондирования атмосферы (по данным телеграмм CLIMAT-TEMP)

Апрель 2002 г.

Изобарическая пов-ть, Р гПа	Высота изобарич. пов-ти, Н м	Температура, Т °С	Дефицит точки росы, D °С	Направл. результирующего ветра, град	Скорость результирующего ветра, м/с	Параметр устойчивости ветра	Колич. суток без данных о т-ре	Колич. суток без данных о ветре
981	53	-11,6	2,8					
925	499	-11,3	4,4	88	12	97	4	6
850	1144	-13,8	4	86	10	92	4	4
700	2608	-18,7	4,4	47	3	31	4	5
500	5044	-33,3	4,4	310	5	46	4	4
400	6577	-43,3	4	302	9	59	4	4
300	8462	-54,9	3,7	297	12	65	4	4
200	11040	-53,6	4,9	274	13	82	5	5
150	12893	-53,1	6,1	269	13	88	5	5
100	15490	-55,2	7	266	15	93	6	7
70	17743	-57,8	7,5	267	18	96	9	9
50	19874	-59,8	7,7	265	21	97	9	9
30	23092	-61,2	8	267	25	97	11	9
20	25621	-61,6	8,3	267	29	97	13	9

Таблица 1.3

Аномалии высот стандартных изобарических поверхностей и температуры

<i>Апрель 2002 г.</i>				
P, гПа	H-H _{ср} , м	(H-H _{ср})/σ _H	T-T _{ср} , °C	(T-T _{ср})/σ _T
850	0	0,0	2,4	1,7
700	11	0,4	1,9	1,8
500	21	0,5	1,0	0,7
400	25	0,5	0,8	0,5
300	35	0,5	-0,3	-0,2
200	6	0,1	-1,7	-1,2
150	-8	-0,1	-1,1	-0,9
100	-17	-0,2	-1,5	-1,3
70	-56	-0,7	-2,4	-2,0
50	-64	-0,7	-3,1	-2,2
30	-90	-0,7	-3,4	-1,9
20	-107	-0,7	-4,0	-1,5

СТ. НОВОЛАЗАРЕВСКАЯ

Таблица 1.4

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения от средних многолетних (f_{ср})

<i>Апрель 2002 г.</i>						
	f	f _{макс}	f _{мин}	Аномалия f-f _{ср}	Нормированная аномалия (f-f _{ср})/σ _f	Относительная аномалия f/f _{ср}
Атм. давление на уровне моря, гПа	984,7	1006,6	964,1	-2,9	-0,8	1,5
Температура, °C	-8,8	1,7	-20,7	3	1,7	
Относ. влажность, %	54			6	1,3	
Общая облачность, баллы	7			1,5	1,7	
Нижняя обл., баллы	2			0,8	1,0	1,5
Колич. осадков, мм	23,8			8,3	0,3	
Средн. скор. ветра, м/с	13,1	29		2,2	1,2	
Преобл. напр. ветра, град	135					0,8
Суммарная радиация, МДж/кв.м	60			-11,4	-1,9	
Общее содержание озона, ед.Добсона	*					

* - Данные измерений общего содержания озона на станции Новолазаревская требуют проверки и до ее осуществления не публикуются.

Таблица 1.5

**Результаты аэрологического зондирования атмосферы
(по данным телеграмм CLIMAT-TEMP)**

Апрель 2002 г.

Изобари- ческая пов-ть, Р гПа	Высота изобарич. пов-ти, Н м	Температу- ра, Т°С	Дефицит точки росы, D°С	Направл. результы- рующего ветра, град	Скорость результы- рующего ветра, м/с	Параметр устойчи- вости ветра	Колич. суток без данных о т-ре	Колич. суток без данных о ветре
971	122	-9,1	8,5					
925	508	-9,8	8,3	110	18	97	0	0
850	1154	-14,2	6,8	93	17	95	0	0
700	2609	-20,4	5,2	81	9	78	0	0
500	5036	-34	4,5	351	4	46	0	0
400	6567	-44,1	4	326	5	44	0	0
300	8445	-54,8	3,6	307	8	56	0	0
200	11044	-51,4	5,1	283	10	88	0	0
150	12913	-51,5	6,5	276	11	92	0	0
100	15536	-53,1	7,5	272	13	93	0	0
70	17824	-55,1	8	269	15	95	0	0
50	19976	-56,4	8,3	269	18	94	0	0
30	23226	-56,9	8,7	266	22	93	1	1
20	25780	-57,1	8,8	267	26	94	3	4
10	30067	-55,5	8,9	20				

Таблица 1.6

Аномалии высот стандартных изобарических поверхностей и температуры

Апрель 2002 г.

Р, гПа	Н-Н _{ср} , м	(Н-Н _{ср})/σ _Н	Т-Т _{ср} , °С	(Т-Т _{ср})/σ _Т
850	6	0,2	1,9	1,5
700	19	0,5	2,2	1,7
500	39	0,9	2,0	1,5
400	53	1,1	1,8	1,4
300	61	1,2	1,1	0,9
200	74	1,5	1,8	1,0
150	90	1,8	2,0	1,5
100	116	1,9	2,5	1,8
70	139	2,1	2,5	2,0
50	176	2,3	3,3	2,4
30	242	2,7	4,7	2,9
20	263	2,2	4,3	2,0
10	311	1,6	4,4	1,3

СТ. БЕЛЛИНСГАУЗЕН

Таблица 1.7

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения
от средних многолетних (f_{cp})

Апрель 2002 г.

	f	f_{\max}	f_{\min}	Аномалия $f-f_{cp}$	Нормированная аномалия $(f-f_{cp})/\sigma_f$	Относительная аномалия f/f_{cp}
Атм.давление на уровне моря, гПа	988	1003,4	967,1	-3	-0,7	
Температура, °C	0	6,1	-7,6	2	1,4	
Относ.влажность, %	90			3,2	1,0	
Общая облачность, баллы	9,6			0,6	1,5	
Нижняя обл., баллы	8,4			0,6	0,6	
Колич. осадков, мм	59,2			-8	-0,4	0,9
Средн. скор. ветра, м/с	7,2	18		-0,4	-0,4	
Преобл. напр. ветра, град	315					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	28			-59,7	-6,4	0,3

СТ. ВОСТОК

Таблица 1.8

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения
от средних многолетних (f_{cp})

Апрель 2002 г.

	f	f_{\max}	f_{\min}	Аномалия $f-f_{cp}$	Нормированная аномалия $(f-f_{cp})/\sigma_f$	Относительная аномалия f/f_{cp}
Атм.давление на уровне ст., гПа	622,6	642,2	608	-0,3	-0,1	
Температура, °C	-62	-41,7	-73	2,9	1,4	
Относ.влажность, %	54			-14,1	-2,9	
Общая облачность, баллы	2,3			-0,8	-1,0	
Нижняя обл., баллы	0			0	0,0	
Колич. осадков, мм	3,6			0,9	0,5	1,3
Средн. скор. ветра, м/с	1,6	8		-4,1	-3,7	
Преобл. напр. ветра, град	202					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	30			11,6	3,7	1,6
Общее содержание озона, ед.Добсона	*					

* - Данные измерений общего содержания озона на станции Восток требуют проверки и до ее осуществления не публикуются.

АПРЕЛЬ 2002

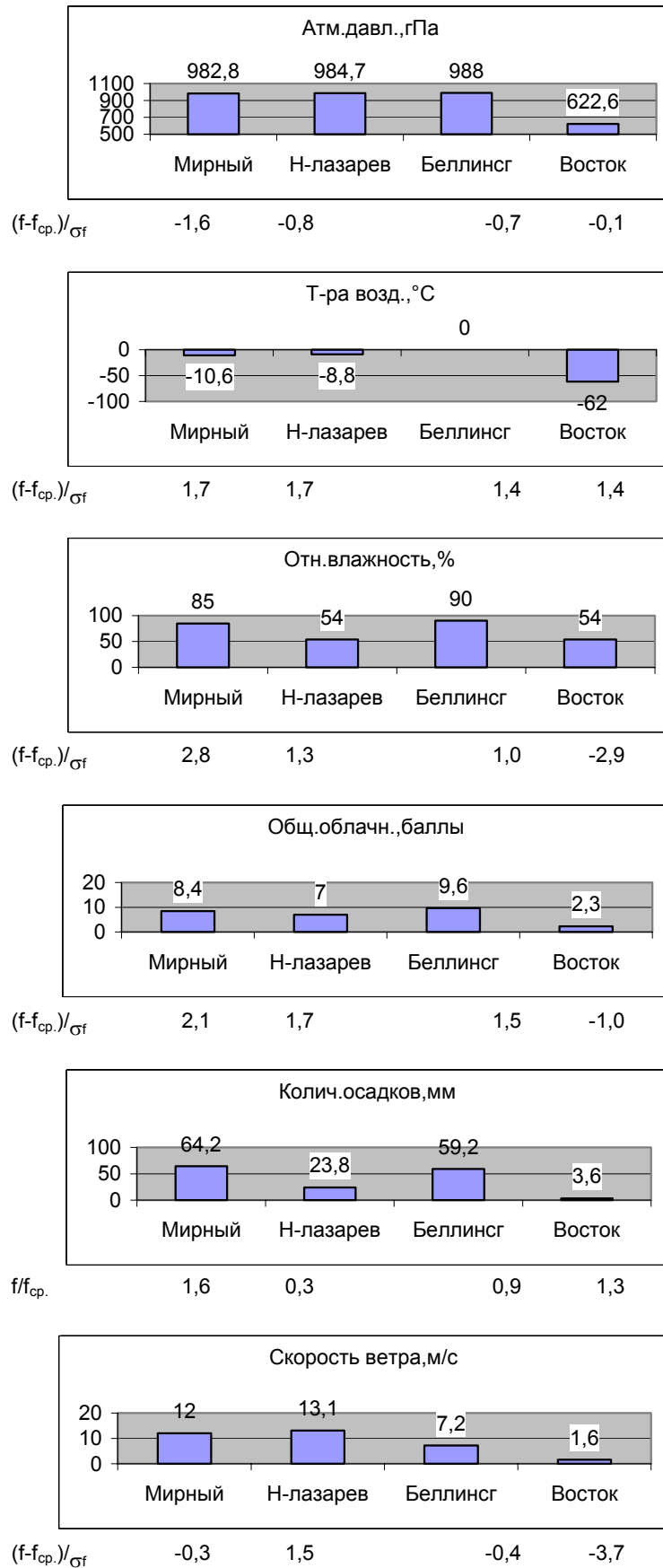


Рис. 1.1. Сопоставление среднеемесячных значений метеозлементов на станциях, апрель 2002 г.
(Атмосферное давление на прибрежных станциях – на уровне моря, для ст. Восток – на уровне станции).

МАЙ 2002

ОБСЕРВАТОРИЯ МИРНЫЙ

Таблица 1.9

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения
от средних многолетних (f_{cp})

Май 2002 г.

	f	f_{\max}	f_{\min}	Аномалия $f-f_{cp}$	Нормированная аномалия $(f-f_{cp})/\sigma_f$	Относительная аномалия f/f_{cp}
Атм.давление на уровне моря, гПа	994,7	1007,6	972,4	5,3	1,0	0,9
Температура, °C	-11,5	-0,9	-24,1	3,9	1,5	
Относ.влажность, %	73			-1,2	-0,2	
Общая облачность, баллы	6,8			0,2	0,2	
Нижняя обл., баллы	2,4			-0,8	-0,5	
Колич. осадков, мм	42,8			-7,2	-0,2	0,9
Средн. скор. ветра, м/с	11,9	30		-1	-0,7	
Преобл. напр. ветра, град	135					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	22			0,0	0,0	1,0
Общее содержание озона, ед.Добсона	255	299	210			

Таблица 1.10

Результаты аэрологического зондирования атмосферы
(по данным телеграмм CLIMAT-TEMP)

Май 2002 г.

Изобариче- ская пов-ть, Р гПа	Высота изобарич. пов-ти, Н м	Температу- ра, Т °C	Дефицит точки росы, D °C	Направл. результы- рующего ветра, град	Скорость результы- рующего ветра, м/с	Параметр устойчи- вости ветра	Колич. суток без данных о т-ре	Колич. суток без данных о ветре
989	53	-11,6	4,4					
925	565	-11,6	6,7	91	15	99	0	0
850	1209	-14,7	5,9	86	13	95	0	0
700	2672	-17,7	6,5	72	7	79	0	0
500	5120	-32,3	5,8	37	6	56	0	0
400	6661	-42,3	5,5	21	7	51	0	0
300	8553	-54,2	5,1	358	9	53	0	0
200	11111	-58	5,5	320	6	50	0	0
150	12934	-56,6	6,3	293	8	77	0	0
100	15496	-58,2	7,1	278	13	94	0	0
70	17728	-60,9	7,4	272	19	96	0	0
50	19804	-62,6	7,4	271	24	96	2	3
30	22946	-65	7,7	265	33	97	6	6
20	25414	-65,5	7,6	264	40	98	11	9

Таблица 1.11

Аномалии высот стандартных изобарических поверхностей и температуры*Май 2002 г.*

P, гПа	H-H _{ср} , м	(H-H _{ср})/σ _H	T-T _{ср} , °C	(T-T _{ср})/σ _T
850	63	1,4	2,8	1,6
700	78	1,7	3,8	2,6
500	113	1,9	3,2	1,6
400	130	1,8	3,0	1,7
300	155	1,9	2,2	1,8
200	157	1,8	-0,4	-0,2
150	165	1,8	1,1	0,6
100	185	1,7	2,1	1,0
70	213	1,5	1,8	0,8
50	214	1,5	2,2	0,8
30	268	1,4	1,9	0,7
20	268	1,1	1,8	0,6

СТ. НОВОЛАЗАРЕВСКАЯ

Таблица 1.12

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения от средних многолетних (f_{ср})*Май 2002 г.*

	f	f _{макс}	f _{мин}	Аномалия f-f _{ср}	Нормированная аномалия (f-f _{ср})/σ _f	Относительная аномалия f/f _{ср}
Атм.давление на уровне моря, гПа	992,2	1010,7	971,8	2,4	0,5	
Температура, °C	-9,5	-3,1	-20,5	3,9	1,8	
Относ.влажность, %	51			1,6	0,3	
Общая облачность, баллы	6,4			0,5	0,4	
Нижняя облачность, баллы	1,7			0,3	0,3	
Колич. осадков, мм	71,4			47,9	1,7	3,0
Средн. скор. ветра, м/с	15,9	40		4,8	2,3	
Преобл. напр. ветра, град	135					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	4			-0,9	-0,5	0,8
Общее содержание озона, ед.Добсона	*					

* - Данные измерений общего содержания озона на станции Новолазаревская требуют проверки и до ее осуществления не публикуются.

СТ. БЕЛЛИНСГАУЗЕН

Таблица 1.15

**Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения
от средних многолетних(f_{ср})**

Май 2002 г.

	f	f _{макс}	f _{мин}	Аномалия f-f _{ср}	Нормированная аномалия (f-f _{ср})/σ _f	Относительная аномалия f/f _{ср}
Атм.давление на уровне моря, гПа	993,3	1015,4	974,1	-1,7	-0,3	
Температура, °С	-5,7	2,6	-16,5	-1,5	-0,8	
Относ.влажность, %	85			-2,1	-0,6	
Общая облачность, баллы	9,6			0,9	1,5	
Нижняя обл., баллы	8,3			0,7	0,8	
Колич. Осадков, мм	41			-22,1	-1,4	0,6
Средн. Скор. ветра, м/с	7,3	20		-0,3	-0,2	
Преобл. напр. ветра, град	158					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	28			-4,7	-1,0	0,9

СТ. ВОСТОК

Таблица 1.16

**Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения
от средних многолетних(f_{ср})**

Май 2002 г.

	f	f _{макс}	f _{мин}	Аномалия f-f _{ср}	Нормированная аномалия (f-f _{ср})/σ _f	Относительная аномалия f/f _{ср}
Атм.давление на уровне ст., гПа	633,5	651,7	622,8	9,9	1,8	
Температура, °С	-59,3	-40,2	-69,5	6,5	2,5	
Относ.влажность, %	54			-14,1	-2,8	
Общая облачность, баллы	1,1			-1,8	-1,5	
Нижняя обл., баллы	0			0	0,0	
Колич. осадков, мм	0,9			-2,1	-0,8	0,3
Средн. скор. ветра, м/с	3,7	7		-1,9	-1,9	
Преобл. напр. ветра, град	202					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	п. Ночь					
Общее содержание озона, ед.Добсона	*					

* - Данные измерений общего содержания озона на станции Восток требуют проверки и до ее осуществления не публикуются.

МАЙ 2002

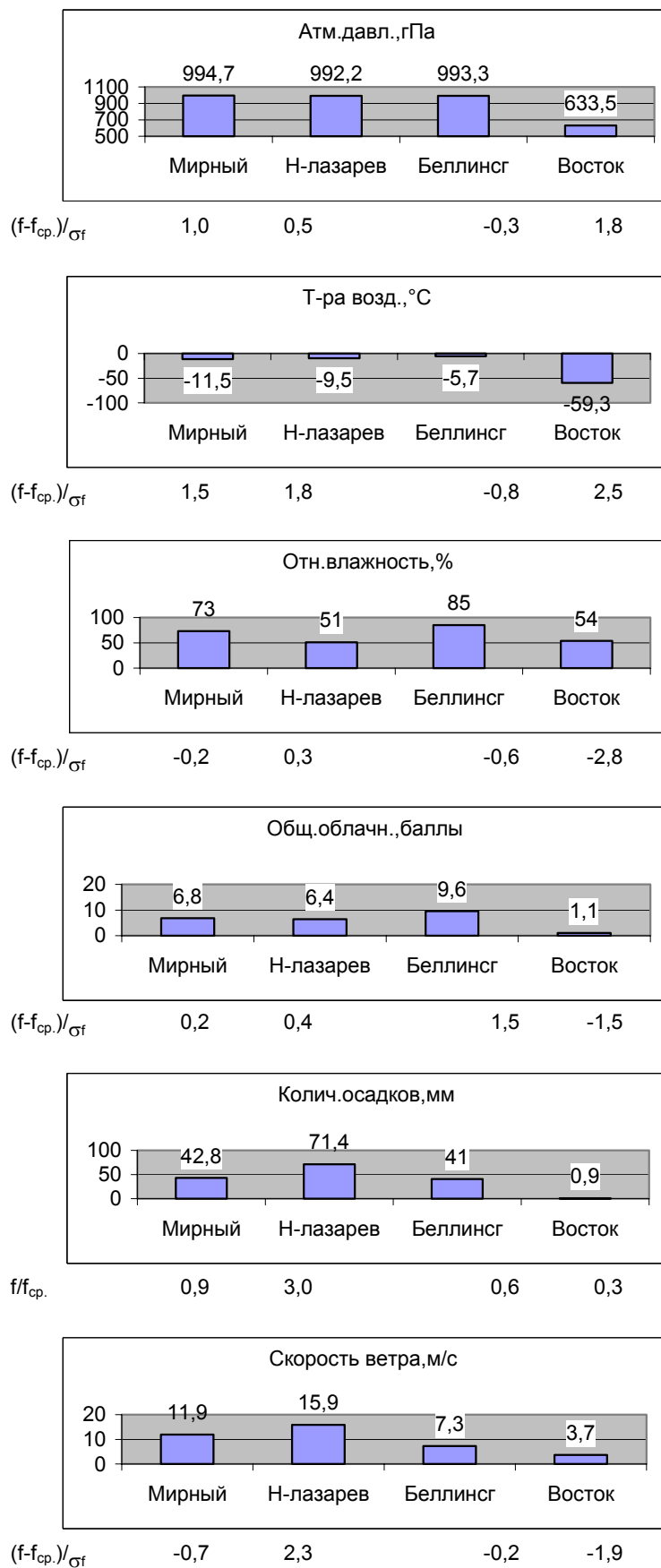


Рис. 1.2. Сопоставление среднемесячных значений метеоэлементов на станциях, май 2002г.
(Атмосферное давление на прибрежных станциях – на уровне моря, для ст. Восток – на уровне станции).

ИЮНЬ 2002

ОБСЕРВАТОРИЯ МИРНЫЙ

Таблица 1.17

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения от средних многолетних (f_{ср})

Июнь 2002 г.

	f	f _{макс}	f _{мин}	Аномалия f-f _{ср}	Нормированная аномалия (f-f _{ср})/σ _f	Относительная аномалия f/f _{ср}
Атм.давление на уровне моря, гПа	987,6	1007,1	955,1	-1,7	-0,3	
Температура, °С	-12,6	-5,4	-24,7	2,8	1,3	
Относ.влажность, %	79			3,7	0,6	
Общая облачность, баллы	7,7			1	0,8	
Нижняя обл., баллы	5			1,8	1,5	
Колич. осадков, мм	77,1			4,4	0,1	1,1
Средн. скор. ветра, м/с	12,2	26		-0,8	-0,5	
Преобл. напр. ветра, град	158					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	3			-1,0	-1,1	0,8
Общее содержание озона, ед.Добсона	0	0	0			

Таблица 1.18

Результаты аэрологического зондирования атмосферы (по данным телеграмм CLIMAT-TEMP)

Июнь 2002 г.

Изобарическая пов-ть, Р гПа	Высота изобарич. пов-ти, Н м	Температура, Т °С	Дефицит точки росы, D °С	Направл. результирующего ветра, град	Скорость результирующего ветра, м/с	Параметр устойчивости ветра	Колич. суток без данных о т-ре	Колич. суток без данных о ветре
982	53	-12,3	3,4					
925	506	-12,3	4,6	92	15	97	0	2
850	1149	-15,1	4,5	86	13	86	0	1
700	2604	-20,5	3,5	61	5	53	0	0
500	5023	-35,1	3,9	18	6	51	0	1
400	6544	-45,4	3,4	353	7	52	0	1
300	8414	-56,2	3,6	316	8	52	0	0
200	10948	-60,2	4,1	292	12	78	0	0
150	12743	-60,5	4,6	279	15	90	0	0
100	15233	-64,2	4,8	273	22	94	1	1
70	17404	-67	5,1	269	29	97	4	4
50	19424	-69,2	5	266	37	97	5	5
30	22452	-71,4	5	264	48	97	6	6
20	24854	-71,6	5	262	57	97	9	9
10	29040	-68,2						

Таблица 1.19

Аномалии высот стандартных изобарических поверхностей и температуры

Июнь 2002 г.

P, гПа	H-H _{ср} , м	(H-H _{ср})/σ _H	T-T _{ср} , °C	(T-T _{ср})/σ _T
850	9	0,3	2,7	2,0
700	21	0,6	1,7	1,4
500	30	0,6	1,8	1,1
400	38	0,6	1,6	1,1
300	56	0,8	2,3	2,2
200	85	1,2	3,4	1,9
150	114	1,6	3,5	2,2
100	141	1,7	3,0	1,7
70	178	1,4	3,3	1,5
50	203	1,6	3,3	1,3
30	213	1,2	3,1	1,0
20	197	0,9	3,4	1,1
10	395	1,5	5,1	1,4

СТ. НОВОЛАЗАРЕВСКАЯ

Таблица 1.20

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения от средних многолетних (f_{ср})

Июнь 2002 г.

	f	f _{макс}	f _{мин}	Аномалия f-f _{ср}	Нормированная аномалия (f-f _{ср})/σ _f	Относительная аномалия f/f _{ср}
Атм.давление на уровне моря, гПа	986,7	1001,3	970,4	-3,5	-0,8	1,0
Температура, °C	-12,1	-2	-24,9	3,4	1,5	
Относ.влажность, %	38			-13,4	-2,3	
Общая облачность, баллы	7,9			2,3	1,9	
Нижняя обл., баллы	2,1			0,9	0,9	
Колич. осадков, мм	28,3			-0,9	0,0	
Средн. скор. ветра, м/с	14,2	28		3	1,3	
Преобл. напр. ветра, град	135					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	П. Ночь					
Общее содержание озона, ед.Добсона	*					

* - Данные измерений общего содержания озона на станции Новолазаревская требуют проверки и до ее осуществления не публикуются.

Таблица 1.21

Результаты аэрологического зондирования атмосферы (по данным телеграмм CLIMAT-TEMP)

Июнь 2002 г.

Изобарическая пов-ть, Р гПа	Высота изобарич. пов-ти, Н м	Температура, Т °С	Дефицит точки росы, D °С	Направл. результ. рующего ветра, град	Скорость результ. рующего ветра, м/с	Параметр устойчи- вости ветра	Колич. суток без данных о т-ре	Колич. суток без данных о ветре
971	122	-12,2	11,5					
925	501	-13,2	9,7	109	18	98	7	7
850	1138	-17,9	8,2	100	19	98	7	7
700	2568	-24,7	5,1	85	10	90	7	7
500	4953	-37,2	4,4	48	7	77	7	7
400	6462	-47	3,9	27	8	67	7	7
300	8314	-59,1	3,4	14	8	65	7	7
200	10790	-65,2	3,5	332	7	66	8	8
150	12545	-64,9	3,6	304	9	82	8	8
100	14999	-68,2	3,8	293	15	93	8	8
70	17121	-70,6	3,8	284	22	96	8	9
50	19107	-71	3,9	285	29	97	12	9
30	22166	-70	4,1	284	42	99	17	9
20	24678	-65,2	4,7	20				

Таблица 1.22

Аномалии высот стандартных изобарических поверхностей и температуры

Июнь 2002 г.

Р, гПа	Н-Н _{ср} , м	(Н-Н _{ср})/σ _Н	Т-Т _{ср} , °С	(Т-Т _{ср})/σ _Т
850	-19	-0,5	1,6	1,0
700	-14	-0,3	0,7	0,5
500	-10	-0,2	1,6	1,1
400	0	0,0	1,9	1,2
300	14	0,2	1,4	0,9
200	19	0,3	1,8	1,0
150	41	0,6	3,1	1,9
100	77	0,9	3,8	2,1
70	131	1,4	5,8	2,5
50	166	1,4	7,6	3,5
30	295	1,9	10,9	4,3
20	498	2,8	15,4	5,8

СТ. БЕЛЛИНСТАУЗЕН

Таблица 1.23

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения от средних многолетних (f_{ср})

Июнь 2002 г.

	f	f _{макс}	f _{мин}	Аномалия f-f _{ср}	Нормированная аномалия (f-f _{ср})/σ _f	Относительная аномалия f/f _{ср}
Атм.давление на уровне моря, гПа	991,2	1010,2	965,1	-3	-0,5	0,6
Температура, °С	-8,9	0,2	-20,7	-3	-1,5	
Относ.влажность, %	83			-4,2	-1,2	
Общая облачность, баллы	8,8			0,2	0,3	
Нижняя обл., баллы	7,4			0,1	0,1	
Колич. осадков, мм	30,7			-19,6	-0,8	0,6
Средн. скор. ветра, м/с	7	22		-0,7	-1,2	
Преобл. напр. ветра, град	202					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	13,4			0,4	0,1	1,0

СТ. ВОСТОК

Таблица 1.24

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения от средних многолетних (f_{ср})

Июнь 2002 г.

	f	f _{макс}	f _{мин}	Аномалия f-f _{ср}	Нормированная аномалия (f-f _{ср})/σ _f	Относительная аномалия f/f _{ср}
Атм.давление на уровне ст., гПа	625,7	636,4	613,3	2	0,4	0,1
Температура, °С	-65,9	-52	-76,4	-0,9	-0,3	
Относ.влажность, %	54			-14,7	-3,4	
Общая облачность, баллы	0			-2,9	-2,9	
Нижняя обл., баллы	0			0	0,0	
Колич. осадков, мм	0,3			-2,7	-1,2	
Средн. скор. ветра, м/с	3,3	7		-2,4	-3,0	
Преобл. напр. ветра, град	270					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	п. Ночь					
Общее содержание озона, ед.Добсона	*					

* - Данные измерений общего содержания озона на станции Восток требуют проверки и до ее осуществления не публикуются.

ИЮНЬ 2002

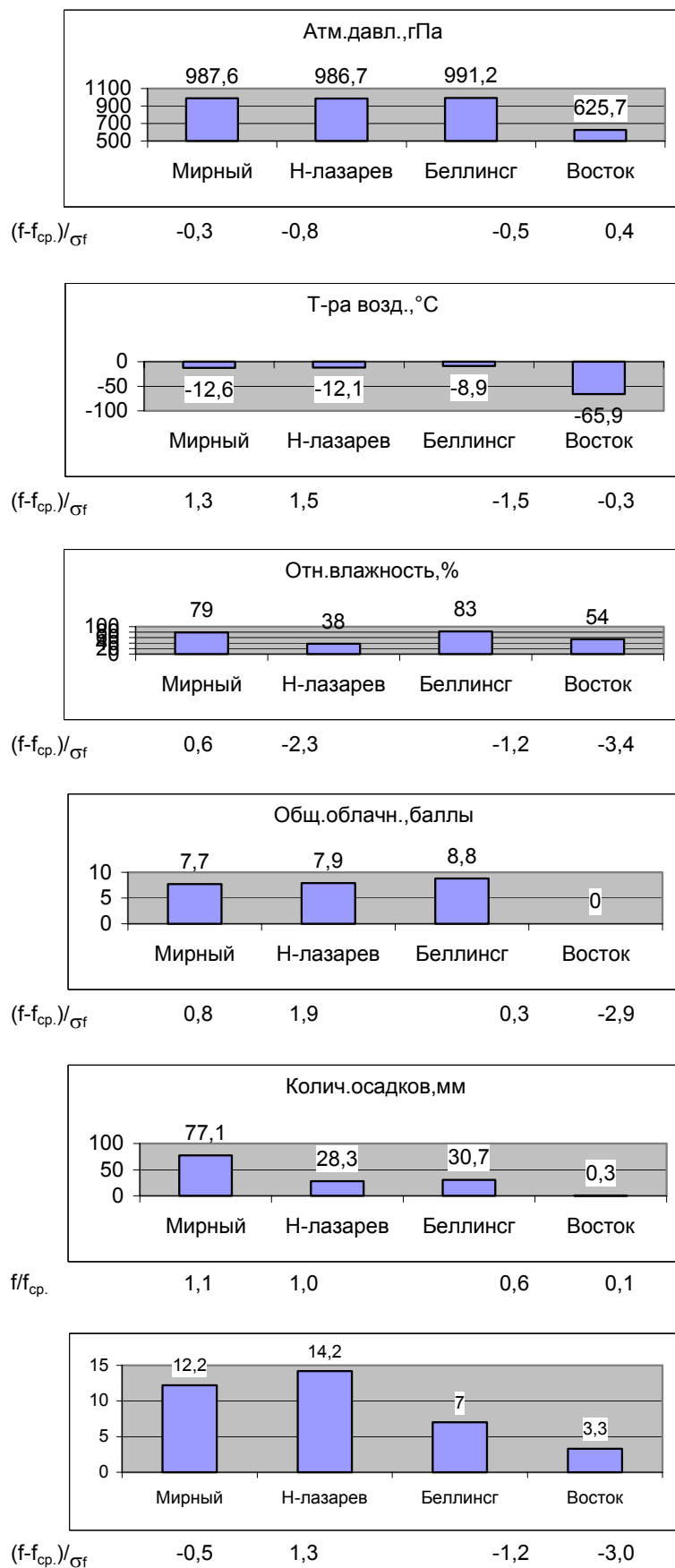


Рис. 1.3. Сопоставление среднemesячных значений метеозлементов на станциях, июнь 2002г.
(Атмосферное давление на прибрежных станциях – на уровне моря, для ст. Восток – на уровне станции).

2. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ В АПРЕЛЕ - ИЮНЕ 2002 г.

В апреле-июне 2002 г. на антарктических станциях Новолазаревская, Мирный и Восток отмечались крупные аномалии тепла. На ст. Восток май 2002 г. оказался самым теплым за весь период наблюдений с 1957 г. Среднемесячная температура здесь составила -59.1°C (рис.2.1). На ст. Мирный в апреле и на ст. Новолазаревская в мае аномалия температуры по рангу теплых лет оказалась, соответственно, третьей и второй. И только на ст. Беллинсгаузен в июне имела место крупная аномалия холода (четвертая по рангу холодных лет).

Температурные условия в апреле-июне на всем континенте характеризует рис.2.1, где приводятся среднемесячные значения, а также абсолютные и нормированные аномалии приземной температуры на российских и иностранных метеорологических станциях. Используются фактические данные, содержащиеся в /1/, и средние многолетние за период 1961-1990 гг., содержащихся в /2/.

В апреле-июне сохранилась наметившаяся с начала 2002 года тенденция к преобладанию на территории Антарктиды обширных очагов тепла. Центр очага тепла так же, как и в марте, отмечался в районе Полярного Плато. Так, на ст. Амундсен-Скотт апрель 2002 г. оказался вторым по рангу теплых лет (с 1957 г.) при аномалии температуры $+4.7^{\circ}\text{C}$ ($+1.9\sigma$). В то же время над западной частью территории Земли Королевы Мод, в районе ст. Халли-Бей, сохранялся очаг аномалии холода (-2.8°C (-1.1σ)).

В мае положительная аномалия температуры отмечалась над всей Восточной Антарктидой. Аномалия тепла в районе ст. Восток составила $+6.7^{\circ}\text{C}$ ($+2.6\sigma$).

В Западной Антарктиде, в районе моря Уэдделла и Антарктического полуострова, образовался очаг холода. Центр очага располагался в районе ст. Ротера-Пойнт (-3.4°C (-1.3σ)) – в западной части полуострова.

В июне произошло ослабление очага тепла. Наиболее выраженные аномалии тепла наблюдались только на побережье Восточной Антарктиды. В районах ст. Дюмон-д'Юрвиль, Мирный и Новолазаревская положительные аномалии тепла составили около 1.5σ (рис.2.1). Очаг холода в Западной Антарктиде несколько усилился и расширился по площади в направлении Полярного Плато. Аномалия холода в центре очага, в районе ст. Ротера-Пойнт, составила -8.1°C (-2.2σ).

Оценка долгопериодных изменений среднемесячной температуры на российских станциях в эти месяцы свидетельствует о статистически значимых тенденциях только на ст. Беллинсгаузен (табл. 2.1, рис.2.2 – 2.4). Повышение температуры в мае и июне на ст. Беллинсгаузен с 1968 г. составило, соответственно, $2.34^{\circ}\text{C}/35$ лет и $2.4^{\circ}\text{C}/35$ лет.

Таблица 2.1

Параметры линейного тренда среднемесячной приземной температуры воздуха

Станции,	Параметр	I	II	III	I	II	III
период работы		Весь период наблюдений			1993-2002 гг.		
Новолазаревская 1961-2002гг.	$^{\circ}\text{C}/10$ лет	0.290	-0.040	0.460	0.450	3.020	2.560
	%	19	2	25	6	39	43
	P	-	-	-	-	-	-
Мирный 1957-2002 гг.	$^{\circ}\text{C}/10$ лет	-0.100	-0.260	0.330	4.030	5.910	0.960
	%	6	14	20	56	75	12
	P	-	-	-	90	95	-
Восток 1957-2002 гг.	$^{\circ}\text{C}/10$ лет	-0.030	-0.070	0.040	1.480	5.210	2.550
	%	2	3	2	19	50	33
	P	-	-	-	-	-	-
Беллинсгаузен 1968-2002 гг.	$^{\circ}\text{C}/10$ лет	0.380	0.670	0.700	1.050	0.580	-0.010
	%	27	32	31	25	13	0
	P	-	90	90	-	-	-

Примечание: первая строка – коэффициент линейного тренда;
вторая строка – значение дисперсии, выбираемой линейным трендом;
третья строка – уровень значимости (приводится, если он превышает 90, 95-и или 99-процентные доверительные интервалы).

В последнем десятилетии статистически значимый линейный тренд температуры апреля и мая в Восточной Антарктиде имеет место только на ст. Мирный.

Атмосферное давление на российских станциях в апреле и июне было ниже среднемноголетнего, а в мае – выше. Наиболее крупные отклонения от нормы наблюдались на ст. Мирный и Восток. В апреле на ст. Мирный отрицательная аномалия давления составила (-5.5 гПа (-1.7σ)). В мае на ст. Восток второй раз после 1975 года имела место крупная положительная аномалия давления ($+9.8$ гПа (1.8σ)).

В межгодовом ходе атмосферного давления на ст. Мирный (апрель-июнь) и ст. Новолазаревская (апрель-май) наблюдается статистически значимый отрицательный тренд (рис.2.2 – 2.4).

Более всего для рассматриваемых месяцев за период 1957-2002 гг. атмосферное давление понизилось на ст. Мирный (-6.7гПа/46 лет, май).

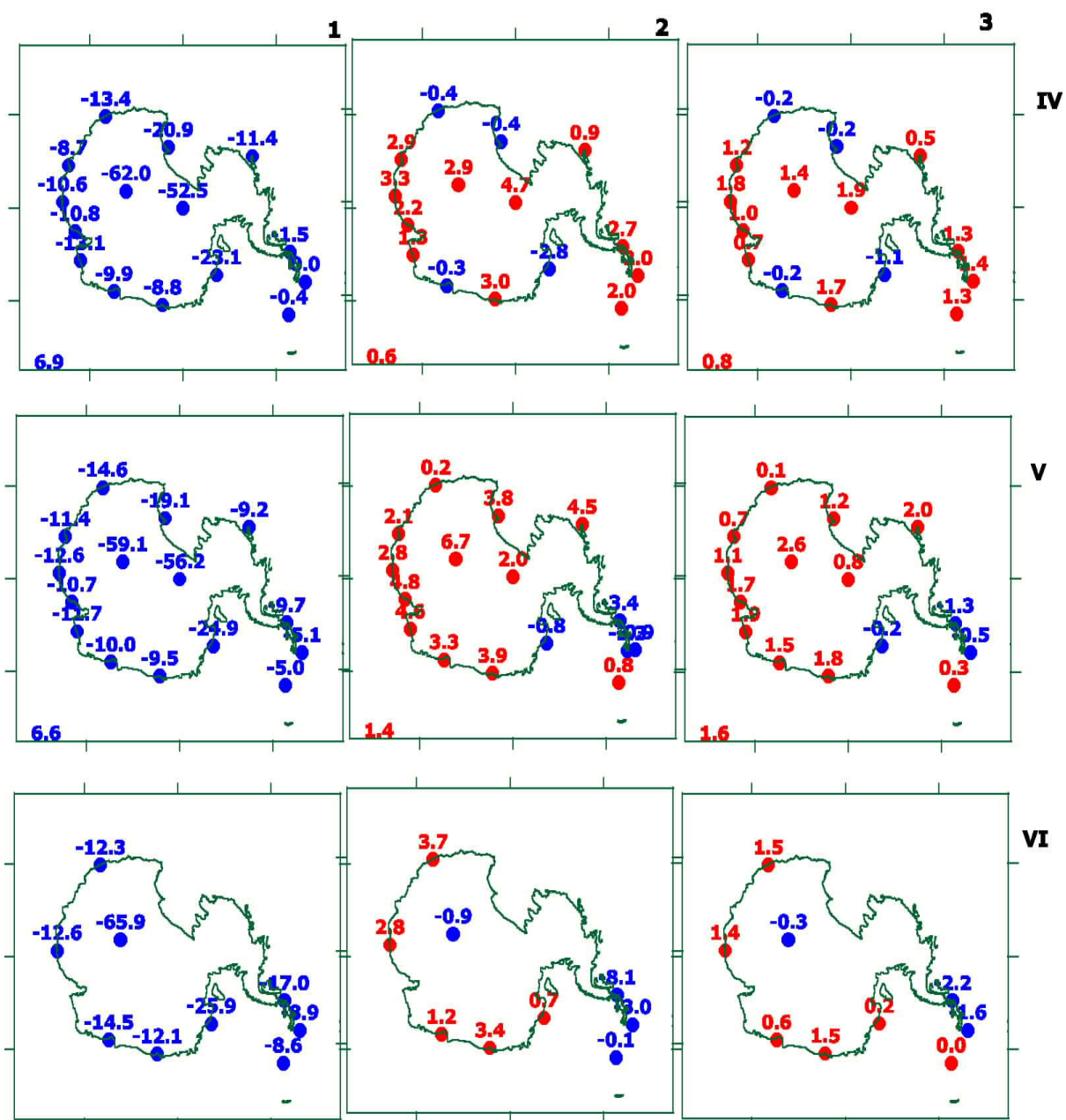
В последнем десятилетии (1993-2002 гг.) статистически значимый линейный тренд давления отмечается только на ст. Новолазаревская. Понижение давления здесь составило -1.1 гПа/10 лет.

В апреле и мае осадков выпало больше нормы. В апреле на ст. Мирный, Новолазаревская и Восток – около 1.5 норм осадков, в мае на ст. Новолазаревская – около 3 норм и на ст. Восток – около 2 месячных норм.

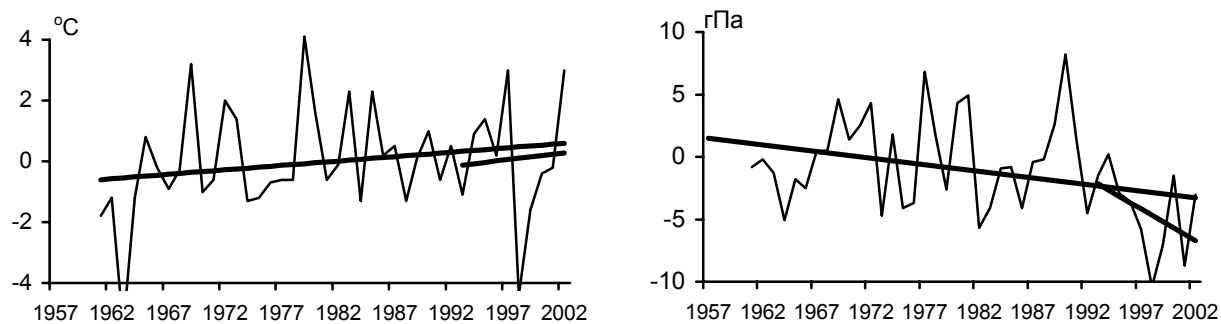
В июне количество осадков на всех российских станциях было меньше нормы. Отметим, что тенденция уменьшения количества выпавших осадков для рассматриваемых месяцев преобладает.

Список литературы:

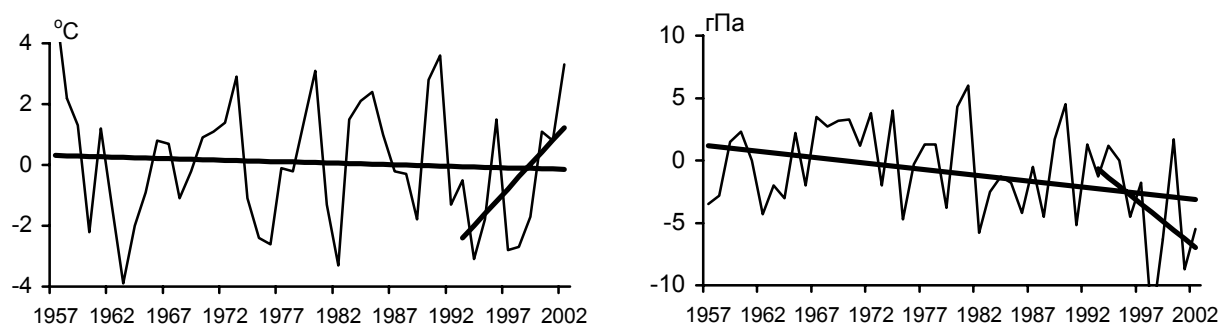
1. <http://www.ncdc.noaa.gov/ol/climate/climatedata.html>
2. Атлас океанов. Южный океан. МО РФ (в печати)



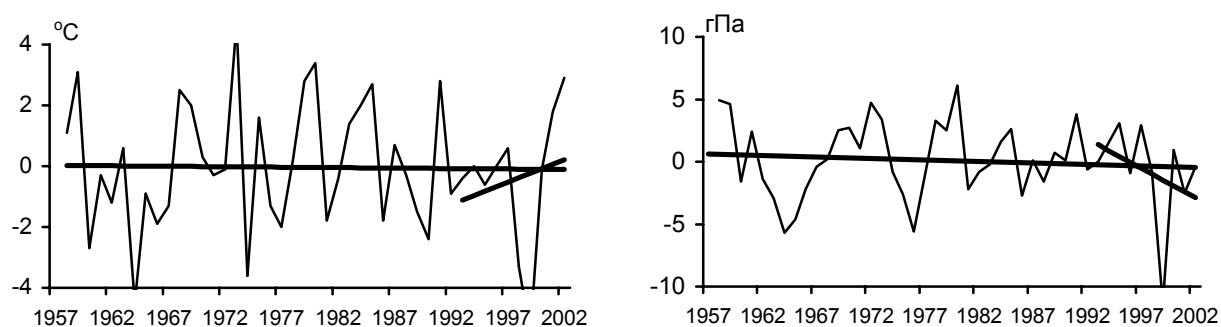
Новолазаревская



Мирный



Восток



Беллинсгаузен

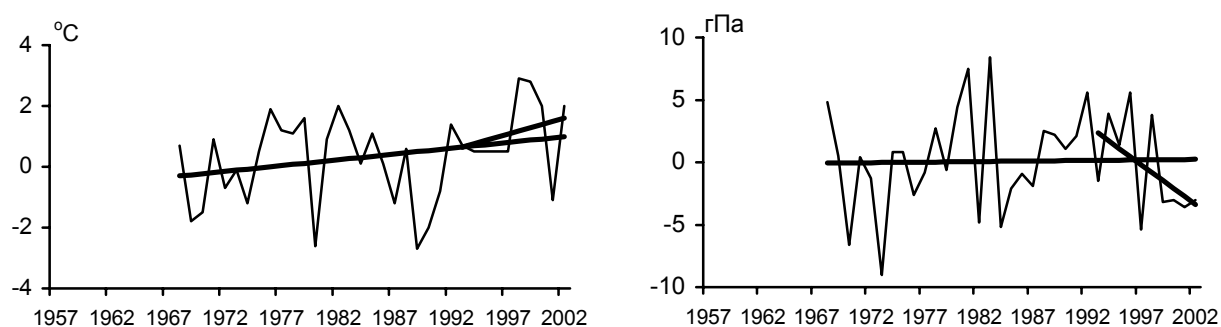
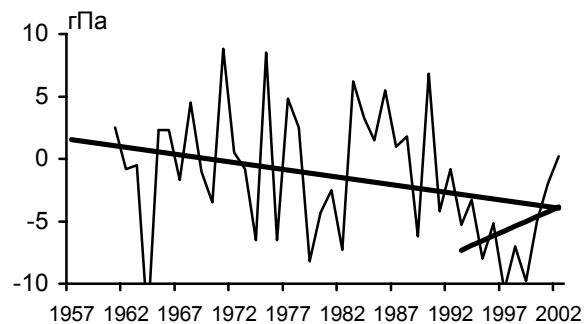
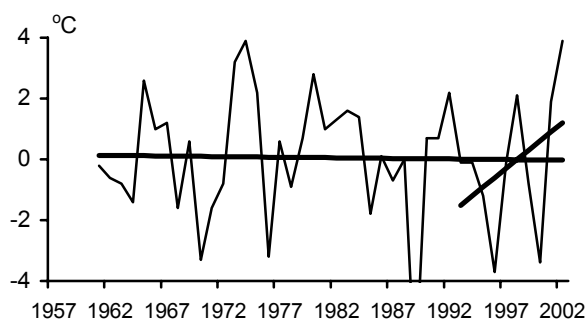
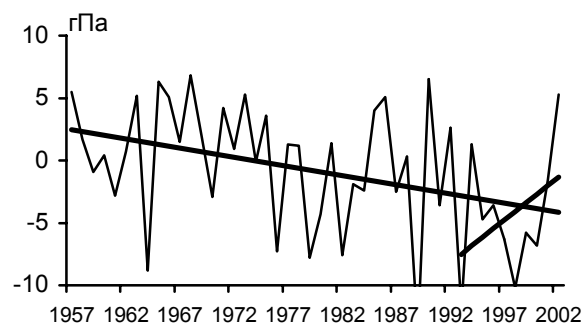
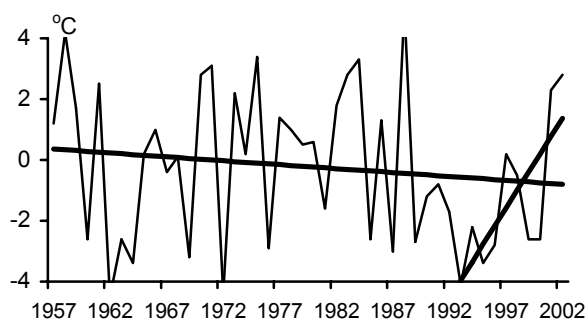


Рис. 2.2. Межгодовой ход аномалий температуры и атмосферного давления на российских антарктических станциях. Апрель.

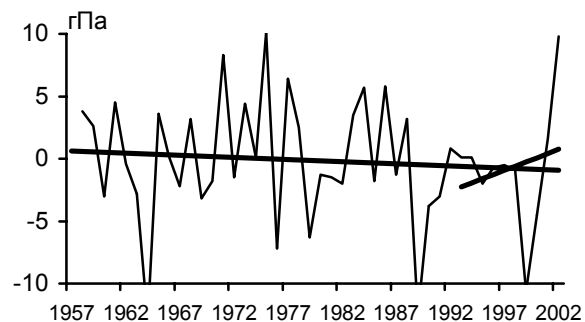
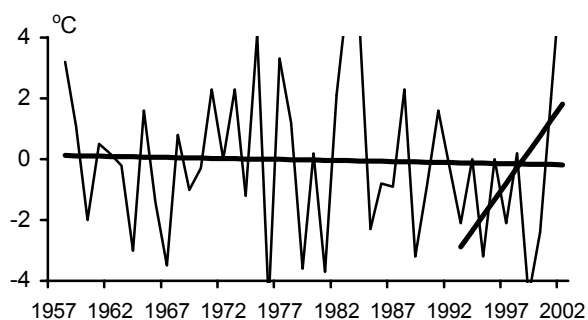
Новолазаревская



Мирный



Восток



Беллинсгаузен

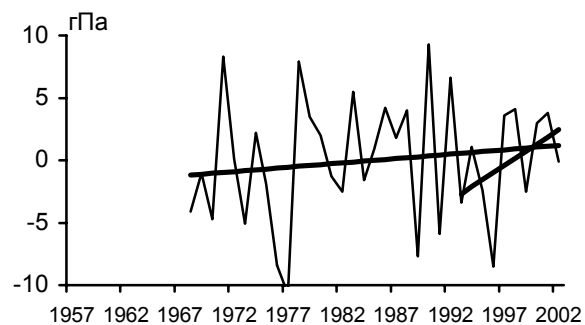
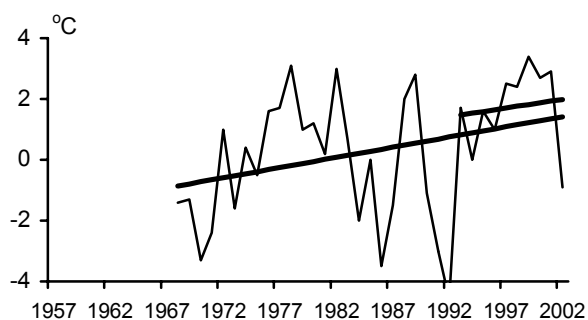
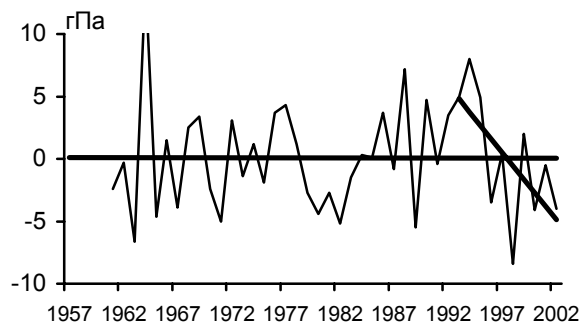
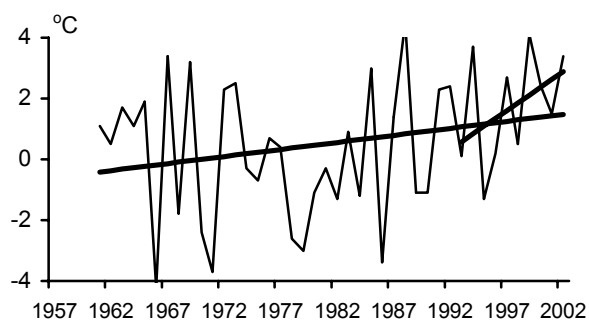
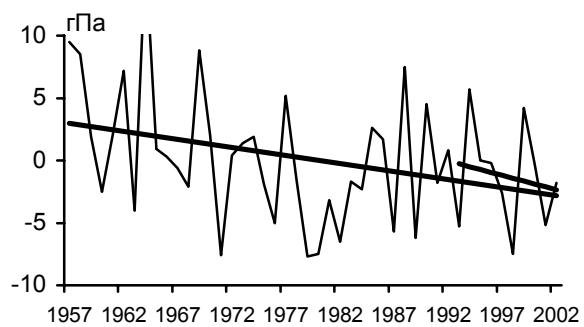
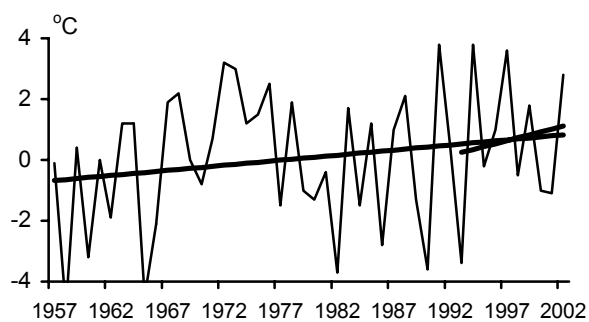


Рис. 2.3. Межгодовой ход аномалий температуры и атмосферного давления на российских антарктических станциях. Май.

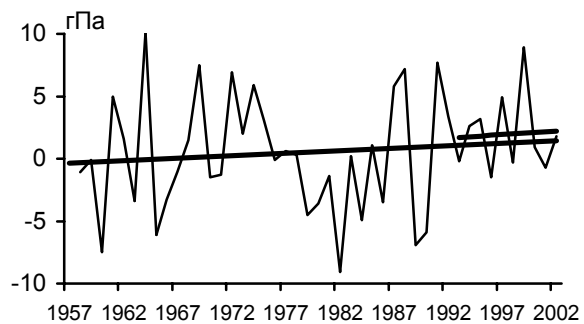
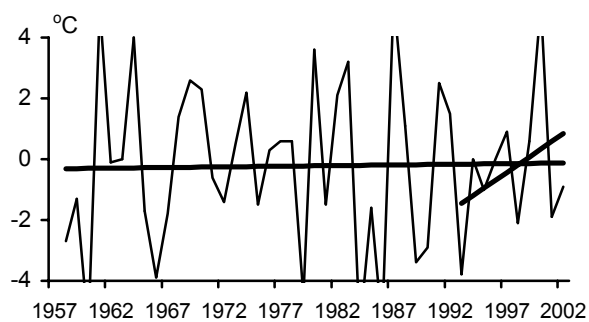
Новолазаревская



Мирный



Восток



Беллинсгаузен

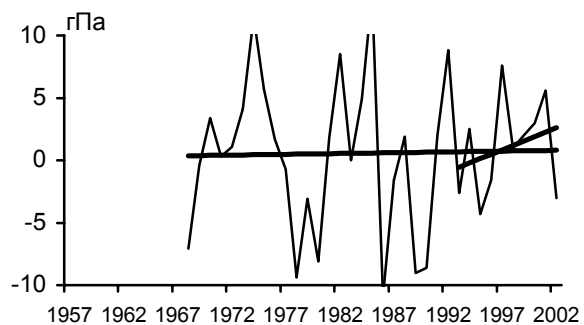
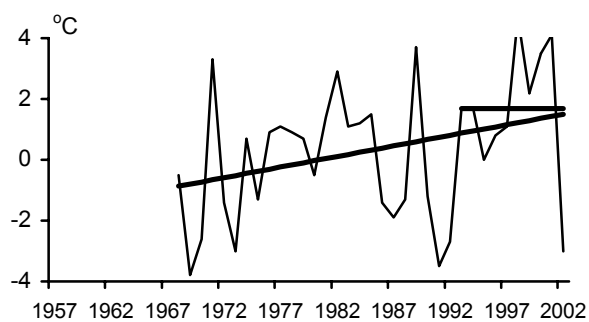


Рис. 2.4. Межгодовой ход аномалий температуры и атмосферного давления на российских антарктических станциях. Июнь.

3. ОБЗОР АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ НАД АНТАРКТИКОЙ В АПРЕЛЕ-ИЮНЕ 2002 г.

Период апреля-июня для Антарктики в климатическом отношении можно рассматривать как предзимье и начало зимы. Характер атмосферной циркуляции при этом претерпевает резкие изменения. После летней зональности преобладают меридиональные процессы. В текущем году перестройка атмосферных макропроцессов в Южном полушарии происходила особенно резко. Имели место значительные отрицательные аномалии зональной формы циркуляции (см. табл.3.1). Заметим, что тенденция ослабления зональности наметилась еще в феврале-марте.

Таблица 3.1

Значения повторяемости форм атмосферной циркуляции Южного полушария и их аномалии
в апреле-июне 2002 г.

Месяц	Повторяемость (дни)			Аномалии (дни)		
	Z	M _a	M _b	Z	M _a	M _b
Апрель	5	11	14	-6	0	6
Май	3	11	17	-5	-3	8
Июнь	6	8	16	-2	-7	9

Как видно из приведенной таблицы, снижение повторяемости зональной циркуляции сопровождалось аномальным развитием формы M_b. Напомним, что повышенная активность формы M_b наблюдается с середины 2001 года, а с февраля текущего года отмечаются крупные аномалии ее повторяемости. Это является основной особенностью рассматриваемого периода, что нашло отражение и в формировании среднемесячных термобарических полей.

Наиболее активным в течение апреля-июня являлся гребень индоокеанского субтропического антициклона, характерный для процессов формы M_b. Гребни субтропического антициклона иногда объединялись с гребнями антарктического антициклона. Циклоны перемещались чаще всего по южноамериканской, центральноатлантической и кergеленской меридиональным траекториям. Стационарные депрессии располагались над морями Лазарева, Рисер-Ларсена, Космонавтов, Дейвиса и Моусона. В этих районах формировались очаги значительных отрицательных аномалий среднемесячного давления.

Здесь же, благодаря интенсивному меридиональному выносу теплых воздушных масс, наблюдались очаги крупных положительных аномалий среднемесячной температуры воздуха.

Важным показателем, свидетельствующим о повышенном развитии меридиональности над полушарием, явились значительные аномалии температуры в апреле и мае на внутриконтинентальной российской станции Восток (в мае +6,5°C, см. табл.1.16 наст. бюлл.).

В нижней стратосфере к апрелю полностью завершился процесс перестройки и установился развитый зимний стратосферный вихрь.

**4. КРАТКИЙ ОБЗОР ЛЕДОВЫХ ПРОЦЕССОВ
В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ
ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ И ПРИБРЕЖНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
НА РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ
В АПРЕЛЕ - ИЮНЕ 2002 г.**

Повсеместно начавшееся в марте интенсивное разрастание антарктического ледового пояса (см. обзор за 1-й квартал 2002 г.) резко замедлилось в апреле - мае. Более того, в эти месяцы в преобладающем большинстве районов атлантического и индийского секторов Южного океана поочередно наблюдались периоды продолжительностью не менее двух декад, характеризующиеся абсолютной стабилизацией положения внешней, северной ледовой кромки.

В результате в мае ледовитость данных секторов в целом была заметно ниже нормы (рис.4.1 и табл.4.1). На этом фоне особенно отчетливо выделялись зоны активного выноса льда на север в районах 55-60° з.д., 20-25° з.д., 10° в.д. и 85° в.д. В частности, несмотря на экстремально южное положение атлантического массива летом 2002 г., усиленная осенняя адвекция вдоль Антарктического полуострова обусловила во второй половине мая достижение льдом из моря Уэдделла пролива Брансфилд. Прямым следствием этого явилось начало устойчивого ледообразования в районе станции Беллинсгаузен в более ранние сроки, обычные для периода до 1996 г. (табл.4.2), в отличие от последних 6 лет с ослабленным из-за теплых зим развитием ледовых процессов. В июне произошло характерное для Антарктики повторное скачкообразное увеличение размеров ледового пояса. Особенно впечатляюще выглядело фантастически быстрое покрытие молодым льдом области так называемой полыньи Уэдделла между 62-67° ю.ш. и 10° з.д.-10° в.д.

В заключение следует отметить пониженную интенсивность нарастания сохранившегося в районе обсерватории Мирный прошлогоднего припая (табл.4.3), благодаря его изначально высоким теплоизолирующим свойствам по сравнению с ординарным льдом.

Таблица 4.1.

Широтное положение внешней, северной кромки пояса дрейфующих льдов в Южном океане по данным ЛОИСЗ станций Новолазаревская и Мирный в мае 2002 г.

Меридианы	Факт.	Норма
60° з.д.	63.7	63.1
50°	62.4	60.5
40°	63.5	61.2
30°	64.4	62.6
20°	64.4	64.6
10° з.д.	64.4	66.2
0°	67.8	66.8
10° в.д.	66.1	66.3
20°	67.4	66.2
30°	66.9	66.4
40°	66.1	66.2
50°	64.9	64.8
60°	64.4	63.6
70°	63.8	63.0
80°	63.6	63.4
90°	63.5	63.3
100°	63.2	62.9
110°	63.4	63.5
120°	63.8	63.8
130°	64.4	64.0
140° в.д.	63.5	63.9

Таблица 4.2

Даты наступления основных ледовых фаз в районах российских антарктических станций в первой половине 2002 г.

Станция (водный объект)		Ледобразование		Образование припая		Замерзание	
		первое	устойчивое	первое	устойчивое	первое	окончательное
Мирный (рейд)	фактич.	26.02	26.02	30.03	30.03	30.03	30.03
	норма	11.03	12.03	30.03	02.04	14.04	17.04
Беллинсгаузен (бух. Ардли)	фактич.	07.06	07.06	08.06	НБ	НБ	НБ
	норма	09.05	08.06	11.06	13.06	03.07	07.07

Примечание: НБ- явления не было (еще не наступило)

Таблица 4.3

Средняя толщина остаточного (прошлогодного) припая (см) и высота снега (см) на припаяе в районе обсерватории Мирный по данным профильных измерений в первой половине 2002 г.

Месяцы		I	II	III	IV	V	VI
Лед	фактич.	103	-	64	72	83	96
	норма				46	67	84
Снег		3	-	14	24	11	21

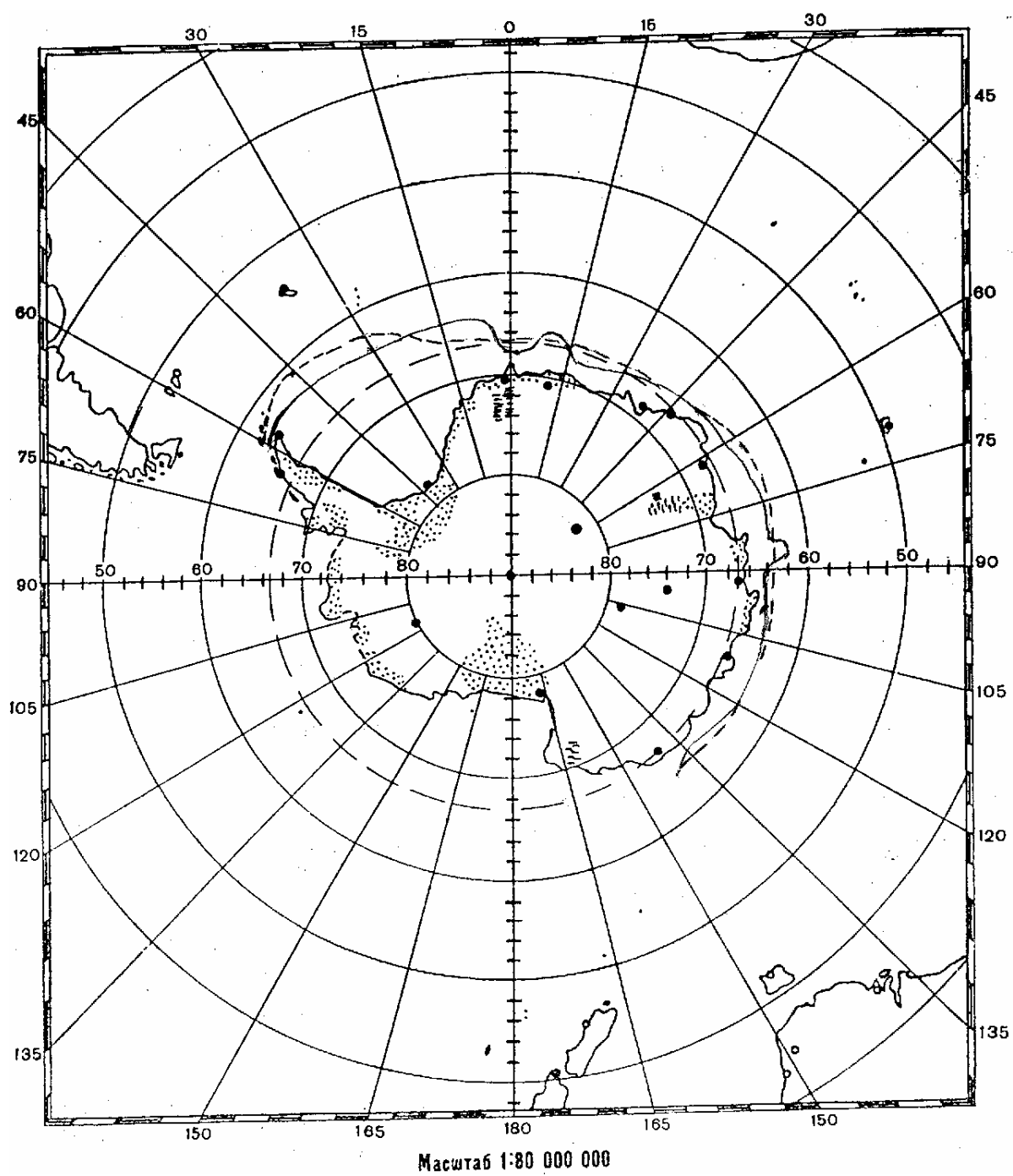


Рис.4.1. Фактическое и среднемноголетнее положение внешней, северной кромки дрейфующего льда в Южном океане в мае 2002 г.

Условные обозначения:
 — факт.; - - - - норма.

5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА НА СТАНЦИИ МИРНЫЙ ВО ВТОРОМ КВАРТАЛЕ 2002 ГОДА

Регулярные измерения общего содержания озона во втором квартале 2002 г. продолжались только на станции Мирный и были завершены из-за низкой высоты Солнца 13 мая.

Среднемесячные значения ОСО в Мирном в апреле - мае (273 ед Добсона в апреле и 254 ед Добсона в мае) были несколько ниже, чем в предыдущем году. Однако и в апреле, и в мае (см. рис. 5.1) наблюдались довольно значительные колебания содержания озона. Это, вероятно, можно объяснить происходившей в этом году аномально резкой перестройкой характерной для лета зональной циркуляции атмосферы на меридиональную с явным преобладанием в течение рассматриваемого периода меридиональных процессов, сопровождавшихся выносами воздушных масс из умеренных широт. Наименьшее значение ОСО – 210 ед. Добсона, было отмечено 5 мая.

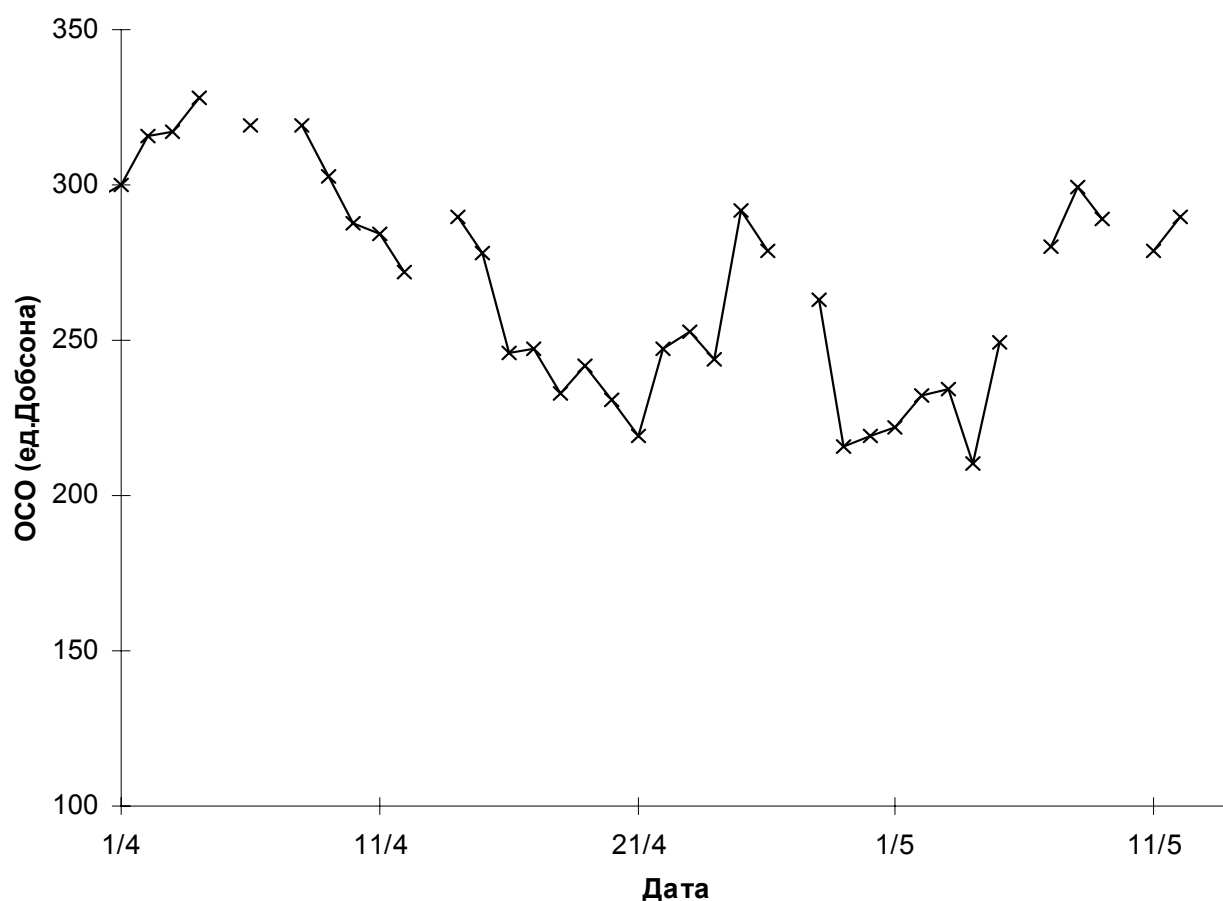


Рис. 5.1. Среднесуточные значения общего содержания озона на станции Мирный во втором квартале 2002 года.

6. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ В АПРЕЛЕ – ИЮНЕ 2002 г.

ДАННЫЕ ТЕКУЩИХ НАБЛЮДЕНИЙ

ОБС. МИРНЫЙ

Среднемесячные абсолютные значения геомагнитного поля

	<i>апрель</i>	<i>май</i>	<i>июнь</i>
<i>Склонение</i>	<i>86°45.9'W</i>	<i>86°51.4'W</i>	<i>86°57.7'W</i>
<i>Горизонтальная</i>	<i>13950 нТ</i>	<i>13914 нТ</i>	<i>13879 нТ</i>
<i>Вертикальная</i>	<i>-57496 нТ</i>	<i>-57524 нТ</i>	<i>-57546 нТ</i>

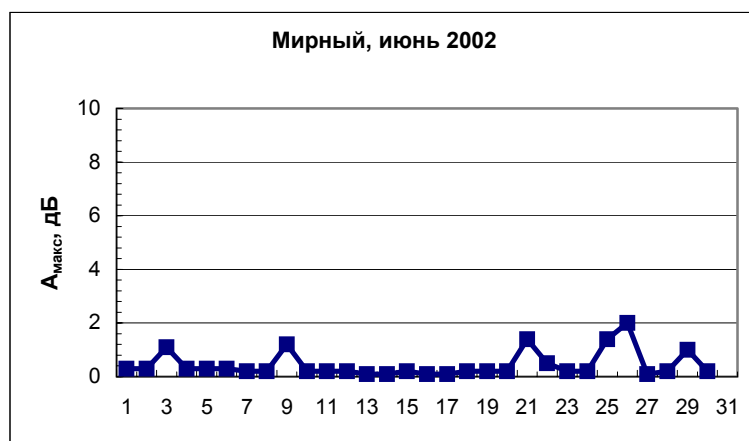


Рис. 6.1. Максимальные суточные значения поглощения космического радиоизлучения на частоте 32 МГц по данным риометрических наблюдений в обс. Мирный.

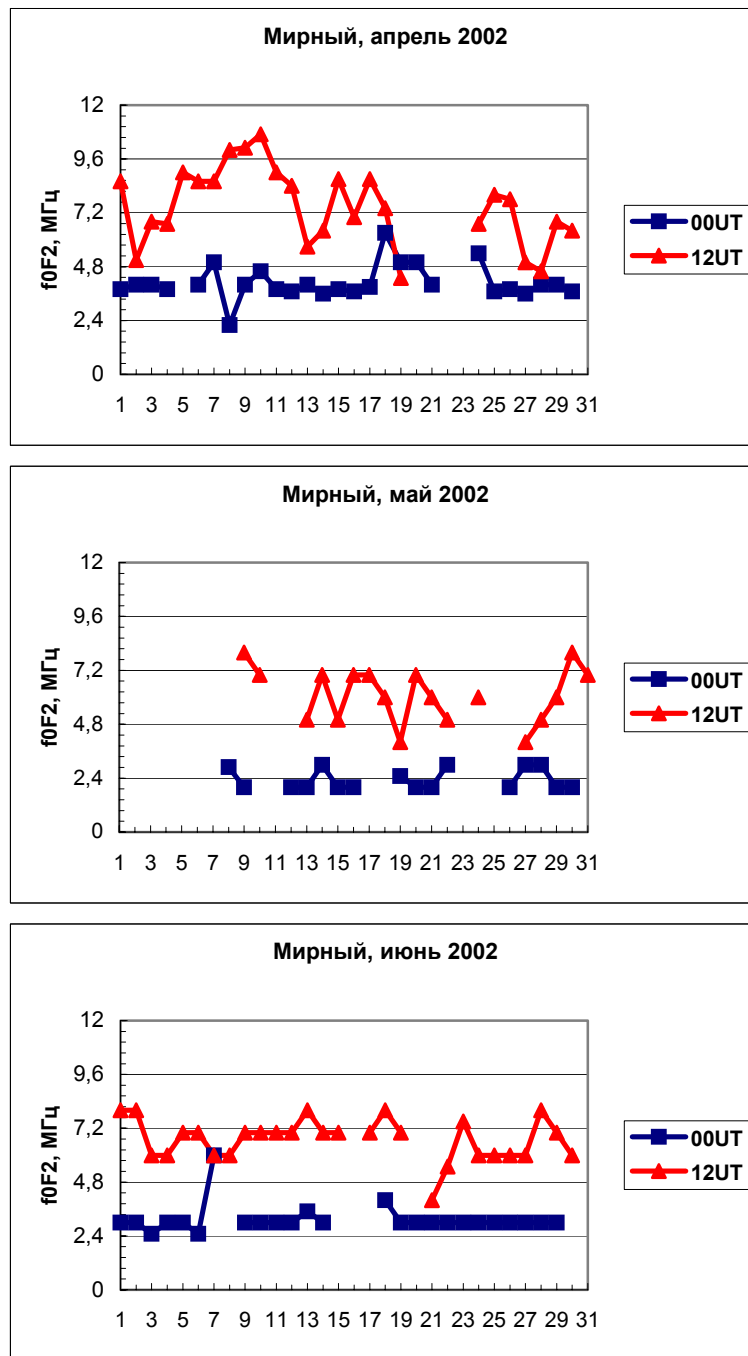


Рис.6.2. Суточный ход критических частот слоя F2 (f_0F_2) в обс. Мирный.

СТ. ВОСТОК

Среднемесячные абсолютные значения геомагнитного поля

	апрель	май	июнь
Склонение	$121^{\circ}04.01'W$	$121^{\circ}03.77'W$	$121^{\circ}05.91'W$
Горизонтальная	13340 нТ	13466 нТ	13470 нТ
Вертикальная	-58148 нТ	-58143 нТ	-58129 нТ

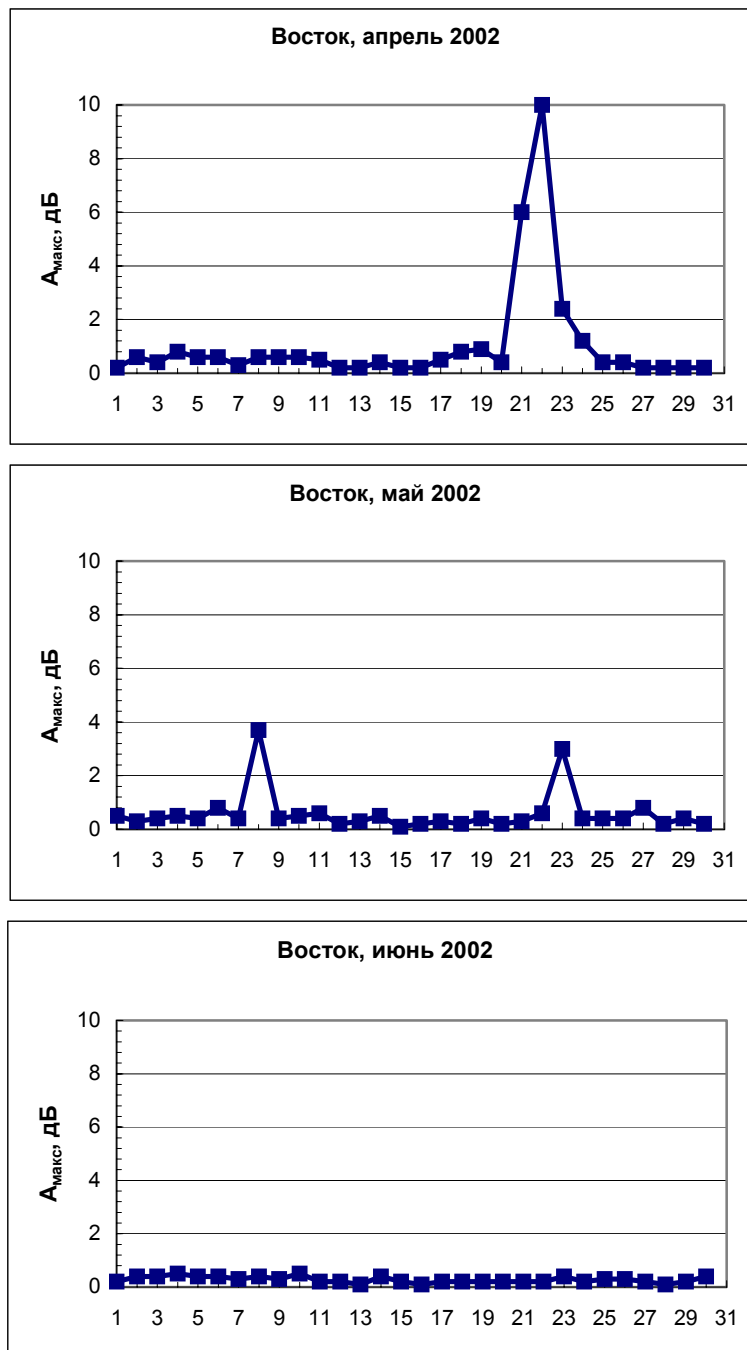


Рис. 6.3. Максимальные суточные значения поглощения космического радиоизлучения на частоте 32 МГц по данным риометрических наблюдений на ст. Восток.

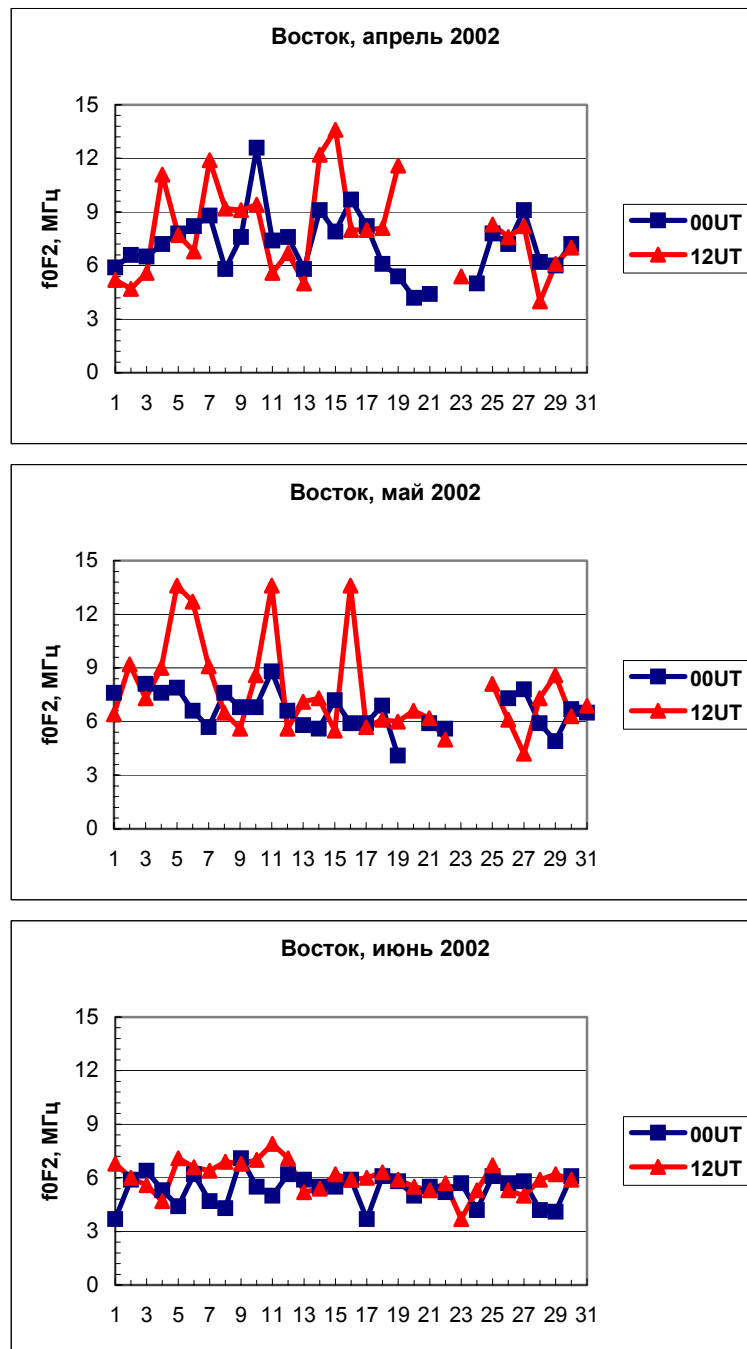


Рис.6.4. Суточный ход критических частот слоя F2 (f_0F_2) на ст. Восток.

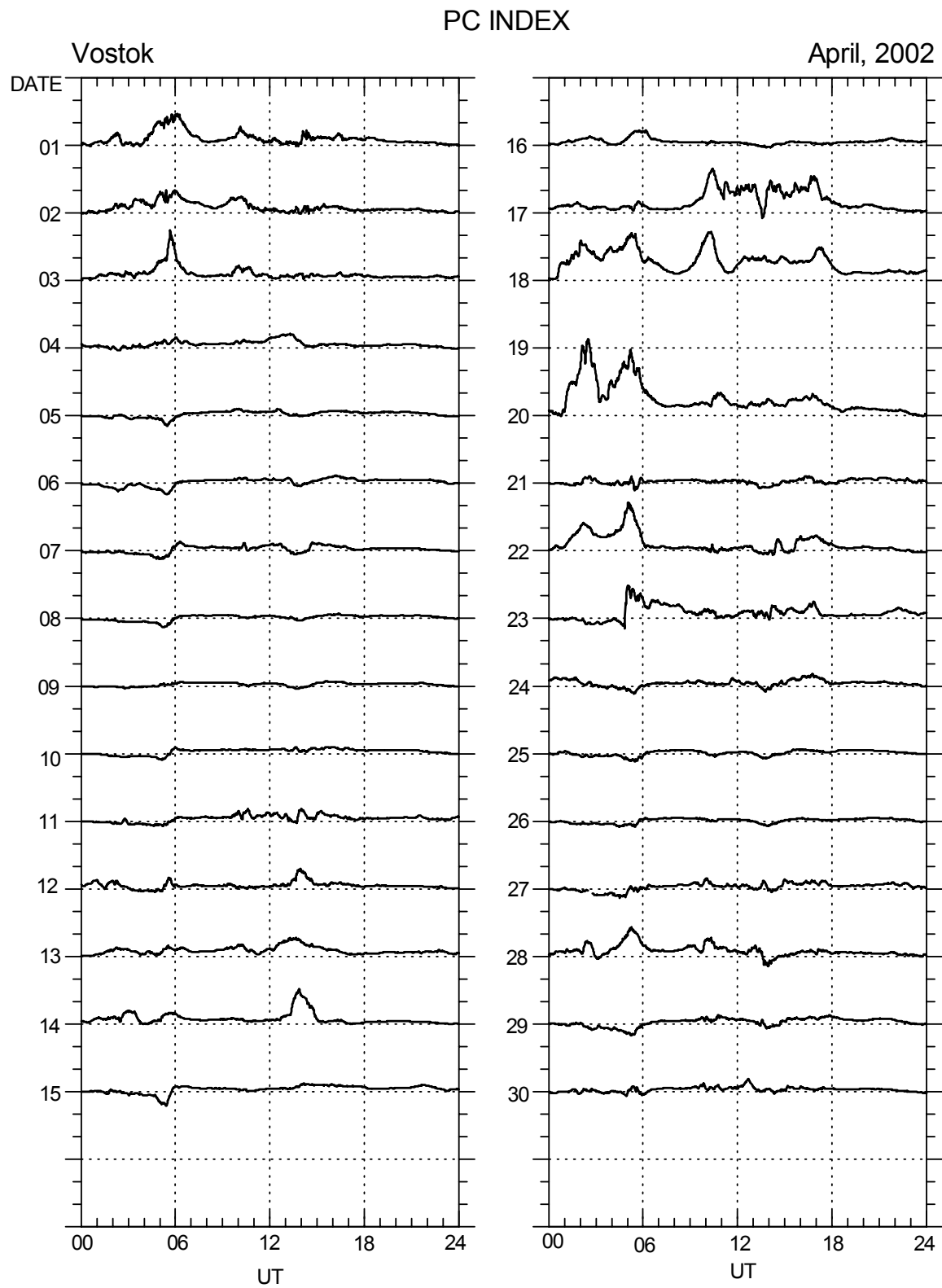


Рис. 6.5

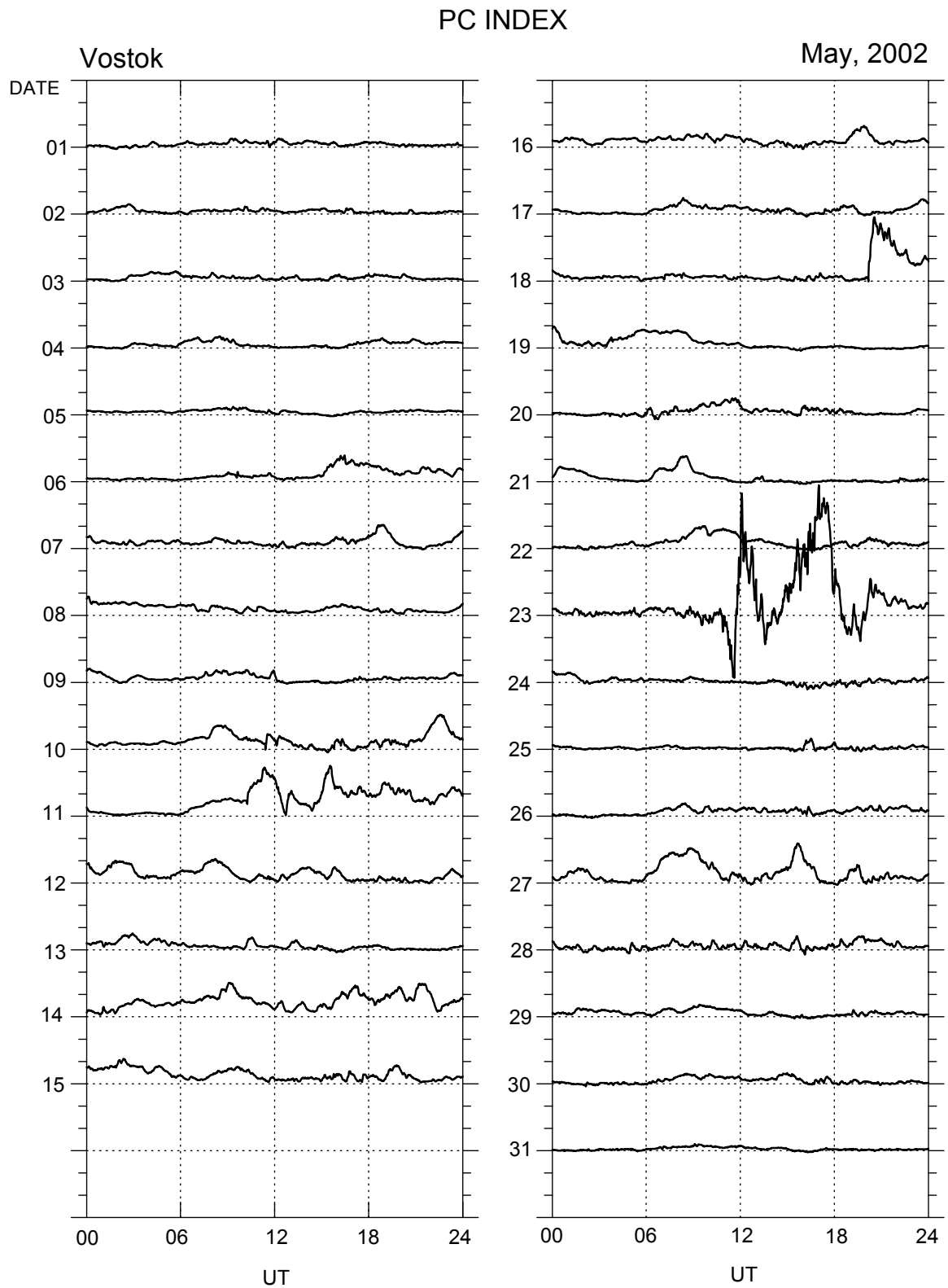


Рис. 6.6

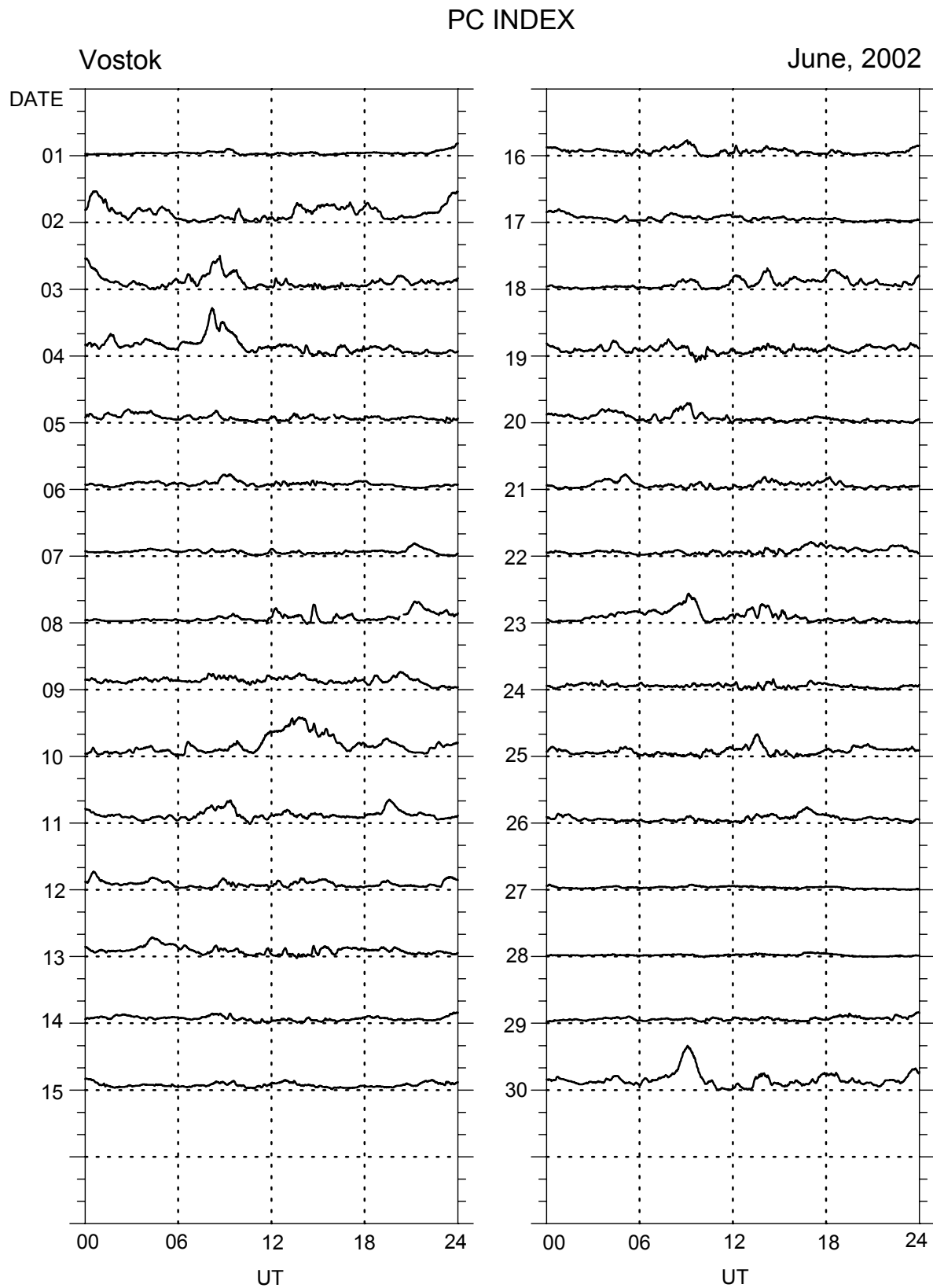


Рис. 6.7

Обзор состояния геомагнитного поля и ионосферы над Антарктикой

во 2 кв. 2002 г.

Геофизические наблюдения проводились на станциях Новолазаревская¹ (магнитные), Восток и Мирный (магнитные, вертикальное зондирование ионосферы, риометрические наблюдения).

Состояние ионосферы характеризуется поведением критических частот слоя F2 (f_0F_2). Суточный ход f_0F_2 соответствует норме. Четко выраженные суточные вариации в начале апреля сменяются слабо выраженным суточным ходом в остальной период, что связано с наступлением полярной ночи и изменением освещенности ионосферы.

Во втором квартале 2002 года магнитные бури наблюдались 17 – 23 апреля, 10 – 12 мая, 18 – 19 мая, 23 мая (PC – индекс по данным ст. Восток более 25) и 2 – 4 июня.

Наиболее интенсивные возмущения сопровождалось вторжением в южнополярную ионосферу высокоэнергичных солнечных протонов. Эффекты этих вторжений, так называемые явления поглощения в полярной шапке (ППШ), фиксировались риометрами на станциях Мирный и Восток. Заметные ППШ были отмечены 17 – 26 апреля (на станции Восток поглощение 22 апреля составило более 10 дБ) и 22 – 27 мая. В эти же периоды зафиксировано пропадание сигнала на ионозондах Мирного и Востока (явление В) 20 – 24 апреля и 21 – 24 мая, связанное с солнечными протонными событиями.

¹- данные станции Новолазаревская временно не публикуются.

7. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОРСКОЙ ВОДЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ БУХТЫ АРДЛИ (РАЙОН СТАНЦИИ БЕЛЛИНГСАУЗЕН) В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2000 – 2001гг.

Фомичев Н.И.

Выполняемые сотрудниками РАЭ экологические работы на станции Беллинсгаузен в летние сезоны 2000-2001гг. были направлены на изучение физико-химической характеристики водной массы в прибрежной части бухты Ардли и её изменчивости в летний период. Этот район является местом сброса сточных вод без предварительной очистки, поступающих от расположенной в непосредственной близости российской базы Беллинсгаузен, а также чилийской базы Фрэй.

С точки зрения гидрологии, этот район интересен тем, что бухта Ардли является зоной смешения морских и речных вод (ручей Станционный). Прямых измерений общего объёма пресных вод (таяние снега, ледников и льда, выпадение жидких осадков), поступающих на акваторию бухты Ардли и залива Максвелл, нет. Косвенные данные, полученные в результате океанографических работ /1/, говорят о том, что объём пресного стока достаточно большой. Так, в заливе Максвелл, составной частью которого является бухта Ардли, в летний период на горизонте 5м находится галоклин. Как правило, наибольшей солёности соответствует более низкая температура. Такая вертикальная стратификация образуется благодаря стоку более теплых и пресных вод суши. Например, в январе 1989 г. /1/ в центральной части залива Максвелл при солёности 34.5‰ температура составила +0.1°C. В прибрежной части острова Нельсон солёность составляет 34.2‰ при температуре +0.9°C. Характерной особенностью исследуемого района являются аномально высокие по сравнению с бухтой Хоп (63°24' ю.ш, 56°50' з.д.) и Портом Фостер (62°58' ю.ш, 60°34' з.д.) приливо-отливные колебания уровня моря. По данным /2/ в бухте Ардли прилив неправильный полусуточный. Величина тропического прилива достигает 2-х метров. Средняя амплитуда прилива равна 103 см, а сизигийный и квадратурный приливы имеют амплитуду 146 см и 42 см, соответственно. При сильном ветре (до 30 м/с) заметных сгонно-нагонных колебаний уровня не наблюдается. По мнению авторов /2/ здесь сказывается транзитный перенос вод через пролив Файлдс - между островом Кинг Джордж (Ватерлоо) и Нельсона (Лейпциг).

С целью изучения в летний период пространственно-временной изменчивости физико-химических параметров водной массы бухты Ардли в сезон 2000 - 2001гг. выполнялись гидрологические разрезы. Методика работы и средства измерений были описаны нами ранее /3/. К недостаткам работ, по нашему мнению, относится то обстоятельство, что из-за отсутствия соответствующих средств измерений не проводились наблюдения по изучению гидродинамических процессов, которые оказывают значительное влияние на характер и интенсивность гидрохимических, гидробиологических, физико-химических процессов, а также на самоочищение, продуктивность и т.п. Поэтому условие, что всякое серьезное решение в области охраны и рационального использования водных ресурсов следует базировать на экспериментальном изучении гидродинамических условий конкретного водного объекта /4/, не было выполнено.

Графическое представление всего многообразия форм пространственно-временной изменчивости измеренных параметров прибрежной водной массы не представляется возможным. Поэтому важно представить обобщающие рисунки и некоторые статистические характеристики прибрежной водной массы. Можно надеяться, что эти предварительные результаты послужат первоосновой для дальнейшего планирования и проведения каких-либо специализированных (в смысле узкопрофильности и выбора изучения конкретной геохимической системы: река-море, водная масса, океан - атмосфера и вода - донные осадки) научных экспериментов, проведение которых в связи с постоянно увеличивающейся антропогенной нагрузкой в этом районе является необходимостью.

Заметное отличие пространственно-временной изменчивости параметров морской воды на разрезах по нашему мнению определяется влиянием ветра, температурой воздуха, поступлением талых вод и приливными колебаниями уровня моря. Характеристикой отклика на воздействие всех этих разномасштабных процессов (интегральной величиной) могут служить средние квадратические отклонения измеренных параметров морской воды, полученные на материале двух разрезов в бухте Ардли (рис. 7.1 и рис. 7.2)

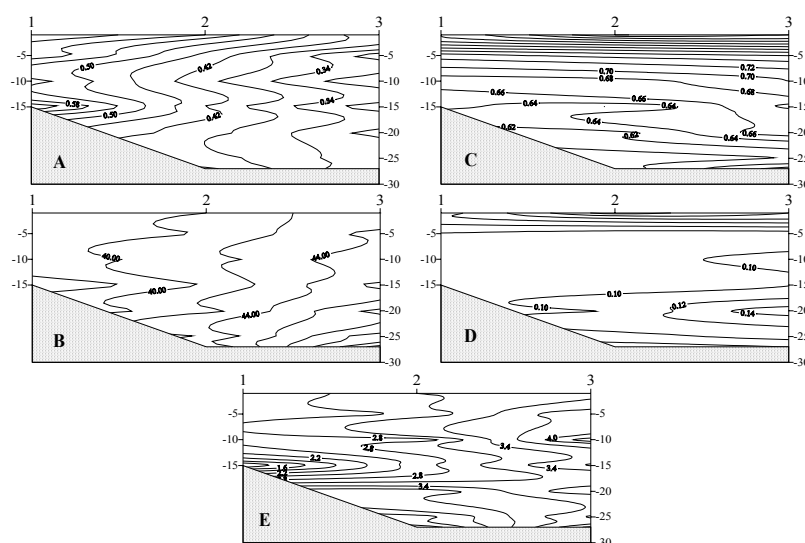


Рис. 7.1. Изолинии стандартных отклонений σ (A - pH), (B - Eh, мВ), (C - $T^{\circ}\text{C}$), (D - $S\text{‰}$), (E - O_2 , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$). Разрез № 1. Период наблюдений 17.11.2000г. - 26.01.2001г. Для кислорода период наблюдений 17.11.2000г. - 08.01.2001г.

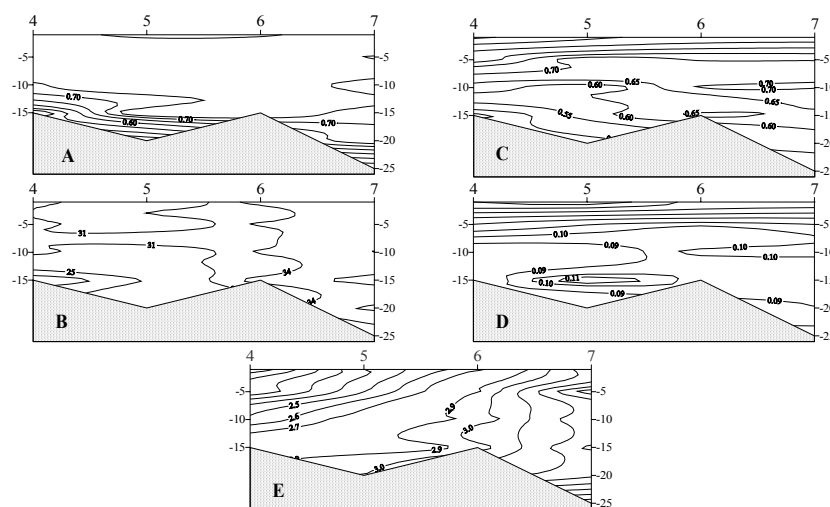


Рис. 7.2. Изолинии стандартных отклонений σ (A - pH), (B - Eh, мВ), (C - $T^{\circ}\text{C}$), (D - $S\text{‰}$), (E - O_2 , $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$). Период 17.11.2000г. - 26.01.2001г. Разрез № 2. Для кислорода период наблюдений 17.11.2000г. - 08.01.2001г.

Как видно на рис.7.1, 7.2 и в табл.7.1, параметры pH, $S\text{‰}$, $T^{\circ}\text{C}$ имеют максимум изменчивости в верхнем слое. Здесь сказывается влияние гидрометеорологических условий на квазиоднородный верхний слой. По нашим наблюдениям более распределенный верхний слой отчетливо виден на рис.7.1, 7.2 по максимуму изменчивости температуры и солёности, а также по автокорреляционным функциям $S\text{‰}$, $T^{\circ}\text{C}$ (рис.7.4). Временная изменчивость (рис.7.3) характеризует периодическое нарушение солёностотемпературного градиента верхнего слоя за счет волнового перемешивания.

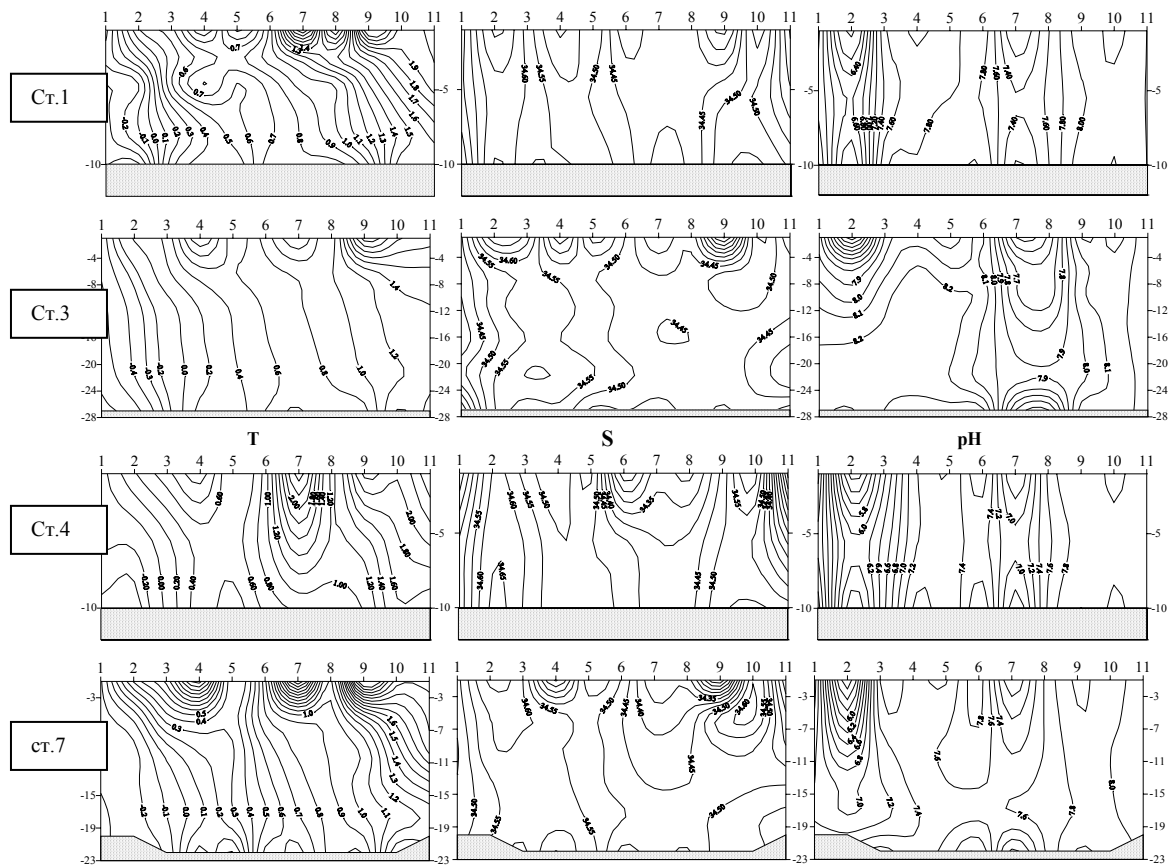


Рис. 7.3. Временная изменчивость $T^{\circ}\text{C}$, $S\%$ и pH на станциях в бухте Ардли в летний период с 17.11.2000г. по 26.01.2001г. По оси X – номер измерений, по оси Y - глубина места в метрах.

В береговой зоне бухты Ардли при прижимных ветрах, благодаря мелководности и частому турбулентному перемешиванию из-за волнения моря, происходит взмучивание воды. При этом смещаются богатые биогенными веществами поровые воды и увеличивается эффективная площадь поверхности, участвующая в процессе диффузии донных отложений. При этом изменяется химический состав морской воды посредством окислительно-восстановительных реакций и поступления биогенных веществ из донных отложений, где их концентрация значительно превышает концентрацию в окружающей морской воде. Одновременно происходит выравнивание температуры воды по вертикали и выравнивание содержания двуокиси углерода между океаном и атмосферой. Отжимный ветер способствует развитию прибрежного апвеллинга, за счет чего происходит замещение теплых прибрежных вод на более холодные промежуточные. При отсутствии ветра, что бывает крайне редко в данном районе, состояние систем водная масса и океан-атмосфера быстро стабилизируется. Более продолжительный процесс восстановления равновесия происходит в системе вода - донные осадки. Согласно /5/ равновесие между различными формами водной среды устанавливается в течение 10 суток. Таким образом, учитывая, что по гидрометеорологическим условиям данного района прибрежная водная масса не может находиться столь продолжительное время в состоянии покоя, можно утверждать, что происходит периодическое частичное вымывание биогенных и других веществ из прибрежной зоны посредством замещения окружающей морской воды при приливоотливных колебаниях и прибрежном апвеллинге.

На изменчивость кислородного режима кроме биохимических процессов оказывают влияние адвективные процессы. Изменчивость поля солёности промежуточных вод (ниже галоклина) в прибрежной полосе также определяется адвекцией морской воды. Динамику этих процессов можно проследить на рис.7.5 и 7.6. Заметно влияние топографии дна на выход промежуточной водной массы на поверхность (рис.7.5) и её трансформация (рис.7.6).

Изокореляты (рис.7.5, 7.6) были построены по методике, изложенной в /6/.

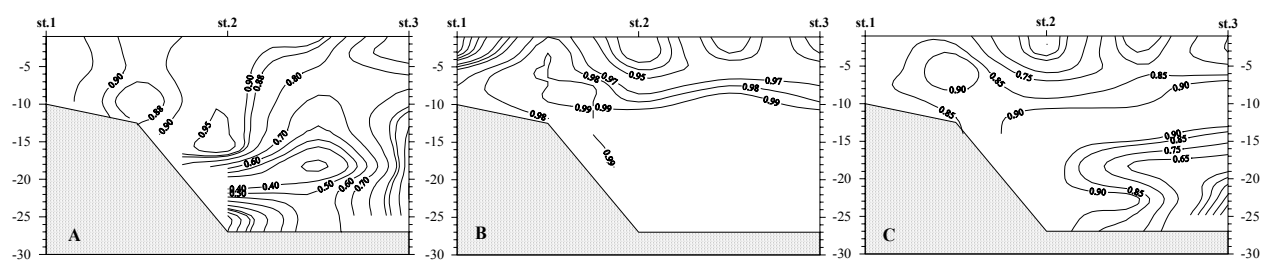


Рис. 7.4. Изокорреляты pH (А), температуры (В) и солёности (С). Разрез №1 (станции 1, 2, 3).

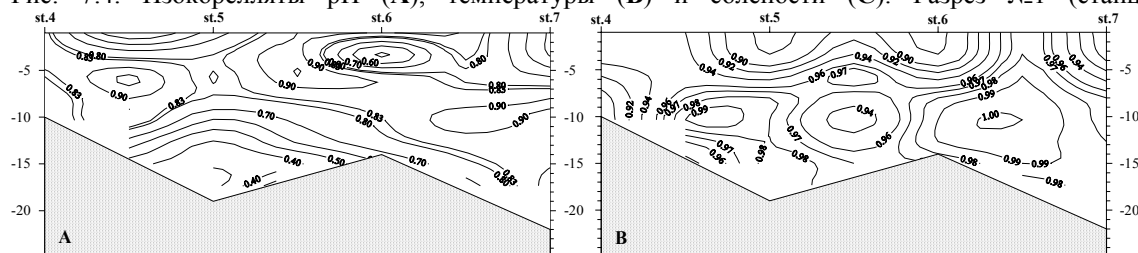


Рис. 7.5. Изокорреляты солёности (А) и температуры (В). Разрез № 2 (станции № 4, 5, 6, 7).

Заметим, что рельеф дна на разрезе №2 способствует лучшему перемешиванию всего столба морской воды, что сказывается на динамике пространственной изменчивости pH. Корреляция рядов наблюдений pH на стандартных горизонтах практически везде равна единице, что говорит о высокой линейной связи направленности процессов по всему разрезу. Это хорошо видно и по автокорреляционным функциям на каждом горизонте (станция 7, рис.7.6).

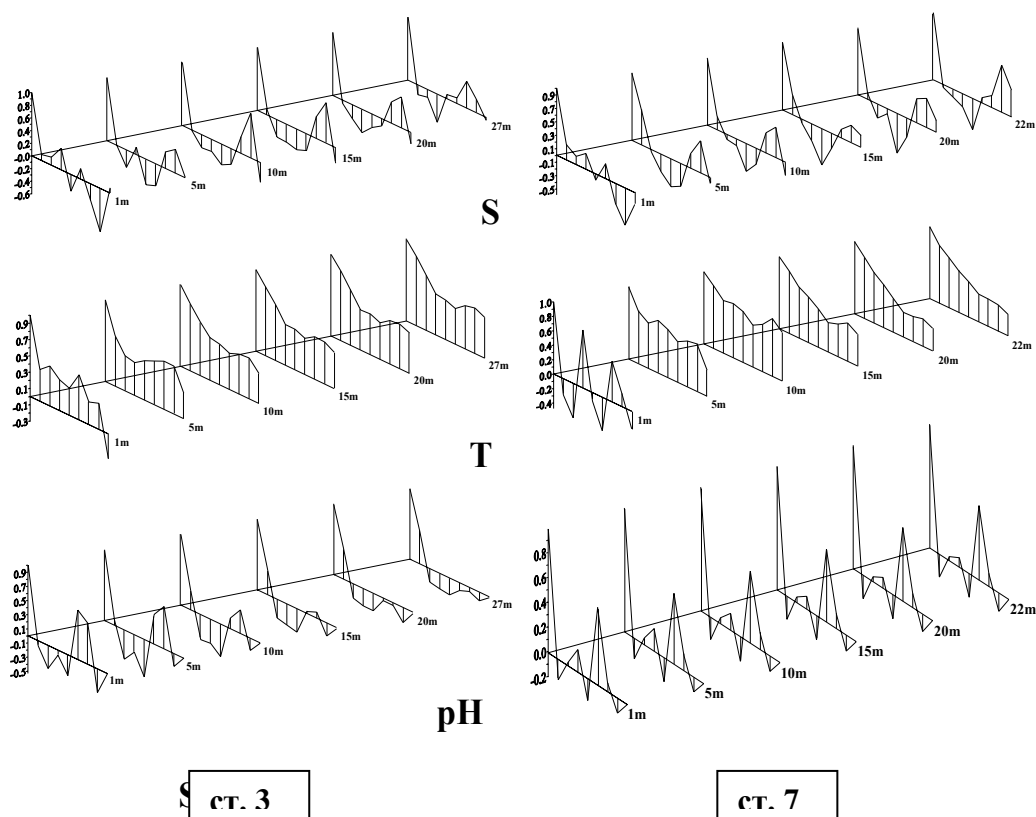


Рис. 6 Автокорреляционные функции ($R(x, \tau)$) S‰, T°C, pH. Бухта Ардли, ст.7 и ст.3. Сезон 2000 – 2001 гг.

Нормированные автокорреляционные функции свидетельствуют о неоднозначности влияния процессов синоптического масштаба на вертикальную структуру морской воды в точках на разных разрезах. Это может говорить о том, что в бухте Ардли существенную роль в формировании гидрологического режима играют очертания берега и рельеф дна. За счет этого создается неоднородная анизотропная пространственно-временная статистическая структура поля рН, а в верхнем (поверхностном) слое - поля температуры. Солёность как более консервативный параметр морской воды имеет почти одну и ту же форму корреляционных функций, поэтому в первом приближении можно предположить, что поле солёности по разрезам изотропно.

Обращает на себя внимание поле рН. Как видно из таблицы 7.1, величина рН в летний период в бухте Ардли меняется в широких пределах – от 5.02 до 8.39. Как известно, изменение величины рН в природных водах тесно связано с процессами создания и распада органического вещества вследствие происходящего при этом уменьшения или увеличения содержания угольной кислоты и соответствующего изменения содержания кислорода. Для других химических равновесных систем в океане (борной, кремневой, фосфорной кислот) рН определяет форму существования их в растворе, а для многих ионов металлов в воде рН является фактором стабильности их в растворе /7/. В природных водах значения рН изменяются от 7.9 до 8.3 в океанах и морях, от 6.5 до 8.5 в речных водах, от 4.6 до 6.1 в атмосферных осадках /8/. Величина рН служит также важнейшим условием для развития биологических процессов. Поэтому рН является в одних случаях условием, а в других – показателем процессов, протекающих в воде.

Низкие значения рН прослеживаются по всему разрезу № 2 (ст. 4,5,6,7) от поверхности до дна. На разрезе №1 (ст. 1,2,3) они отмечаются только в прибрежной части и с увеличением глубины заметно растут. По нашему мнению, такой аномально широкий диапазон изменчивости рН в бухте Ардли связан с местами сброса сточных вод. Более точный ответ могут дать только специальные эксперименты по изучению биохимических процессов в бухте Ардли.

Таблица 7.1

Некоторые статистические характеристики параметров морской воды
в прибрежной части бухты Ардли

№ ст	Нм	рН				Eh мВ				Т °С				S ‰			
		min	max	\bar{m}	σ	min	max	\bar{m}	σ	min	max	\bar{m}	σ	min	max	\bar{m}	σ
1	1	5.82	8.20	7.51	0.66	-64	42	-10	38	-	2.36	1.12	0.84	34.28	34.71	34.47	0.13
	10	6.21	8.20	7.64	0.56	-66	42	-11	39	-	1.57	0.61	0.64	34.29	34.65	34.50	0.10
2	1	6.14	8.22	7.49	0.69	-67	41	-10	40	-	2.70	1.06	0.92	33.95	34.72	34.46	0.20
	10	6.93	8.22	7.72	0.45	-70	37	-12	41	-	1.60	0.56	0.67	34.37	34.69	34.50	0.10
	27	6.94	8.09	7.72	0.44	-71	35	-20	42	-	1.43	0.47	0.59	34.35	34.69	34.53	0.09
3	1	7.09	8.35	7.90	0.38	-76	36	-13	44	-	2.50	1.00	0.91	34.09	34.74	34.47	0.18
	10	7.60	8.36	8.11	0.26	-82	36	-17	46	-	1.63	0.56	0.70	34.29	34.68	34.50	0.11
	27	7.55	8.39	8.17	0.30	-98	34	-29	55	-	1.41	0.39	0.65	34.25	34.54	34.47	0.08
4	1	5.16	8.06	7.31	0.82	-60	57	-21	33	-	2.59	1.26	0.94	33.98	34.62	34.39	0.20
	10	5.70	8.05	7.43	0.68	-63	58	-23	33	-	1.57	0.63	0.62	34.42	34.66	34.52	0.07
5	1	5.02	8.14	7.38	0.87	-60	17	-24	25	-	3.03	1.29	0.99	33.89	34.65	34.40	0.22
	10	5.22	8.13	7.44	0.81	-63	17	-26	25	-	1.58	0.66	0.60	34.37	34.69	34.51	0.09
	19	5.19	8.14	7.41	0.82	-64	15	-29	26	-	1.35	0.49	0.58	34.42	34.65	34.57	0.07
6	1	5.03	8.13	7.37	0.88	-61	60	-14	36	-	2.51	1.28	0.84	34.07	34.67	34.43	0.18
	10	5.23	8.12	7.43	0.81	-62	60	-13	36	-	1.96	0.59	0.72	34.01	34.66	34.50	0.12
	14	5.21	8.10	7.42	0.82	-63	61	-13	36	-	1.63	0.51	0.67	34.39	34.67	34.52	0.08
7	1	5.23	8.17	7.42	0.81	-62	53	-8	36	-	2.60	1.21	0.89	34.06	34.66	34.42	0.19
	10	5.61	8.17	7.53	0.71	-64	53	-9	37	-	1.90	0.60	0.70	34.37	34.66	34.49	0.10
	22	5.55	8.09	7.50	0.72	-58	24	-10	33	-0.5	1.38	0.40	0.60	34.37	34.62	34.51	0.08

Выводы:

1. Бухта Ардли является сложной многокомпонентной средой с отличительными чертами динамических, физико-химических и биологических процессов. Характерна высокая изменчивость гидрохимических параметров морской воды во времени и пространстве.
2. Внешние условия для физических и биохимических процессов в бухте Ардли определяются гидрометеорологическим режимом данного района, очертанием берега и топографией морского дна.
3. Приливо-отливные колебания способствуют самоочищению бухты Ардли посредством замещения прибрежной водной массы. В связи с этим можно рекомендовать использовать для сброса сточных вод рассеивающие выпуски, которые позволяют интенсифицировать процесс разбавления.

Литература

1. Kyung II Chang, Ho Kyung Jun, Gun Tai Park, and Young Sang Eo. Oceanographic Conditions of Maxwell Bay, King George Island, Antarctica (Austral Summer 1989). Korean Journal of Polar Research. Vol.1, No.1, June 1990.
2. Отчет о работе сезонной части 13 САЭ. Том 2. 31 мая 1968 г.
3. Бюллетень «Состояние природной среды Антарктики. Оперативные данные российских антарктических станций», №4 (17), С-Петербург, 2001г.
4. Никаноров А.М., Трунов Н.М. Внутриводоемные процессы и контроль качества природных вод. С-Петербург, Гидрометеиздат, 1999.
5. Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х.Р.. Умирающие озера. Гидрометеиздат. Ленинград. 1990.
6. Морецкий В.Н, Степанов С. И. Корреляционный анализ двумерных гидрологических полей с целью выявления особенностей гидрологического режима. Тр. ААНИИ, т 306, Ленинград, 1972г.
7. Алекин О.А. Химия океана. Ленинград, 1966г.
8. Зенин А.А, Белоусова Н.В. Гидрохимический словарь. Ленинград, Гидрометеиздат, 1988.

8. ОБ ИЗМЕРЕНИЯХ МЕТАНА В АНТАРКТИДЕ

Лагун В.Е., Яговкина С.В.

Парниковые газы и так называемые малые газовые составляющие (trace gases) оказывают значительное воздействие на формирование климатического режима глобальной атмосферы и его изменения / 1,2 /. Семейство основных радиационно-активных атмосферных газов включает в себя следующие вещества: двуокись углерода (CO_2), озон (O_3), метан (CH_4), закись азота (N_2O), водяной пар (H_2O), окись углерода (CO), окислы азота или NO_x (NO , NO_2), фреоны: трихлорфторметан или CFC-11 (CFCl_3), дихлордифторметан или CFC-12 (CF_2Cl_2), трихлортрифторметан или CFC-113 ($\text{CFCl}_2\text{CF}_2\text{Cl}$), хлорпентафторэтан или CFC-115 (CF_2ClCF_3), хлордифторметан или HCFC-22 (CHF_2Cl), а также четыреххлористый углерод (CCl_4), метилхлороформ (CH_3CCl_3), гидроксил-ион (OH), бромхлордифторметан или Ha-1211 (CF_2ClBr), бромтрихлорметан или Ha-1301 (CF_3Br), неметановые гидрокарбонаты (C_2H_2 , C_2H_4 и т.д.), диоксид серы (SO_2), карбонил сульфид (COS) и диметил сульфид ($(\text{CH}_3)_2\text{S}$).

Среди малых газовых компонент атмосферы CH_4 занимает второе место по величине вклада в парниковый эффект (после углекислого газа). Метан ответственен примерно за 22 % величины нагревания атмосферы (по оценкам IPCC / 2 /) и входит в циклы преобразований почти всех из вышеперечисленных газов, хотя сам в результате химических реакций в атмосфере не образуется, а поступает в нее от приземных источников.

Более сложное строение молекулы метана обуславливает более эффективное, по сравнению с CO_2 , поглощение инфракрасной радиации. Количество поглощенной (излученной) газом радиации, как известно, зависит от концентрации парникового газа, длины волны излучения, интенсивности и ширины линии поглощения. Общее поглощение зависит от наличия полос поглощения различных газов на данном участке спектра. Для метана интегральное поглощение радиации возрастает примерно пропорционально корню квадратному от концентрации (для фреонов поглощение растет линейно с концентрацией, а для CO_2 – примерно по логарифмическому закону) / 3 /. При отношении времени жизни в атмосфере метана и двуокиси углерода 1:20 способность поглощения инфракрасной радиации соотносится как 30:1. Рост содержания CH_4 в атмосфере / 4 / составляет менее 1% в год при значительной межгодовой изменчивости. Поэтому количественная оценка содержания метана является актуальной научной задачей, в особенности для Южной полярной области, где пока нет естественных источников CH_4 , а тенденция изменения содержания метана характеризует изменение фоновых условий для глобальной атмосферы.

С другой стороны, расчеты радиационных потоков в атмосфере Антарктиды / 5 /, выполненные на основе методики / 6 /, даже с весьма грубым заданием профиля CH_4 показали, что вклад метана совместно с закисью азота может быть сопоставим с вкладом озона в формирование потоков длинноволновой радиации. Поэтому надежные сведения о распределении метана в атмосфере Антарктиды важны также для оценки параметров радиационного режима и его изменений.

Разрабатываемая в ААНИИ геоинформационная система “Антарктика” содержит специальный раздел, посвященный результатам измерения анализа малых газовых составляющих (CO_2 , O_3 , CH_4 , CO , N_2O , фреоны) за весь период инструментальных наблюдений в Южной полярной области. Целью настоящей статьи является краткий обзор современного состояния экспериментальных данных о содержании метана в атмосфере Антарктиды.

Измерения содержания атмосферного метана проводятся в настоящее время с помощью отбора проб воздуха с последующим лабораторным анализом, путем непрерывных измерений на основе метода газовой хроматографии, а также с посредством спектрометрических наблюдений, как наземных, так и спутниковых.

Советские ученые первыми начали прямые спектроскопические измерения содержания метана в Антарктиде в 1976 г. (наблюдатель И.П. Малков) под руководством профессора В.И. Дианова-Клокова / 7 /, а первые газохроматографические измерения пяти малых газовых составляющих атмосферы (метан, окись углерода, четыреххлористый углерод, фреон-11, радон) в Антарктике выполнены специалистами Морской исследовательской лаборатории США в ноябре-декабре 1972 г. в море Росса и на станции МакМердо / 8 /.

В таблице 8.1 приведены общие сведения об основных кампаниях по измерению CH_4 в Южной полярной области по программам РАЭ. Как следует из табл. 8.1, большая часть исходных полевых материалов в настоящее время недоступна для количественного анализа.

В работах / 7, 9-14 / представлены предварительные результаты обработки измерений спектров солнечного излучения в период сезонных работ на станциях Мирный, Молодежная и в морском отряде САЭ. Спектры поглощения излучения фиксировались с помощью дифракционного спектрометра, разработанного сотрудниками ИФА и ИЭМ / 15 /, в спектральном диапазоне 2995-3005 cm^{-1} с разрешением 0,32 cm^{-1} .

Для вычисления общего содержания метана U_Z в работе / 7 / использовано соотношение:

$$U_Z = (W^2 / 4 S_N \alpha_N K m) F(T) F(p), \quad (1)$$

где W – площадь фигуры на спектрограмме (на ленте регистратора), ограниченной контуром линии поглощения, $S_N = 1,76 \text{ атм}^{-1} \text{ см}^{-2}$ и $\alpha_N = 0,06 \text{ см}^{-1}$, – интенсивность и полуширина спектральных линий при нормальных

условиях ($p_N = 1013$ гПа, $T_N = 273$ К), m – масса атмосферы, константа $K = 0,536$ определяется выбранной моделью атмосферы, T, p – температура и давление на уровне моря, $F(T) = (T/T_N)^2 \exp [E_J hc/k (1/T_N - 1/T)]$, $F(p) = (p_N/p)^2$, $E_J = 31 \text{ см}^{-1}$ – энергия нижнего уровня, h и k – постоянные Планка и Больцмана, соответственно, c – скорость света. Формула (1) восходит к работе Л. Голдберга 1951 г. / 16 /, а принципы современной интегральной спектроскопической методики базируются на результатах, полученных сотрудниками ГГО / 17 /.

Общее содержание метана в экспедиционных условиях вычислялось по упрощенной формуле / 12,14 /:

$$U_Z = W^2 / (A_2 \sec z), \quad (2)$$

где z – зенитный угол Солнца, A_2 – так называемый “градуировочный” коэффициент /14/, величина которого определена сотрудниками ИФА РАН на основе анализа модельных спектров / 18 /. Следует заметить, что отсутствие учета вертикального профиля температуры и давления при оценке общего содержания метана является весьма грубым приближением, которое требует специального обоснования.

Погрешность вычисления среднесуточных значений U_Z оценена в / 9, 12, 14 / как 12-15 % без указания метода ее вычисления или оценки.

Таблица 8.1

Спектроскопические измерения содержания метана в атмосфере Антарктиды

РАЭ	Период измерений	Станция	Количество измеренных спектров	Наличие записей спектров в фондах ААНИИ (на 01.07.2002 г.)	Источник
21	1976 г.	Мирный	нет данных	Нет	/ 7, 20 /
23	декабрь 1977 – март 1978 г.	Молодежная	627	Нет	/ 10, 21 /
27	январь-февраль 1982 г.	Мирный	83	Нет	/ 12, 19 /
28	Февраль-март 1983 г.	Мирный	53	Нет	/ 13 /
29	Февраль-март 1984 г.	Мирный	224 240	Есть	/ 13 / / 22 /
30	Сезон 1984 / 1985	Мирный	нет данных	Нет	/ 23 /
31	Декабрь 1985 г. – март 1986 г.	Мирный	419	Есть	/ 24 /
34	Январь – март 1989 г.	Мирный	169	Нет	/ 25 /
45	Январь- март 2000 г.	Новолазаревская	2556	Нет	/ 26, 27 /
46	Январь-март 2002 г.	Новолазаревская	нет данных	Нет	-

На рисунке 8.1 представлены результаты расчета среднесуточных значений общего содержания метана на станции Молодежная, Мирный и Новолазаревская в сравнении с данными станции Мак-Мердо. Различие в размерностях содержания метана на рис. 8.1 обусловлено неопределенностью пересчета значений из атм·см в млрд⁻¹ (многозначностью коэффициента A_2 в формуле (2) /7, 18, 28, 29 и др./), существующей в методике ИФА, что значительно затрудняет сравнение результатов измерений, выполненных в разные годы. Результаты, представленные на рис.8.1 Д, вычислены по исходным данным / 24 / с использованием значений A_2 из / 28 /. Из анализа рис. 8.1 и табл. 8.1 следует, что в первые годы наблюдений (1976-1986 гг.) как количество измерений, так и величина погрешности выполненных измерений не позволили даже качественно оценить амплитуду годового хода общего содержания метана и характер его межгодовых изменений. Исключение составляют результаты / 27 / (см. рис. 8.1 Б), в которых сезонные изменения содержания метана описаны качественно верно, но для анализа численных значений требуется проведение специального исследования.

В общем случае определение содержания метана в атмосферном столбе сводится к решению обратной задачи по определению параметров a_1, a_2 , v линейной функции B и параметра c_j , фигурирующих в определении сигнала спектрометра /30/:

$$U_i = \int_{\Delta\nu} B(a_1, a_2, \nu) A(\nu - \nu_i) \left\{ \exp \sum_{j=1}^N [-mc_j \int_z^H K_j(T, p, \nu) n_j(z) dz] \right\} d\nu + U_0 + dU, \quad i = 1, M \quad (3)$$

где $A(\nu - \nu_i)$ – аппаратная функция спектрометра, m – воздушная масса, $K_j(T, p, \nu)$ – коэффициенты поглощения j -го газа (функция вертикальных профилей температуры T , давления p и частоты ν), N – число

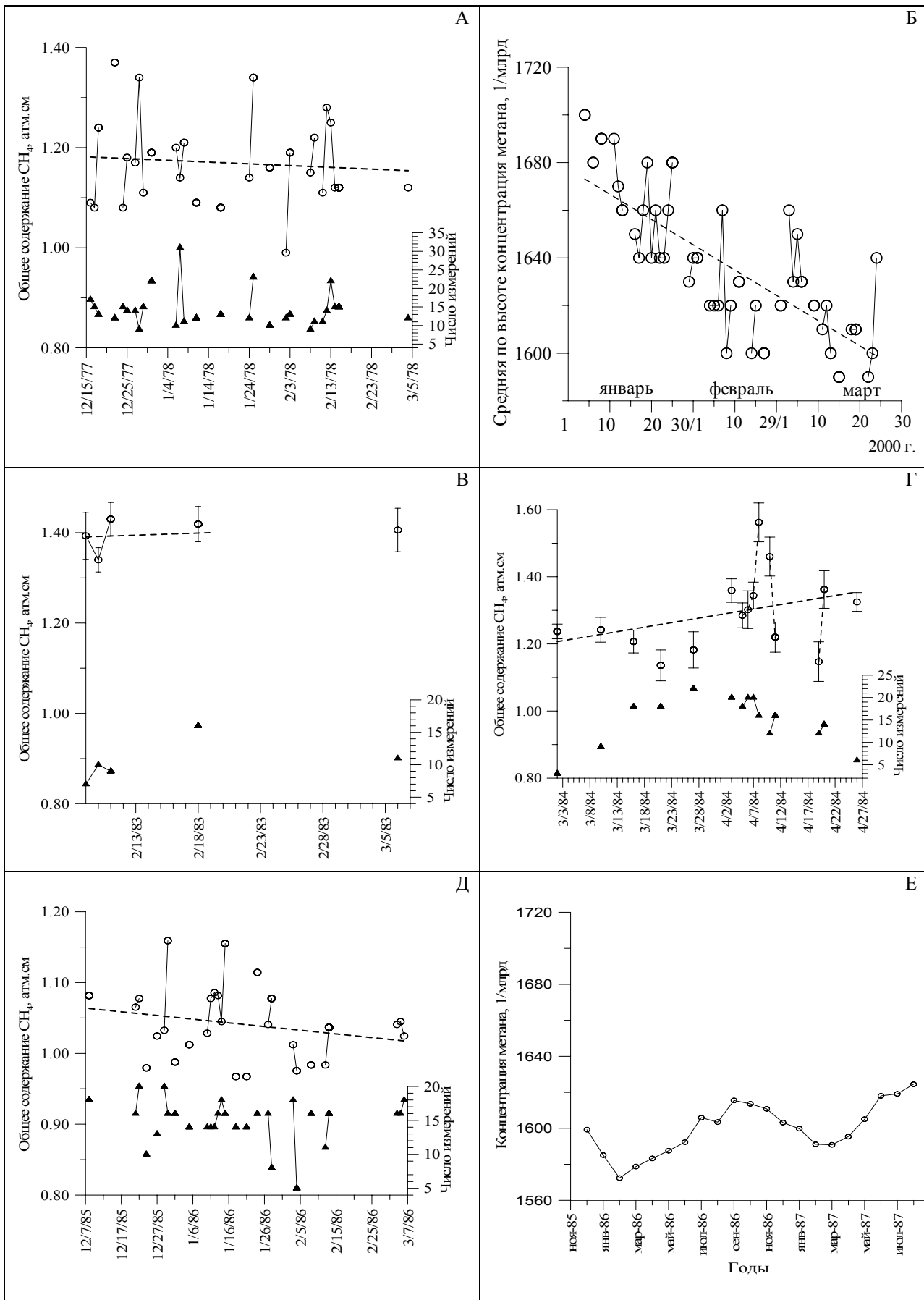


Рис. 8.1 Среднесуточные значения общего содержания метана (кружки) и количество зарегистрированных спектров (треугольники) в сезон 23 САЭ (А, Молодежная) /21/, 45 РАЭ (Б, Новолазаревская) /27/, 28 САЭ Мирный (В) /13/, 29 САЭ (В, Мирный) /13/, 31 САЭ (Д, Мирный) и на станции МакМердо (Е) /4/. Отрезки прямых на рис.8.1 (А-Д) соответствуют периодам непрерывных измерений.

поглощающих газов, $n_j(z)$ – профиль концентрации j -го газа, z – высота проведения измерений, H – высота верхней границы атмосферы, U_0 – нулевой уровень сигнала в спектре, dU – случайная шумовая компонента, M – число регистрируемых спектральных точек. Согласно (3) содержание метана в атмосферном столбе вычисляется по значению зарегистрированной интенсивности излучения в толще атмосферы.

Такой подход реализован в измерительных комплексах, сконструированных в НПО «Тайфун» и СПбГУ. Интеркалибровка ведущих отечественных методик спектроскопических измерений (ИФА РАН, НИИФ СПбГУ и НПО «Тайфун»), проведенная в 1997 году, показала / 31 /, что методика НПО «Тайфун» дает систематически завышенные результаты по сравнению с данными, полученными по методике СПбГУ, а изменчивость результатов, полученных с помощью аппаратуры ИФА РАН, превосходит разброс данных, полученных при использовании обеих вышеуказанных методик и, возможно, естественную изменчивость содержания метана. После взаимного согласования методов описания параметров линий поглощения и характеристик стандартной атмосферы в указанных методиках отмеченные выше расхождения результатов удалось минимизировать. Однако из выводов работы / 31 / не вытекают рекомендации по коррекции ранних результатов, полученных по методике ИФА РАН. Возможным выходом из этой ситуации является повторный анализ результатов измерений, выполненных с помощью аппаратуры ИФА, на основе более совершенной методики НПО «Тайфун». Проведение однократного газохроматографического определения концентрации в приземном слое, по-видимому, позволило бы повысить качество интерпретации результатов измерений, выполненных с помощью различных методик.

Сеть станций NOAA/CMDL (National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory) в Антарктике начала регулярные измерения в 1983-1984 гг. (см. рис. 8.2) и за двадцать лет собрала данные, достаточные для проведения статистического анализа параметров временной изменчивости приземной концентрации метана / 4 /. Использование метода газовой хроматографии позволяет проводить измерения круглогодично и вне зависимости от погодных условий в отличие от спектрометрических измерений, для которых нужна ясная погода. Данные, представленные на рис. 2, показывают рост концентрации метана за период измерений, скорость которого замедлилась в последние годы. В Южной полярной области средние сезонные аномалии концентрации метана достигают минимума в марте (от -16 до -17 млрд⁻¹), а максимума - в сентябре (от 13 до 14 млрд⁻¹). Таким образом, амплитуда среднего сезонного хода составляет около 30 млрд⁻¹, что примерно в 1,5 раза меньше по сравнению с данными, полученными на станциях в Северной полярной области, где расположены мощные естественные и антропогенные источники метана. Одной из возможных причин указанных сезонных колебаний являются соответствующие изменения в годовом ходе содержания в атмосфере гидроксила (ОН), который окисляет метан. В работе / 32 / на основе одномерной фотохимической модели оценен годовой ход содержания гидроксила в атмосфере Антарктиды, который в приземном слое имеет модельный максимум в январе. При этом следует учитывать, что в расчетах Ю.Э. Озолина / 32 / были использованы недостаточно точные исходные данные о концентрации и потоках парниковых газов. Однако согласно / 33 / сток метана при реакции с ОН в Южной полярной области пренебрежимо мал, даже по сравнению со стоком окиси углерода при взаимодействии с гидроксидом. Поэтому сезонные изменения гидроксила могут быть не единственной причиной годового хода метана. Другими важнейшими факторами являются сезонные изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции, межполушарного массообмена и положения антарктического циркумполярного вихря.

Поскольку в настоящее время используются разные стандарты газовых смесей для определения содержания малых газовых составляющих при сопоставлении результатов, полученных в разных точках Южной полярной области, необходимо знать систему калибровки метана. Единство шкалы измерений традиционно достигается путем калибровки аппаратуры относительно стандартных газовых смесей, которые откалиброваны относительно единого эталона. В настоящее время таким эталоном является эталон ВМО. Примеры описания аппаратуры и результатов калибровки на основе измерения метана по методу газовой хроматографии с пламенным детектором ионизации приведены в / 34,35 /.

В таблице 8.2 приведены результаты измерений приземных значений концентрации метана на станции Новолазаревская, выполненных по программе сезонных работ 45 РАЭ, в сравнении с данными других станций.

Таблица 8.2

Содержание метана (1/млрд по шкале NOAA) на станции Новолазаревская в период сезонных работ 45 РАЭ с указанием погрешности измерений в сравнении с данными зарубежных станций

Дата	Новолазаревская	Амундсен-Скот	Халли	Кейп Поинт	Пальмер
25.01.2000 г.	1810 ± 6	1699,6	1696,9	1692,7	1696,6
06.02.2000 г.	1731 ± 6	1701,5	1697,5	1688,0	1692,4
22.02.2000 г.	1713 ± 6	1690,7	1688,9	1682,3	1691,0
13.03.2000 г.	1720 ± 6	1690,2	1687,8	1686,4	1692,2

Примечание: отбор проб воздуха на станции Новолазаревская выполнили наблюдатели Ю.И. Баранов и В.П. Устинов, а лабораторный анализ проведен в ГГО на газохроматографической установке / 36 / по методике /37/, соответствующей рекомендациям ВМО для измерений на фоновых станциях / 38 /.

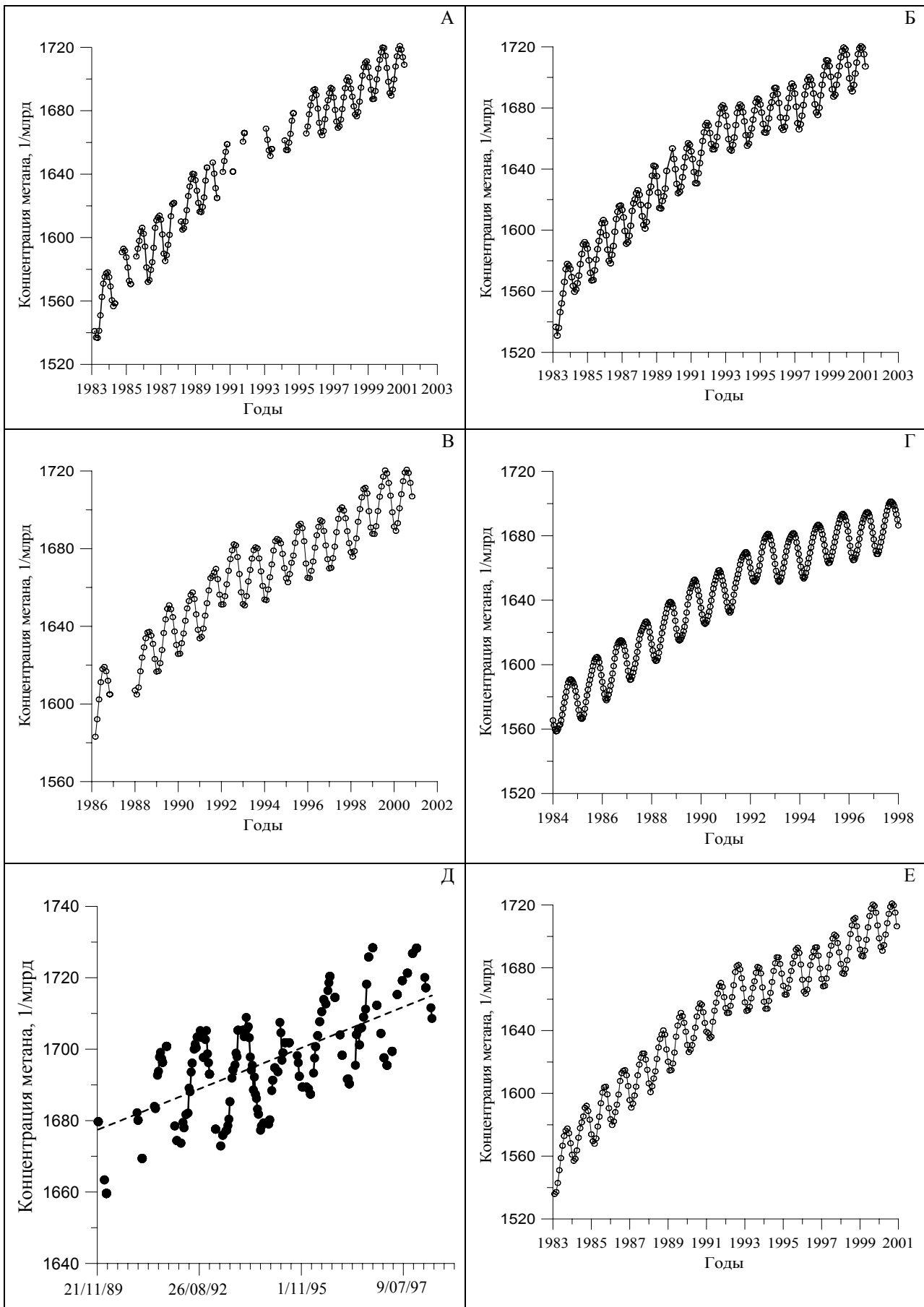


Рис. 8.2 Межгодовые изменения концентрации метана на зарубежных антарктических станциях / 4 и др./

А - Халли, Б - Пальмер, В - Сева; Г - Моусон; Д - Скотт; Е - Амундсен-Скотт

Значение концентрации 25 января 2000 г., очевидно, является завышенным, что могло быть вызвано нарушением герметичности фляги при транспортировке. Несмотря на систематическое завышение, результаты трех последующих проб примерно соответствуют данным станций NOAA/CMDL в Антарктиде / 4 /. Возможной причиной указанного превышения является то, что данные зарубежных станций характеризуют средние суточные значения, а отбор проб на Новолазаревской происходил в течение 15-30 минут / 27 /, и поэтому результаты представляют собой мгновенные значения концентрации без учета суточного хода.

Для численной интерпретации результатов измерений содержания малых газовых составляющих и объяснения наблюдаемых особенностей пространственно-временного распределения и временной изменчивости метана представляется полезным привлечение методов математического моделирования. Для условий Северной полярной области в цикле работ / 39-41 и др. / создана региональная транспортная фотохимическая модель переноса метана в тропосфере от естественных и антропогенных источников. Эта модель может быть использована при оценке переноса метана в атмосфере Антарктики и количественной интерпретации результатов натурных измерений.

Локальные и спектрометрические измерения не дают представления о вертикальном распределении метана в атмосфере. Такая информация может быть получена на основе спутниковых измерений / 42 /. На рис. 8.3 приведен пример определения профиля метана в стратосфере и мезосфере / 43 / по данным наиболее известных программ HALOE (Halogen Occultation Experiment), проводимых с октября 1991 г., и ILAS (Improved Limb Atmosphere Spectrometer), проводимых с августа 1996 г. Оборудование, установленное на спутнике UARS (Upper Atmosphere Research Satellite), предназначено для ежедневного определения профилей давления, температуры, озона, водяного пара, метана, HCl, HF, NO, NO₂ и аэрозольного ослабления радиации в стратосфере и мезосфере в области, ограниченной 80° ю.ш. и 80° с.ш. Несмотря на возможность оперативного получения полей метана в верхней атмосфере с помощью дистанционного зондирования, важным компонентом анализа пространственного распределения CH₄ является калибровка спутниковых измерений по наземным спектрометрическим данным / 44 /.

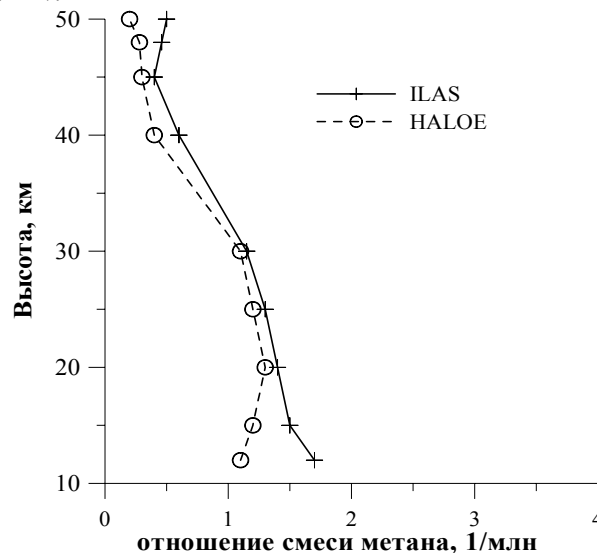


Рис. 8.3. Вертикальное распределение отношения смеси метана над точкой с координатами 69° ю.ш., 147° в.д. 20 ноября 1996 г. по данным спутниковых систем HALOE и ILAS /43/.

Помимо измерений атмосферного метана, важная информация о содержании метана в атмосфере в прошлом получена при анализе фирна / 45 / и континентального льда / 46 и др./ в Антарктиде. Исследование изотопного состава метана широко используется для оценки компонентов его глобального бюджета. Измерения стабильных изотопов $\delta^{13}\text{C}$ и δD используются для идентификации источников и стоков атмосферного метана ($\delta^{13}\text{C} = [(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{p}} / (^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{s}} - 1] \cdot 1000$, где индексы «р» и «s» соответствуют отношениям концентраций в пробе и в стандартной смеси). Анализ фирна показал, что последние 50 лет наблюдается параллельный рост отношения смеси метана и величины $\delta^{13}\text{C}$, что свидетельствует об увеличении вклада в глобальный бюджет антропогенных источников CH₄ / 47 /.

Палеоклиматические реконструкции на основе анализа кернов льда из скважины на станции Восток /46 и др./ (см. рис. 8.4) позволили определить последовательность ледниковых и межледниковых периодов, изменение параметров термического режима, которое согласуется с содержанием метана в атмосфере. Ряды данных о содержании метана из керна на станции Восток, согласуются с данными, полученными при анализе кернов гренландского льда, что свидетельствует о достоверности качественного вывода о характере колебаний температуры в четвертичном периоде. Анализ данных кернов антарктического и гренландского льда позволил сделать вывод о том, что доиндустриальное содержание метана в атмосфере составляло примерно 40% от современного уровня / 2 /.

Перспектива продолжения исследования метана (как и двуокиси углерода) в атмосфере Антарктиды в настоящее время состоит, на наш взгляд, в организации круглогодичного отбора проб во флаги и в последующем лабораторном анализе на высокоточном оборудовании, с использованием методик, рекомендованных ВМО. Такой анализ может быть выполнен в ГГО на аппаратуре, имеющей привязку к эталону ВМО и прошедшей международные сравнения / 36 /. Указанные измерения (без увеличения численности персонала) могут быть предусмотрены в программах РАЭ для станций Новолазаревская и Беллинсгаузен как часть национальной системы мониторинга парниковых газов. Отбор проб может сопровождаться измерениями общего содержания в вертикальном столбе атмосферы в рамках сезонных работ РАЭ, если точность этих измерений будет соответствовать современным требованиям. Помимо удобства транспортного сообщения выбор указанных станций определяется наличием большого количества пресноводных озер. В озерах оазиса Ширмахера (вблизи станции Новолазаревская) отмечается усиление процесса седиментации вследствие региональных климатических изменений, а илистые отложения озера Китеж на острове Кинг-Джордж (вблизи станции Беллинсгаузен) в связи с увеличением в последние годы антропогенной нагрузки содержат повышенное количество углеводородов. Эти явления могут привести в будущем к формированию местных источников метана.

Усвоение результатов экспериментальных исследований целесообразно проводить по схеме: «измерения»+ «моделирование»=«данные».

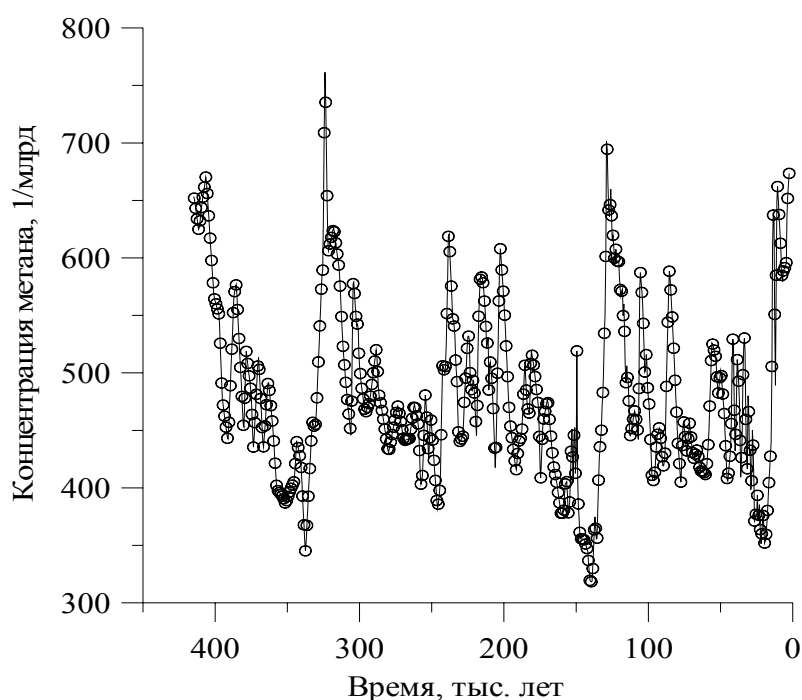


Рис. 8.4. Временные изменения концентрации метана за последние 420 тыс. лет по данным анализа кернов льда на станции Восток / 46 /.

Авторы выражают благодарность И.Л. Каролу, М. Маннингу, Д. Эйзериджу, Е. Нисбету, Н. Ворвик, В.Я. Липенкову, Н.Н. Парамоновой и Ф.В. Кашину за полезные обсуждения.

Литература

1. Кароль И.Л., Розанов В.В., Тимофеев Ю.М. Газовые примеси в атмосфере. Л. Гидрометеиздат. 1983. 192 с.
2. Climate Change 2001. The scientific basis. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) / Ed. Houghton J.T. et al. Cambridge. Cambridge University Press. 2001. – 882 p., <http://ipcc.ch/pub/tar/wgl/index.html>
3. Wuebbles D.J., Edmonds J. Primer on Greenhouse Gases. Lewis Publishers. 1991. 230 p.
4. WMO World Data Center for Greenhouse Gases Report N 26. Vol. IV Greenhouse gases and other atmospheric gases Japan Meteorological Society. March 2002. -92 p.
5. Долгин М.И., Розанов Е.В. Чувствительность длинноволновой радиации в атмосфере Антарктиды к изменению некоторых формирующих ее факторов // Изв. АН СССР. Сер. Физика атмосферы и океана (ФАО). - 1986. - Т. 22, N 1. – С. 22-29.
6. Розанов Е.В., Тимофеев Ю.М., Фролькис В.А. Влияние некоторых малых газовых составляющих на радиационный режим атмосферы в инфракрасном диапазоне//Изв. АН СССР. ФАО.-1981.-Т. 17, N 4.–С. 384-391.
7. Малков И.П., Юрганов Л.Н., Дианов-Клоков В.И. Измерения содержания СО и СН₄ в Северном и Южном полушариях (предварительные результаты) // Изв. АН СССР. ФАО. - 1976. -Т. 12, N 11. – С. 1218-1221.

8. Wilkniss P.E., Lamontagne R.A., Larson R.E., Swinnerton J.W., Dickson C.R., Thompson T. Atmospheric trace gases in the Southern hemisphere // *Nature Physical Science*. - 1973. - V. 245, September. - P. 45-47.
9. Юрганов Л.Н., Малков И.П., Дианов-Клоков В.И. Исследования содержания малых компонент атмосферы в Северном и Южном полушариях // *Изв. АН СССР. ФАО*. - 1979. - Т. 15, N 11. - С. 1159-1167.
10. Малков И.П., Дианов-Клоков В.И., Лукшин В.В. Измерение широтного распределения концентрации метана в Северном и Южном полушариях // *Известия АН СССР. ФАО*. - 1980. - Т. 16, N 7. - С. 763-768.
11. Дианов-Клоков В.И., Юрганов Л.Н. Спектроскопические измерения малых газовых примесей (CO, CH₄, N₂O) в атмосфере Южного полушария // *Метеорологические исследования в Антарктике. Сборник докладов на II Всесоюзном симпозиуме*. Л. Гидрометеиздат. 1986. Ч. 1. - С. 114-118.
12. Радионов В.Ф., Воскресенский А.И. Спектральные измерения малых газовых составляющих атмосферы Антарктиды // *Изв. АН СССР. ФАО*. - 1983. - Т. 19, N 9. - С. 899-901.
13. Радионов В.Ф., Мишин А.А. Спектральные измерения общего содержания окиси углерода, метана и закиси азота в Антарктиде // *Информ. бюллетень Советской Антарктической экспедиции*. - 1985. - Вып. 107. - С. 47-51.
14. Дианов-Клоков В.И., Юрганов Л.Н. Измерения содержания окиси углерода, метана и закиси азота в толще атмосферы над океаном / В сб. *Межведомственная экспедиция по программе ПОЛЭКС-Юг-81 (научные результаты)*. Под ред. Сарухяна Э.И. и Романцова В.А. Л. Гидрометеиздат. - 1986. - С. 193-200.
15. Арефьев В.Н., Дианов-Клоков В.И., Малков И.П. Полевой спектральный комплекс для исследований содержания в атмосфере загрязняющих газов // *Труды ИЭМ*. - 1978. - Вып. 8 (81). - С. 73-78.
16. Goldberg L.G. The abundance and vertical distribution of methane in the Earth's atmosphere // *Astrophys. J.* - 1951. - V. 113, N 3. - P. 567.
17. Броунштейн А.М., Парамонова Н.Н., Фролов А.Д., Шашков А.А. Оптический метод определения общего содержания CO₂ в вертикальном столбе атмосферы // *Труды ГГО*. - 1976. - Вып. 369. - С. 5-24.
18. Дворяшина Е.В., Дианов-Клоков В.И., Фокеева Е.В., Юрганов Л.Н. Спектроскопическая методика определения содержания метана в толще атмосферы // *Изв. АН СССР. ФАО*. - 1982. - Т. 18, N 1. - С. 46-51.
19. Воскресенский А.И., Радионов В.Ф., Юрганов Л.Н., Дианов-Клоков В.И. Окись углерода, метан и закись азота в атмосфере Антарктиды // *Метеорологические исследования в Антарктике. Сборник докладов на III Всесоюзном симпозиуме*. Л. Гидрометеиздат. - 1990. - Ч. 1. - С. 90-93.
20. Юрганов Л.Н., Малков И.П. О широтном распределении окиси углерода и метана в атмосфере (по результатам измерений 21-й САЭ) // *Исследования климата Антарктиды*. - Л., 1980. - С. 150-157.
21. Отчет о работе спектроскопической группы в сезонном составе 23 САЭ. Л. Фонды ААНИИ. N В-1352. 1978. - 13 с.
22. Отчет о работе по программе наблюдений климатического мониторинга. 29 САЭ. Л. Фонды ААНИИ. N В-2929. 1984. - 6 с.
23. Отчет о работе Тридцатой Советской антарктической экспедиции за период с октября 1984 г. по октябрь 1985 г. (сезонные работы) Л. Фонды ААНИИ. N О-2861. 1985. - 241 с.
24. Отчет о наблюдениях по мониторингу климата. 31 САЭ. Л. Фонды ААНИИ. N В-3474. 1986. - 9 с.
25. Отчет по программе наблюдений по мониторингу климата в 34 сезонной САЭ. Л. Фонды ААНИИ. N В-4370. 1989. - 7 с.
26. Отчет о выполнении работ по программе спектроскопической и аэрозольно-оптических наблюдений на НЭС «Академик Федоров» и на антарктической станции Новолазаревская. СПб. Фонды ААНИИ. N В-5383. 2000. - 8 с.
27. Кашин Ф.В. 2002. Персональное сообщение.
28. Dianov-Klokov V.I., Yurganov L.N., Grechko E.I., Dzhola A.V. Spectroscopic measurements of atmospheric carbon monoxide and methane. 1: Latitudinal distribution // *Journal of Atmospheric Chemistry*. 1989. V. 8. P.139-151.
29. Dianov-Klokov V.I., Yurganov L.N. Spectroscopic measurements of atmospheric carbon monoxide and methane. 2: Seasonal variations and long-term trends // *Journal of Atmospheric Chemistry*. 1989. V. 8. P.153-164.
30. Мироненков А.В., Поберовский А.В., Тимофеев Ю.М. Методика интерпретации инфракрасных спектров прямой солнечной радиации для определения общего содержания парниковых газов // *Изв. РАН. ФАО*. - 1996. - Т. 32, N 2. - 207-215.
31. Кашин Ф.В., Каменоградский Н.Е., Гречко Е.И., Джола А.В., Поберовский А.В., Макарова М.В. Сравнение различных методик наземных спектроскопических измерений общего содержания метана в атмосфере // *Изв. РАН. ФАО*. - 2001. - Т. 37, N 3. - 339-345.
32. Юрганов Л.Н., Радионов В.Ф., Кароль И.Л., Озолин Ю.Э. О влиянии уменьшения стратосферного озона на малые газовые составляющие тропосферы в Антарктиде // *Журнал Экологической химии*. 1992. - N 2. - С. 49-57.
33. Crutzen P.J., Zimmermann P.H. The changing photochemistry of the troposphere // *Tellus*. - 1991. - 43B. - P. 136-151.
34. Aoki S., Nakazawa T., Murayama S., Kawaguchi S. Measurements of atmospheric methane at the Japanese Antarctic station, Syowa // *Tellus*. - 1992. - 44B. - P. 273-281.
35. Matsueda H. Intercalibration experiment of methane standard gas scale between NOAA/CMDL and MRI/GRL // *Papers in Meteorological and Geophysics*. - 1993. - V. 44, - N. 2. - P. 45-56.
36. Сметанин Г.Н., Привалов В.И., Решетников А.И., Парамонова Н.Н. Газохроматографическая установка для прецизионных измерений концентрации метана в атмосфере на фоновом уровне // *Труды ГГО*. - 2000. - Вып. 548. - С. 121-130.

37. Парамонова Н.Н., Привалов В.И., Решетников А.И. Мониторинг углекислого газа и метана в России // Изв. РАН. ФАО. – 2001. – Т. 37, N 1. – С. 1-6.
38. Global atmospheric watch measurement guide. WMO. - 2001. - N 143.
39. Jagovkina S., Karol I., Zubov V., Lagun V., Reshetnikov A., Rozanov E. Reconstruction of the Methane Fluxes from the West Siberia Gas Fields by the 3D Regional Chemical Transport Model // Atmospheric Environment. - 2000. - V. 34, N 24. – P. 4317-4325.
40. Jagovkina S., Karol I., Zubov V., Lagun V., Reshetnikov A., Rozanov E. Methane Fluxes in West Siberia: 3D Regional Transport Model Simulation // Water, Air and Soil Pollutions. Focus 1, 2001. - P. 429-436.
41. Lagun V.E., Jagovkina S.V., Karol I.L. Western Siberia natural methane emission assessment based on experimental data analysis and 3d regional modeling /Non-CO₂ Greenhouse Scientific Understanding, Control Options and Policy Aspects. Eds Van Ham J., Baede A.P., Guicherit R., Williams-Jacobse J.G.F. Rotterdam. Milpress. 2002. - P.107-108.
42. Тимофеев Ю.М. Спутниковые методы исследования газового состава атмосферы (обзор) // Известия АН СССР. ФАО. - 1989. - Т. 25, N 5. – С. 451-472.
43. Choi W., Kim S. Investigation of high-latitude tracer characteristics by using Ias and other satellite data / Proceedings of Asian Conference on Remote Sensing, November 16-20, Manila.1998. - 8 p.
44. Tolton B.T., Yurganov L.N., McKernan E., Predoi-Cross A., Grechko E. Inter-calibration of medium-resolution grating spectrometers for MOPITT validation // Optical Spectroscopic Techniques and Instrumentation for Atmospheric and Space Research III. Ed. Larar A.M. Proceedings of SPIE. - 1999. - V. 3756. - P. 492-499.
45. Francey R.J., Manning M.R., Alison C.E., Coram S.A., Etheridge D.M., Langenfelds R.L., Lowe D.C., Steele L.P. A history of ¹³C in atmospheric CH₄ from the Cape Grim air archive and Antarctic firm air // Journal of Geophysical Research. - 1999. – V. 104. - N D19. - P. 23631-23643.
46. Petit J.R., Jouzel J., Raynaud D., Barkov N.I., Barnola J.-M., Basile I., Bender M., Chappellaz J., Davis M., Delaygue G., Delmotte M., Kotlyakov V.M., Legrand M., Lipenkov V. Y., Lorius C., Pepin L., Ritz C., Saltzman E., Stievenard M. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica // Nature. - 1999. - V. 399. - P.429-436.
47. Lassey K.R., Lowe D.C., Manning M.R. The trend in atmospheric methane $\delta^{13}\text{C}$ and implications for isotopic constraints on the global methane budget // Global Biogeochemical Cycles. - 2000. – V. 14, N 1. P. 41-49.

9. ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ РАЭ ВО ВТОРОМ КВАРТАЛЕ 2002 ГОДА

- 08.04.02 Прибытие в порт Кейптаун (ЮАР) для пополнения судовых запасов
НЭС «Академик Александр Карпинский» (капитан С. Н. Тимерев, начальник рейса В. В. Гандюхин), завершившего работу по программе 47 РАЭ.
- 09.04.02 Вылет из Санкт-Петербурга рейсовыми самолетами через Амстердам в Кейптаун группы участников 47 РАЭ в составе 64 человек (38 человек - станция Мирный, начальник В.А.Смирнов, 23 человека – станция Новолазаревская, начальник В.В. Киселев, 3 человека - 47 сезонная РАЭ, начальник экспедиции В.Л. Мартянов). Старший перелета А.Б. Будрецкий.
Прибытие группы в полном составе в Кейптаун. Начало погрузки экспедиционных грузов на теплоход «Магдалена Олдендорфф» (судовладелец - германская компания «Олдендорфф», флаг – Либерия, капитан И. Дикий), арендованный для обеспечения смены личного состава станций Мирный и Новолазаревская вместо вышедшего из строя НЭС «Академик Федоров».
- 12.04.02 Выход НИС «Академик Александр Карпинский» из Кейптауна в Санкт – Петербург.
- 17.04.02 –
18.04.02 Проведение в Управлении полярных программ Национального научного центра США (Арлингтон) рабочего совещания представителей национальных антарктических программ США, Франции и России по исследованию и распределению ледового керна, полученного на станции Восток с глубин 3611м – 3623 м. Российскую делегацию представляли начальник РАЭ В.В. Лукин, ведущий научный сотрудник ААНИИ В.Я. Липенков, ст. научный сотрудник Петербургского института ядерной физики Российской АН (ПИЯФ РАН) С.А. Булат.
- 19.04.02 Выход теплохода «Магдалена Олдендорфф» из Кейптауна к антарктической станции Мирный.
- 27.04.02 Прибытие теплохода «Григорий Михеев» (капитан Злобин В.Г.) с сотрудниками станции Беллинсгаузен из состава 46 зимовочной и 47 сезонной РАЭ (всего 14 человек, начальник рейса Фандеев Н.П.) в порт Флисинген (Нидерланды).
- 28.04.02 Отъезд группы сотрудников станции Беллинсгаузен автобусом из Флисингена в Санкт-Петербург.
- 2.05.02 Прибытие группы в Санкт-Петербург.
- 3.05.02 Остановка теплохода «Магдалена Олдендорфф» на рейде станции Мирный в 14 милях от станции. В связи с мощным двухлетним припайным льдом (около 200 см), который судно преодолеть не могло, было принято решение о вертолетной разгрузке и доставке предназначенного для ст. Мирный топлива на ст. Новолазаревская.
- 5.05.02 Смена личного состава станции Мирный. Передача станции коллективом 46 РАЭ (начальник Вендерович В.М.) коллективу 47 РАЭ (начальник станции Смирнов В.А.).
- 12.05.02 Завершение грузовых операций на станции Мирный, выход теплохода «Магдалена Олдендорфф» на станцию Новолазаревская.
- 14.05.02 Прибытие НИС «Академик Александр Карпинский» (капитан Тимерев С.Н.) в Санкт- Петербург.
- 23-24.05.02 Проведение рабочего совещания группы SCAR по подледниковым озерам (Нью Йорк). Россию на совещании представлял ст. научный сотрудник ПИЯФ РАН С.А. Булат.
- 27-31.05.02 Проведение весенней сессии Американского геофизического союза. В работе секции «Подледниковые озера Антарктики» были представлены 1 стендовый и 3 секционных российских доклада. В работе сессии приняли участие начальник РАЭ Лукин В.В., сотрудники федерального унитарного государственного предприятия Полярная морская геологоразведочная экспедиция (ФУГП ПМГРЭ) Попов С.В. и Шереметьев А.И., сотрудник ПИЯФ РАН Булат С.А.
- 29.05.02 Подход теплохода «Магдалена Олдендорфф» к ледовому барьеру в районе станции Новолазаревская. Разгрузка судна, смена личного состава станции.
- 30.05.02 Передача станции Новолазаревская зимовщиками 46 РАЭ (начальник Коваленко А.И.) полярникам 47 РАЭ (начальник Киселев В.В.). Завершение разгрузки судна и слива топлива. Отход судна от ледового барьера, вход его в дрейфующий лед и потеря движение.
- 31.05.02 –
09.06.02 Ледовый дрейф теплохода «Магдалена Олдендорфф» в западном генеральном направлении со средней скоростью 1.0 - 1.5 узла в час. Безуспешность попыток активного движения судна - за один час работы силовой установки на полную мощность судно проходило 180-200 м. Вокруг - однолетний тонкий лед толщиной 40-60 см, сплоченностью 10 баллов, торосистостью 2-3 балла при сжатии 1 балл.

- 10.06.02 Вход теплохода «Магдалена Олдендорфф» согласно рекомендациям ААНИИ в заприпайную полынью к западу от шельфового ледника Беллинсгаузен с целью выхода из дрейфовой системы крупномасштабного круговорота Уэдделла.
- 16.06.02 Остановка теплохода «Магдалена Олдендорфф» в многолетнем припае бух. Мускегбукта (на ледовом якоре) в ожидании подхода судов-спасателей.
Выход из Кейптауна экспедиционного судна антарктической программы ЮАР «Агалас», арендованного судовладельцем теплохода «Магдалена Олдендорфф» для вывоза пассажиров-участников РАЭ. На борту «Агаласа» ледовый эксперт ААНИИ А.Д. Масолов, приглашенный организаторами спасательного рейса.
- 20-21.06.02 Проведение в институте полярных и морских исследований им. А. Вегенера (Бремерхафен, ФРГ) рабочего совещания по организации воздушных сообщений в Восточной Антарктиде. Российскую антарктическую экспедицию представлял зам. начальника РАЭ В.Д. Клоков.
- 24-27.06.02 Проведение в Буэнос-Айресе (Аргентина) неформального совещания представителей Консультативных сторон Договора об Антарктике по вопросу организации постоянно действующего Секретариата Договора. Россию представляли начальник РАЭ Лукин В.В. и сотрудник МИД России А.Г. Шатуновская.
- 25.06.02 Выход из Буэнос-Айреса аргентинского ледокола «Алмиранте Иризар», арендованного судовладельцем теплохода «Магдалена Олдендорфф» для участия в спасательном рейсе. Аргентинский ледокол направился для бункеровки и погрузки вертолетов на базу ВМФ Аргентины.
- 27.06.02 Остановка судна «Агалас» на удалении 190 миль от теплохода «Магдалена Олдендорфф», выполнение двух вертолетных рейсов, доставка на борт «Агаласа» 25 пассажиров с теплохода «Магдалена Олдендорфф».
- 28.06.02 Выполнение 4-х вертолетных рейсов между судами «Агалас» и «Магдалена Олдендорфф». На борт «Агаласа» вывезено 44 человека (участники РАЭ и члены экипажа).
- 1.07.02 Выполнение двух заключительных рейсов вертолетов с борта судна «Агалас». За 3 летних дня на борт судна ЮАР доставлено 90 человек (74 сотрудника РАЭ, 4 авиаспециалиста, 12 членов экипажа судна «Магдалена Олдендорфф»).