

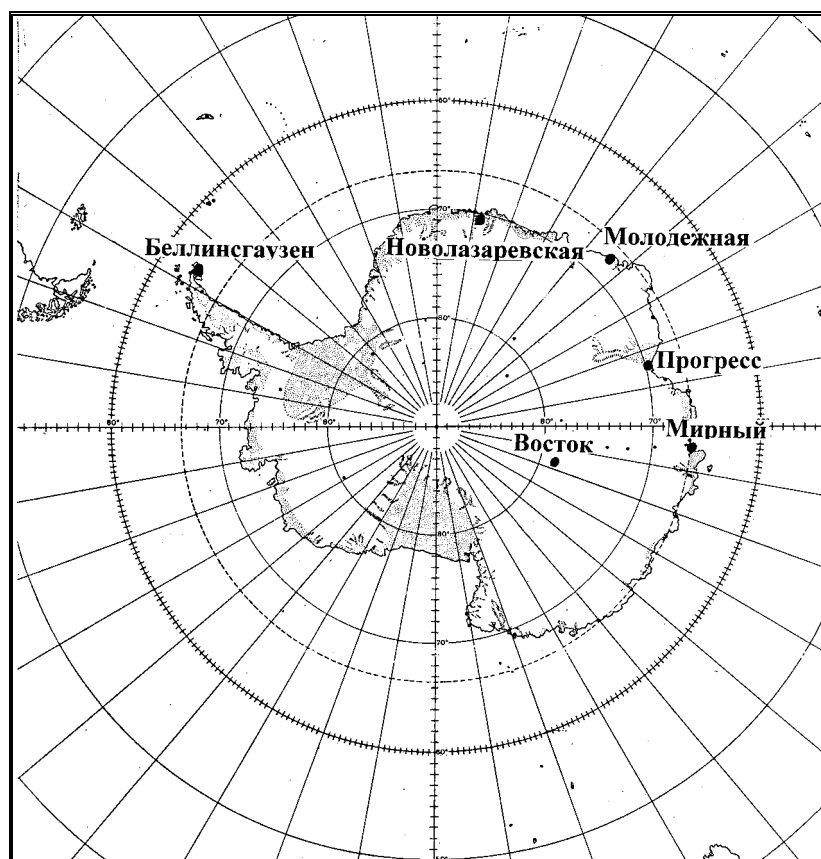
Федеральная служба России по гидрометеорологии  
и мониторингу окружающей среды  
ГНЦ РФ  
Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт  
**Российская антарктическая экспедиция**

## **СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ АНТАРКТИКИ**

Оперативные данные российских антарктических станций

**Октябрь - декабрь 2001 г.**

**№4 ( 17 )**



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

**Октябрь – декабрь 2001 г.**

**№4 ( 17 )**

*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 (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, О. А. Трошичев (отдел геофизики),
раздел 7	- Н.И. Фомичев (РАЭ),
раздел 8	- Н.И. Фомичев (РАЭ),
раздел 9	- Н.И. Фомичев (РАЭ),
раздел 10	- В.Е. Лагун, Н.Е. Иванов (отдел взаимодействия атмосферы и океана),
раздел 11	- В.А. Кучин, В.В. Лукин, В.М. (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. Аномальность метеорологических условий на российских антарктических станциях в октябре – декабре 2001 г. ....	18
3. Атмосферные процессы над Антарктикой в октябре – декабре 2001 года.....	27
4. Краткий обзор ледовых процессов в Южном океане по данным спутниковых и прибрежных наблюдений на российских антарктических станциях в 2001г. ....	29
5. Результаты измерений общего содержания озона на российских антарктических станциях в 2001 году.....	34
6. Геофизические наблюдения на российских антарктических станциях в октябре – декабре 2001 г. ....	38
7. Опыт использования гидрохимических зондов типа APB при исследовании водных объектов в районах станций Антарктиды.....	44
8. Содержание растворенного кислорода в воде озера Китеж в летний период 2000-2001 гг.	48
9. Уменьшение площади зеркала озера Китеж .....	51
10. О статистической структуре поля приземной температуры воздуха и атмосферного давления на уровне моря в районе Антарктического полуострова (по данным российской станции Беллинсгаузен).....	53
11. Основные работы 46 РАЭ в 4 квартале 2001 года.....	61

## 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 четвертый квартал 2001г.

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. Учащенное 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  $\sigma_f -$

$(f - f_{cp})/\sigma_f$  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 аномальности 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 Мирный, Новолазаревская, Восток.

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 разделах 7, 8, 9 настоящего выпуска представлены сообщения о гидрохимическом мониторинге водных систем в районе базы Беллинсгаузен в период летнего сезона 46 РАЭ. Эти работы выполняются в рамках природоохранных мероприятий, осуществляемых на российских антарктических станциях.

Раздел 10 посвящен анализу данных срочных измерений температуры воздуха и давления на станции Беллинсгаузен для определения параметров статистической структуры метеорологических элементов, необходимых для оценок климатических трендов в приземном слое атмосферы. Количественно оценен вклад процессов различного временного масштаба (от суточного хода до межгодовых колебаний) в формирование наблюдаемой климатической изменчивости в районе Антарктического полуострова.

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

# РОССИЙСКИЕ АНТАРКТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ, ДЕЙСТВОВАВШИЕ В ЧЕТВЕРТОМ КВАРТАЛЕ 2001 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

ОКТАБРЬ 2001

ОБСЕРВАТОРИЯ МИРНЫЙ

Таблица 1.1

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения от средних многолетних (f<sub>ср</sub>)

Октябрь 2001г.

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм. давление на уровне моря, гПа	980,7	994	947,3	-1,1	-0,3	
Температура, °С	-13,5	-4,8	-24,5	-0,1	0,0	
Относ. влажность, %	70			1	0,2	
Общая облачность, баллы	6,5			-0,3	-0,3	
Нижняя обл., баллы	4			1,5	1,1	
Колич. осадков, мм	50,3			6,8	0,2	1,2
Средн. скор. ветра, м/с	11,6	33		1	0,6	
Преобл. напр. ветра, град	90					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	491			-19,2	-0,6	1,0
Общее содержание озона, ед.Добсона	240	335	192			

Таблица 1.2

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

Октябрь 2001г.

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
977	53	-15,9	4,9					
925	467	-14,8	6,7	92	11	97	4	4
850	1104	-17,5	5,8	89	8	87	4	4
700	2549	-21,2	6,1	273	0	2	4	4
500	4957	-36,2	6,6	258	5	50	4	4
400	6473	-45,8	5,9	258	9	71	4	4
300	8340	-56,5	5,2	267	14	80	4	4
200	10853	-64,4	4,9	272	17	93	4	4
150	12606	-65,4	5	275	20	96	4	4
100	15066	-65,9	5,2	278	27	98	4	5
70	17255	-63,5	5,6	283	35	98	6	6
50	19343	-58,8	6,1	287	43	98	7	7

30	22629	-48,2	9	292	57	98	8	8
20	25369	-39,1	12,4	296	65	98	9	9
10	30212	-28,6	20,2	303	70	97	14	9

Таблица 1.3

**Аномалии высот стандартных изобарических поверхностей и температуры***Октябрь 2001г.*

P, гПа	H-H <sub>ср</sub> , м	(H-H <sub>ср</sub> )/σ <sub>H</sub>	T-T <sub>ср</sub> , °C	(T-T <sub>ср</sub> )/σ <sub>T</sub>
850	10	0,3	-0,3	-0,2
700	12	0,4	1,2	1,0
500	13	0,3	0,3	0,2
400	17	0,3	0,8	0,5
300	28	0,5	1,7	1,1
200	37	0,5	0,1	0,0
150	29	0,4	-1,6	-0,5
100	-12	-0,1	-5,2	-1,1
70	-61	-0,4	-7,2	-1,2
50	-137	-0,6	-7,0	-1,1
30	-215	-0,7	-3,4	-0,5
20	-280	-0,7	-0,2	0,0
10	-253	-0,6	2,1	0,4

**СТ. НОВОЛАЗАРЕВСКАЯ**

Таблица 1.4

**Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения от средних многолетних (f<sub>ср</sub>)***Октябрь 2001г.*

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм. давление на уровне моря, гПа	983,1	1001,9	958,5	-1	-0,2	
Температура, °C	-13,4	-3	-25,7	-0,8	-0,5	
Относ. влажность, %	52			0,4	0,1	
Общая облачность, баллы	7,7			2,1	2,1	
Нижняя обл., баллы	1,3			0,7	1,0	
Колич. осадков, мм	69,2			40,2	1,2	2,4
Средн. скор. ветра, м/с	9,1	29		-0,9	-0,6	
Преобл. напр. ветра, град	135					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	401			-55,7	-1,6	0,9
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)**

Октябрь 2001г.

Изобари- ческая пов-ть, Р гПа	Высота изобарич. пов-ти, Н м	Температу- ра, Т°С	Дефицит точки росы, D°С	Направл. результити- рующего ветра, град	Скорость результити- рующего ветра, м/с	Параметр устойчи- вости ветра	Колич. суток без данных о т-ре	Колич. суток без данных о ветре
968	122	-14	8,2					
925	472	-14,4	7,1	108	12	95	1	1
850	1108	-18,5	6,9	95	12	93	1	1
700	2538	-24,1	5,5	97	5	56	1	1
500	4927	-38,1	4,4	278	5	45	1	1
400	6430	-48,9	3,8	271	9	62	1	1
300	8263	-61,2	3,3	271	13	76	1	1
200	10707	-71,6	3	265	15	85	1	1
150	12391	-75	2,9	264	15	88	1	1
100	14718	-78,7	2,9	261	17	92	1	1
70	16736	-79,7	2,7	258	18	94	2	2
50	18647	-77,8	2,7	262	20	96	3	3
30	21620	-67,5	3,1	265	23	97	7	7
20	24120	-58,8	3,9	267	25	97	7	8

Таблица 1.6

**Аномалии высот стандартных изобарических поверхностей и температуры**

Октябрь 2001г.

Р, гПа	Н-Н <sub>ср</sub> , м	(Н-Н <sub>ср</sub> )/σ <sub>Н</sub>	Т-Т <sub>ср</sub> , °С	(Т-Т <sub>ср</sub> )/σ <sub>Т</sub>
850	-6	-0,2	0,0	0,0
700	-2	0,0	1,5	1,0
500	6	0,1	0,6	0,3
400	9	0,1	-0,3	-0,2
300	0	0,0	-0,9	-0,7
200	-20	-0,3	-2,4	-1,3
150	-55	-0,7	-4,4	-2,0
100	-130	-1,4	-8,1	-2,4
70	-238	-2,1	-10,7	-2,9
50	-363	-2,5	-11,5	-2,5
30	-556	-2,5	-8,3	-1,3
20	-661	-2,3	-7,7	-1,0

## СТ. БЕЛЛИНСГАУЗЕН

Таблица 1.7

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения  
от средних многолетних (f<sub>ср</sub>)

Октябрь 2001г.

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм.давление на уровне моря, гПа	985	1013,1	951,2	-4,8	-1,0	
Температура, °С	-1,3	3,7	-6,7	1,3	1,3	
Относ.влажность, %	91			2,8	0,9	
Общая облачность, баллы	9			0	0,0	
Нижняя обл., баллы	8,7			0,7	1,2	
Колич. осадков, мм	103,5			53,9	3,3	2,1
Средн. скор. ветра, м/с	10,8	20		2,8	3,1	
Преобл. напр. ветра, град	315					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	328			-76,2	-2,0	0,8

## СТ. ВОСТОК

Таблица 1.8

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения  
от средних многолетних (f<sub>ср</sub>)

Октябрь 2001г.

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм.давление на уровне ст., гПа	618,1	631	604,5	-1,3	-0,3	
Температура, °С	-56,5	-38,8	-70,4	0,5	0,3	
Относ.влажность, %	70			-0,5	-0,1	
Общая облачность, баллы	4,2			-0,2	-0,2	
Нижняя обл., баллы	0			0	0,0	
Колич. осадков, мм	1,4			-0,5	-0,3	0,7
Средн. скор. ветра, м/с	5,3	11		-0,2	-0,2	
Преобл. напр. ветра, град	225					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	531			72,4	3,3	1,2
Общее содержание озона, ед.Добсона	203	257	179			

## ОКТАБРЬ 2001

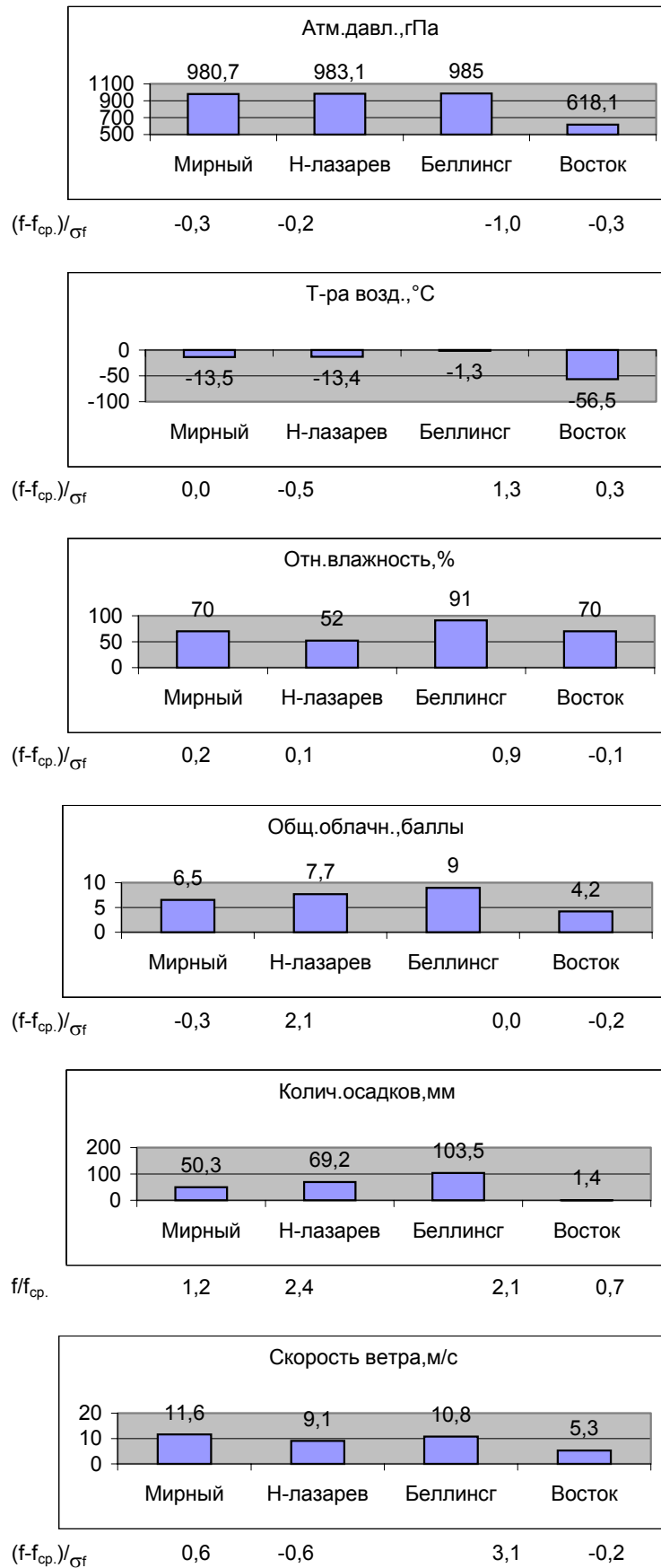


Рис. 1.1. Сопоставление среднеемесячных значений метеозлементов на станциях, октябрь 2001г.  
(Атмосферное давление на прибрежных станциях – на уровне моря, для ст. Восток – на уровне станции).

## НОЯБРЬ 2001

## ОБСЕРВАТОРИЯ МИРНЫЙ

Таблица 1.9

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения  
от средних многолетних (f<sub>ср</sub>)

Ноябрь 2001г.

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм.давление на уровне моря, гПа	983,8	1010,8	954,3	-2,5	-0,6	
Температура, °С	-7,3	1,5	-19,4	0	0,0	
Относ.влажность, %	84			16,2	4,5	
Общая облачность, баллы	8,1			1,7	2,4	
Нижняя обл., баллы	7			4,4	3,7	
Колич. осадков, мм	55,3			21,9	0,8	1,7
Средн. скор. ветра, м/с	10	23		0,2	0,2	
Преобл. напр. ветра, град	90					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	684			-89,0	-1,6	0,9
Общее содержание озона, ед.Добсона	227	341	184			

Таблица 1.10

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

Ноябрь 2001г.

Изобариче- ская 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
979	53	-7,3	2,8					
925	494	-8,7	4,7	88	12	87	1	1
850	1145	-12,1	3,6	78	9	74	1	1
700	2609	-19,9	3,3	47	6	55	1	1
500	5036	-33,9	4,1	315	5	50	1	1
400	6568	-43,7	4,1	297	9	63	1	1
300	8450	-54,8	3,6	288	12	71	1	1
200	10983	-62,9	3,6	289	16	87	1	1
150	12745	-64,6	3,8	287	19	93	1	1
100	15223	-64,6	4,1	287	24	95	2	2
70	17414	-60,9	4,8	291	30	96	2	4
50	19543	-52,1	6,2	292	35	95	5	6
30	22963	-39,3	11,6	295	38	95	7	9
20	25758	-31,5	17	301	39	95	11	9
10	30699	-21,4	24,7	306	33	92	16	9

Таблица 1.11

**Аномалии высот стандартных изобарических поверхностей и температуры**

*Ноябрь 2001г.*

P, гПа	H-H <sub>ср</sub> , м	(H-H <sub>ср</sub> )/σ <sub>H</sub>	T-T <sub>ср</sub> , °C	(T-T <sub>ср</sub> )/σ <sub>T</sub>
850	-3	-0,1	0,4	0,4
700	-4	-0,1	-0,9	-0,7
500	-17	-0,4	-1,2	-0,8
400	-22	-0,4	-0,8	-0,6
300	-31	-0,5	-0,6	-0,4
200	-77	-0,9	-7,4	-2,4
150	-158	-1,5	-11,7	-3,0
100	-327	-2,2	-16,9	-3,9
70	-517	-2,8	-17,8	-4,9
50	-671	-3,3	-12,5	-4,5
30	-779	-3,6	-4,1	-1,4
20	-823	-3,7	1,0	0,3
10	-798	-3,4	7,5	1,9

### СТ. НОВОЛАЗАРЕВСКАЯ

Таблица 1.12

**Среднемесячные значения метеорологических параметров ( f ) и их отклонения  
от средних многолетних( f<sub>ср</sub> )**

*Ноябрь 2001г.*

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм.давление на уровне моря, гПа	982,3	996,3	956,7	-3,5	-0,9	
Температура, °C	-6	2,3	-16,3	-0,1	-0,1	
Относ.влажность, %	47			-6,3	-1,4	
Общая облачность, баллы	5			-1,3	-1,2	
Нижняя облачность, баллы	0,7			-0,3	-0,4	
Колич. осадков, мм	3,6			-4,4	-0,4	0,5
Средн. скор. ветра, м/с	10,1	24		0,7	0,4	
Преобл. напр. ветра, град	135					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	797			68,2	1,4	1,1
Общее содержание озона, ед.Добсона	☉					

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

Таблица 1.13

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

Ноябрь 2001г.

Изобарическая пов-ть, Р гПа	Высота изобарич. пов-ти, Н м	Температура, Т °С	Дефицит точки росы, D °С	Направл. результи- рующего ветра, град	Скорость результи- рующего ветра, м/с	Параметр устойчи- вости ветра	Колич. суток без данных о т-ре	Колич. суток без данных О ветре
969	122	-5,9	10,1					
925	490	-7,4	9,9	108	12	96	0	0
850	1142	-12,4	8,9	102	13	96	0	0
700	2597	-21,4	7,2	101	9	82	0	0
500	5022	-33,8	7,7	142	3	38	0	0
400	6550	-44,6	6	206	4	43	0	0
300	8421	-57	5,1	228	7	55	0	0
200	10922	-65,4	5	237	11	70	0	0
150	12663	-66,9	5,1	239	14	84	0	0
100	15107	-66,7	5,4	241	20	93	0	0
70	17282	-62,3	6,2	240	25	95	0	0
50	19393	-54,5	7,7	240	29	96	0	0
30	22768	-41,6	11,3	237	31	96	0	0
20	25574	-33,9	14,9	233	30	95	1	1
10	30535	-23	20,7	225	24	94	3	5

Таблица 1.14

**Аномалии высот стандартных изобарических поверхностей и температуры**

Ноябрь 2001г.

Р, гПа	Н-Н <sub>ср</sub> , м	(Н-Н <sub>ср</sub> )/σ <sub>Н</sub>	Т-Т <sub>ср</sub> , °С	(Т-Т <sub>ср</sub> )/σ <sub>Т</sub>
850	-9	-0,3	0,6	0,5
700	-10	-0,3	0,3	0,3
500	-1	0,0	1,1	0,8
400	2	0,0	0,4	0,3
300	3	0,1	-0,2	-0,2
200	-21	-0,3	-3,8	-1,2
150	-68	-0,8	-6,9	-1,7
100	-180	-1,4	-10,9	-2,0
70	-302	-1,6	-11,2	-2,0
50	-401	-1,7	-7,9	-1,6
30	-479	-1,6	-2,2	-0,6
20	-454	-1,4	0,2	0,0
10	-440	-1,3	3,6	0,7

## СТ. БЕЛЛИНСТАУЗЕН

Таблица 1.15

**Среднемесячные значения метеорологических параметров ( f ) и их отклонения  
от средних многолетних( f<sub>ср</sub> )**

Ноябрь 2001г.

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм.давление на уровне моря, гПа	980,7	1001,8	959,2	-6,9	-1,3	
Температура, °С	-0,5	2,9	-4,4	0,7	0,9	
Относ.влажность, %	90			2,4	0,7	
Общая облачность, баллы	9,4			0,2	0,5	
Нижняя обл., баллы	8,2			0,2	0,2	
Колич. Осадков, мм	63,4			15	0,8	1,3
Средн. Скор. ветра, м/с	8,4	17		1,4	1,6	
Преобл. напр. ветра, град	360					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	470			-69,1	-2,0	0,9

## СТ. ВОСТОК

Таблица 1.16

**Среднемесячные значения метеорологических параметров ( f ) и их отклонения  
от средних многолетних( f<sub>ср</sub> )**

Ноябрь 2001г.

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм.давление на уровне ст., гПа	625,3	637,7	613,4	-0,4	-0,1	
Температура, °С	-40,7	-23,9	-55	2,4	1,6	
Относ.влажность, %	66			-5,9	-1,4	
Общая облачность, баллы	5,1			1,8	2,3	
Нижняя обл., баллы	0			0	0,0	
Колич. осадков, мм	1,1			0,2	0,3	1,2
Средн. скор. ветра, м/с	5,8	12		0,6	0,7	
Преобл. напр. ветра, град	180					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	864			-70,1	-2,0	0,9
Общее содержание озона, ед.Добсона	185	205	173			

## НОЯБРЬ 2001

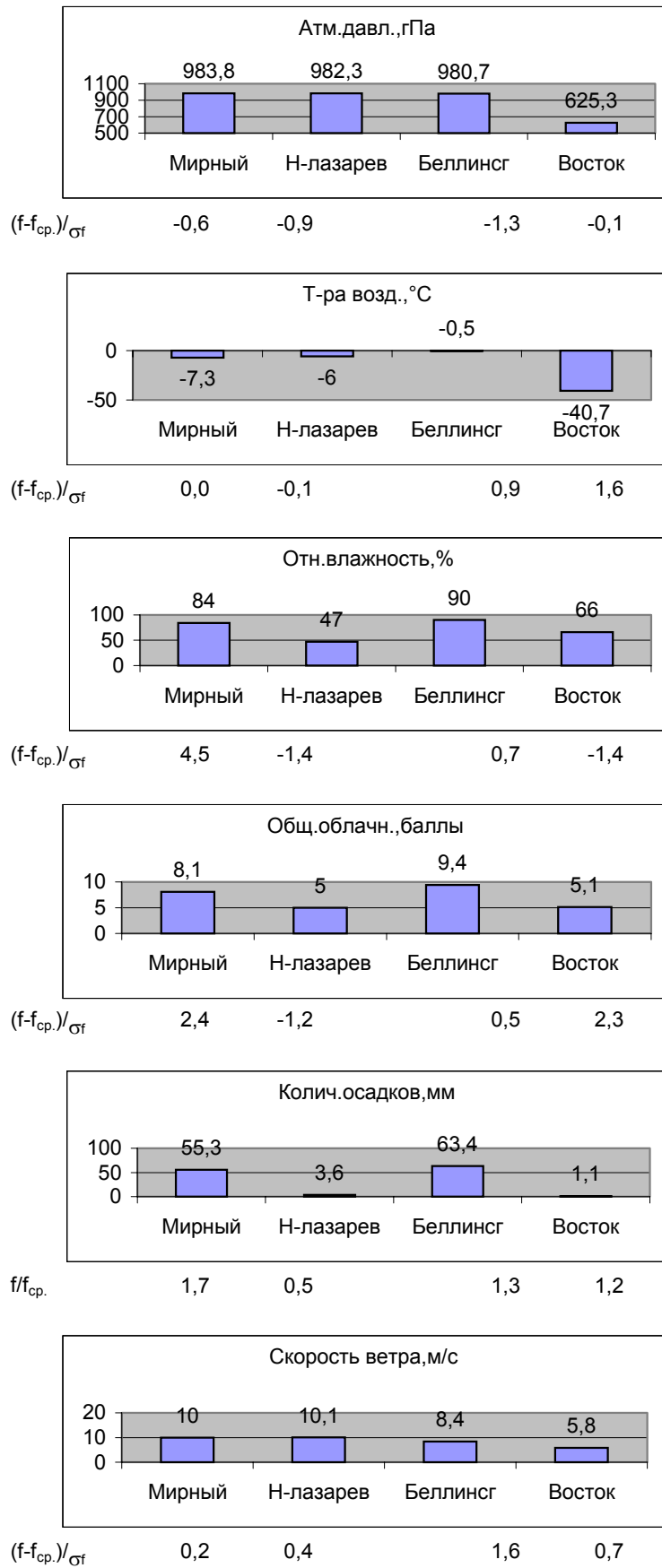


Рис. 1.2. Сопоставление среднемесячных значений метеоэлементов на станциях, ноябрь 2001г.  
(Атмосферное давление на прибрежных станциях – на уровне моря, для ст. Восток – на уровне станции).



## ДЕКАБРЬ 2001

## ОБСЕРВАТОРИЯ МИРНЫЙ

Таблица 1.17  
Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения  
от средних многолетних (f<sub>ср</sub>)

Декабрь 2001г.

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм.давление на уровне моря, гПа	987,6	1004,1	964,6	-2,1	-0,5	
Температура, °C	-3,1	3,9	-14,2	-0,6	-0,7	
Относ.влажность, %	84			13,3	3,2	
Общая облачность, баллы	6,7			-0,2	-0,2	
Нижняя обл., баллы	5			2	1,8	
Колич. осадков, мм	42,8			17,6	0,8	1,7
Средн. скор. ветра, м/с	7,4	21		-1,1	-0,8	
Преобл. напр. ветра, град	90					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	907			-36,1	-0,5	1,0
Общее содержание озона, ед.Добсона	301	352	228			

Таблица 1.18  
Результаты аэрологического зондирования атмосферы (по данным телеграмм CLIMAT-ТЕМР)

Декабрь 2001г.

Изобариче- ская пов-ть, Р гПа	Высота изобарич. пов-ти, Н м	Температу- ра, Т °C	Дефицит точки росы, D °C	Направл. результит- рующего ветра, град	Скорость результит- рующего ветра, м/с	Параметр устойчи- вости ветра	Колич. суток без данных о т-ре	Колич. суток без данных о ветре
983	53	-4,3	3,3					
925	527	-5	5,6	85	6	53	0	0
850	1188	-8,3	5,3	78	3	31	0	0
700	2673	-15,7	6,2	346	2	19	0	0
500	5142	-29,6	5,4	305	7	49	0	0
400	6702	-39,1	5	292	12	60	0	0
300	8627	-49,9	4,8	286	16	63	0	0
200	11243	-52,9	6	282	20	79	0	0
150	13105	-51,8	7,6	283	22	86	0	0
100	15746	-49	9,7	281	22	88	1	1
70	18105	-45,1	11,8	282	20	90	1	1
50	20395	-41,3	14,3	277	16	86	3	4
30	23892	-36,5	17,4	280	7	68	6	6
20	26751	-32,7	20,2	339	3	36	8	9
10	31660	-26,7	24,1	82	7	81	12	9

Таблица 1.19

## Аномалии высот стандартных изобарических поверхностей и температуры

*Декабрь 2001г.*

P, гПа	H-H <sub>ср</sub> , м	(H-H <sub>ср</sub> )/σ <sub>H</sub>	T-T <sub>ср</sub> , °C	(T-T <sub>ср</sub> )/σ <sub>T</sub>
850	-6	-0,2	0,6	0,8
700	-4	-0,1	0,7	0,6
500	-2	0,0	0,4	0,3
400	0	0,0	0,9	0,7
300	12	0,2	1,5	1,2
200	-15	-0,2	-5,4	-2,6
150	-63	-0,9	-6,6	-3,2
100	-144	-1,7	-6,4	-3,4
70	-214	-2,1	-4,4	-3,1
50	-210	-2,1	-2,1	-1,6
30	-234	-2,3	-0,1	0,0
20	-200	-2,1	0,9	0,4
10	-197	-1,6	1,4	0,6

## СТ. НОВОЛАЗАРЕВСКАЯ

Таблица 1.20

Среднемесячные значения метеорологических параметров ( f ) и их отклонения от средних многолетних ( f<sub>ср</sub> )*Декабрь 2001г.*

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм.давление на уровне моря, гПа	981	999,2	965,3	-9,3	-1,9	
Температура, °C	-1,3	7,1	-7,2	-0,4	-0,5	
Относ.влажность, %	57			-0,8	-0,2	
Общая облачность, баллы	6,2			-0,1	-0,1	
Нижняя обл., баллы	1,2			-0,3	-0,4	
Колич. осадков, мм	9			1,4	0,1	1,2
Средн. скор. ветра, м/с	8,7	26		1,3	0,8	
Преобл. напр. ветра, град	135					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	907			-1,3	0,0	1,0
Общее содержание озона, ед.Добсона	☉					

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

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

*Декабрь 2001г.*

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
966	122	-1,5	7					
925	475	-3	7,8	109	10	92	0	0
850	1139	-7,7	7,7	101	12	89	0	0
700	2617	-18	5,2	102	9	72	0	0
500	5060	-32,5	5,9	127	3	23	0	0
400	6602	-42,4	5,3	196	2	16	0	0
300	8497	-53,4	4,7	237	5	34	0	0
200	11074	-56,5	5,2	246	9	61	1	1
150	12909	-55	6,1	243	12	80	2	2
100	15515	-51	7,5	245	14	83	2	2
70	17865	-44,7	9,9	247	14	82	2	2
50	20151	-38,1	13,1	249	13	81	2	2
30	23716	-32,1	17,9	247	9	69	2	2
20	26580	-29	20	239	5	55	4	4
10	31560	-24,4	24,1	132	2	24	8	8

Таблица 1.22

**Аномалии высот стандартных изобарических поверхностей и температуры**

*Декабрь 2001г.*

Р, гПа	Н-Н <sub>ср</sub> , м	(Н-Н <sub>ср</sub> )/σ <sub>Н</sub>	Т-Т <sub>ср</sub> , °С	(Т-Т <sub>ср</sub> )/σ <sub>Т</sub>
850	-66	-1,5	1,1	1,4
700	-64	-1,3	0,3	0,3
500	-71	-1,2	-1,0	-0,6
400	-76	-1,2	-0,8	-0,6
300	-83	-1,2	-0,8	-0,6
200	-127	-1,7	-6,9	-2,1
150	-187	-2,1	-8,3	-2,7
100	-282	-2,6	-8,1	-3,4
70	-345	-2,6	-4,2	-2,1
50	-372	-2,7	0,0	0,0
30	-353	-2,8	3,2	1,6
20	-312	-2,0	3,7	1,6
10	-261	-2,0	3,7	1,3

## СТ. БЕЛЛИНСГАУЗЕН

Таблица 1.23

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения  
от средних многолетних (f<sub>ср</sub>)

Декабрь 2001г.

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм.давление на уровне моря, гПа	983,2	1007,8	958,5	-8,2	-1,6	
Температура, °С	1	4,8	-1,5	0,6	1,2	
Относ.влажность, %	90			2,5	0,6	
Общая облачность, баллы	9,3			0,2	0,5	
Нижняя обл., баллы	7,7			-0,2	-0,3	
Колич. осадков, мм	57,6			8,5	0,5	1,2
Средн. скор. ветра, м/с	8,8	17		2,2	2,8	
Преобл. напр. ветра, град	337					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	599			18,5	0,5	1,0

## СТ. ВОСТОК

Таблица 1.24

Среднемесячные значения метеорологических параметров (f) и их отклонения  
от средних многолетних (f<sub>ср</sub>)

Декабрь 2001г.

	f	f <sub>макс</sub>	f <sub>мин</sub>	Аномалия f-f <sub>ср</sub>	Нормированная аномалия (f-f <sub>ср</sub> )/σ <sub>f</sub>	Относительная аномалия f/f <sub>ср</sub>
Атм.давление на уровне ст., гПа	630,6	651,4	618,2	-3,2	-0,8	
Температура, °С	-30,5	-18,8	-42,6	1,4	0,9	
Относ.влажность, %	56			-16,4	-3,6	
Общая облачность, баллы	3,9			0,7	0,7	
Нижняя обл., баллы	0			-0,2	-1,0	
Колич. осадков, мм	1			0,4	0,4	1,7
Средн. скор. ветра, м/с	4,7	10		0,2	0,2	
Преобл. напр. ветра, град	202					
Суммарная радиация, МДж/кв.м	1293			60,9	1,5	1,0
Общее содержание озона, ед.Добсона	257	312	203			

## ДЕКАБРЬ 2001

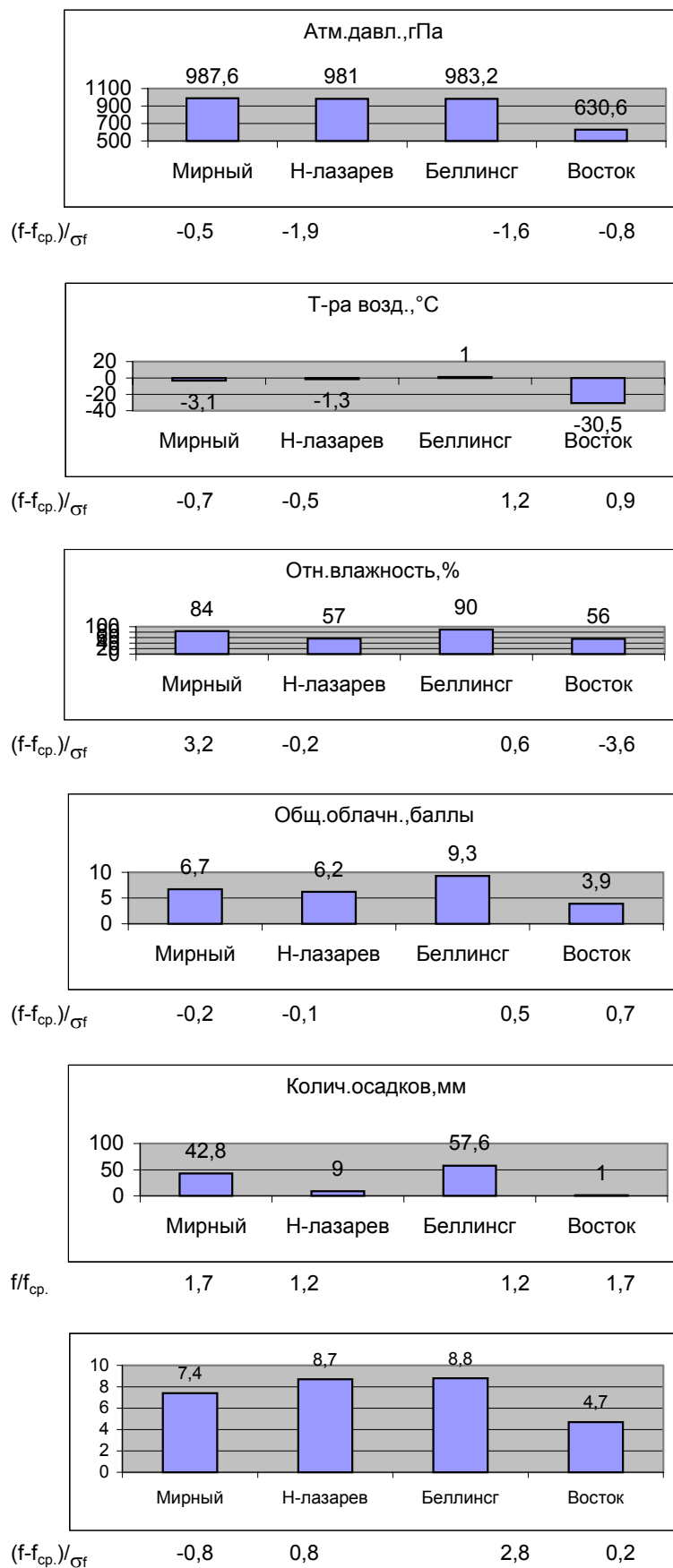


Рис. 1.3. Сопоставление среднеемесячных значений метеозлементов на станциях, декабрь 2001г.  
(Атмосферное давление на прибрежных станциях – на уровне моря, для ст. Восток – на уровне станции).

## 2. АНОМАЛЬНОСТЬ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ В ОКТЯБРЕ-ДЕКАБРЕ 2001г.

В октябре-декабре на станциях Новолазаревская и Мирный наблюдались небольшие отрицательные аномалии температуры (кроме ноября на станции Мирный). Значения нормированных аномалий на этих станциях были меньше  $1\sigma$ . В то же время на станциях Восток и Беллинсгаузен сохранялись положительные аномалии. Значения нормированных аномалий на станции Восток в ноябре, а на станции Беллинсгаузен в октябре и декабре были более  $1\sigma$ . На станции Восток ноябрь 2001г. стал четвертым теплым ноябрем за весь период наблюдений (самым теплым был ноябрь 1982 г.).

Температурные условия в октябре-декабре на всем континенте характеризует рис.2.1, где приводятся среднемесячные значения, 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., содержащиеся в работе /2/.

Распределение температуры над континентом в рассматриваемые месяцы характеризовалось хорошо выраженным очагом тепла в районе Антарктического полуострова и очагом холода в районе Земли Уилкса и Земли Адели (рис.2.1).

В октябре очаг тепла, существовавший над большей частью территории Антарктиды в сентябре, сократился по площади. Положительные аномалии на станциях уменьшились. Центр очага тепла сместился на Антарктический полуостров (ст. Эсперанца,  $+3.5^{\circ}\text{C}$  ( $1.6\sigma$ )). В районе Южного полюса и прибрежных районах Восточной Антарктиды (Земля Королевы Мод, Земля Уилкса, Земля Адели) образовались очаги холода. Центры основных очагов холода располагались вблизи станций Амундсен-Скотт ( $-2.3^{\circ}\text{C}$  ( $-1.0\sigma$ )) и Сева ( $-1.3^{\circ}\text{C}$  ( $-1.0\sigma$ )).

В ноябре-декабре над территорией Антарктиды вновь образовался обширный очаг тепла. В ноябре его центр находился в Восточной Антарктиде в районе Полярного Плато, вблизи станции Восток ( $+2.4^{\circ}\text{C}$  ( $+1.6\sigma$ )). В декабре центр очага тепла располагался вблизи станции Мак-Мердо ( $+2.1^{\circ}\text{C}$  ( $+1.7\sigma$ )).

В прибрежных районах Восточной Антарктиды в ноябре-декабре сохранялись отрицательные аномалии температуры. Центр основного очага холода в эти месяцы располагался в районе Земли Адели, вблизи станции Дюмон-д'Юрвиль (в ноябре  $-1.2^{\circ}\text{C}$  ( $-1.4\sigma$ ), в декабре  $-1.9^{\circ}\text{C}$  ( $-2.2\sigma$ )). На станции Дюмон-д'Юрвиль декабрь 2001г. стал вторым холодным декабрем за весь период наблюдений (самым холодным был декабрь 1961г.).

Оценка долгопериодных изменений среднемесячной температуры рассматриваемых месяцев обнаруживает положительный тренд на станциях Беллинсгаузен и Новолазаревская и отрицательный тренд на станции Мирный (рис.2.2–2.4). На станции Восток для октября знак тренда отрицателен (не является статистически значимым), а для ноября–декабря положителен и статистически значим.

В последнем десятилетии наблюдаются отрицательные тренды для октября на станциях Новолазаревская, Мирный и Восток и для декабря на станциях Новолазаревская и Беллинсгаузен. Для ноября знак линейного тренда на всех станциях положителен.

Атмосферное давление на всех российских станциях в октябре-декабре было ниже нормы. Наиболее крупная отрицательная аномалия отмечена в декабре на станции Новолазаревская ( $-9.9$  гПа ( $-2.1\sigma$ )), которая является третьей по величине за весь период наблюдений (наиболее крупная аномалия имела место в 1999г.,  $-10.1$  гПа ( $-2.2\sigma$ )).

Знак линейного тренда давления на российских станциях, за исключением станции Восток, для этих месяцев также отрицательный. Статистически значимый отрицательный тренд для октября на станции Мирный составляет  $-3.9$  гПа/45 лет. Наиболее заметное понижение атмосферного давления для декабря на станции Беллинсгаузен, составившее  $7.3$  гПа/34 года.

На станции Восток для октября-ноября тренд давления положителен.

Количество выпавших осадков в октябре-декабре на российских станциях было в целом выше нормы. В октябре на станциях Беллинсгаузен и Новолазаревская было отмечено более чем двукратное превышение месячной нормы, в 2.1 и 2.4 раза, соответственно. На ст. Беллинсгаузен это первый случай, а на ст. Новолазаревская – четвертый случай обильного выпадения осадков в октябре (после 1964, 1965 и 1967 гг.).

Рассматривая режим температуры воздуха за 2001г. в целом, можно отметить, что в течение первых трех месяцев (вторая половина антарктического лета и осень) в Восточной Антарктиде сохранялся очаг отрицательных аномалий, центр которого в январе располагался вблизи станции Мак-Мердо. Аномалия температуры на этой станции составила в январе  $-2.2^{\circ}\text{C}$  ( $-1.7\sigma$ ). В феврале очаг холода усилился, и его центр переместился в район Земли Уилкса. Аномалия температуры на станции Кейси составила  $-2.4^{\circ}\text{C}$  ( $-2.4\sigma$ ). В марте произошло ослабление очага холода.

В западной части Антарктического полуострова в январе-марте наблюдался хорошо выраженный очаг тепла.

В апреле произошло усиление очага холода в прибрежной зоне атлантического побережья. Центр очага располагался вблизи станции Халли-Бей, где аномалия температуры составила  $-5.8^{\circ}\text{C}$  ( $-2.2\sigma$ ). В мае очаг холода в Восточной Антарктиде ослабел, температура здесь была близка к норме. В июне очаг холода сместился на побережье индо-океанского сектора Восточной Антарктиды и близлежащие районы Полярного Плато. Аномалии холода в центре очага были небольшими и составили на станции Восток  $-1.9^{\circ}\text{C}$  ( $-0.8\sigma$ ), а на станции Мирный  $-1.1^{\circ}\text{C}$  ( $-0.5\sigma$ ).

В районе Антарктического полуострова в мае-июне произошло усиление очага тепла. Аномалии температуры на британской станции Ротера-Пойнт для мая, а на станции Беллинсгаузен для июня составили,  $+4.7^{\circ}\text{C}$  ( $+1.8\sigma$ ) и  $+4.1^{\circ}\text{C}$  ( $+2.1\sigma$ ), соответственно.

В июле-сентябре (антарктическая зима) сохранялось чередование очагов тепла и холода.

В июле очаг холода в восточной части индо-океанского сектора сменился очагом тепла. Аномалия температуры в центре очага, на австралийской станции Кейси, составила  $+4.3^{\circ}\text{C}$  ( $+1.4\sigma$ ). В районе Антарктического полуострова и моря Уэдделла имели место небольшие отрицательные аномалии температуры.

В августе практически вся Восточная Антарктида характеризовалась небольшими отрицательными аномалиями температуры, а на Антарктическом полуострове вновь образовался очаг тепла, аномалия температуры на ст. Беллинсгаузен составила  $+3.6^{\circ}\text{C}$  ( $+1.5\sigma$ ).

К сентябрю положительные аномалии заняли большую часть Антарктиды. Наблюдалось два интенсивных очага тепла, один с центром в прибрежной зоне индо-океанского сектора Антарктики (аномалия температуры на ст. Кейси составила  $+3.5^{\circ}\text{C}$  ( $+1.3\sigma$ )), второй – в районе Антарктического полуострова (аномалия температуры на аргентинской станции Эсперанца составила  $+4.7^{\circ}\text{C}$  ( $+2.1\sigma$ )).

Годовой ход температуры и атмосферного давления на российских станциях в 2001г. в сравнении со средним многолетним за период 1960-1991 гг. представлен на рис. 2.5.

Можно видеть, что имеются существенные различия между значениями отклонений температуры на ст. Беллинсгаузен и на других российских станциях. На ст. Беллинсгаузен преимущественно наблюдались крупные (более  $1\sigma$ ) аномалии температуры. На остальных российских станциях, как правило, аномалии были менее  $1\sigma$ . Исключение составила аномалия температуры июля в Мирном ( $+2.7^{\circ}\text{C}$  ( $+1.0\sigma$ )), и ноября на ст. Восток ( $+2.4^{\circ}\text{C}$  ( $+1.6\sigma$ )).

Положительные аномалии в основном имели место в холодные месяцы года.

В годовом ходе атмосферного давления обращает на себя внимание преобладание на всех российских станциях отрицательных аномалий, причем крупных (более  $1\sigma$ ) в летнем и переходных сезонах. Так, в Мирном и на ст. Новолазаревская в апреле аномалии давления составили  $-2.7\sigma$  и  $-2.4\sigma$ .

Оценка долгопериодных изменений температуры для всех месяцев года за весь период наблюдений показала преобладание на российских станциях положительного линейного тренда (табл. 2.1). В то же время статистически значимый тренд имеет место преимущественно в зимнем периоде. Так, на станции Беллинсгаузен для июня повышение температуры составило  $3.2^{\circ}\text{C}/34$  года, а на станции Новолазаревская для июля  $2.9^{\circ}\text{C}/41$  год.

Оценка линейных трендов за последнее десятилетие обнаруживает отрицательные тренды для большинства месяцев на станции Новолазаревская, а также для летних и осенних месяцев на станциях Мирный и Восток. Для зимних месяцев на российских станциях знак тренда преимущественно положителен, но статистически значимые тренды имеют место только на станции Беллинсгаузен – для мая-июня. Повышение температуры для этих месяцев здесь составило  $5.8^{\circ}\text{C}/10$  лет и  $5.5^{\circ}\text{C}/10$  лет.

Оценка трендов среднегодовой температуры за период 1957-2001гг. показала, что статистически значимый положительный тренд имеется на станции Беллинсгаузен. Он имеется также на станции Новолазаревская, несмотря на появление здесь в последнем десятилетии для большинства месяцев года отрицательного тренда (рис.2.6).

Таблица 2.1

Параметры линейного тренда среднемесячной приземной температуры воздуха

Станции,	Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
За весь период наблюдений														
Новолазаревская 1961-2001 гг.	°C/10 лет	0.15	0.19	0.18	0.20	-0.18	0.39	0.71	-0.02	0.44	0.14	0.10	0.07	0.2
	%	20	25	19	13	10	21	32	1	25	11	11	9	43
	P	—	—	—	—	—	—	95	—	—	—	—	—	99
Мирный 1957-2001 гг.	°C/10 лет	-0.10	-0.01	-0.09	-0.20	-0.34	0.29	0.16	0.18	0.44	-0.06	-0.08	-0.11	0
	%	22	1	9	3	17	16	8	8	22	4	8	14	0
	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Восток 1957-2001 гг.	°C/10 лет	0.11	-0.04	-0.16	-0.14	-0.40	0.00	0.16	0.15	-0.19	-0.27	0.38	0.41	-0.01
	%	10	3	10	8	21	0	7	6	8	21.1	33	33	0
	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	95	95	—
Беллинсгаузен 1968-2001 гг.	°C/10 лет	0.40	0.23	0.31	0.32	0.80	0.94	0.43	0.78	-0.13	0.01	0.08	0.11	0.36
	%	60	27	36	23	36	42	14	33	8	1.2	11	20	45
	P	99	—	95	—	95	99	—	95	—	—	—	—	99
За период 1992-2001 гг.														
Новолазаревская	°C/10 лет	-0.48	-0.62	-2.45	-1.73	-0.96	1.08	-0.62	-1.06	-0.01	-3.21	0.43	-1.18	-0.89
	%	28	22	54	26	14	19	8	21	0	53	21	39	51
	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Мирный	°C/10 лет	-0.81	-1.64	-0.05	1.82	3.41	-0.36	3.69	1.00	2.22	-1.07	1.37	1.53	0.91
	%	29	50	2	32	54	5	44	13	27	24	34	43	39
	P	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Восток	°C/10 лет	-0.70	-0.97	-2.37	-0.52	0.20	1.96	1.46	-1.38	0.15	-2.52	1.71	1.30	-0.13
	%	19	21	60	5	19	32	21	18	2	45	44	23	5
	P	—	—	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Беллинсгаузен	°C/10 лет	-0.36	0.44	1.34	0.32	5.78	5.50	2.79	0.51	-2.42	2.30	0.00	-0.49	1.30
	%	23	12	48	8	75	77	34	7	37	54	0	30	63
	P	—	—	—	—	99	99	—	—	—	—	—	—	95

Примечание: первая строка – коэффициент линейного тренда;

вторая строка – значение дисперсии, выбираемой линейным трендом;

третья строка – уровень значимости (приводится, если его значение превышает 90 %, 95 % или 99 % доверительные интервалы).

#### Литература

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



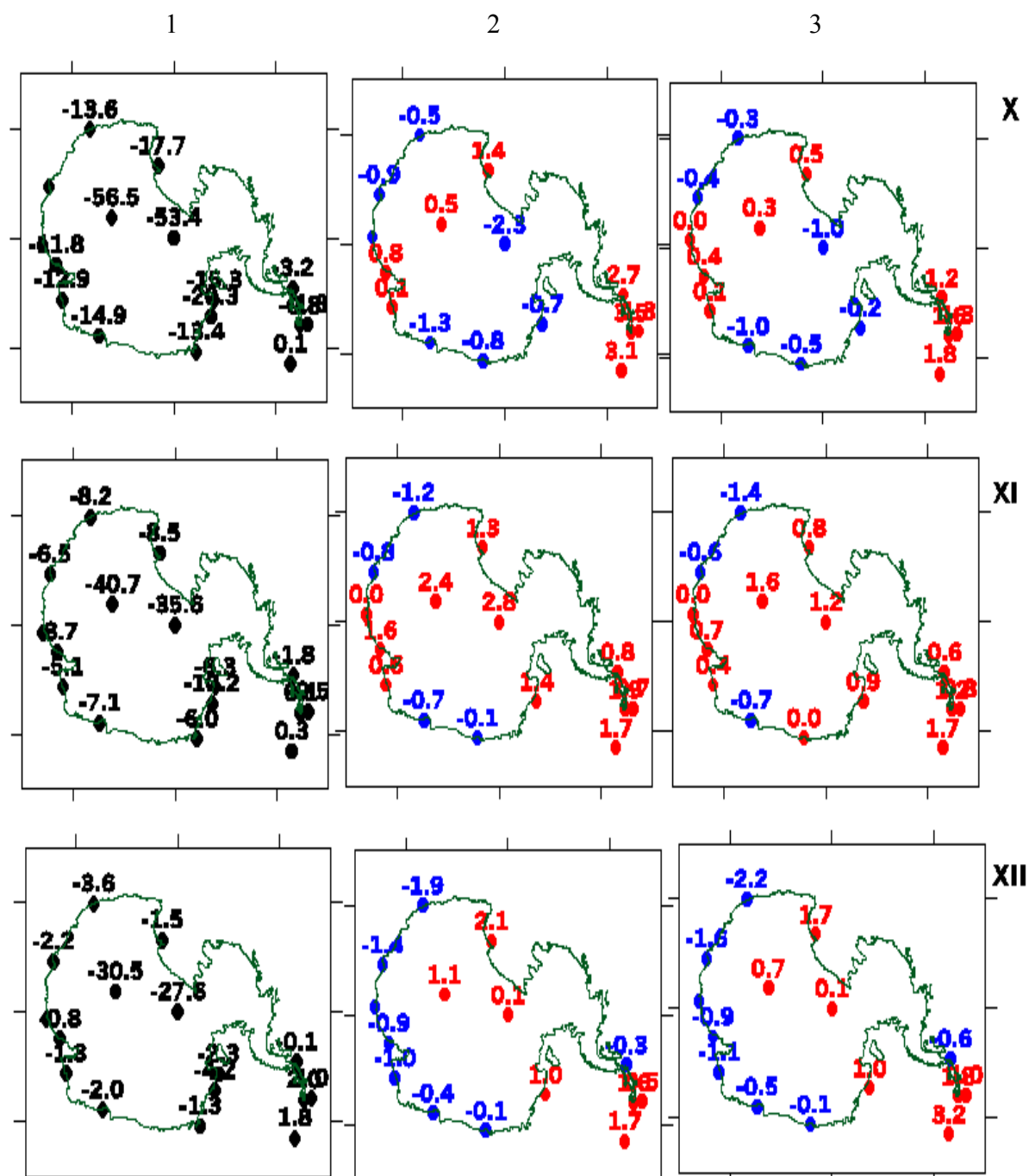
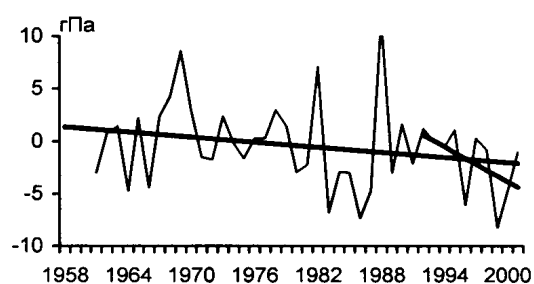
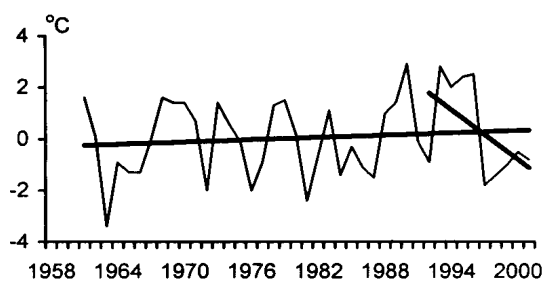
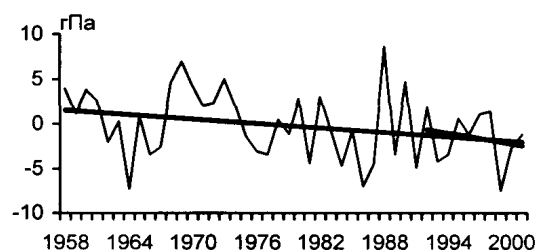
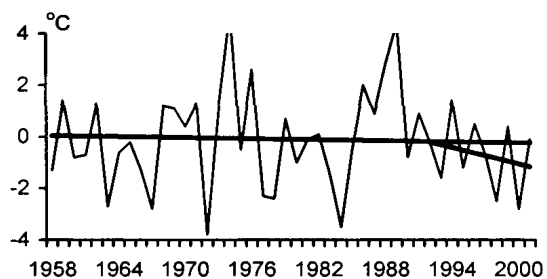


Рис. 2.1. Значения приземной температуры воздуха (1) и их абсолютные (2) и нормированные (3) аномалии в октябре (X), ноябре (XI) и декабре (XII) 2001 г. по данным стационарных метеорологических станций в Южной полярной области.

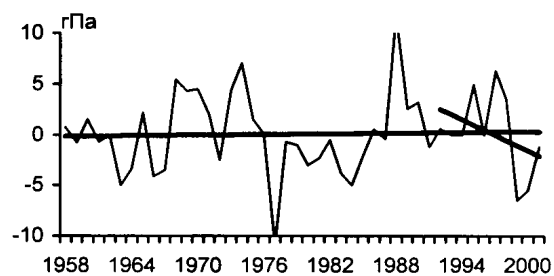
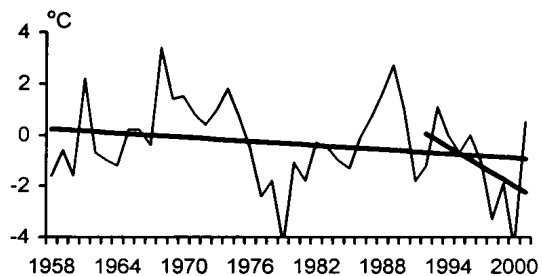
## Новолазаревская



## Мирный



## Восток



## Беллинсгаузен

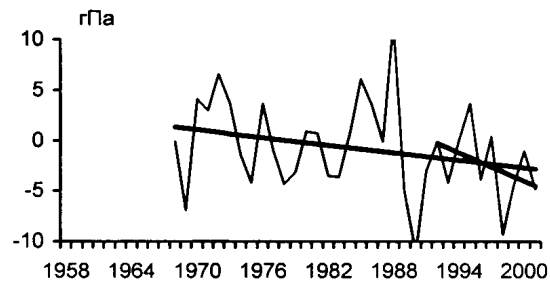
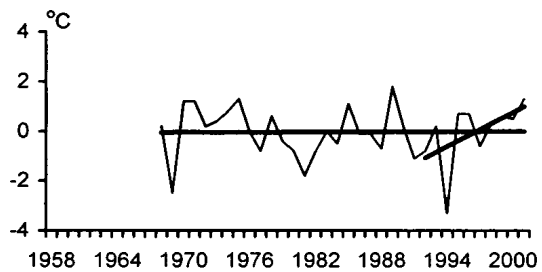
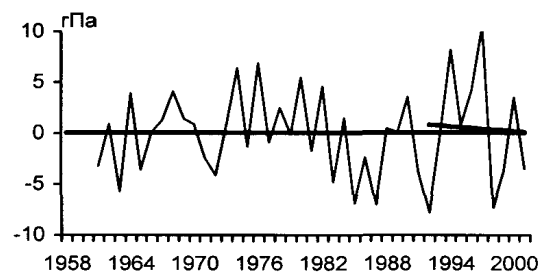
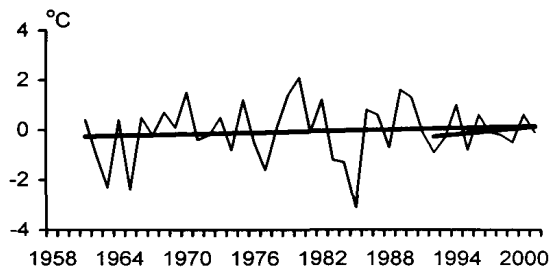
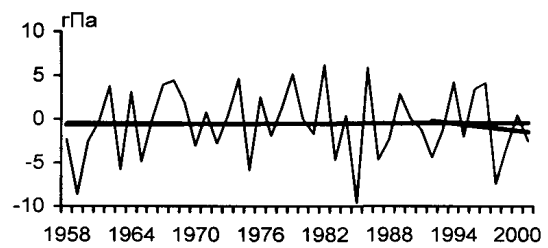
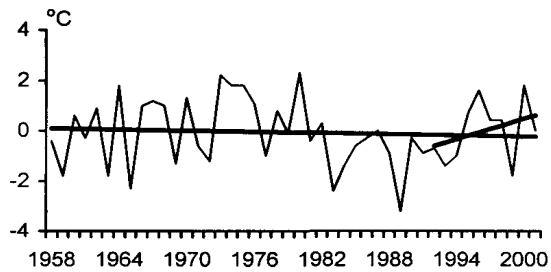


Рис. 2.2. Межгодовой ход аномалий температуры и атмосферного давления на российских антарктических станциях. Октябрь.

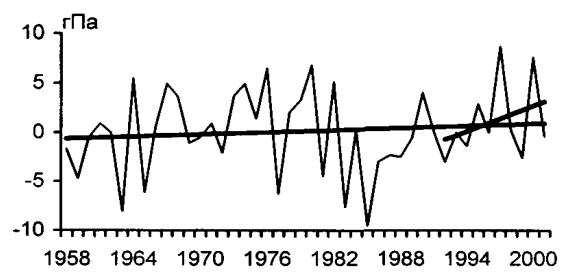
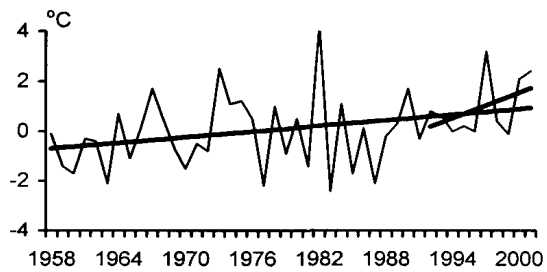
## Новолазаревская



## Мирный



## Восток



## Беллинсгаузен

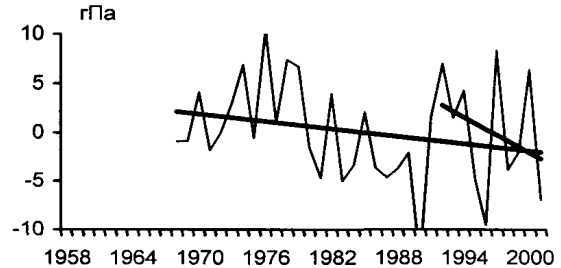
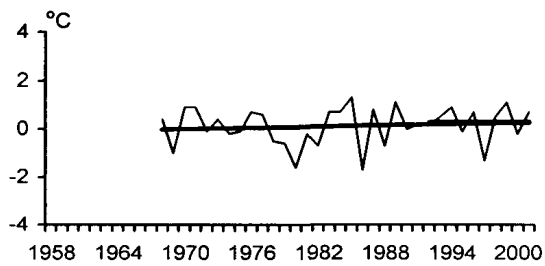
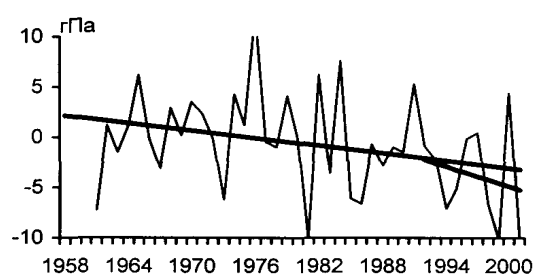
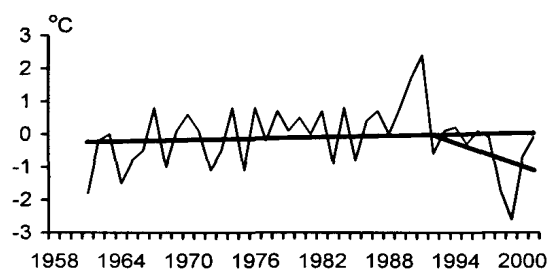
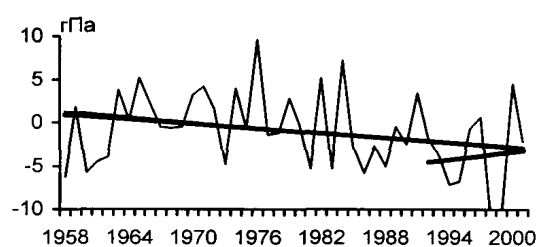
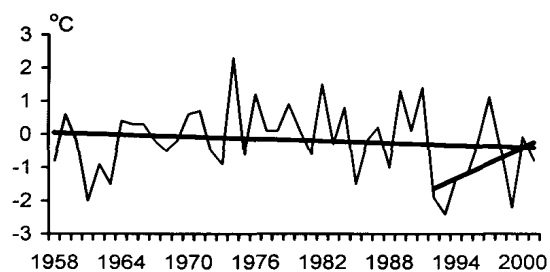


Рис. 2.3. Межгодовой ход аномалий температуры и атмосферного давления на российских антарктических станциях. Ноябрь.

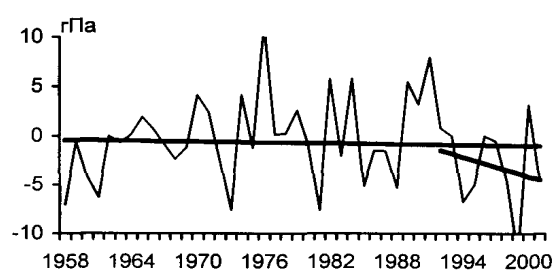
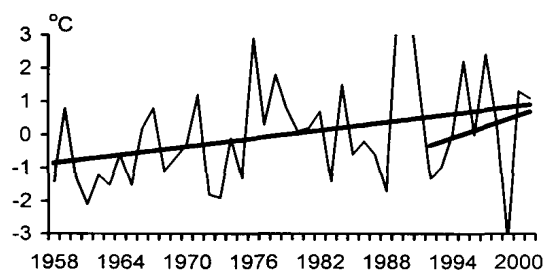
## Новолазаревская



## Мирный



## Восток



## Беллинсгаузен

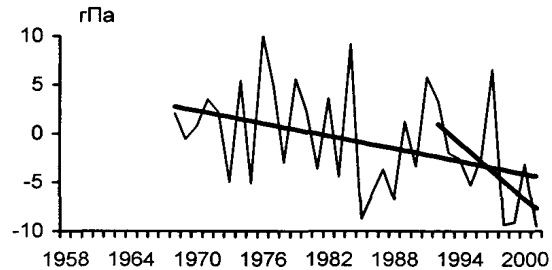
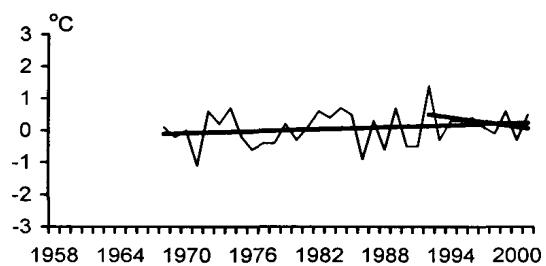


Рис. 2.4. Межгодовой ход аномалий температуры и атмосферного давления на российских антарктических станциях. Декабрь.

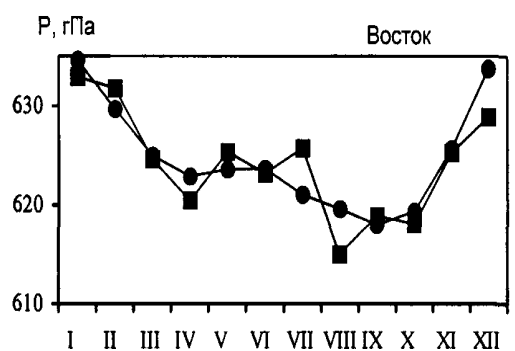
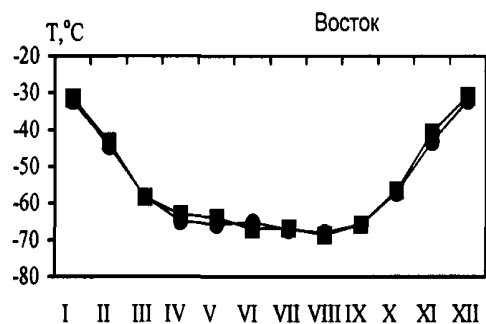
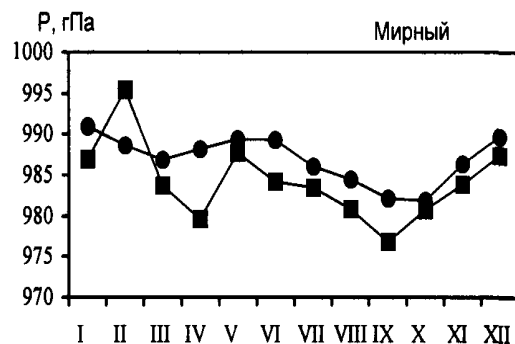
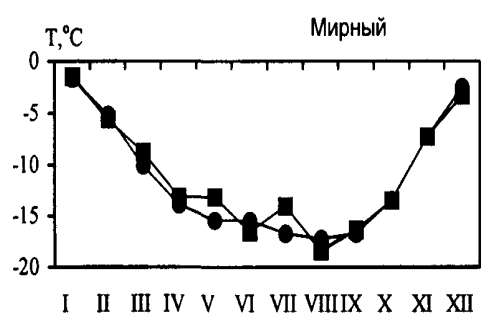
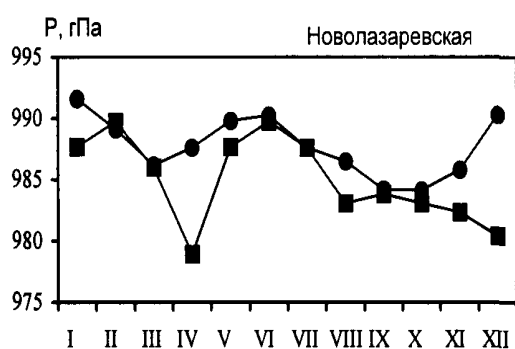
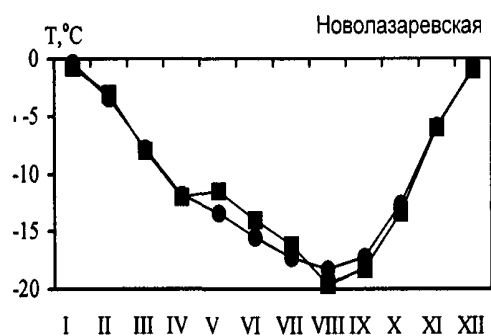
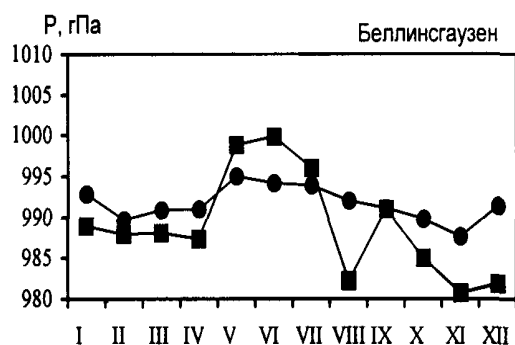
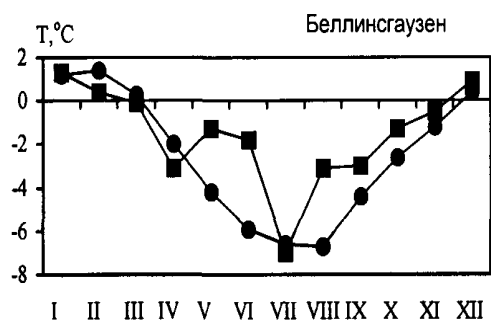
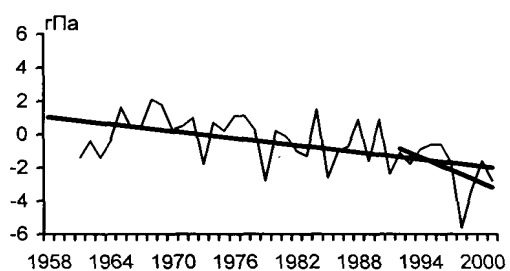
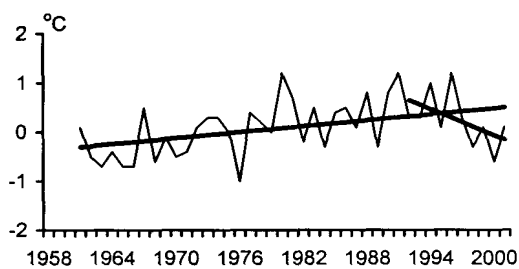


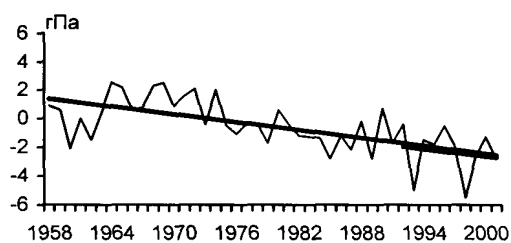
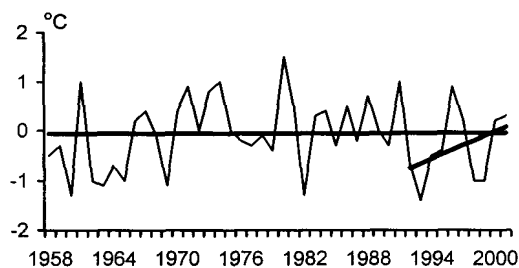
Рис. 2.5. Годовой ход среднемесячного давления и среднемесячной температуры воздуха в 2001г.

■-2001г., ●- 1961-1990 гг.

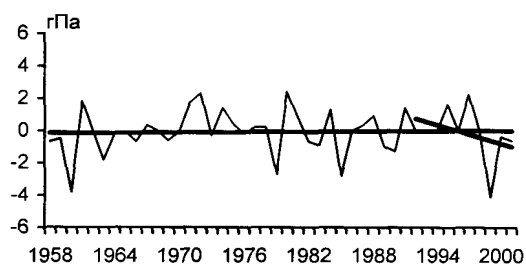
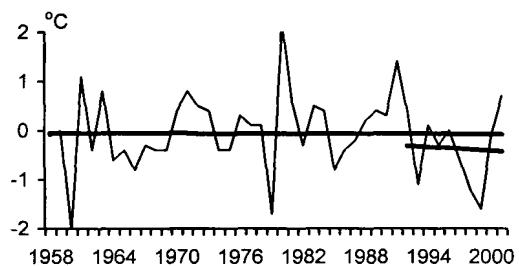
## Новолазаревская



## Мирный



## Восток



## Беллинсгаузен

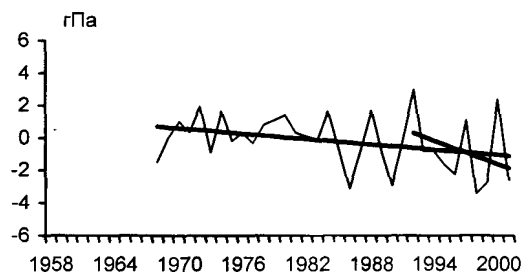
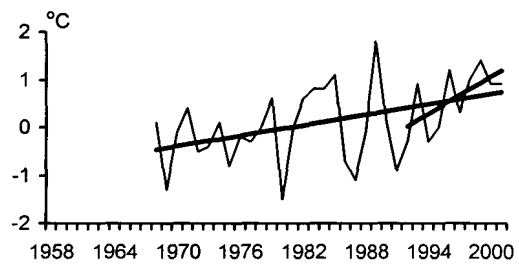


Рис. 2.6. Межгодовой ход аномалий температуры и атмосферного давления на российских антарктических станциях. Год.

### 3. АТМОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ НАД АНТАРКТИКОЙ В ОКТЯБРЕ-ДЕКАБРЕ 2001 ГОДА

Циркуляция атмосферы южного полушария в первой половине октября 2001 года характеризовалась преимущественно зональными процессами. Во второй половине месяца режим циркуляции определялся блокирующими гребнями высокого давления, оси которых медленно смещались на восток.

Циклоны, выходявшие по западным перифериям гребней к побережью Антарктиды, вызывали длительные периоды штормовой погоды, особенно в районе обсерватории Мирный, где 17 октября наблюдался штормовой ветер восточного направления со средней скоростью 33 м/с – 37 м/с и порывами до 42 м/с при сильной метели и видимости менее 50 м. В остальных случаях скорость восточного ветра составляла 29 м/с – 32 м/с, при порывах достигая 37 м/с.

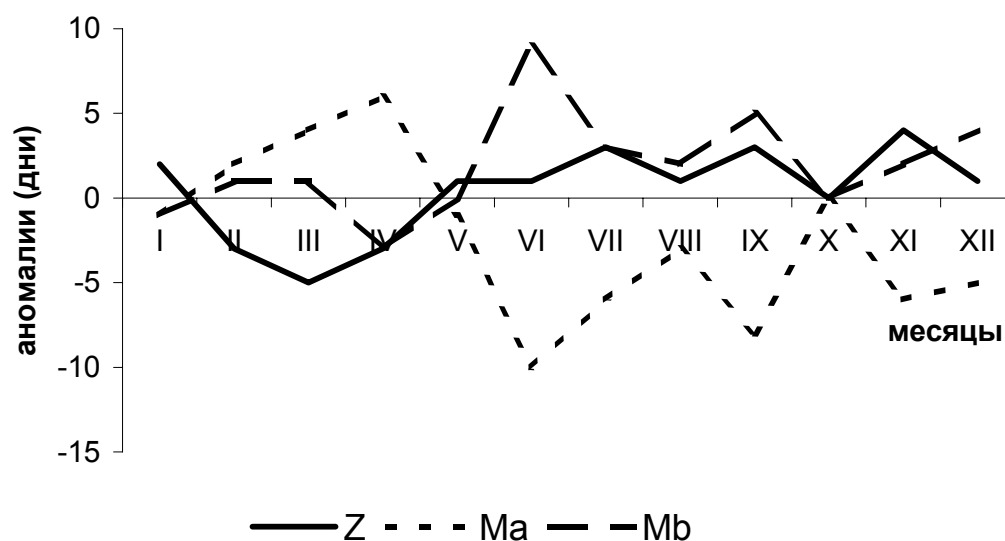


Рис.3.1. Аномалии форм атмосферной циркуляции Южного полушария в 2000 г.

Таблица 3.1

Значения повторяемости форм атмосферной циркуляции южного полушария  
и их аномалии в октябре-декабре 2001г.

Месяц	Повторяемость (дни)			Аномалии (дни)		
	Z	M <sub>a</sub>	M <sub>b</sub>	Z	M <sub>a</sub>	M <sub>b</sub>
Октябрь	12	12	7	0	0	0
Ноябрь	16	5	9	4	-6	2
Декабрь	14	6	11	1	-5	4

Наиболее заметная активность циклонов отмечалась на центральноатлантической, мадагаскарской и новозеландской ветвях траекторий. Повторяемость зональной (Z) и меридиональной формы M<sub>a</sub> [1] была одинаковой (табл. 3.1, рис. 3.1). Значения аномалий давления и температуры были невелики, и лишь в районе пролива Дрейка в результате активной циклонической деятельности приземное давление было существенно ниже нормы.

В первой половине ноября в восточной части Западной Антарктики сохранялось преобладание активных меридиональных процессов. По южноамериканской и фолькландской траекториям к Антарктическому полуострову и морю Уэдделла выходили глубокие циклоны, длительное время поддерживавшие штормовые условия в этих районах.

Вторая половина ноября, особенно в Восточной Антарктике, отмечена развитыми зональными процессами, которые были значительно смещены в высокие широты.

В декабре наряду с большой повторяемостью зональной циркуляции имели место также меридиональные процессы формы  $M_v$ , характеризующиеся развитием блокирующих гребней над индийским сектором Южного океана, которые, как правило, распространялись далеко на юг и объединялись с антарктическим антициклоном [1]. В результате создались условия для формирования двух очагов отрицательной аномалии приземного давления – в районах ст. Беллинсгаузен и ст. Новолазаревская. Если на формирование первого основное влияние оказала повышенная активность циклонов на тихоокеанской ветви траекторий, то второй очаг сформировался также за счет преобладания в высоких широтах зональных процессов.

По данным аэрологического зондирования обсерватории Мирный минимальная температура тропопаузы в декабре постепенно повышалась от  $-75^{\circ}\text{C}$  до  $-66^{\circ}\text{C}$ .

Максимальная высота тропопаузы за этот период отмечалась в ноябре (13,5 км), минимальная – в декабре (6,2 км). Наибольшая повторяемость струйных течений отмечалась в декабре (11 дней). Максимальная скорость ветра в декабре достигала 59 м/с. Параметры стратосферного вихря имели близкий к норме характер.

В целом 2001 год характеризуется несколько повышенной повторяемостью зональной циркуляции. Другой важной особенностью явилась необычно возросшая повторяемость процессов меридиональной формы  $M_v$ , которая была выше нормы более полугода, с июня до декабря (исключение составил октябрь).

#### Литература:

1. Дыдина Л.А., Рабцевич С.В., Рыжаков Л.Ю., Савицкий Г.Б. Формы атмосферной циркуляции в южном полушарии. - Тр. ААНИИ, 1976, т. 330, с. 5-16.



#### 4. КРАТКИЙ ОБЗОР ЛЕДОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ И ПРИБРЕЖНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ В 2001г.

Завершившееся в феврале антарктическое лето вновь характеризовалось весьма пестрой картиной ледовых условий в Атлантическом и Индийском секторах Южного океана. В значительной мере она была прямо противоположной 2000 году.

Атлантический ледяной массив, хотя по-прежнему и отличался малоподвижностью, но занимал центральное западное положение, при котором его северная граница достигала оконечности Антарктического полуострова, южная -  $75^{\circ}$  ю.ш. (т.е. массив был отжат от южного побережья моря Уэдделла), а восточная граница проходила повсеместно вдоль  $40^{\circ}$  з.д. Аномально повышенное развитие полярной льдины залива Прюдс обусловило полное очищение не только всего моря Содружества, но и минимально возможную ледовитость смежной с ним восточной половины моря Космонавтов (табл.4.1). Последнему способствовало столь же аномально раннее и скоротечное разрушение местного припая в течение второй половины января - первой половины февраля. Аналогичный характер носил взлом припая и в районе станции Прогресс (табл.4.2).

Напротив, в морях Дейвиса, Моусона и западной части моря Космонавтов сохранялся пояс дрейфующих льдов, хотя и не превышавший своих среднесезонных размеров, но не разреженный, а максимальной 10-балльной сплоченности. В марте он резко увеличился за счет запоздалого взлома сохранившихся здесь крупных участков прошлогоднего припая. В этом отношении весьма показателен пример прибрежной акватории залива Трешникова в районе обсерватории Мирный, где задержка с окончательным разрушением припая и его выносом составила около полумесяца по сравнению со среднесезонными сроками.

Балленский ледяной массив занимал крайнее западное положение, и с его северной периферии, располагавшейся вблизи  $65^{\circ}$  ю.ш., в западном направлении постоянно вытягивался лед. Эта полоса льда средней шириной около 30 миль воспрепятствовала обычному в январе-феврале полному очищению основной акватории моря Дюмон-Дюрвиля.

Осеннее ледообразование, повсеместно начавшееся в марте, протекало весьма вяло. В результате, несмотря на восстановление к апрелю сплошного циркумполярного пояса дрейфующего льда, его ширина была минимальной, а преобладающим являлся лед толщиной не более 30 см. При этом на акватории вблизи обсерватории Мирный из-за частых взломов припая его становление растянулось на месяц, до 24 апреля.

Напротив, у станции Прогресс припай шириной 30 км сформировался уже к 25 марта и к концу апреля достиг толщины 60 см (табл.4.3).

В мае отмечалось резкое разрастание ледового пояса, и его размеры резко возросли до среднесезонных.

Зимой однако развитие ледяного покрова, особенно в Индийском секторе, вновь замедлилось. В сентябре его кромка располагалась здесь южнее обычного в среднем на  $2^{\circ}$  широты.

Первопричиной пониженной ледовитости является, очевидно, низкая интенсивность атмосферных процессов, отмечавшаяся в течение всего периода с июля по сентябрь. Это обусловило значительное ослабление в указанных секторах основных выносных ветвей адвекции льда, которые обеспечивают его разнесение по океанической акватории к северу от  $65^{\circ}$  ю.ш.

Так, уже с середины июля полностью прекратился наметившийся в июне вынос на север в море Скоша толстых двухлетних льдов из ядра Атлантического массива. Поэтому здесь вновь сложились исключительно легкие по типу начавшихся с 1996г. теплых зим ледовые условия. В частности, продолжительность ледового периода в районе полевой базы Беллинсгаузен (Южные Шетландские о-ва), так же, как и в прошлом году, составила всего около 2,5 месяцев.

Малоактивный характер зимних синоптических процессов весьма своеобразным образом сказался на региональных погодных и ледовых условиях. Показателен район обсерватории Мирный, где в июле, например, наблюдался многочасовой туман, а интенсивность нарастания относительно слабо заснеженного припайного льда в течение всей зимы была аномально низкой (табл.4.4).

В октябре активность циклонической деятельности резко возросла. Это обусловило интенсивное разрежение и вытаивание ледового пояса, особенно в его прикромочных зонах. Так, уже в ноябре отмечалась существенно пониженная ледовитость морей Скоша и Дейвиса (рис.4.1).

В декабре длительное позиционирование необычно смещенных в высокие широты зональных атмосферных процессов сформировало исключительно редко наблюдаемую ледовую обстановку в Атлантическом секторе. Массив в море Уэдделла занял крайнее южное, прижатое к побережью положение. Кромка льда повсеместно, в том числе и у Антарктического полуострова, отступила – в среднем до  $67^{\circ}$  ю.ш. В морях Лазарева, Рисер-Ларсена и Космонавтов она располагалась вблизи  $65^{\circ}$  ю.ш.

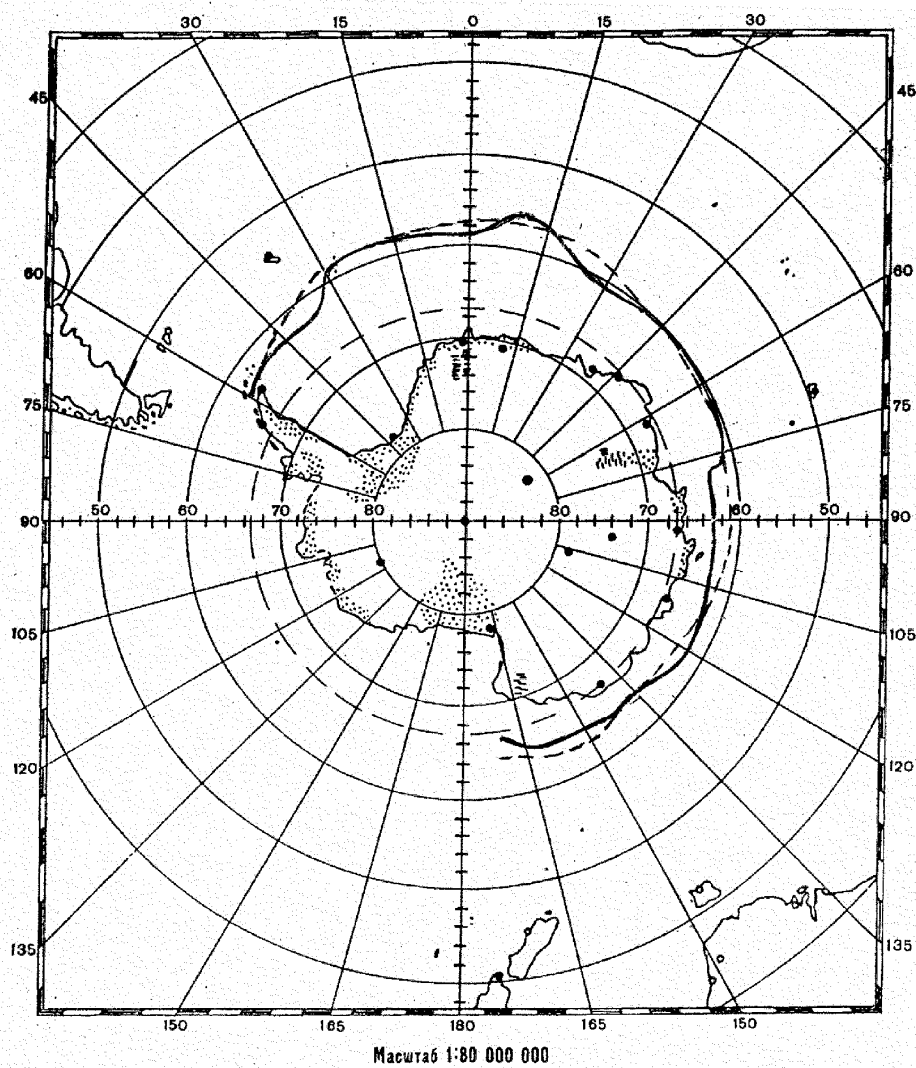


Рис.4.1. Фактическое (1) и среднееголетнее (2) положение внешней, северной кромки дрейфующего льда в Южном океане в ноябре 2001г.

Условные обозначения: 1 - — факт.; 2 - - - норма.

Таблица 4.1

Широтное положение внешней, северной кромки пояса дрейфующих льдов в Южном океане по данным ледовых обзоров станций Новолазаревская и Мирный по снимкам ИСЗ в 2001г.

Меридианы	Февраль		Май		Сентябрь		Ноябрь	
	факт.	норма	факт.	норма	факт.	норма	факт.	норма
60° з.д.			64.2 <sup>1</sup>	63.1			63.2	63.2
50°			62.0	60.5			62.0	62.0
40°	67.8	69.3	61.0	61.2	59.0	58.1	62.2	60.1
30°	76.0	73.1	61.4	62.6	57.5	57.0	59.6	58.4
20°	71.6	72.5	62.0	64.6	56.9	56.9	58.2	58.5
10° з.д.	69.6	70.4	66.0	66.2	-	56.6	58.5	58.1
0°	69.2	69.3	66.8	66.8	55.8	55.9	58.6	57.8
10° в.д.	69.6	69.3	67.0	66.3	57.7	55.3	56.6	57.6
20°	69.4	69.1	67.0	66.2	59.2	56.6	58.8	57.6
30°	68.9	60.5	67.0	66.4	59.4	58.7	60.6	59.0
40°	67.6	67.8	66.1	66.2	61.0	59.1	59.9	60.0
50°	67.0	66.3	65.0	64.8	62.1	59.1	60.2	60.2
60°	67.4 <sup>1</sup>	66.8	63.9	63.6	61.6	59.3	60.0	60.5
70°	68.4 <sup>1</sup>	67.3	63.4	63.0	61.3	59.1	60.7	60.8
80°	66.4	66.0	63.4	63.4	61.9	58.3	63.0	61.0
90°	65.5	65.5	63.6	63.3	61.3	59.5	62.8	61.3
100°	64.1	64.4	63.0	62.9	61.1	59.9	62.7	61.3
110°	65.5	65.4	64.8	63.5	63.2	60.6	62.3	62.3
120°	65.6	65.6	65.0	63.8	64.2	61.3	62.1	63.1
130°	65.3	65.4	64.0	64.0	63.9	61.9	636.6	63.5
140°	65.9	66.5	64.1	63.9	64.3	62.3	63.3	63.5
150°	65.0	65.4	63.0	63.6			64.2	63.3
160°	67.2	67.5					64.0	63.2
170° в.д.	71.1	71.1					66.0	63.9

Примечание : <sup>1</sup> – чисто, лед отсутствует, вместо положения ледовой кромки приведена широта точки антарктического побережья в месте ее пересечения соответствующим меридианом.

Сроки наступления основных ледовых фаз в районах российских антарктических станций в 2001г.

Станция (водный объект)		Взлом припая		Очищение		Ледообразование		Образование припая		Замерзание	
		Начало	Оконч.	Первое	Оконч.	Первое	Устойчи- вое	Первое	Устойчи- вое	Первое	Оконч.
Мирный (рейд)	Факт.	21.12 2000	20.02	03.03	НБ <sup>1</sup>	10.03	10.03	23.03	07.04	17.04	24.04
	Норма	23.12	05.02	12.02	НБ	11.03	12.03	30.03	02.04	14.04	17.04
Прогресс (бух. Восточная)	Факт.	27.12 2000	31.12 2000	22.01	НБ	07.02	07.02	27.02	27.02	25.03	25.03
	Норма	30.12	13.01	НБ	НБ	16.02	17.02	06.03	08.03	26.03	26.03
Беллинсгаузен (бух. Ардли)	Факт.	23.07	08.08	08.08	10.09	22.06	22.06	23.06	НБ	24.06	НБ
	Норма	10.09	09.10	12.10	05.11	09.05	08.06	11.06	13.06	03.07	07.07

Примечание: НБ – явления не было (не происходит)

Таблица 4.3

Толщина припая (см) в районах российских антарктических станций по данным профильных измерений в 2001г.

Станция		Месяцы											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Мирный	Факт.					50	72	82	102	113	125	132	121
	Норма				46	67	84	101	119	137	152	156	149
Прогресс	Факт. <sup>1</sup>			40	61								

Примечание : <sup>1</sup> – по данным измерений в постоянной точке.

Таблица 4.4

Высота снега на припаяе (см) в районах российских антарктических станций по данным профильных измерений в 2001г.

Станция		Месяцы											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Мирный	Факт.					8	9	13	12	13	11	14	23
Прогресс	Факт. <sup>1</sup>			0	24								

Примечание : <sup>1</sup> – по данным измерений в постоянной точке.

## 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА НА РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ В 2001 ГОДУ

В 2001 году измерения общего содержания озона (ОСО) выполнялись с помощью озонметров М-124 на станциях Мирный, Восток и Новолазаревская. Годовой ход ежедневных значений ОСО на этих станциях представлен на рис. 5.1. Следует отметить, что данные станции Новолазаревская требуют дополнительного анализа, который возможен только после возвращения экспедиции. Тем не менее эти данные приводятся, чтобы показать тенденцию изменения ОСО на указанной станции.

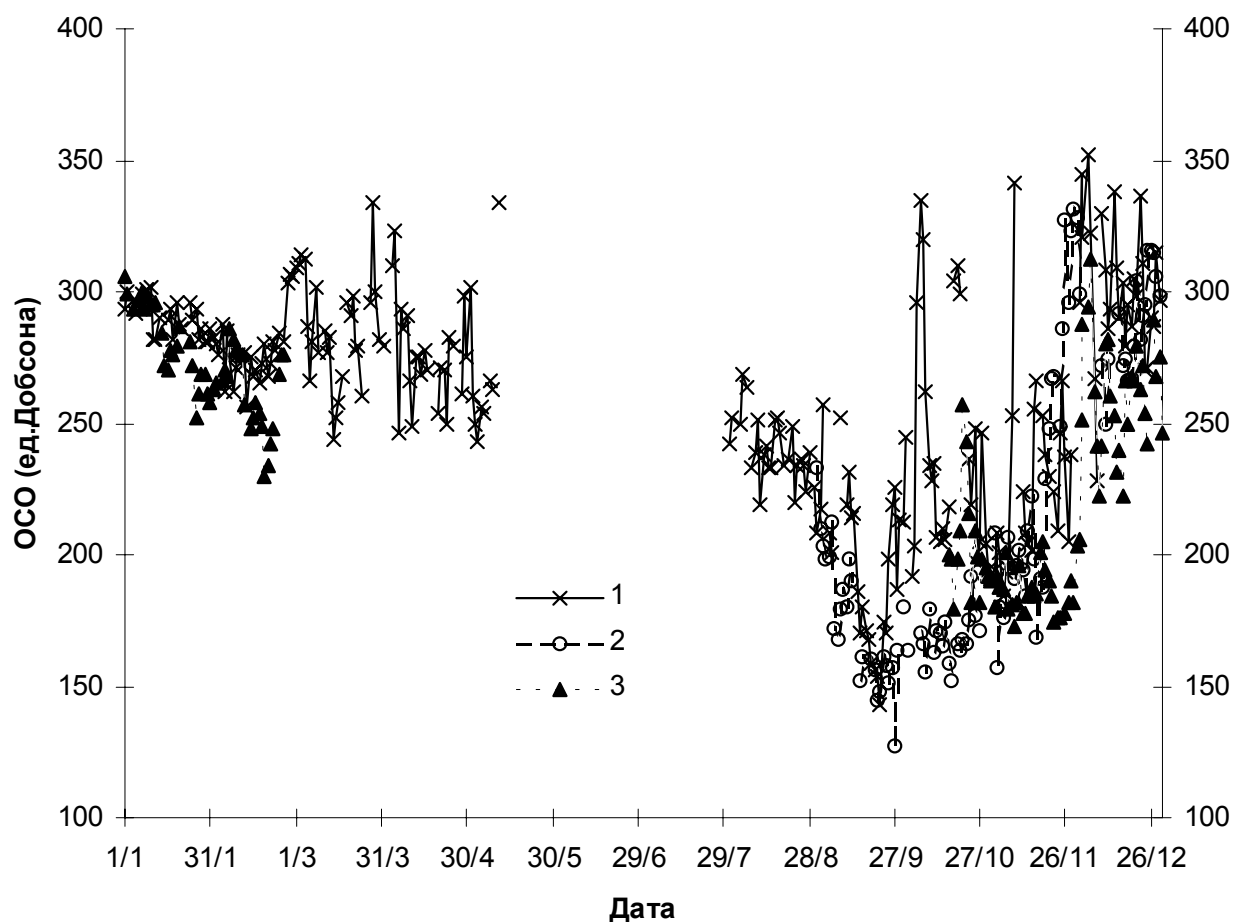


Рис. 5.1. Среднесуточные значения общего содержания озона на станциях Мирный (1), Восток (2) и Новолазаревская (3) в 2001 году.

Межсуточная изменчивость ежедневных значений общего содержания озона в Мирном больше, чем на Востоке и Новолазаревской, особенно весной, в период разрушения зимнего стратосферного вихря, что объясняется географическим расположением этих станций относительно центра циркумполярного вихря.

За время полярной ночи (рис.5.1) общее содержание озона в Мирном уменьшилось незначительно – с 270 ед. Добсона в мае до 240 ед. Добсона в августе. При этом среднесуточные значения не опускались ниже 219 ед. Добсона; в целом ОСО было стабильным, что, вероятно, можно объяснить слабой интенсивностью атмосферных процессов над Антарктидой в августе. В сентябре наблюдалось уменьшение содержания озона как в Мирном, так и на Новолазаревской. Самое низкое в рассматриваемом году значение ОСО в Мирном зафиксировано 23 сентября, 143 ед. Добсона. Оно является третьим по рангу минимальным среднесуточным значением общего содержания озона за все время измерений озона в обсерватории Мирный (минимальное значение 127 ед. Добсона было отмечено 29 сентября 1994 г.). На станции Новолазаревская среднесуточные значения ОСО в это время года были еще ниже.

На ст. Восток наблюдения после окончания полярной ночи начались только 17 октября. При этом, если в Мирном в течение октября - ноября наблюдались резкие изменения содержания озона, связанные с затокм воздушных масс с севера, то на ст. Новолазаревская в сентябре - середине ноября, а на ст. Восток в октябре - ноябре содержание озона было достаточно стабильным, оставаясь в основном на менее 200 ед. Добсона.

Таким образом, данные российских станций свидетельствуют о наличии в 2001 году над Антарктидой «озоновой дыры». Это подтверждается спутниковыми данными (<http://toms.gsfc.nasa.gov/ozone/ozone.html>), представленными на рис. 5.2. Можно видеть, что «озоновая дыра» в течение длительного периода охватывала очень большую площадь, около 25 млн км<sup>2</sup>. Разрушение «дыры» происходило достаточно медленно и завершилось только в декабре (см. рис.5.1 и 5.2).

Среднемесячные значения ОСО в Мирном в течение почти всего 2001 года оставались на характерном для последних лет низком уровне (рис. 5.3). Наименьшее среднемесячное значение общего содержания озона в Мирном в этом году наблюдалось в сентябре и составило 197 ед. Добсона, что было вторым по рангу минимальным значением для сентября в Мирном. В ноябре отмечено самое низкое для этого месяца значение в Мирном, 226 ед.Добсона, а в феврале и октябре - вторые по рангу минимальные значения для этих месяцев (276 ед.Добсона в феврале и 239 ед.Добсона в октябре). Самое низкое среднемесячное значение содержания озона на ст. Новолазаревская наблюдалось в октябре. При этом среднемесячные значения ОСО на станциях Восток и Новолазаревская на протяжении практически всего периода наблюдений были ниже, чем в Мирном.

На рис. 5.4 приведены среднесуточные значения содержания озона и значения температуры воздуха на высотах 20 км (а) и 15 км (б) для периода с января 2000 г. по декабрь 2001 г. Как и следовало ожидать, характер изменения температуры на этих высотах и характер изменения общего содержания озона связаны между собой. Коэффициент корреляции ОСО с температурой воздуха на высоте 20 км и 15 км составляет 0.67 и 0.65, соответственно.

В целом же следует отметить, что согласно данным измерений российских антарктических станций общее содержание озона в 2001 году сохранялось на уровне последних нескольких лет. Самые низкие среднесуточные значения ОСО на станциях Мирный и Новолазаревская наблюдались в конце сентября.

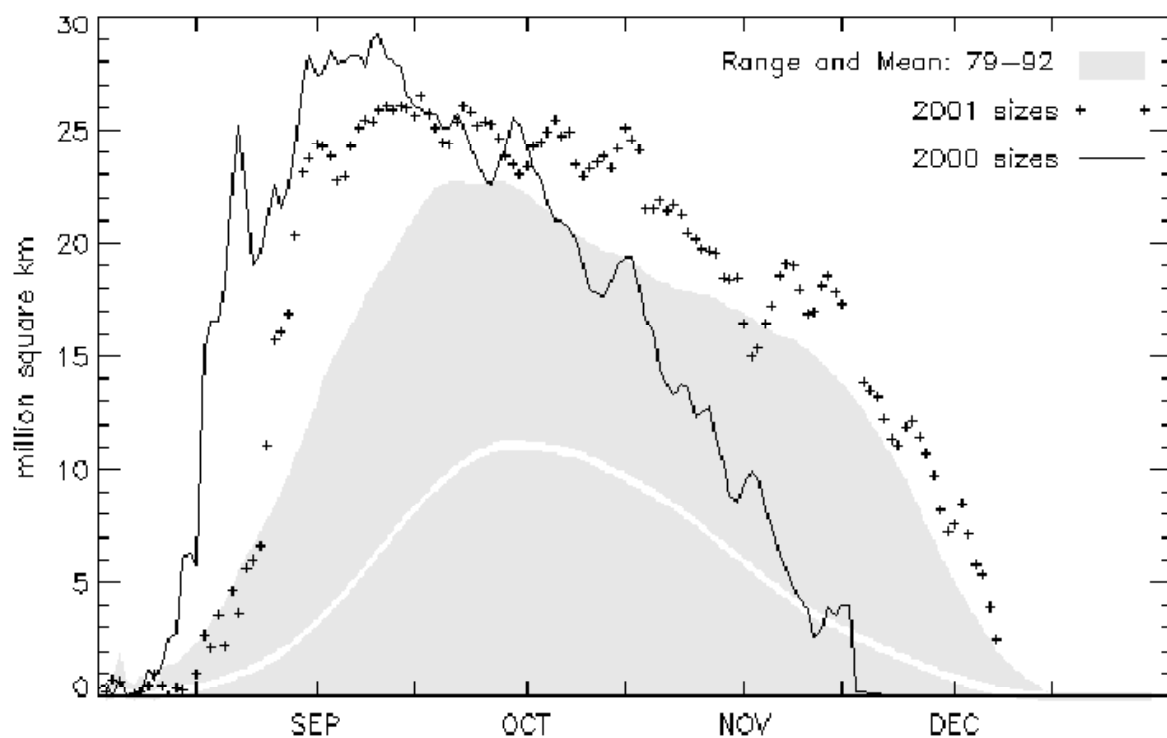


Рис. 5.2. Среднесуточные значения площади "озоновой дыры" над Антарктидой по данным спутниковых измерений в сентябре - декабре 2001 года (<http://toms.gsfc.nasa.gov/ozone/ozone.html>).

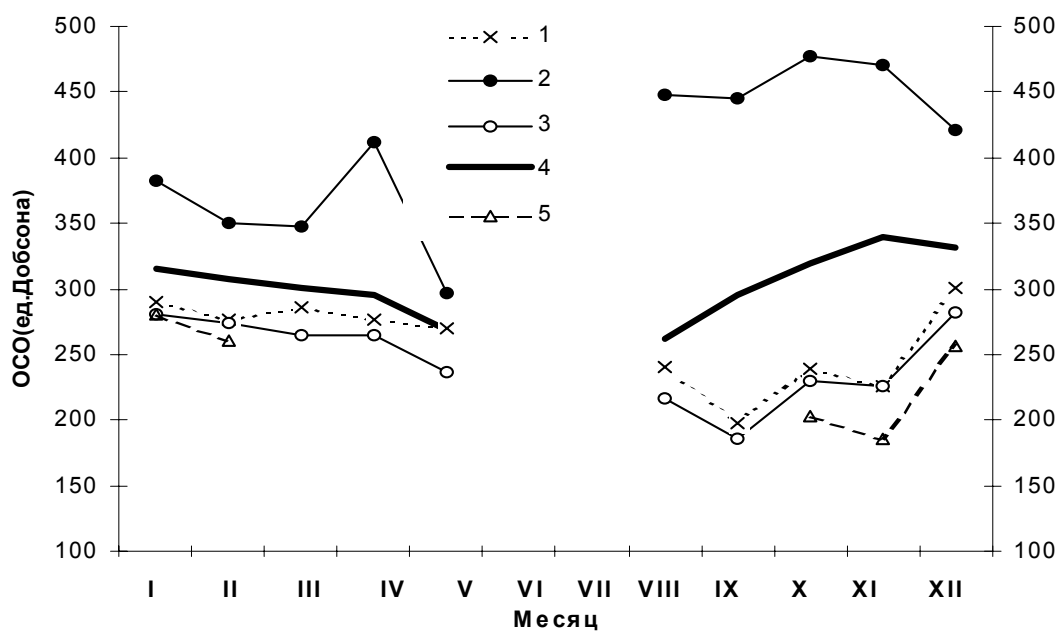


Рис. 5.3. Среднемесячные значения общего содержания озона на станции Мирный за 2001 год (1), среднемесячные значения ОСО на ст. Мирный за период 1975-2001 гг. (2), минимальные (3), максимальные (4) и среднемесячные значения ОСО на станции Восток за 2001 год (5).



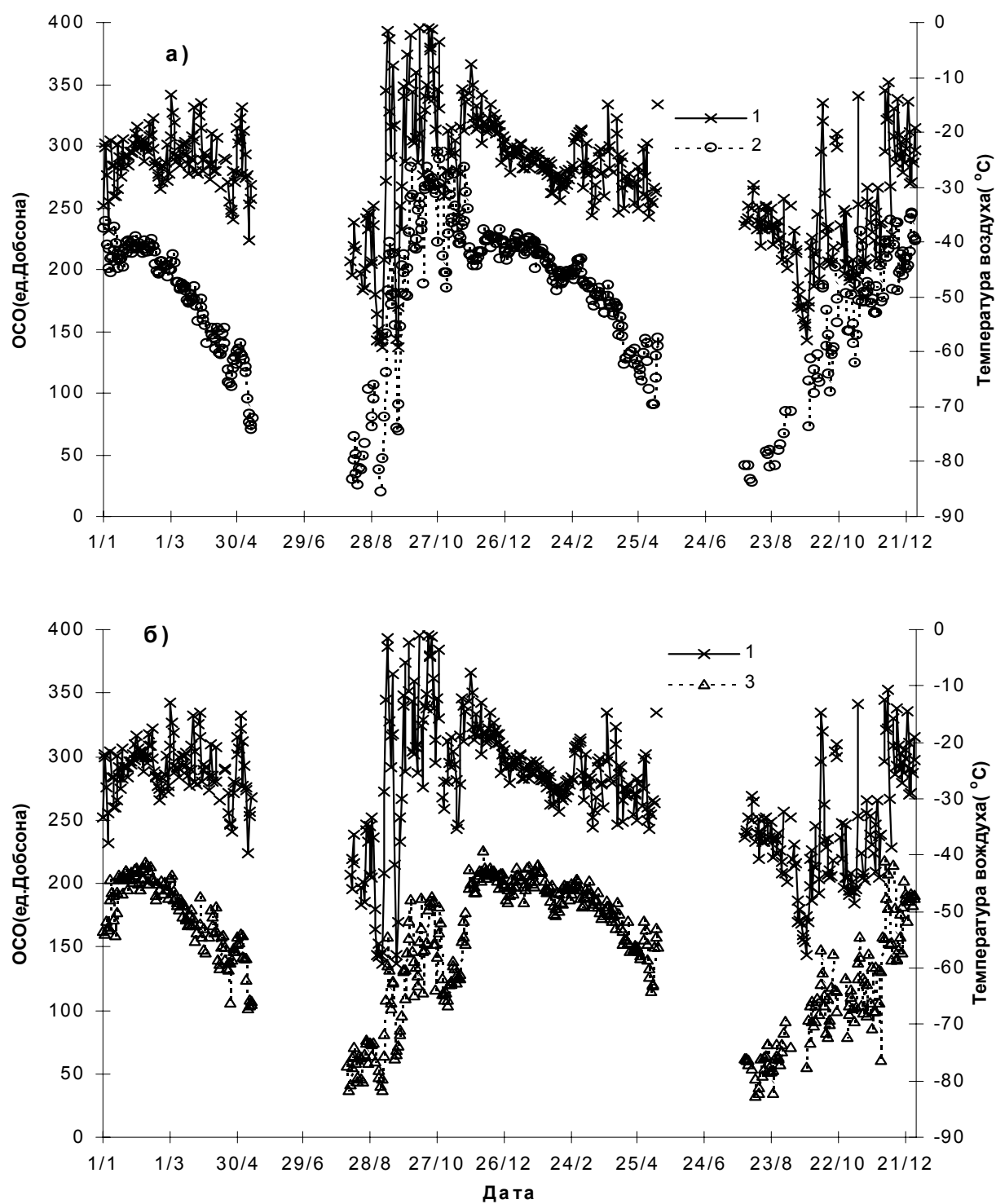


Рис.5.4. Среднесуточные значения ОСО (1) и температуры воздуха на высотах 20 км (2) и 15 км (3) на станции Мирный за период с января 2000 г. по декабрь 2001 г.

## 6. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА РОССИЙСКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ В ОКТЯБРЕ-ДЕКАБРЕ 2001г.

### ДАННЫЕ ТЕКУЩИХ НАБЛЮДЕНИЙ

#### ОБС. МИРНЫЙ

Среднемесячные абсолютные значения геомагнитного поля

	октябрь	ноябрь	декабрь
Склонение	86°27.7'W	86°21.6'W	*
Горизонтальная компонента	13975 нТ	13997 нТ	*
Вертикальная компонента	-57520 нТ	-57500 нТ	*

\* В декабре абсолютные наблюдения геомагнитных компонент не проводились.

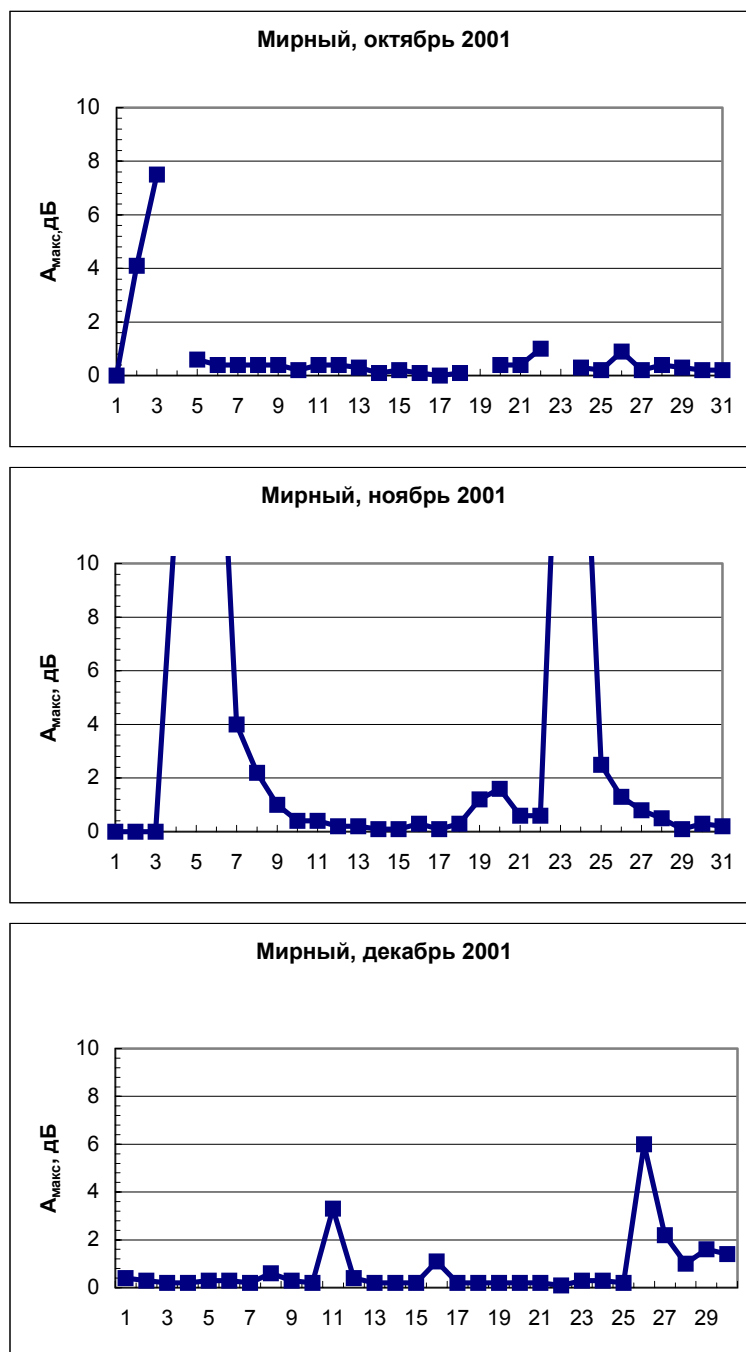


Рис. 6.1. Максимальные суточные значения поглощения космического радиоизлучения на частоте 32 МГц по данным риометрических наблюдений в обс. Мирный.

## СТ. ВОСТОК

## Среднемесячные абсолютные значения геомагнитного поля

	октябрь	ноябрь	декабрь
Склонение	$120^{\circ}55.90'W$	$120^{\circ}57.37'W$	$120^{\circ}51.90'W$
Горизонтальная компонента	13413 нТ	13440 нТ	13465.8 нТ
Вертикальная компонента	-58162 нТ	-58123 нТ	-58107 нТ

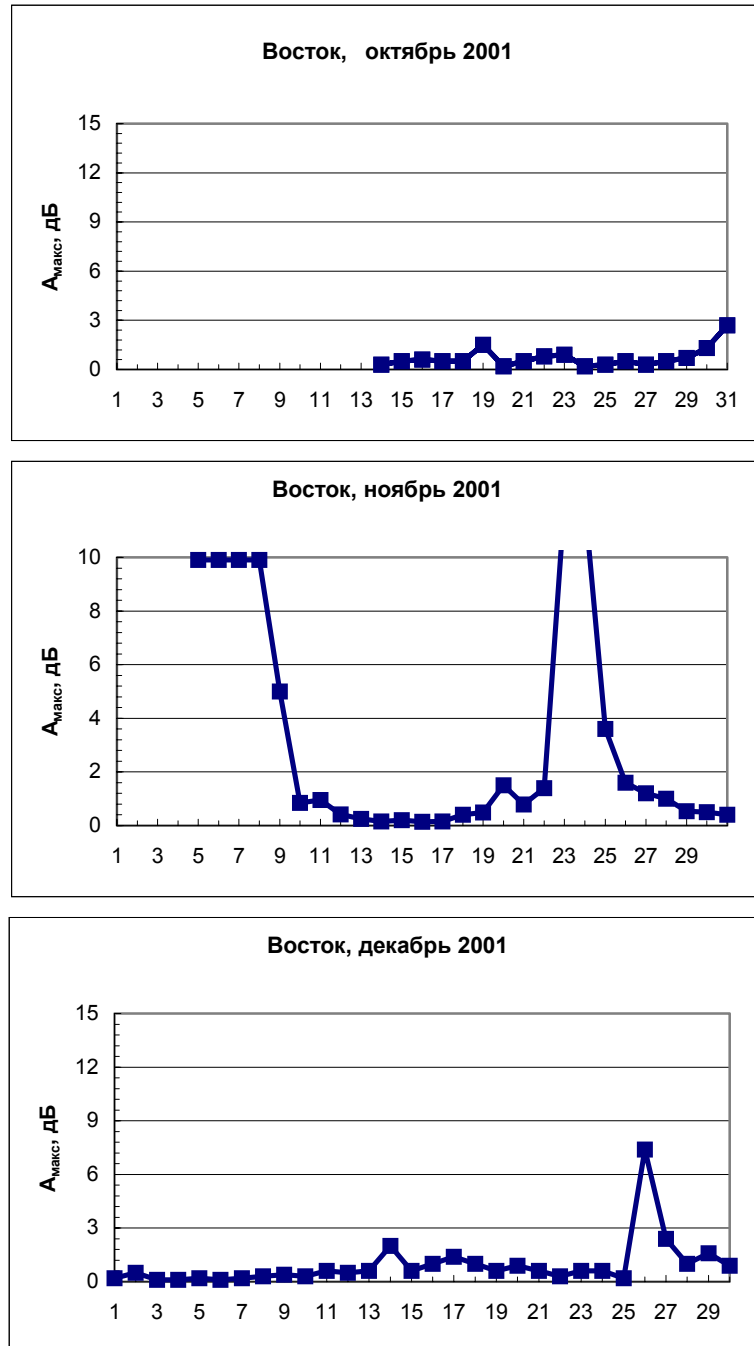


Рис. 6.2. Максимальные суточные значения поглощения космического радиоизлучения на частоте 32 МГц по данным риометрических наблюдений на ст. Восток.

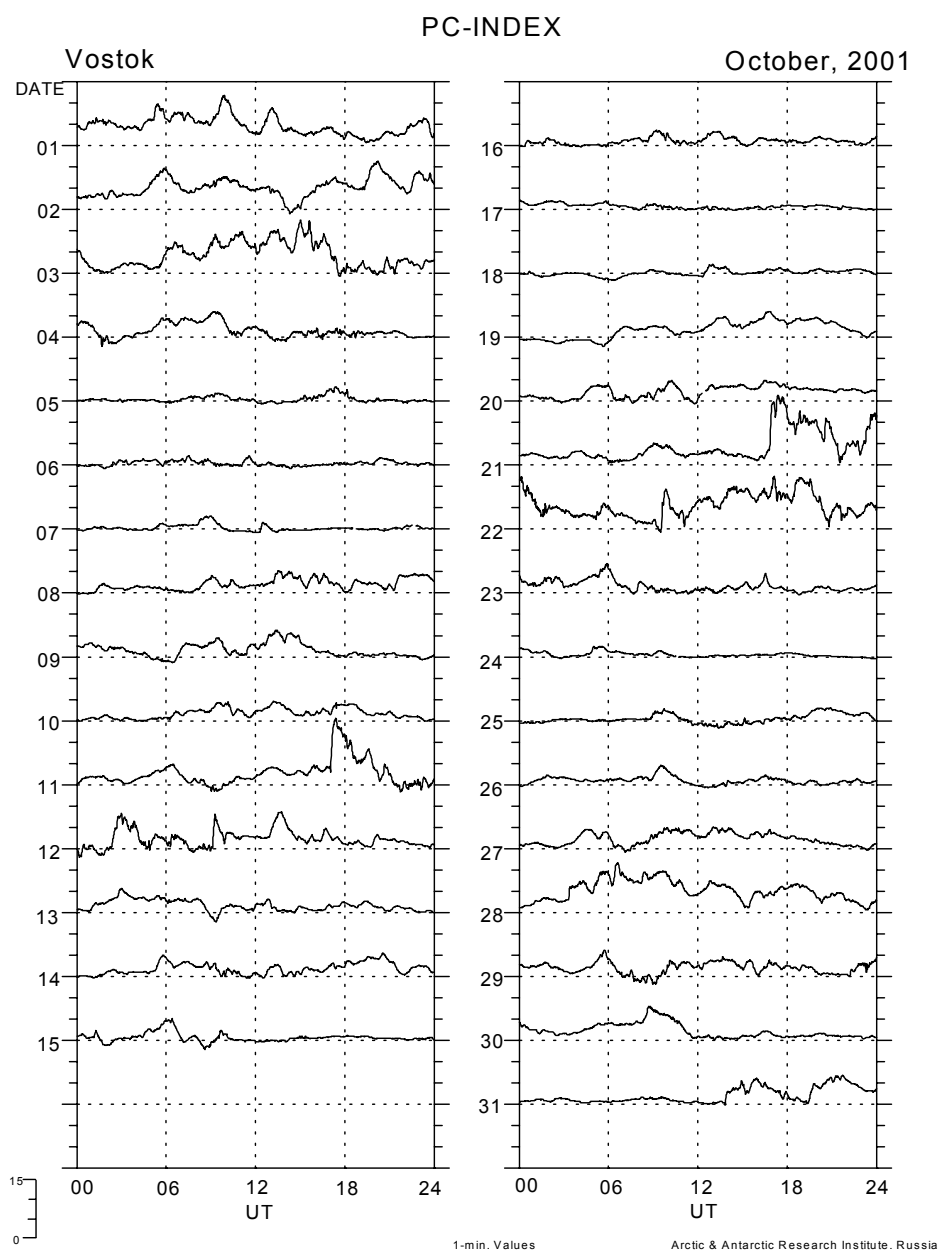


Рис. 6.3.

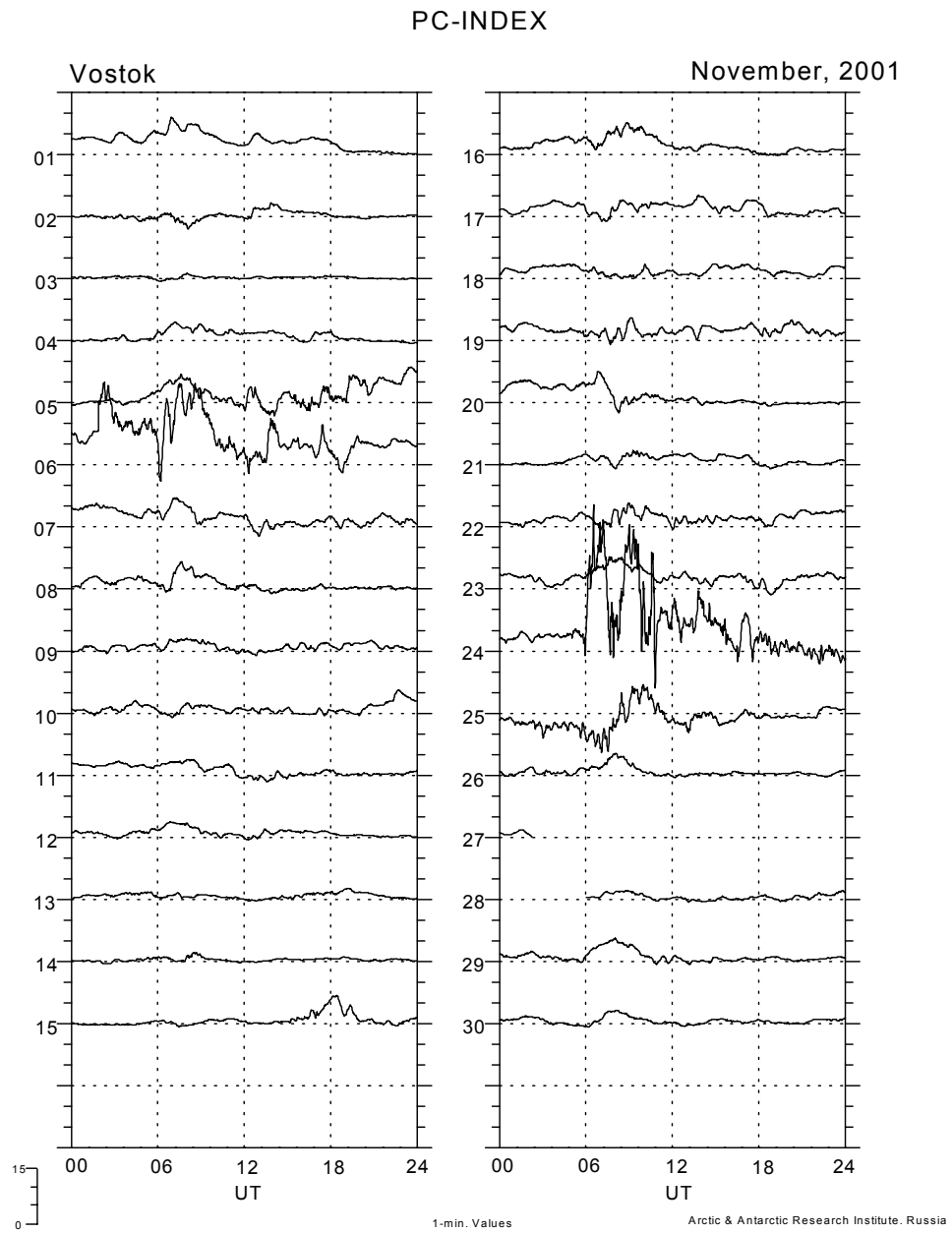


Рис. 6.4.

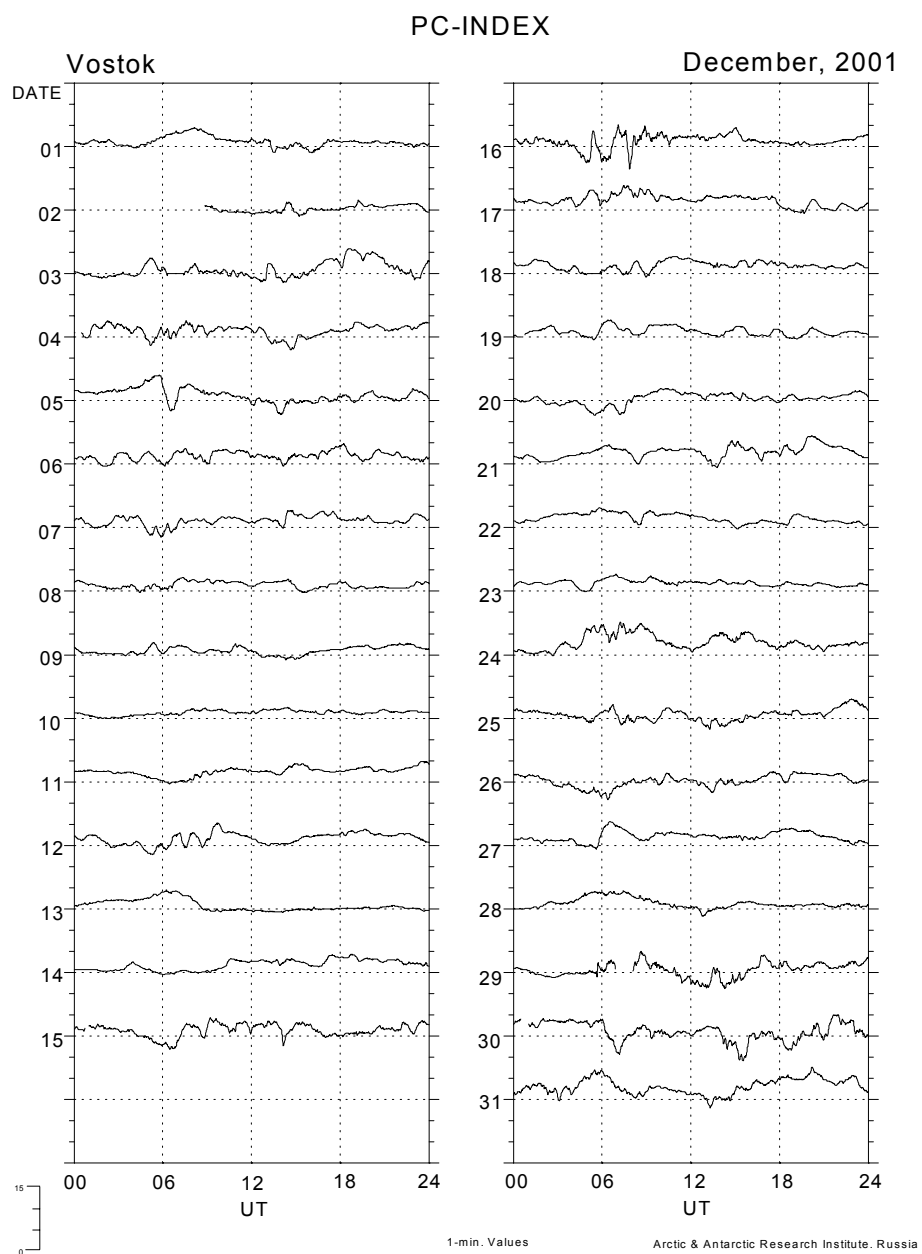


Рис. 6.5.

## **Обзор состояния геомагнитного поля и ионосферы над Антарктикой в 2001г.**

2001 год приходится на фазу спада солнечной активности, для которой типична довольно высокая магнитная активность. Действительно, интенсивные магнитные возмущения наблюдались 1-5, 19-20, 30-31 марта, 11-13 апреля, 17 августа, 25-26 сентября, 1-3, 10-11, 21-22 октября, 4-5, 24-25 ноября. Наиболее сильными из них были магнитные бури 30-31 марта, 13 апреля, 25-26 сентября и 24-25 ноября, когда РС индекс превышал величину 20. Абсолютный рекорд возмущенности в полярной шапке ( $PC \approx 35$ ) был достигнут в 16-17 UT 24 ноября. В эти же периоды в верхнюю атмосферу Антарктики вторгались потоки высокоэнергичных солнечных протонов. Эффекты этих вторжений – поглощение полярной шапки (ППШ), фиксировались риометрами на станциях Мирный и Восток и сопровождались нарушениями радиосвязи. Наиболее мощные ППШ наблюдались 29-30 марта (18 дБ), 15-17 августа (14 дБ), 24-27 сентября и 22-23 ноября ( $>10$  дБ).

Наиболее спокойными в геомагнитном отношении месяцами 2001 года были январь, июнь и июль.

## 7. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ЗОНДОВ ТИПА АРВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАЙОНАХ СТАНЦИЙ АНТАРКТИДЫ

Фомичев Н.И.

В летний сезон 2000-2001г. на базе Беллинсгаузен проводились работы по гидрохимическому мониторингу водных систем. Эти работы являются продолжением аналогичных исследований, проводившихся ранее на российских антарктических станциях Новолазаревская и Молодежная.

Объектами исследований были определены озеро Китеж как относительно неподвижная водная среда, где в первую очередь должны проявляться результаты антропогенной нагрузки, и бухта Ардли – место, подверженное воздействию продуктов жизнедеятельности береговых станций. Выбранные объекты представляют собой разные экосистемы – пресных и морских вод.

В период с 17.11.2000г. по 16.02.2001г. гидрохимическим зондом АРВ-99, разработанным ЦНИИ «Гранит», производился комплекс измерений температуры ( $T$  °C), электропроводности ( $\chi$  мСм м<sup>-1</sup>), редокс- потенциала (Eh мВ), растворенного кислорода ( $O_2$  мг/л), концентрации ионов водорода (pH) и суммарной солнечной радиации ( $Q$  Вт/м<sup>2</sup>). В результате были получены пространственно-временные ряды основных параметров водной среды озера Китеж и бухты Ардли, анализ которых позволил оценить их изменчивость, характер взаимосвязей, степень эвтрофирования озерной воды, а также определить репрезентативные точки измерений в комплексе автоматизированной информационной системы (АИС), осуществляющей мониторинг состояния озерных и морских вод данного региона.

Основные характеристики прибора АРВ-99 приведены в таблице 7.1. В качестве датчика температуры использован термистор. Датчик удельной электрической проводимости представляет собой четырехэлектродную ячейку открытой конструкции в форме осесимметричного тела. Измерение концентрации ионов водорода осуществляется двухэлектродной ячейкой, при этом индикаторный электрод представляет собой стеклянный электрод, мембрана которого выполнена из специального литиево-силикатного стекла, а вспомогательный электрод – хлорсеребряный. Датчик измерения значения окислительно-восстановительного потенциала (редокс-потенциала) аналогичен датчику pH, за исключением того, что мембрана индикаторного электрода выполнена из специального силикатного стекла с электронной проводимостью. Концентрация растворенного в воде кислорода измеряется датчиком полярографического типа, в основу которого положена классическая «ячейка Кларка». Она представляет собой двухэлектродную ячейку, изолированную от внешней среды фторопластовой мембраной, состоящую из катода и анода. Измерение суммарной солнечной радиации осуществляется фотометрическим датчиком, чувствительным элементом которого является фотодиод, закрытый корректирующим светофильтром. Внутри цилиндрического корпуса размещена энергонезависимая память емкостью 256 Кб, достаточной для записи данных по 16000 отсчетов. Установка интервалов времени между отсчетами производится через ПЭВМ и может изменяться в диапазоне от 1 до 256 минут. Габаритные размеры 100 x 750мм, 8кг. Всего на станции Беллинсгаузен было апробировано два зонда – АРВ-99 № 1 и АРВ-99 № 2

Таблица 7.1

Основные технические характеристики АРВ-99

Параметры среды	$T$ °C	$\chi$ мСм м <sup>-1</sup>	pH	Eh В	$O_2$ мг л <sup>-1</sup>	$Q$ Вт/м <sup>2</sup>
Диапазон измеряемых величин	-2.....+35	0.2.....100	2.....12	-2.....+2	0.....15	0.....30
Точность	$\pm 0.1$	$\pm 3\%$ Т.З.*	$\pm 0.1$	$\pm 0.01$	$\pm 5\%$ ВПИ**	$\pm 5\%$ ТЗ

\* – текущее значение измеряемой величины;

\*\* – верхний предел измерения.

Известно, что гидрохимические датчики имеют достаточно большую инерцию, поэтому кроме калибровки прибора перед работой проводилось многократное апробирование зонда в натурных условиях с целью выяснения оптимального промежутка времени для снятия отсчета “in situ”. В результате сравнения был определен оптимальный интервал времени – 12 минут, в течение которого прибор должен находиться на условном горизонте (рис.7.1).



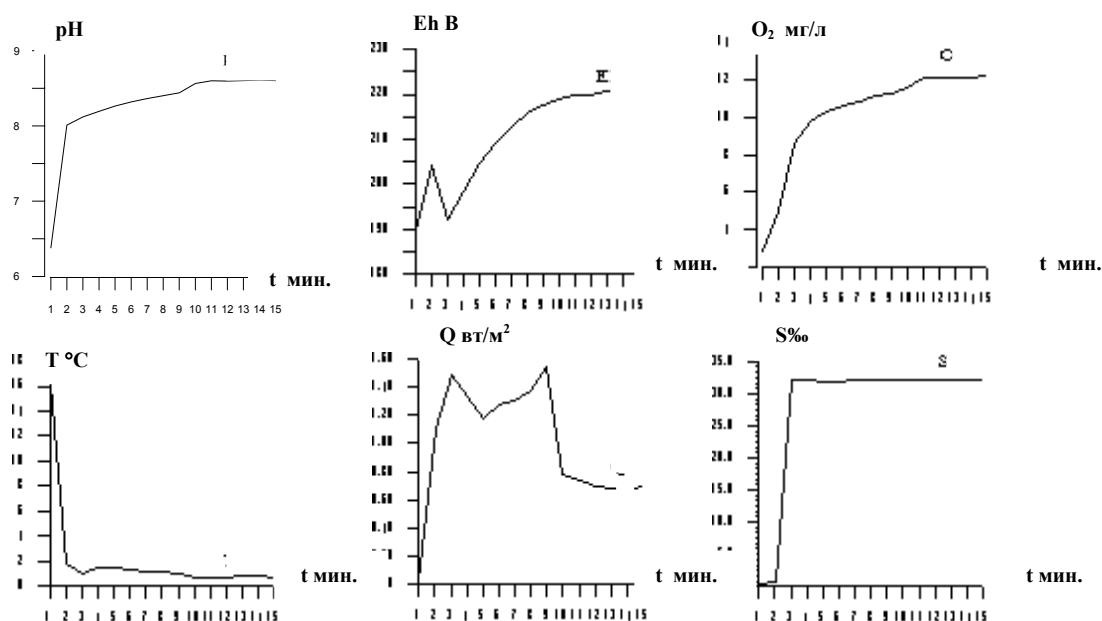


Рис.7.1. Графики инерции датчиков АРВ-99.

Сравнительная характеристика обоих зондов показала, что хорошая сходимость (в пределах технических характеристик) существует по температуре, солености и рН.

Таблица 7.2

Сравнительная характеристика датчиков зондов

T°C		S‰		pH		$\Delta T^{\circ}C$	$\Delta S_{\text{‰}}$	$\Delta pH$	$\Delta Eh \text{ B}$
№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 1 - № 2			
18.49	18.39	12.82	12.71	7.92	8.09	+0.10	+0.11	-0.17	-0.193
18.73	18.67	12.85	12.73	7.91	8.07	+0.06	+0.12	-0.16	-0.196
18.75	18.74	10.70	10.63	7.92	8.10	+0.01	+0.07	-0.18	-0.199
18.71	18.72	10.72	10.65	7.94	8.11	-0.01	+0.07	-0.17	-0.200
18.60	18.59	10.72	10.67	7.96	8.14	+0.01	+0.05	-0.18	-0.201
18.84	18.84	9.16	9.08	7.96	8.14	0.00	+0.08	-0.18	-0.204
19.46	19.46	9.18	9.10	7.87	8.04	0.00	+0.08	-0.17	-0.216
19.50	19.51	8.04	7.97	7.85	8.02	-0.01	+0.07	-0.17	-0.215
19.52	19.52	8.03	7.96	7.81	7.96	0.00	+0.07	-0.15	-0.216

Разница между показаниями составила: по S‰ – не более 0,12‰, по температуре – не более 0.10°C. Таким образом, отклонения между показаниями по температуре и солености обоих приборов не выходят за пределы технических характеристик. Разница определения концентрации водородных ионов в среднем 0.17ед. рН. Напомним, что точность прибора 0.1ед. рН (см. табл. 7.1). Результаты сравнения по Eh и O<sub>2</sub> выходили за рамки технических характеристик. При калибровке приборов по принятым методикам выяснилось, что неустойчиво работал кислородный датчик зонда АРВ-99 № 2, для Eh были рассчитаны новые калибровочные коэффициенты. Основным рабочим прибором был принят АРВ-99 № 1. С ним проводились работы на озере Китеж и в бухте Ардли, в ручье Станционном около ДЭС. Зонд АРВ-99 № 2 на весь сезон был установлен на буйковой станции озера Китеж. В процессе работы кислородные датчики на обоих зондах вышли из строя. На зонде АРВ-99 № 2 кислородный датчик отработал всего 10 дней. Это выяснилось уже после снятия станции 27.02.2001г. (простояла 87 дней) и считывания информации. На приборе АРВ-99 № 1 кислородный датчик проработал до 09.01.2001г.

В сезон 2000-2001гг. соленость озера Китеж не превышала 0.291‰ при среднем значении 0.153‰. Это очень низкая минерализация для определения ее электрометрическим способом. Как известно, электропроводность воды является свойством аддитивным, она складывается из свойств веществ, входящих в состав раствора. В метаморфических морских водах и водах суши происходит нарушение относительного содержания главных солеобразующих ионов по сравнению с “нормальной водой”, по которой должен калиброваться прибор. Даже равносолёные воды могут иметь разную электропроводность из-за неравенства их эквивалентных концентраций. Поэтому когда речь идет о солености воды озера Китеж, под этим понимается качественное изменение свойств воды, выраженное через электропроводность.

Исследование бухты Ардли было начато 17.11.2000г. с выполнения двух разрезов (рис. 7.2). Точки измерений выбирались по навигационной карте № 38903.

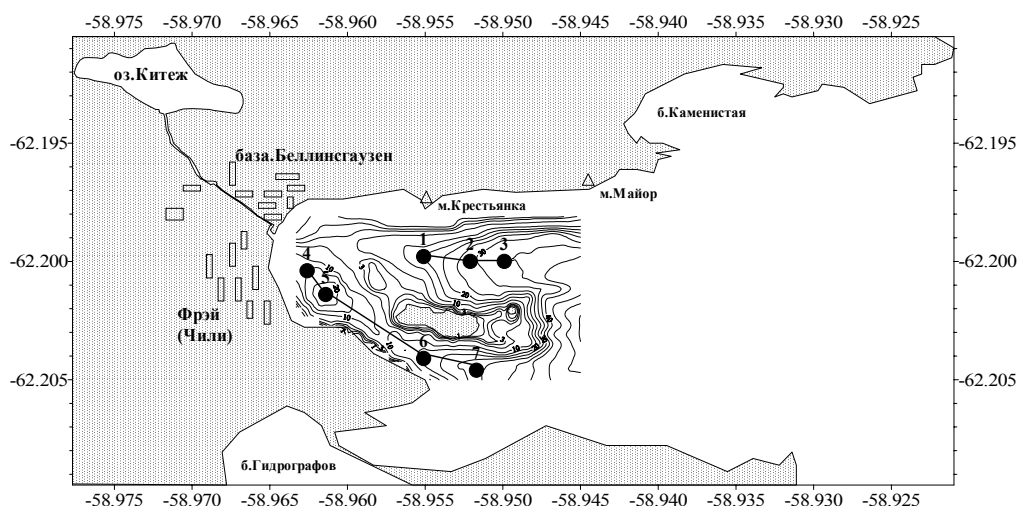


Рис. 7.2. Схема разрезов в бухте Ардли. Сезон 2000-2001гг.

Всего по представленным разрезам выполнялось 7 станций, три на первом разрезе и 4 на втором. Горизонты на станциях располагались на 1м, 5м и ниже, в соответствии со стандартными горизонтами, а также у дна.

Из-за отсутствия надежных средств точного определения места (координат гидрологической станции) на начальном этапе приходилось пользоваться местными ориентирами, но в дальнейшем были установлены буи. Разрезы выполнялись каждую неделю, выход в море осуществлялся на зодиаке, а работы растягивались на целый день (с 08.30 до 18.00) с небольшим перерывом на обед. Датой окончания наблюдений в бухте Ардли в сезон 2000-2001гг. можно считать 16.02.2001г., когда была установлена притопленная буйковая станция. Уровень датчиков находится в 1м от дна. Выбор места установки зонда определялся с точки зрения изменчивости параметров и безопасности самого зонда. Существовала реальная опасность тарана прибора большими обломками айсбергов, отмечавшихся в это время в больших количествах. С грузом прибора был соединен трос, который по дну был проведен до острова Альбатрос и закреплен за большой камень. Дискретность измерений 180 мин (3 часа). Зонд был расположен в районе станции № 7 (см. рис. 7.2).

Гидрохимические наблюдения на озере Китеж начались только после установления на нем прочного льда 29.11.2001г. Дело в том, что по прибытии сезонной группы на базу 12.11.2000г. на озере поверх льда скопилось много талой воды и мокрого снега, уровень талой воды был выше 50 см. Ледовая обстановка была неясной, поэтому выход на лед делать было бы неосмотрительно. Через некоторое время, после почти недельной морозной погоды на озере образовался уже вторичный лед толщиной 18см, что создало благоприятную возможность для работы.

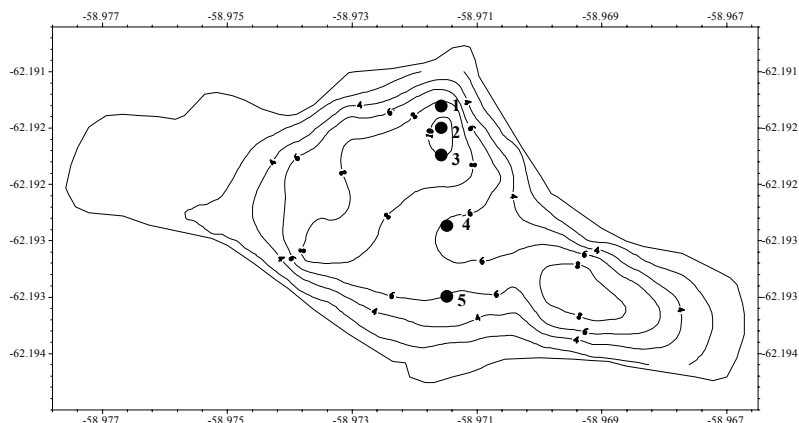


Рис. 7.3. Батиметрическая карта и расположение разреза на о. Китеж.

Разрез, состоящий из четырех станций, был выполнен 29.11.2000г. по створу от самой северной точки озера по направлению к истоку ручья Станционный, приблизительно на расстоянии 330 м (рис. 7.3). В дальнейшем выполнялось пять станций на разрезе (за счет увеличения количества станций в самой

глубоководной части озера), один раз в неделю, по средам. Горизонты располагались через метр от поверхности до дна. Придонный горизонт располагался не ближе 70 см от дна. Глубина озера от первой до пятой станции – 8.2 м, 10.3 м, 10 м, 5.8 м, 6 м, соответственно. В первый день работ толщина льда на первой станции: основного – 53 см, верхнего слоя – 18 см, между ними водная прослойка – 10 см. Точно такой же лед наблюдался на второй и третьей станции (они расположены в 25 м друг от друга). Толщина снега – 5 см. Четвертая точка находилась на середине озера. Лед был сплошным и его толщина составляла 57 см, высота снега – 5 см. Толщина льда на пятой станции, ближней к истоку ручья, составила 10 см и 59 см, лёд был почти полностью смерзшимся (на границе в процессе бурения выступила вода, но отдельного водного промежутка не было), высота снега – 9 см. Лед на озере продержался до 19.01.2001г. Еще 16.01.2001г. лед занимал немногим более половины площади, в виде трёх-четырёх полей, был рыхлым (при ударе лыжной палкой рассыпался на большие кристаллы в виде разного рода призм). На следующий день после начала работ на озере Китеж (30.11.2000г.) один из зондов был установлен в автономном режиме на горизонте 3.5 м на станции № 5, с дискретностью измерения 1ч. Для снятия отсчета прибор был снят 27.02.2001г. и установлен снова 01.03.2001г. до следующего лета, с дискретностью измерений 180 минут. Прибор установлен на ст. № 5 у придонного горизонта, в 1м от дна. От прибора к берегу был проложен провод (полевка). После окончания сезона второй прибор тоже был установлен в автономном режиме в бухте Ардли, на год, с дискретностью измерений 3 часа.

Таким образом, мы надеемся получить данные, которые расширят наши представления о процессах не только в короткий период антарктического лета, но и в течение круглого года.

## 8. СОДЕРЖАНИЕ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА В ВОДЕ ОЗЕРА КИТЕЖ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2000-2001гг.

Фомичев Н.И.

Одним из критериев для определения уровня эвтрофирования водоемов является уменьшение концентрации растворённого кислорода (РК) в гипolimнии. Ниже представлены результаты исследования этого и других параметров в озере Китеж (п-ов Файлдс, о-в Кинг Джордж, Южные Шетландские о-ва) в весенне-летний период 2000-2001гг. РК определялся с помощью гидрохимического зонда с датчиком полярографического типа, в основу которого положена классическая «ячейка Кларка».

Показательным является относительное содержание РК, выраженное в процентах по отношению к нормальному содержанию РК, соответствующему закону Генри-Дальтона. На разрезах (рис.8.1) отчетливо прослеживается временная изменчивость этого параметра.

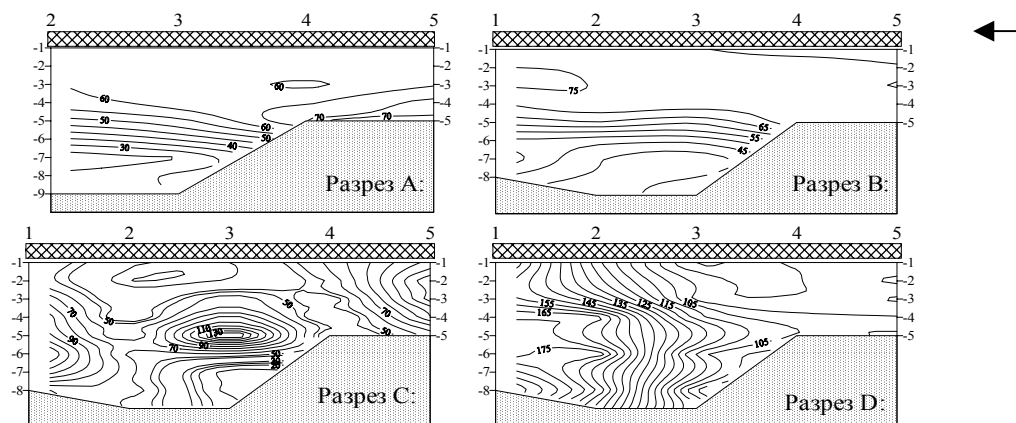


Рис.8.1. Распределение по разрезам РК ( в процентном отношении).

Разрез **А** выполнен 29.11.2000г. (4 станции), разрез **В** – 6.12.2000г. (5 станций), разрез **С** – 14.12.2000г. (5 станций), разрез **Д** – 20.12.2000г. (5 станций).

Разрез **А** достаточно четко характеризует состояние воды после зимней стагнации, зарегистрировано низкое процентное содержание РК по всей толще воды, особенно в локальных углублениях дна. В дальнейшем происходит незначительное повышение относительного содержания РК (разрез **В**) в верхнем слое. Аэрация воды кислородом в верхних слоях водоема связана, по нашему мнению, с поступлением обогащенных кислородом талых вод. Перемешивание происходит только в верхнем горизонте, и только за счет энергии впадающей струи, так как температура талой воды, впадающей в озеро Китеж, около 0°C, что ниже температуры устойчиво стратифицированной воды водоема. За счёт этого создаётся термоклин, более лёгкая (обладающая меньшей плотностью) вода поступающих притоков «скользит» по верхнему горизонту, не захватывая нижние слои воды озера.

При общем выхолаживании воды озера (рис.8.2) в среднем на 0.7°C увеличение абсолютного содержания РК заметно возросло. «Локальные вспышки» увеличения РК на разрезе **С** можно связать с фотосинтезирующими организмами (их весенней активностью), особенно диатомовыми водорослями, популяция которых достигает максимума, как правило, весной. Развитие диатомовых водорослей лимитируется истощением запасов кремния (обычно порог связывают с 0.5г/м<sup>3</sup>). По результатам /1/ концентрация кремния в озере Китеж значительно выше этого порога. Следует обратить внимание на то, что «локальные вспышки» соответствуют местам наибольшего прогрева воды (рис.8.2). Изменяются значения и других параметров (рН и Eh), что характеризует активность биохимических процессов.

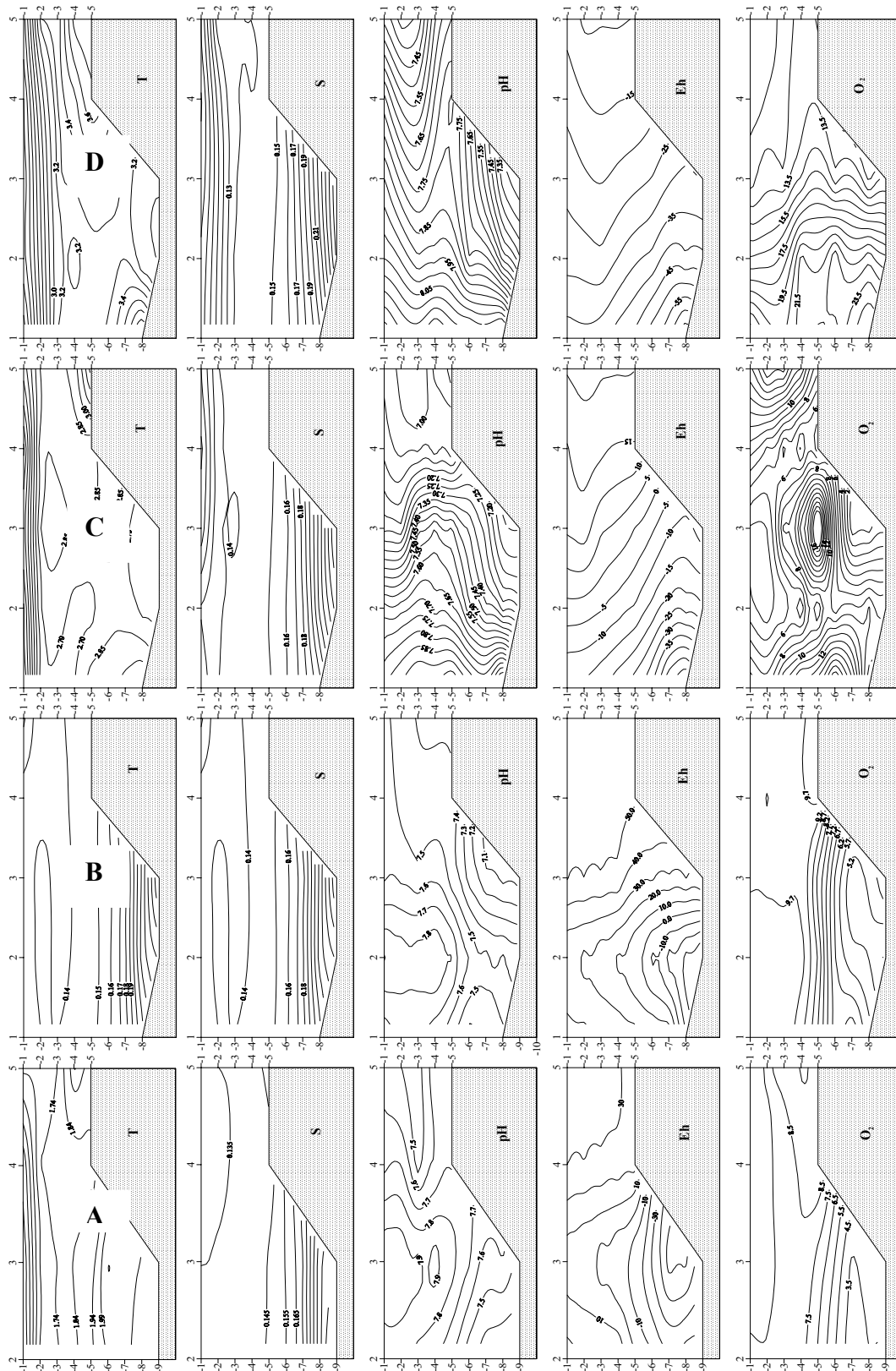


Рис. 8.2. Вертикальное распределение температуры ( $T^{\circ}\text{C}$ ), общей минерализации ( $\text{S}\%$ ), концентрации ионов водорода ( $\text{pH}$ ), редокс-потенциала ( $\text{Eh}$  мВ), растворенного кислорода ( $\text{O}_2$  мг  $\text{l}^{-1}$ ) на разрезе в озере Китеж.

С увеличением притока солнечной энергии вода во всей толще прогревается (если сравнить разрезы **B** и **C**, то в среднем почти на  $2.6^{\circ}\text{C}$  (рис.8.2)). На разрезе **D** (рис.8.1 и 8.2) можно видеть, что происходит увеличение содержания растворённого кислорода как в процентном отношении, так и в абсолютных единицах. Такое гипернасыщение возможно только за счет первичных продуцентов, так как обмен с атмосферой не может превысить 100% (кроме того обмену с атмосферой все еще мешает ледяной покров). За счет повышения

температуры воды увеличение кислорода в процентном отношении оправдывается не более, чем на 8-9%, кроме того, мы видим большой рост растворенного кислорода и в абсолютных единицах.

Как видно из полученных результатов, кислородный режим озера Китеж носит ярко выраженный сезонный характер. Зимний период характеризуется острым дефицитом кислорода, особенно у придонного горизонта и в локальных углублениях. В весенне-летний период происходит интенсивное увеличение содержания кислорода за счет продуцирования его водной растительностью.

Отличительной чертой кислородного режима озера Китеж в весенне-летний период является то, что обогащение кислородом воды происходит при наличии льда, который препятствует свободному обмену с атмосферой, что приводит к гипернасыщению озерной воды кислородом.

#### Литература

1. Орлов А.И. Географические исследования на полуострове Файлдс. Труды САЭ, 1973, т 58, стр. 184-207.

## 9. УМЕНЬШЕНИЕ ПЛОЩАДИ ЗЕРКАЛА ОЗЕРА КИТЕЖ

Фомичёв Н.И.

Озеро Китеж находится почти в центре полуострова Файлдс, который представляет собой свободную от льда юго-западную оконечность (длиной 10 км, шириной до 2,5–3 км) острова Кинг Джордж (Ватерлоо) в группе Южных Шетландских островов. Во второй половине лета, когда средняя месячная температура воздуха положительна, все водоемы п-ва Файлдс свободны от ледяного покрова. Максимальная толщина льда на озере Китеж достигает 80 – 120 см /1/. По условиям питания озеро относится к одному типу - снежно-дождевому. В течение всего теплого времени года озеро Китеж имеет сток в океан. Зимой же сток воды почти полностью прекращается. Озеро Китеж - самое большое озеро полуострова, являющееся основным источником пресной воды для обеспечения жизнедеятельности чилийской станции Фрей и российской станции Беллинсгаузен. По данным /2/ площадь озера Китеж составляла в 1971г. 145000 м<sup>2</sup>, по данным /3/ в 1976 г. – 94800 м<sup>2</sup>, а в сезон 2000–2001гг. по данным Васильева М.Н. (Государственное предприятие Аэрогеодезия, Экспедиция 191) площадь озера Китеж составляла 92690 м<sup>2</sup>.

Значительное сокращение площади озера по нашему мнению связано с большой антропогенной нагрузкой, которую озеро Китеж, да и полуостров Файлдс в целом, испытывали в течение нескольких последних десятилетий. Обращает на себя внимание тот факт, что основной период, в течение которого площадь озера сократилась почти на 35%, приходится на время активного «заселения» данного района. Основной механизм сокращения площади заключается в «зарастании» дна прибрежной части озера разного рода наносами и последующем отодвигании береговой черты. В естественных условиях скорость этого процесса зависит от отношения площади водосбора к площади озера, а также состава и состояния грунта. Антропогенная нагрузка, способствующая более интенсивному выносу взвешенных частиц в озеро заключается на наш взгляд в нарушении естественного слоя почвы транспортной техникой, а также в целенаправленном изменении рельефа при строительстве разного рода объектов.

У озера Китеж существует два основных водотока – в северо-восточной и западной части озера. Каждый из притоков имеет свои отличия по району водосбора и объему поставляемой в озеро воды. Площадь водосбора северо-восточного притока небольшая и охватывает в основном склоны юго-западной части Центрального массива полуострова Файлдс. Здесь образуется система проточных озер (рис. 9.1), которая способствует отложению взвешенного вещества до подхода к озеру, ручьи текут уже по сложившимся руслам, что сводит к минимуму русловую эрозию. В районе Центрального массива нет транспортных дорог и не ведется никакого строительства. Поэтому поступление взвешенного вещества по этому водотоку незначительно и отражает естественные процессы.

Значительная площадь западной части озера отличается своим мелководьем (глубины 1 м и менее). Именно сюда идет основная масса водотока, сильно нагруженного быстроосаждающимся веществом. Огромную нагрузку в виде аллохтонного вещества озеро получило во время строительства грунтовой взлетно-посадочной полосы, находящейся в непосредственной близости от него. Именно искусственное изменение рельефа способствовало интенсивному процессу разрушения почв и пород осадками, талыми водами (эрозия) и ветром (дифляция).

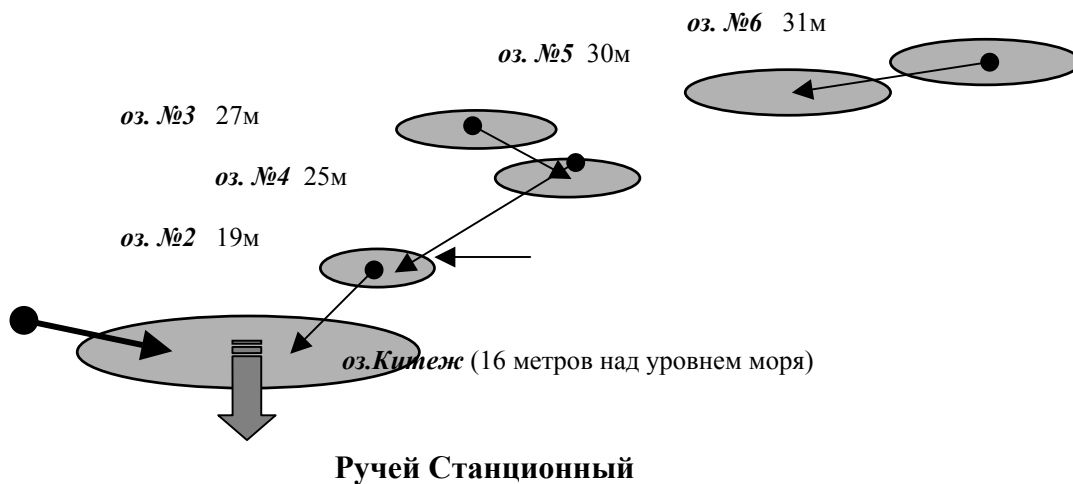


Рис. 9.1. Схема высотного положения системы проточных озер на п-ве Файлдс.

Площадь водосбора включает в себя территорию взлетной полосы чилийской базы Фрей, поэтому антропогенная нагрузка на озеро Китеж постоянно увеличивается за счет роста интенсивности полетов и хозяйственной деятельности. В сезон 2000-2001гг. на водной поверхности по всей площади озера неоднократно отмечалась нефтяная пленка. Речь идет о серьезном загрязнении водоема. Степень его влияния может быть определена только специальными наблюдениями.

#### Литература

1. Орлов А.И. Географические исследования на полуострове Файлдс. Труды САЭ, 1973, т 58, с. 184 – 207.
2. Симонов И.М, Говоруха Л.С. Физико-географическое исследование. Отчет 15 САЭ, 1971г.
3. Орлов А.И., Шмидеберг Н.А. Сравнительная гидролого-гидрохимическая характеристика пресных озер Антарктики и Субантарктики, АН СССР, Межведомственная комиссия по изучению Антарктики. Доклады комиссии. Выпуск 15, 1976, с. 93-114.



# **10. О СТАТИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ ПОЛЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА УРОВНЕ МОРЯ В РАЙОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА** (по данным российской станции Беллинсгаузен)

Лагун В.Е., Иванов Н.Е.

Количественное изучение механизмов формирования климатической изменчивости в Антарктике требует сведений о статистической структуре полей метеорологических элементов. Такое исследование стало возможным в связи с созданием базы данных по климату Антарктиды /8, 9/ в рамках разрабатываемой в ААНИИ геоинформационной системы (ГИС) «Антарктика».

Проявление так называемого "глобального потепления" в Южном полушарии наиболее отчетливо зафиксировано в районе Антарктического полуострова как в приземном слое /6, 11, 12/, так и в свободной атмосфере /13/. Ниже кратко представлены результаты вероятностного анализа временных рядов приземной температуры и давления воздуха на уровне моря в этом регионе, выполненного для определения характеристик межгодовой изменчивости с учетом модуляции годового хода в диапазоне межгодовых и сезонных вариаций изменчивости синоптического масштаба.

Исходными данными являются однородные ряды приповерхностной температуры воздуха (Т) и давления на уровне моря (Р) на станции Беллинсгаузен за период 1969-2000 гг. с дискретностью 6 часов /9/. Данные измерений за период с марта по декабрь 1968 года не включены в анализ, чтобы избежать искажений при расчете средних годовых значений из-за неполноты этой годовой серии.

В таблице 10.1 приведены оценки средних значений Р, Т и их дисперсии при различных масштабах осреднения исходных данных.

Таблица 10.1

Оценки математического ожидания (m) и дисперсии (D) давления на уровне моря (Р, гПа) и приповерхностной температуры воздуха (Т, °С) при различном интервале осреднения исходных данных станции Беллинсгаузен за период 1969-2000 гг. с дискретностью 6 часов

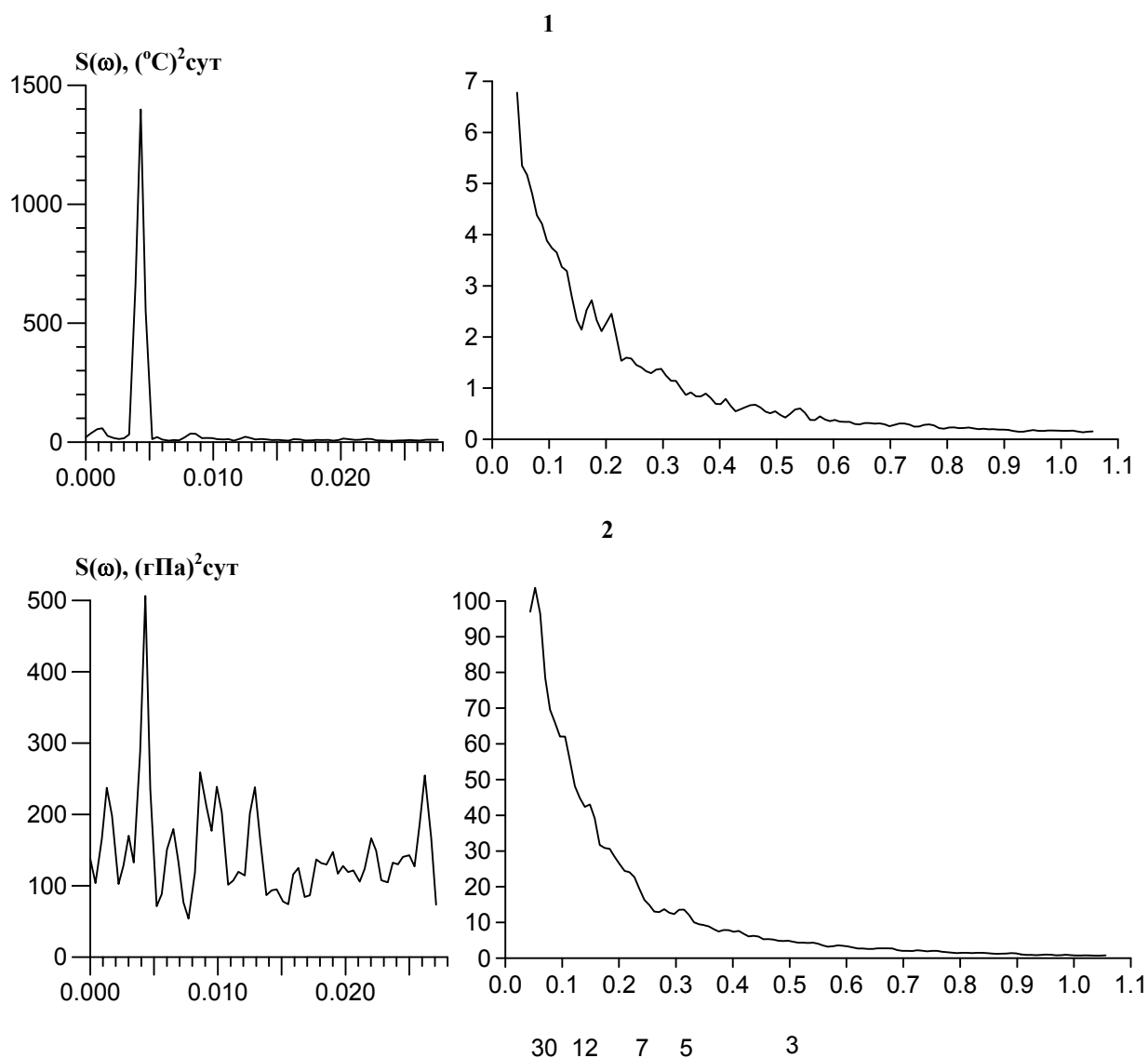
	Срочные данные			Средние суточные			Средние месячные			Средние годовые		
	n	M	D	n	D <sub>d</sub>	$\frac{D_d}{D}$	n	D <sub>m</sub>	$\frac{D_m}{D}$	n	D <sub>y</sub>	$\frac{D_y}{D}$
Т	46752	-2.4	21.89	11688	20.03	91.5	384	11.38	52.0	32	0.71	3.2
Р	46752	991.5	152.45	11688	141.93	93.1	384	27.25	17.9	32	2.60	1.7

Обозначения: n –число членов ряда, D<sub>d</sub>, D<sub>m</sub>, D<sub>y</sub> –дисперсии для соответствующих периодов осреднения, размерность дисперсии – (°С)<sup>2</sup> и (гПа)<sup>2</sup>.

Из анализа таблицы 10.1 следует, что основной вклад в суммарную дисперсию вносит межсуточная и внутригодовая изменчивость, причем, если для температуры внутригодовая изменчивость объясняет более 50% дисперсии, то для давления – менее 20%. Вклад в суммарную дисперсию изменчивости среднегодовых значений составляет менее 5%. Однако межгодовая изменчивость не исчерпывается изменениями среднегодовых значений. Вклад в суммарную дисперсию суточного хода и внутрисуточной изменчивости также невелик – как для Т, так и для Р он составляет менее 10% от D, но особенности изменчивости в низкочастотных по отношению к суточному ходу диапазонах целесообразно рассматривать в том числе и с учетом времени суток. Это может оказаться полезным, например, при формулировании гипотез о природе трендов межгодовой изменчивости.

Так, при анализе климатической изменчивости приземной температуры в Северном полушарии (см., например, / 10 /), отмечено, что выраженный тренд потепления в основном обусловлен ростом зимних ночных температур. Это позволяет предположить, что межгодовые изменения значений приземной температуры в значительной степени обусловлены колебаниями потока уходящей длинноволновой радиации.

На рис. 10.1 приведены оценки спектральной плотности S(ω) температуры воздуха и давления в стационарном приближении. Для наглядного представления особенностей спектральной структуры в различных диапазонах временной изменчивости принят свой масштаб.



ω

1 1/2 1/3 1/4 1/5 1/6

t, год

а

t, сут

б

Рис. 10.1. Оценки спектральной плотности температуры воздуха (1) и атмосферного давления (2) в диапазонах межгодовой изменчивости и годового хода (а), внутрисезонной, синоптической изменчивости и суточного хода (б).

Графики  $S(\omega)$  (см. рис. 10.1) демонстрируют предварительную оценку вклада различных диапазонов в суммарную дисперсию  $D_{(\bullet)}/D$  через спектральную функцию

$$\frac{D_{(\bullet)}}{D} = \frac{\int_{\omega_1}^{\omega_2} S(\omega) d\omega}{\int_0^{\omega_N} S(\omega) d\omega}, \text{ где } \omega_N - \text{частота Найквиста} \quad (1)$$

Оценки величины  $D_{(*)}/D$  в соответствии с определением (1) приведены в таблице 10.2.

Таблица 10.2

Вклад (%) в общую дисперсию  $D$  температуры воздуха ( $T$ ) и атмосферного давления ( $P$ ) различных диапазонов изменчивости  $D_{(*)}$ , вычисленный по оценке спектральной плотности

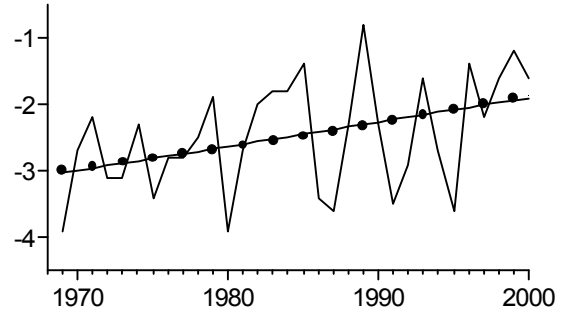
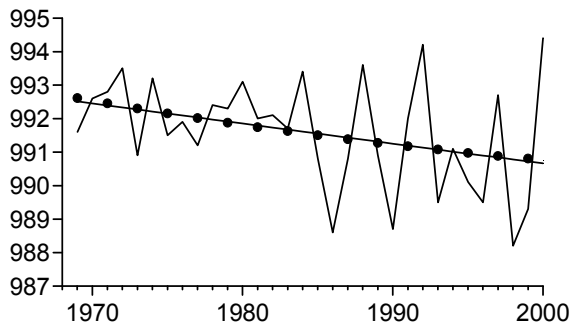
	Межгодовая изменчивость			Годовой ход и его обертоны			Синоптическая изменчивость			Суточный ход		
	$\omega$	$t$	$\frac{D_{(*)}}{D}$	$\omega$	$t$ , год	$\frac{D_{(*)}}{D}$	$\omega$	$t$ , сут	$\frac{D_{(*)}}{D}$	$\omega$	$t$ , час	$\frac{D_{(*)}}{D}$
T	$\leq 0.003$	$\geq 1.5$	3.7	0.0043	1	41.5	0.1308-0.7854	2 - 12	21.5	1.5708	24	0.3
				0.0085	1/2	1.5						
				0.0130	1/3	1.0						
				0.0170	1/4	0.6						
				0.0215	1/5	0.7						
				0.0254	1/6	0.5						
				Всего		45.8						
P	$\leq 0.003$	$\geq 1.5$	2.5	0.0043	1	2.6	0.1308-0.7854	2 - 12	34.3	1.5708	24	<0.1
				0.0085	1/2	1.3						
				0.0130	1/3	1.6						
				0.0170	1/4	1.0						
				0.0215	1/5	1.2						
				0.0254	1/6	1.5						
				Всего		9.2						

Из табл. 10.2 следует, что вклад в общую дисперсию низкочастотных колебаний с периодом более 1.5 лет составляет и для  $T$ , и для  $P$  менее 5%. Роль годового хода весьма значительна – около 45% общей дисперсии  $T$  и около 10% дисперсии  $P$ , причем если у  $T$  годовая гармоника объясняет более 90% дисперсии годовой ритмики, то у  $P$  существенны все шесть гармоник. Изменчивость синоптического масштаба также значительна – она объясняет более 20% дисперсии  $T$  и около 35% дисперсии  $P$ . Вклад суточного хода в общую дисперсию мал.

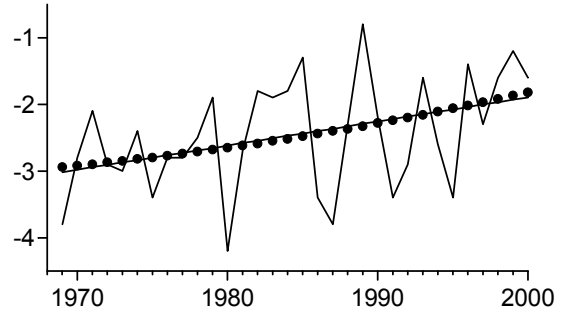
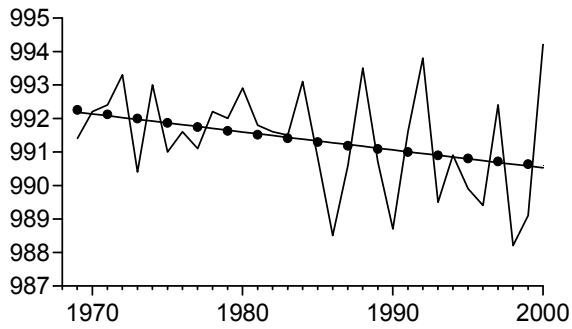
Частотный спектр не позволяет выполнить полноценный дисперсионный анализ разномасштабной изменчивости, поскольку в стационарном приближении все колебания рассматриваются как стохастические. Следовательно, такая оценка дисперсии межгодовой изменчивости занижена, т.к. она не учитывает низкочастотную модуляцию годовой ритмики и синоптических флуктуаций / 4 /. В работе / 1 / показано, что в высоких и умеренных широтах Северного полушария над морем модуляционная составляющая межгодовой изменчивости, обусловленная только междугодовыми вариациями годового хода, даже без учета междугодовых вариаций синоптических процессов превышает по интенсивности аддитивную составляющую, представленную рядом среднегодовых значений.

Приведенные ниже результаты поддиапазонного вероятностного анализа учитывают модуляцию годового хода в диапазоне межгодовой изменчивости и межгодовые и сезонные вариации изменчивости синоптического масштаба. Суточный ход как самостоятельный диапазон требует специального рассмотрения (см., например, рис.10.2). Количественно это стало возможно после установки на российских антарктических станциях измерительного комплекса Милос 500.

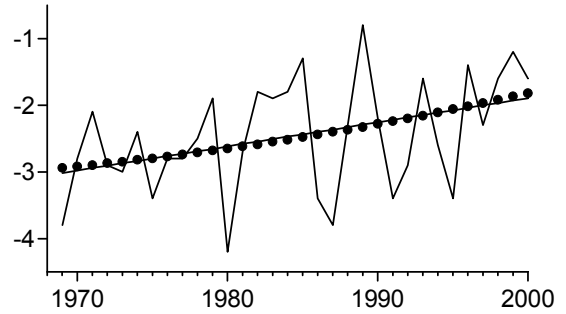
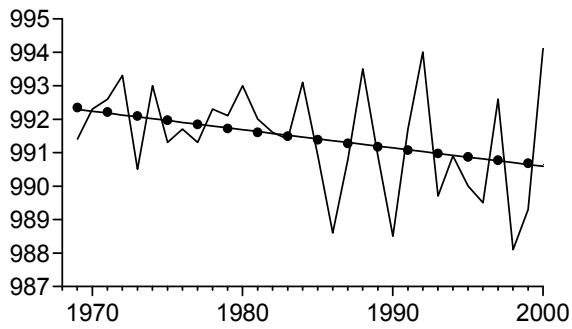
Срок 00 ч СГВ



Срок 06 ч



Срок 12 ч



Срок 18 ч

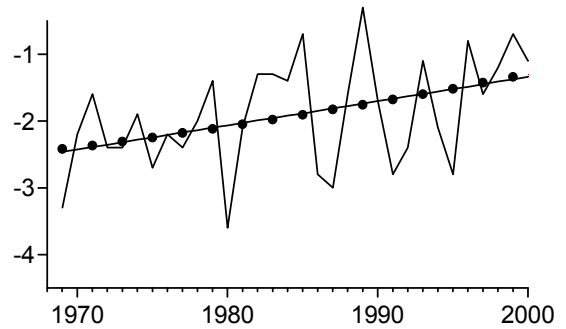
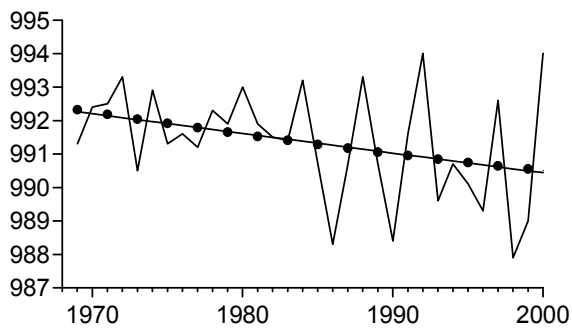


Рис. 10.2. Временной ход среднегодовых значений давления на уровне моря (левый столбец, гПа) и приповерхностной температуры воздуха (правый столбец, °C) для различных сроков измерений и его аппроксимация линейным (прямая) и параболическим (точки) компонентами степенного полинома.

Временной ряд среднегодовых значений  $g(t_i)$  будем называть аддитивной составляющей (АС) межгодовой изменчивости, которую представим в виде:

$$g(t_i) = G_M(t_i) + g_M^o(t_i), \quad (2)$$

где  $G_M(t_i)$  – тренд математического ожидания, определенный в работе / 2 / как медленно меняющаяся гладкая, детерминированная функция,  $g_M^o(t_i)$  – необъясняемый трендом остаток, который в первом приближении будем считать стационарным процессом с нулевым средним и корреляционной функцией  $K(\tau)$ .

Поскольку  $G_M(t_i)$  определен как детерминированный процесс, целесообразно задавать вид этой функции, исходя из физической гипотезы о природе тренда. В работе / 3 / для описания тренда рекомендуется использовать аппроксимацию исходного ряда степенным полиномом

$$G_M(t_i) = g_o + \sum_{k=1}^m a_k t_i^k, \quad (3)$$

определяя весовые коэффициенты  $a_k$  методом наименьших квадратов или через ортогональные полиномы / 5 /

$$G_M(t_i) = g_o + \sum_{k=1}^m a_k \Psi_k(t_i), \quad (4)$$

которые позволяют избежать перерасчета параметров (4) при изменении количества компонентов модели. В качестве  $\Psi_k(t_i)$  удобно использованы полиномы Чебышева, ортогональные на конечной системе точек, которые можно применять и для неравно отстоящих данных, в частности при наличии пропусков.

Количество компонент в (3) зададим на основе определения тренда как медленно меняющейся функции. Поскольку такая трактовка не ограничивает тренд только линейным компонентом  $k=1$  в (3), будем считать, что он может включать и отрезок осцилляции с характерным масштабом времени, существенно превышающим длину реализации. Поэтому в тренд всегда будем включать и параболический ( $k=2$ ) компонент. Кубический член ( $k=3$ ) модели (3), характеризуемый кривой с точкой перегиба, целесообразно использовать для описания тренда только при наличии достаточно длинной (не менее 80-100 лет) реализации, например, при анализе данных субантарктической станции Оркадас (за период 1903-2002 гг.).

В нашем случае ( $n = 32$  года) будем использовать для описания тренда модель (3) при  $m = 2$ , проверяя необходимость учета параболического члена в каждом конкретном случае с помощью дисперсионного анализа. Графики временных рядов среднегодовых значений  $P$  и  $T$  и их аппроксимации линейным трендом и степенным полиномом при  $m = 2$  приведены на рис.10.3. Из рис.10.3 следует, что вклад параболического компонента пренебрежимо мал и при анализе тренда можно учитывать только линейный член аппроксимации (3).

Тренды приземной температуры и давления на уровне моря разнонаправлены: ряд  $T(t_i)$  содержит положительный линейный тренд, а ряд  $P(t_i)$  содержит отрицательный линейный тренд, которые объясняют примерно 10-15% дисперсии среднегодовых значений. Линейный тренд давления незначим на 95% уровне, а линейный тренд температуры является статистически значимым (см. также / 7 /).

Полученные оценки нуждаются в ежегодном уточнении, поскольку к их устойчивости следует относиться с осторожностью (см. рис.10.4). На рис.10.4 воспроизведен ряд среднегодовых значений атмосферного давления на станции Беллинсгаузен с 1969 по 2000 гг. и приведены оценки линейного тренда по полному ряду и по ряду 1968-2000 гг. Включение в ряд всего лишь одного, хотя и аномального года, приводит к более чем 50% увеличению модуля коэффициента наклона  $a_1$ . Поэтому сам термин “тренд” применительно к рядам такой небольшой (32 года) продолжительности в определенной степени условен.

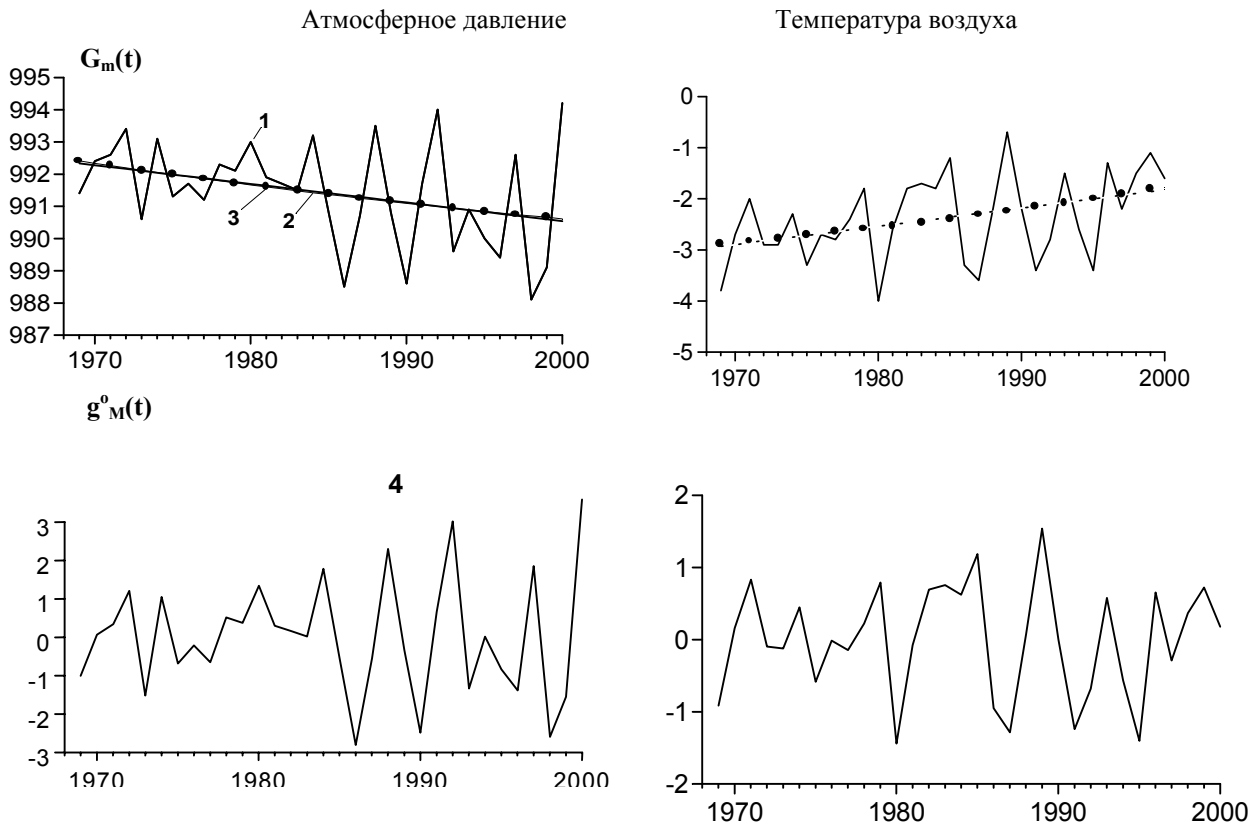


Рис. 10.3. Временной ход (1) среднегодовых значений  $P$  и  $T$ , линейный тренд (2), параболический компонент степенного полинома (3) и остаток (4).

Из рис. 10.3. следует, что предположение о стационарности  $g_M^o(t_i)$  в (3) некорректно, т.к. помимо нестационарности по математическому ожиданию в рядах среднегодовых значений  $g(t_i)$  присутствует еще и нестационарность по дисперсии. Поэтому заменим модель (2) на аппроксимацию:

$$g(t_i) = G_M(t_i) + G_D(t_i) + g_{MD}^o(t_i), \quad (5)$$

в которой величина тренда дисперсии (т.е. закономерного, медленного и гладкого изменения модуля аномалий относительно тренда математического ожидания)  $G_D(t_i) = b(t_i) \cdot \text{sign}[g_M^o(t_i)]$  определяется полиномиальным трендом  $b(t_i)$  ряда  $|g_M^o(t_i)|$  по модели (3) при  $m=2$ , а знак соответствует знаку аномалии относительно тренда математического ожидания. Графики рядов  $G_D(t_i)$  и “чистого” остатка  $g_{MD}^o(t_i)$  представлены на рис. 10.5.

Исключение тренда дисперсии (см. рис. 10.5), который объясняет около 65-70% дисперсии относительно тренда математического ожидания, практически устраняет нестационарность необъясняемого остатка у температуры воздуха, однако у давления некоторая нестационарность по дисперсии в ряду  $g_{MD}^o(t_i)$  сохраняется, что обусловлено особенностями развития атмосферных процессов в последние три года (1998-2000 гг.) и также свидетельствует о неустойчивости полученных оценок.

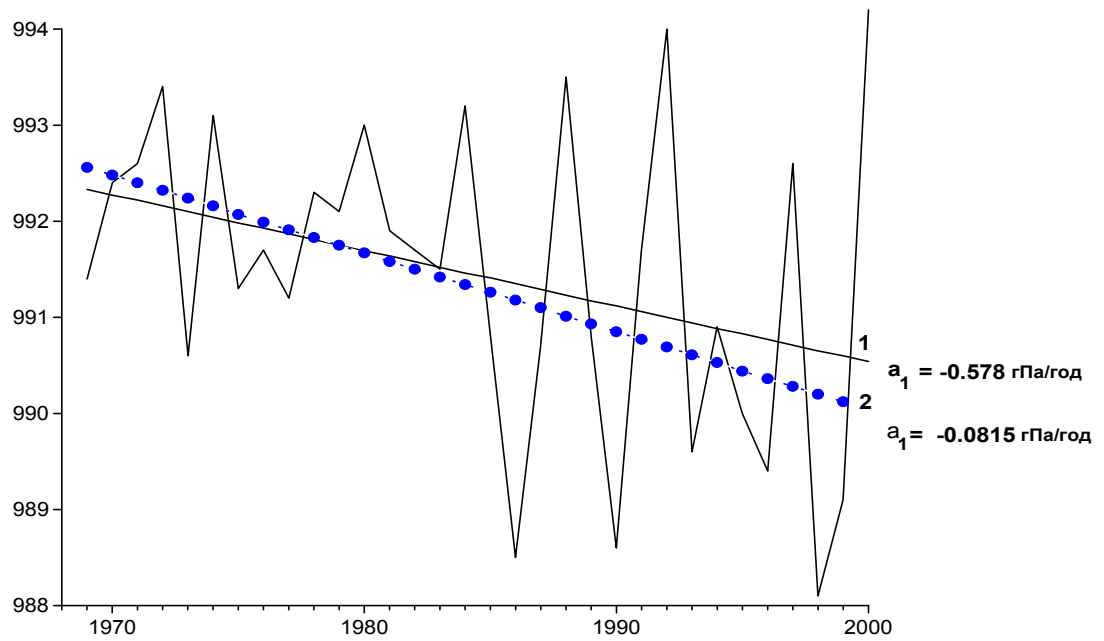


Рис. 10.4. Временной ряд атмосферного давления на станции Беллингаузен и оценки линейного тренда математического ожидания по полному ряду (1) и по ряду без данных за 2000 год (2).

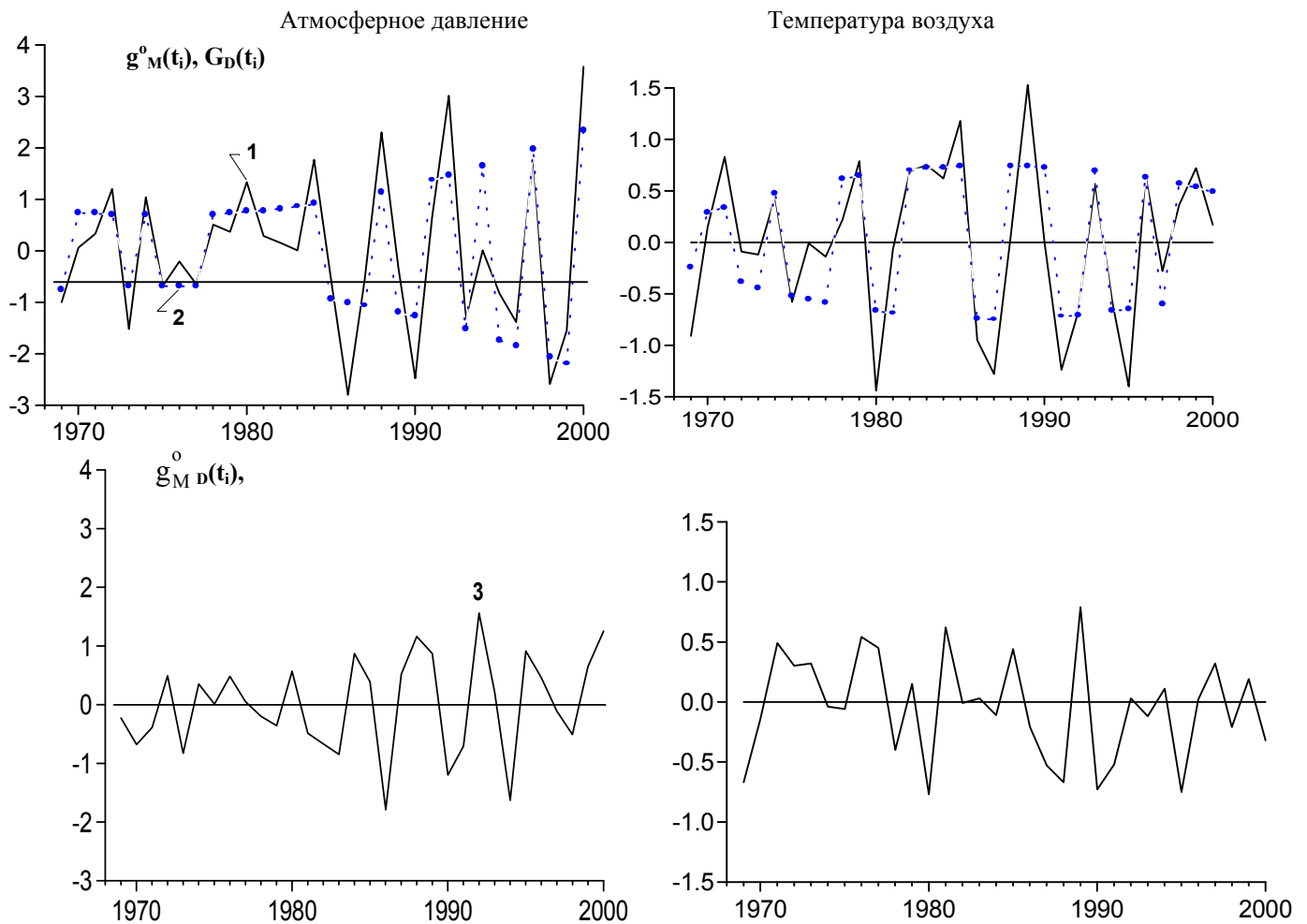


Рис. 10.5. Временные ряды аномалий относительно тренда математического ожидания (1), тренда дисперсии (2) и “чистого остатка” (3) среднегодовых значений Р и Т.

Результаты выполненного анализа временных рядов температуры и давления сводятся к следующему:

Аддитивная составляющая межгодовой изменчивости, представленная нормальными последовательностями среднегодовых значений  $g(t_i)$  приповерхностной температуры воздуха и атмосферного давления на уровне моря за период 1969-2000 гг. на станции Беллинсгаузен, вносит относительно небольшой (менее 5%) вклад в дисперсию данных срочных измерений.

Межгодовая изменчивость содержит аддитивную и модуляционную составляющие. АС представлена последовательностью среднегодовых значений, а МС проявляется через межгодовую изменчивость параметров годового хода и в междугодовых вариациях характеристик синоптической изменчивости.

Тренд межгодовой изменчивости представлен степенным полиномом, учитывающим линейный и параболический компоненты. Наиболее важной особенностью АС является линейный тренд математического ожидания (положительный и значимый на 95% уровне для температуры, отрицательный и незначимый на 95% уровне для давления), объясняющий примерно 10-15% дисперсии среднегодовых значений. Временные ряды аномалий среднегодовых значений относительно тренда математического ожидания нестационарны по дисперсии, но вклад полиномиального тренда математического ожидания этих аномалий невелик – он объясняет чуть больше 10 % дисперсии относительно тренда математического ожидания давления и менее 5 % для температуры. Понижение фона атмосферного давления сопровождается увеличением размаха междугодовых колебаний, что отчасти может быть объяснено локальным усилением циклонической активности.

Проведенный статистический анализ данных срочных метеорологических измерений на станции Беллинсгаузен позволил количественно определить вклад процессов различного временного масштаба в формирование наблюдаемых изменений параметров климатического режима приземного слоя атмосферы в районе Антарктического полуострова. Полученные оценки в частности показывают, насколько изменяется значение дисперсии температуры и давления (какая часть изменчивости теряется) при использовании данных с различным масштабом осреднения и насколько оценки климатической изменчивости, выполненные по средним месячным и годовым значениям, статистически достоверны.

#### Литература

1. Боков В.Н., Клеванцов Ю.П., Рожков В.А. Оценки межгодовой изменчивости скорости ветра над морем // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 1993. - Т. 29. - с. 253–259.
2. Брилинджер Б. Временные ряды. М., Мир, 1980. - 536 с.
3. Груза Г.В., Рейтенбах Р.Г. Статистика и анализ гидрометеорологических данных. Л., Гидрометеиздат, 1982. - 216 с.
4. Драган Я.П., Рожков В.А., Яворский И.Н. Методы вероятностного анализа ритмики океанологических процессов. Л., Гидрометеиздат, 1987. - 319 с.
5. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М., Финансы и статистика, Т. 1, 1986. - 366 с.
6. Лагун В.Е. Климатология Антарктического полуострова // Итоговая сессия Ученого Совета ААНИИ по результатам работ 2000 г. Экспресс-информация. Вып. 10. СПб. 2001. с. 13-14.
7. Лагун В.Е., Маршалл Г. Дж. Архив уточненных значений среднемесячных значений приземной температуры на антарктической станции Беллинсгаузен // Состояние природной среды Антарктики. Квартальный бюллетень РАЭ. 2001. - № 1. – С. 35 - 42. <http://www.aari.nw.ru/projects/Antarctic>
8. Лагун В.Е. База данных наблюдений за состоянием атмосферы Южной полярной области/Международная конференция по моделированию, базам данных и информационным системам для атмосферных наук "MODAS-2001" 25-29 июня 2001 г. Институт Оптики атмосферы СО РАН. Иркутск. 2001. Тезисы доклада С. 13 - 14, <http://symp.iao.ru/russ/?dm=modas/1&fm=menu&dc=modas/1/h&fc=r013189>
9. Лагун В.Е. База данных по климату Южной полярной области. Итоговая сессия Ученого Совета ААНИИ по результатам работ 2001 г. Экспресс-информация. Вып. 12. СПб. 2002. С. 51.
10. Analysis of Climate Variability. Applications of Statistical Techniques. H. von Storch and A. Navarra Eds. Second Edition. Springer. 1999. 380 p.
11. King J.C., Harangozo S.A. Climate change in the western Antarctic Peninsula since 1945: observations and possible causes// Ann. Glaciol. - 1998. – V. 27. - P. 571 – 575
12. Lagun V.E. Antarctic Peninsula warming: analysis of Bellingshausen station data/8<sup>th</sup> Scientific Assembly of International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences (IAMAS) Innsbruck. July 10-18, 2001. Austria. Abstract. 2001. P. 24.
13. Marshall G.J., Lagun V.E., Lachlan-Cope T.A. Changes in Antarctic Peninsula tropospheric temperatures from 1956-99: a synthesis of observations and reanalysis data // International Journal of Climatology. – 2002. - V. 22. P. 291-310.



## 11. ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ 46 РАЭ В 4 КВАРТАЛЕ 2001 ГОДА

- 05.10.2001 Установка радиолокационной станции и радионавигационного оборудования на машины, готовые для похода Мирный - Восток
- 06.10.2001 Изготовление и установка на станции Новолазаревская утраченной разметки взлетно-посадочной полосы, не использовавшейся более 10 лет.
- 07.10.2001 Ходовые испытания после комплексного ремонта плавающего транспортера на станции Беллинсгаузен. Демонтаж и ремонт метеорологической мачты.
- 12.10.2001 Рабочий визит группы полярников со станции Новолазаревская на станцию Мэйтри антарктической экспедиции Индии.
- 13.10.2001 Доставка со станции Новолазаревская на аэродром отремонтированных катков ДУ-30 для работы на взлетно-посадочной полосе.
- 18.10.2001 Разрыв панели здания дизельной электростанции станции Мирный под действием ветра, усилившегося до 42 м/с.
- 20.10.2001 Загрузка на станции Мирный контейнеров, предназначенных для доставки на станцию Восток санно-гусеничным поездом.
- 24.10.2001 Выезд со станции Новолазаревская аэродромной группы во главе с П.А. Подхалюзиним в полевой лагерь для работы на взлетно-посадочной полосе.
- 29.10.2001 Выход санно-гусеничного поезда со станции Мирный на станцию Восток в составе 10 машин. Руководитель похода В.М. Бабилов.
- 04.11.2001 Выход из строя и замена коробок передач на двух машинах похода Мирный – Восток.
- 06.11.2001 Извлечение из-под снега на двухсотом километре трассы Мирный –Восток трех емкостей с топливом, оставленных предыдущим походом. Вылет из аэропорта Пулково сезонного состава 47 РАЭ по маршруту Амстердам-Сидней-Крайстчерч-Мак-Мердо-Восток.
- 19.11.2001 Прибытие санно-гусеничного поезда на законсервированную станцию Пионерская.
- 22.11.2001 Прибытие на станцию Восток со станции Мак-Мердо на борту американского самолета сезонного состава 47 РАЭ во главе с Шереметьевым А.Н., а также специалистами из Франции и Германии.
- 28.11.2001 Остановка санно-тракторного похода Мирный – Восток на 502 км трассы, переоборудование тягача №2 в штурманскую машину.
- 29.11.2001 На 510 км трассы оставлены две машины СТТ№3 и АТТ№27.
- 04.12.2001 Прибытие санно-гусеничного поезда на законсервированную станцию Восток-1.
- 06.12..2001 Первая после десятилетнего перерыва посадка российского самолета ИЛ-76Д и американского самолета DC-3 на аэродроме станции Новолазаревская. Прибытие интернациональной группы из 56 ученых и специалистов комиссии Министерства транспорта РФ по приемке аэродрома. В числе прибывших 28 участников скандинавской антарктической экспедиции.
- 07.12.2001 Сертификация аэродрома станции Новолазаревская в соответствии с требованиями Руководства по государственной регистрации и допуску к эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации. Начало операций по доставке персонала на станции Тролл и Васа американским самолетом DC-3. Выполнение от станции Восток похода по профилю S1-47 для сейсморазведки по программе исследования подледникового озера Восток. Руководитель похода А.М. Попков. Монтаж на станции Восток оборудования для измерения электропроводности ледяного керна.
- 08.11.2001 Возвращение в Кейптаун российского самолета Ил-76Д.
- 11.12.2201 Прибытие санно-гусеничного поезда на законсервированную станцию Комсомольская.
- 12.12.2001 Выход на станцию Восток трех машин ДТ-30 впереди основного похода. На станции Комсомольская оставлен тягач МТТ.
- 20.12.2001 Посадка американского самолета Твин-Отер на аэродроме станции Восток. Обратный вылет на станцию Мак-Мердо с отрядом гляциологов на борту. Прибытие на станцию Восток первой партии машин ДТ-30 похода Мирный – Восток (три машины).
- 24.12.2001 Прибытие на станцию Восток основного похода Мирный – Восток на трех машинах. Выход от станции Восток научного похода с сейсмическим оборудованием.
- 28.12.2001 Выход похода под руководством Шереметьева А.Н. с радиолокационным оборудованием по маршруту вдоль восточного берега озера Восток для уточнения границ озера.