

УДК 551.510

**ПРАКТИКА СИНОПТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В УКРАИНСКОЙ  
АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ****В.Е. Тимофеев**

*Одесский Государственный Экологический университет, м. Одеса, вул. Львівська, 15, 65016, E-mail:  
meteo@ogmi.farlep.odessa.ua*

**Реферат.** Представлены основные типы циклонических процессов в тропосфере над Землей Грейама, а также типичные характеристики погодных условий в районе станции Академик Вернадский, формы массивов облачности, распределение общего содержания озона. Проведен обзор отдельных циклонических процессов как в районе Антарктического полуострова, так и в районах умеренных широт южного полушария.

**Практика синоптичного прогнозування в українській антарктичній експедиції.** В.Є.Тимофєєв

**Реферат.** Представлені основні типи циклонічних процесів у тропосфері над Землею Грейама разом із типовими характеристиками погодного режиму в районі станції Академік Вернадський, форми масивів хмарності, розподілу загального вмісту озону. Наведено огляд окремих циклонічних процесів як в районі Антарктичного півострова, так і в районах помірних широт південної півкулі. Надані рекомендації щодо складання короткострокових прогнозів погоди, висувастся пропозиція застосування методу довгострокового прогнозування на базі методики, започаткованої в УкрНДГМІ.

**Synoptic Forecasting in the Ukrainian Antarctic Expedition** by V.Ye. Timofeyev

**Abstract.** The main types of cyclonic processes in the troposphere above Graham Land as well as the most typical hydrometeorological regime, satellite images of cloudiness, and the total ozone content at Vernadsky are presented. The examples of some cyclonic processes both at the Antarctic Peninsula and South America are described. Recommendations for the short-term weather forecasts are given and the method worked out in the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute is proposed for the long-range weather forecast.

**Keywords.** short-term (long-term) weather forecast, cyclonic process, total ozone content, cloudiness

**Введение**

Процедура составления краткосрочных прогнозов погоды (КПП) на срок до 2 суток требует с одной стороны наличия достаточного материала, включая данных отдельных станций, синоптические карты, спутниковые снимки облачности и пр., а также, что немаловажно, своевременного поступления этих данных синоптику. В украинской антарктической экспедиции (УАЭ) прогнозы составлялись во всех пересекаемых климатических поясах планеты, включая умеренные широты, тропики и экваториальные районы, а также акватории Южного океана, прилегающие к Антарктическому полуострову. Прогностический период составлял обычно 12 часов, так как синоптический материал принимается как на украинской антарктической станции (УАС) Академик Вернадский, так и на украинских научно-исследовательских кораблях (НИС) два раза в сутки.

Как правило, краткосрочный синоптический прогноз складывается из двух этапов – прогноза синоптического фона и прогноза отдельных метеорологических величин и явлений. В условиях субполярных районов особое значение приобретает прогноз опасных явлений погоды – сильного ветра, метели, значительных осадков, резких изменений температуры и влажности воздуха, например, во время возникновения местных циркуляций, таких как фён. В 1996 г. во время 1-ой УАЭ, когда прием синоптического материала не был налажен, прогнозировался в основном фон синоптических процессов, а с апреля 1997 г. стало возможным прогнозировать и отдельные элементы погоды. В период морской и воздушной навигации составлялись также специальные сводки погоды.

Долгосрочные прогнозы погоды (ДПП) - заблаговременностью 10 суток и более - составляются только в региональных Гидрометцентрах, так как требуют специализированного модельного подхода, большого количества данных, компьютерного времени и компетенции синоптиков (Ефимов, 1976; Рабцевич, 1980). Однако, в связи со спецификой погодных процессов в Антарктике (Connolley, 1997; Воскресенский, 1980; Савицкий, 1977) в некоторых случаях составлялся фоновый прогноз на срок 2 суток и более.

## 2. Цель работы и используемые данные

Основной целью работы является представить особенности составления КПП путем анализа составления прогнозов как в Антарктике, так и в других географических районах с выработкой рекомендаций синоптикам в целях обеспечения деятельности во время проведения УАЭ, в особенности в период смены зимовочного состава, а также полевых групп. Обсуждаются возможности разработки методики долгосрочного прогнозирования. Использовались следующие материалы: синоптические карты за 06 и 18 СВВ (1997-2001 гг.), спутниковые снимки (NOAA-14, 15, 1996-2000 гг.), принимавшиеся на УАС и НИС в 1997 - 2000 гг., ограниченный массив данных Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF, Брекнелл), данные метеорологических наблюдений на ст. Вернадский и близлежащих станциях с привлечением интернет-ресурсов Британской антарктической службы.

## 3. Результаты работы

### 3.1. Типы циклонических процессов

Основы типизации синоптических процессов были заложены во время Первой УАЭ 1996/97, когда регулярный прием синоптических карт отсутствовал, но принимались спутниковые снимки облачности. Посредством их анализа установлены основные траектории циклонов и формируемые ими генеральные направления воздушных масс над Антарктическим полуостровом, от чего зависит развитие местных циркуляций в тропосфере, регистрируемых на ст. Вернадский. По факту их наличия или отсутствия выделялись два наиболее различающихся типа циркуляции с разным направлением ведущего потока в средней тропосфере (Говоруха и др., 1998).

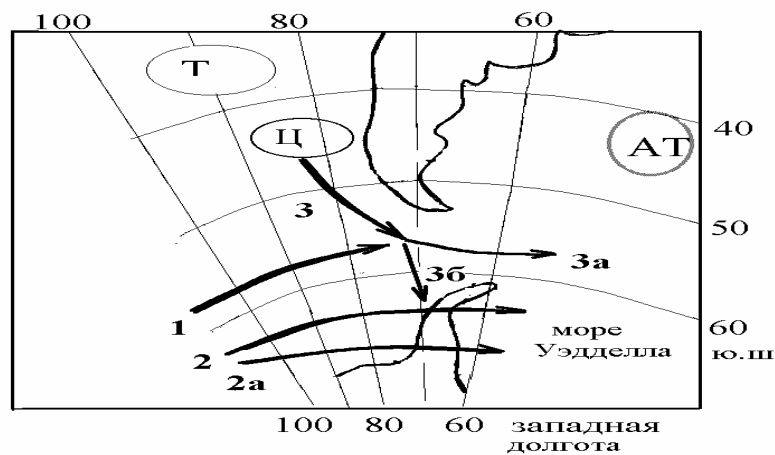


Рис. 1. Траектории циклонов в районе Антарктического полуострова.

**1, 2** – траектории западных циклонов, **3** – траектории северо-западных циклонов; **Т, АТ** – локализации восточно-тихоокеанского максимума и гребня атлантического субтропических антициклонов; **Ц** – район циклогенеза умеренных широт.

На рис.1 показаны основные траектории циклонов и локализации районов анти- и циклогенеза, влияющих на погоду в районе Антарктического полуострова. Траектории западных циклонов разбиты на 3 типа, в зависимости от того, как они проходят по отношению к УАС. Циклоны северо-западных траекторий подходят к Антарктическому полуострову с разделением основной ветви траекторий – с переходом на западную (3а) или сохранением СЗ траектории (3б) в районе пролива Дрейка. В таблице 1 приведены основные характеристики разных типов циклонических процессов, с привлечением данных метеорологического режима, типичных форм облачности и изменчивости общего содержания озона (ОСО). Наибольшая скорость перемещения характерна для северо-западных циклонов – до 50 км/ч, для подвижных западных она в среднем составляет 30-40 км/ч, а наиболее глубокими бывают западные циклоны с малыми скоростями перемещения.

Таблица 1. **Синоптические характеристики основных погодообразующих процессов над ст. Вернадский и севером Антарктического полуострова.**

Тип процесса, число случаев, давление в центре, гПа	Типичный режим погоды (для фронтов указана $\Delta P$ - тенденция давления).	Вид облачной системы или типичные формы	ОСО, единицы Добсона
Западные циклоны траектория 1 (севернее широты УАС), 25, 960-980	сильный ветер, фён при приближении, затем продолжительные осадки	мощный спиралевидный вихрь с хорошо выраженными фронтальными	300-340
Западные циклоны траектория 2 и 2а, 17, 950-980	сильный ветер, значительные непрерывные обложные осадки (дождь + снег)	системами, узким теплым сектором и конвективными ячейками в тылу	280-340
Западные циклоны малоподвижные 12, 930-970	непрерывные слабые или умеренные осадки (снег), умеренный ветер	облачный вихрь со следами разрушения типичной облачной системы	180-300
Северо-западные циклоны 24, 960-1000	сильный ветер, фён, сильная иризация облачности среднего и нижнего ярусов, затем обложные осадки разной интенсивности	облачный вихрь с широким теплым сектором и признаками окклюдирования	330-400 и более
Многоцентровые депрессии 19, 970-990	слабые, умеренные ливневые и обложные осадки	несколько мезомасштабных облачных вихрей	250-320
Холодные фронты (ХФ), 24	$\Delta P$ до +20-25 гПа/сутки, умеренные, сильные ливневые осадки	перламутровая облачность после активных ХФ	перепады пределах
Теплые фронты (ТФ) и фронты окклюзии, 16	$\Delta P = - 15-20$ гПа/сутки, непрерывные обложные осадки	иризация облачности среднего и верхнего ярусов перед прохождением ТФ	30-70 ед.Д. в сутки

Вместе с северо-западными циклонами в район ст. Вернадский обычно переносятся воздушные массы с наибольшим общим содержанием озона в атмосфере, до 400 единиц Добсона (ед.Д.) и более. Именно эти траектории циклонов ответственны за резкое возрастание ОСО в

период озоновой дыры и ее дальнейшему заполнению. Напротив, в пределах глубоких малоподвижных циклонов западных траекторий вместе с низким фоном атмосферного давления регистрируются минимумы ОСО. Так, один из них прошел своей центральной частью над ст. Академик Вернадский 12-20 октября 1999 г. с минимальным давлением 936.5 гПа 15 октября, причем минимум ОСО предшествовал прохождению центра циклона и составил 146 ед.Д. В дальнейшем ОСО медленно возрастало до 200 ед.Д. и только 22 октября, когда давление на УАС стало выше 970 гПа, ОСО превысило 250 ед.Д. Синоптиками было определено, что данный циклон находится в завершающей стадии развития, и, несмотря на значительное падение давления на УАС, скорость ветра не была более 10-12 м/с, осадки характеризовались как умеренные. Таким циклонам на высотах средней и верхней тропосферы обычно соответствует область холода с удалением фронтов на периферию циклона. Поскольку в данный сезон (озоновой дыры) холодная воздушная масса (ВМ) малонасыщена озоном, то низкий фон ОСО вполне объясним и таким образом его наступление может быть прогностическим признаком для выявления циклонов данного типа. Кроме того, скорость перемещения циклона в целом соответствовала скорости перемещения ВМ в циркумполярном вихре (ЦПВ) нижней стратосферы, так что на взаимосвязь этих процессов следует обратить внимание при анализе и прогнозе озоновой дыры.

Отдельно приведены характеристики фронтальных разделов. Разность давления на холодных фронтах (ХФ) обычно больше, чем на теплых. После прохождения облачной системы ХФ могут наблюдаться перламутровые облака. Предвестником приближения фронтов, особенно теплых и окклюзий, может служить изменение ОСО – перед этими фронтами его значения возрастают на 30-70 ед.Д., а затем несколько убывают. Однако необходимо учитывать сезон, поскольку во время озоновой дыры это справедливо не для всех фронтов.

Повторяемость многих процессов имеет сезонный ход. Наиболее часто осенью и зимой к Антарктическому полуострову выходят северо-западные и западные циклоны траектории 1 (35% случаев). В октябре-ноябре наблюдается максимальная в году повторяемость малоподвижных депрессий над морем Беллинсгаузена (17% от всех ситуаций за эти 2 месяца). Антициклональные процессы сохраняются в среднем менее продолжительное время, имеют меньше разновидностей и поэтому более просты в прогнозировании (Тимофеев, 2002). В отдельные сезоны антициклоны преобладают, и суммарное количество дней с ними превышает такой показатель для циклонов. Исследованию антициклональных процессов будет посвящена отдельная работа.

### **3.2. Синоптические условия во время морской экспедиции на НИС Горизонт в 2000 г.**

В период с 26 марта по 6 апреля 2000 г. НИС "Горизонт" выполняло комплекс экспедиционных работ в районе пролива Дрейка и Антарктического полуострова. Начало первого пересечения пролива Дрейка на юг проходило 26-29 марта в условиях циклона с центром над югом Аргентины. Этот циклон обусловил облачную погоду и снег при выходе из Ушуайи, скорость ветра достигала 12 м/с. Однако, при дальнейшем продвижении на юг погодные условия улучшались в связи с преобладанием гребня субтропического максимума над северной частью Антарктического полуострова. Граница между зонами влияния двух систем низкого и высокого давления проходила около 58° ю.ш. Необходимо отметить, что период преобладания области повышенного давления во второй половине марта в районе Земли Грейама отмечается практически ежегодно и может рассматриваться как наиболее благоприятное время проведения работ на УАС. Этот период устойчивой погоды является, очевидно, последним перед наступлением неустойчивого предзимнего режима погоды. В подтверждение этому, сразу после выхода НИС "Горизонт" со ст. Вернадский, 5 апреля к Антарктическому полуострову приблизились фронтальные разделы циклона с центром над южной частью моря Беллинсгаузена, атмосферное давление начало уменьшаться, СЗ ветер усилился до 15-18 м/с, ветровое волнение - до 6-7 баллов. Хорошо выраженная спиралевидная облачная система фронта окклюзии показана на рис. 2, а также системы холодного (линия АБ) и теплого фронтов, с заметными следами размывания поля облачности в центре циклона (Ц), увеличением ширины облачной системы к

району точки окклюзии (2) над Антарктическим полуостровом, конвективными ячейками (К) над океаном. Шестого апреля судно также находилось в пределах облачной системы холодного фронта, и в связи с приближением приземной линии фронта и максимума скорости ветра и волнения, синоптиком (автором статьи) было предложено зайти в удобную бухту о. Десепшн, что и было осуществлено.

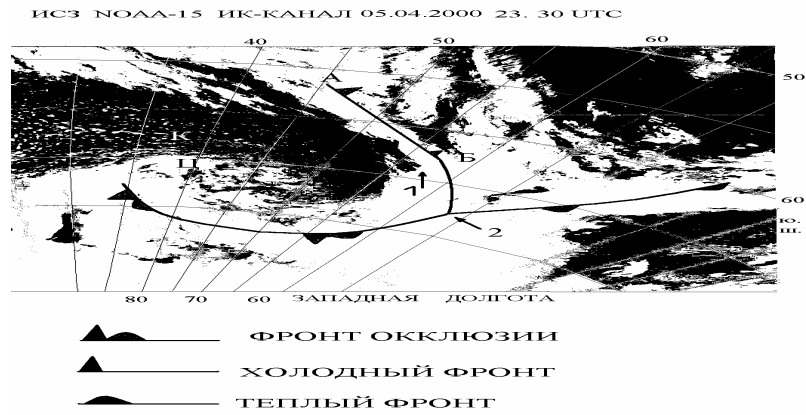


Рис. 2. Спутниковый снимок облачности 05.04.2000, 23.30 СГВ.1 - положение станции Академик Вернадский, 2 - точка окклюзии, АБ - участок холодного фронта, К - конвективные ячейки. НИС Горизонт находится в районе точки Б.

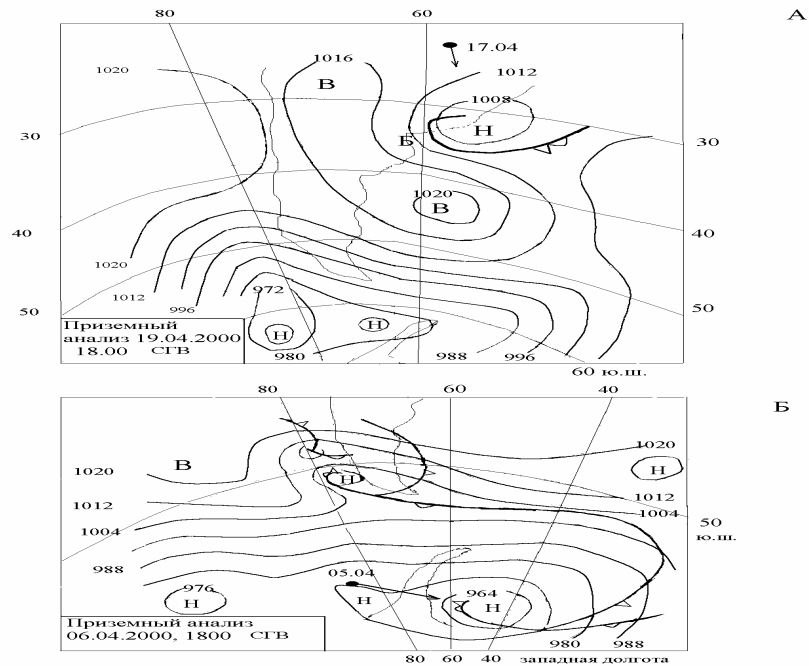


Рис. 3. Синоптические ситуации 19.04 (А) и 06.04. (Б) 2000 г. Изобары проведены через 4 гПа, а в области циклона 19.04 - через 8 гПа. Темный кружок - предыдущее положение центров циклонов (указана дата), стрелками показано перемещение циклонов.

При помощи анализа фактической (рис. 3б) и прогностической приземных карт 06.04.2000, а также нового снимка облачности было установлено, что фронт проходит рассматриваемый район с 6 на 7 апреля и судно оказывается в тылу циклона, а к западу от него просматривается гребень высокого давления с безоблачным промежутком. Был дан прогноз на ослабление скорости ветра и прояснение, который подтвердился на следующий день, 7 апреля. Тогда же движение судна было продолжено и в центральной части пролива Дрейка волнение не превышало 4-5 баллов, при умеренном ветре и хорошей видимости.

Другой циклонический процесс наблюдался 18-21 апреля, когда при выходе из Буэнос-Айреса судно попало практически в центр циклона. Еще во время стоянки 17-18 апреля на приземной карте давления была видна депрессия над югом Бразилии и Парагваем, трансформировавшейся к утру 19 апреля в окклюдированный циклон со всего одной замкнутой изобарой, давлением в его центре 1006 гПа, приблизившимся к океану в районе залива Ла-Плата. К 18.00 СГВ 19 апреля циклон изменяет траекторию движения на СВ, смещаясь вдоль побережья Атлантического океана (рис. 3а), вклиниваясь в зону действия субтропического максимума и образуя с ним зону взаимодействия. С последней был связан сильный южный и юго-западный ветер при выходе из Буэнос-Айреса и волнение до 7-8 баллов в открытом океане. Далее, к 20 апреля циклон сместился на 4 градуса (от 35 до 31° ю.ш. и 52° з.д.) на ССВ, давление в его центре возросло на 3 гПа. Двадцатого апреля судно, сутками ранее шедшее курсом на СВ, почти параллельным движению циклона, изменило ход, галсируя и продвинулось в пределах 1° широты (между 35 и 34° ю.ш.), однако продолжало находиться в зоне действия циклона. Скорость ветра и волнение не ослабли и продолжались до ночи 20/21 апреля, а вечерняя карта за 18 СГВ 21.04 не обнаруживает циклон, но скорее всего он находится за обрезом карты. По пути следования наблюдается ослабление скорости ветра и волнения. Можно предположить, что циклон начал заполняться, с одной стороны, войдя в контакт с субтропическим антициклоном, а с другой стороны, из-за снижения контрастов свойств над океанской поверхностью. За сутки 21 апреля судно восстановило нормальный график движения с курсом 45° и прошло между точками с координатами 33° 22' ю.ш. и 51° 54' до 29° 41' ю.ш. и 47° 41' з.д.

Таким образом, циклоны на широте Монтевидео и Буэнос-Айреса могут иметь не только традиционно южную составляющую перемещения, но и северную. Возможно, в этом районе определенное значение для развития фронтальных циклонов имеет внутритропическая зона конвергенции (ВЗК) над центральной и южной Бразилией, в пределах которой возникают первоначальные циклонические возмущения (Kousky, 1973; Silva Dias, 1989). Возможное поведение в случае таких циклонов – сместиться от побережья Южной Америки к В или ЮВ в район субтропического максимума. Или дожидаться выхода циклона из данного района, т.к. серий подобные циклоны обычно не образуют.

#### 4. Обсуждение и рекомендации

Чтобы определить перемещение центра циклона и его облачной системы, при анализе и прогнозе циклонического процесса важно иметь временной ряд спутниковых снимков (Милащенко, 1980). После конкретизации траектории циклона по отношению к станции следует установить факт возможного прохождения тропосферных фронтов и развития местных циркуляций.

При прогнозе северо-западной траектории циклонов нужно иметь в виду, что подобные траектории реализуются в основном из-за меридионального преобразования потока в связи с взаимодействием циклона и гребня атлантического ЦДА, вытянутого к Антарктическому полуострову или морю Уэдделла. В зависимости от конкретной локализации гребня, в районе ст. Вернадский может наблюдаться как сильный ветер с фёновыми явлениями, так и дальнейшие осадки при приближении центральной части северо-западного циклона. При этом, даже при сильном падении давления, могут наблюдаться прояснения, а обычный режим осадков возобновляется при смене знака тенденции давления или смене направления ветра с СВ на СЗ.

В антициклональном поле также возможно развитие местных циркуляций, однако интенсивность их, как правило, слабее. Так фёновые усиления ветра наблюдались 23 марта 2000 г., когда восточный ветер над Землей Грейама обеспечивал антициклон с центром над западной частью моря Уэдделла. На фоне слабого и умеренного ветра наблюдались отдельные периоды с порывами ветра до 10-14 м/с, рост температуры воздуха был незначительным.

В некоторых случаях существенное (но не резкое!) падение давления, до 960 гПа и ниже, возможно на периферии антициклонов из-за орографических эффектов, как было в июне 1996 г., с сохранением его низкого фона до нескольких дней. Для уточнения прогноза нужно привлекать визуальные признаки – наличие сильно иризированной облачности чечевицеобразных форм нижнего и среднего ярусов при СВ ветре свидетельствует как правило о приближении циклона, а наличие узких и длинных полос облачности над полуостровом при отсутствии иризации и В-ЮВ ветре – о сохранении антициклональной погоды.

Основной вклад в отклонение температуры воздуха от ее средней величины на УАС вносят зимние холодные фронты, а их прогноз зависит от прогноза траектории связанного с ним циклона. Существуют и сезонные и межгодовые различия траекторий – так в течение зимы 1996 г. циклоны в основном проходили на широте УАС или южнее нее, а в 1997, 1999 и 2000 гг. – севернее. Температуру воздуха на УАС при похолоданиях не так легко предсказать, если учесть, что по пути переноса холодных воздушных масс лишь со ст. Розера (Англия) регулярно имеются метеорологические данные. Установлено, что при южном ветре похолодание со стороны Розеры достигает Вернадского за сутки, а температура воздуха выше на УАС на 2-7°C и в итоге это приводит к ощутимой разнице среднемесячных температур воздуха в нелетние месяцы (к примеру, их значения в октябре 1999 г. на Розере -10.3°C, на Вернадском - 3.8°C). Интенсивность потеплений более предсказуема в связи с известным интервалом изменений температур – так, на теплых фронтах зимой возможны оттепели, при фёне – рост температуры воздуха до +2, +4, а в течение летних месяцев до + 6, +8°C.

Что касается зимних переходов по льду, то выходы на ближайшие острова и материк возможны только при установившемся ледовом покрове, после периода устойчивых морозов в течение 7-10 дней со среднесуточной температурой -15°C и ниже, в условиях континентального гребня, без сильного ветра, с предварительной разведкой качества льда, а также только в случае благоприятного прогноза погоды на 6-12 часов в случае дневного перехода, или на 24 часа при планировании суточного выхода. При приближении любого фронта или зоны взаимодействия с ветром и/или поворота ветра с южного на СВ, переход лучше отложить.

Как показывает практика, в некоторых случаях возможно составить прогноз на срок более 2 суток, при наличии выше необходимых материалов и обнаружении синоптических волн в зональном потоке в средней тропосфере на уровне АТ-700 гПа. Такие волны смещаются над ровной океанской поверхностью с почти постоянной скоростью, образуя некоторые типы-эталонные циркуляции, на отборе и анализе которых основан отечественный метод ДПП (Мартазинова, 2001). Необходимо также учитывать сезонные особенности протекания синоптических процессов.

**Благодарности.** Автор признателен своему коллеге по двум зимовкам на Вернадском - Александру Янцелевичу за полезные дискуссии, а специалистам отряда геофизики (г. Харьков) на НИС Горизонт в рейсе 2000 г. - за предоставленные спутниковые снимки облачности.

## Литература

**Воскресенский** А.И., Чуканин К.И. Основные черты циркуляции атмосферы над Антарктидой. // Исследования климата Антарктиды. - Л.: Гидрометеиздат. - 1980. - с. 170-176.

**Ефимов** В.А. Математическое моделирование долговременных нестационарных планетарных процессов в системе океан-атмосфера // Тр. ААНИИ. - 1976. - т. 336. - 225 с.

**Говоруха** Л.С., Тимофеев В.Е. О состоянии гляциоклиматической системы Антарктического полуострова // Бюл. Укр. антарк. центр. – 1998. - N 2. - с. 70-76.

**Маргазинова В.Ф., Свердлик Т.О.** Зміни великомасштабної циркуляції повітря протягом ХХ століття та її вплив на погодні умови і регіональну циркуляцію в Україні // Український географічний журнал. - 2001. - N 2. - с. 28-34.

**Милашенко Г.П.** Траектории и повторяемость облачных вихрей в Антарктике по данным ИСЗ. // Исследования климата Антарктиды. - Л.: Гидрометеоздат. - 1980. - с. 199-204.

**Рабцевич С.В.** Обеспеченность и эффективность метода долгосрочных метеорологических прогнозов на осень в Антарктике // Тр. ААНИИ. – 1990. - вып. 422. - с. 107-120.

**Савицкий Г.Б.** Особенности синоптических процессов в Антарктике в связи с формами атмосферной циркуляции южного полушария и их прогноз на трое суток // Автореф. на соиск. уч. ст. канд. геогр. наук. - М. - 1977. - 22 с.

**Connolley W.M.** Variability in annual mean circulation in Southern High latitudes // Climate Dynamics. – 1997. - N 13. - p. 745-756.

**Kousky V.E.** Atmospheric circulation changes associated with rainfall anomalies over tropical Brazil // Mon. Wea. Rev. – 1973. - N 113. - p. 1951-1957.

**Silva Dias M.A.F.** Mesoscale meteorology - South American phenomena. // In: Mesoscale forecasting and its applications. - Geneva, WMO. – 1989. - N 2712. - p. 21-47.

**Timofeyev V. E.** Synoptic circulation patterns of Antarctic Peninsula and adjacent South Ocean regions and connected phenomena // Problemy Klimatologii Polarnei. – 2002. - N 10. - p. 159-178.