

В.Ф.Грищенко

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ОЛЕДЕНЕНИЯ БЕРЕГА ГРЕЙАМА (АНТАРКТИЧЕСКИЙ ПОЛУОСТРОВ) И ОСТРОВОВ АРГЕНТИНСКОГО АРХИПЕЛАГА**

В статье приведены особенности современного оледенения района Берега Грейама, расположенного в северо-западной части Антарктического полуострова, как отдельных его материковых ледников, так и островов прилегающей акватории моря Беллинсгаузена в Тихоокеанском секторе Южного океана.

Исследование проведено на основе гляциологических наблюдений на леднике острова Галиндез, наземных рекогносцировочных визуальных обследований прибрежных территорий берега Грейама, анализа рельефа, британских картографических материалов [21], дешифрования космических съемок исследуемого района и многолетних систематических метеорологических наблюдений на станции Академик Вернадский (координаты – 65°14' ю.ш., 64°16' з.д.)

### **Состояние вопроса**

С момента организации систематических наблюдений на станции Фарадей основное внимание уделялось изучению метеорологического режима. Гляциологические исследования, в том числе массбалансовые, как наиболее важные, выполнялись британскими учеными эпизодически и весьма непродолжительное время (1960-1963 гг.) [23].

После передачи станции Украине во время Первой зимовочной экспедиции Л.С. Говоруха организовал массбалансовый полигон и провел в течение более года наблюдения на леднике о-ва Галиндез, названном им Домашний. Он получил первые количественные оценки массбаланса этого ледника [8], дал гляциоклиматическую характеристику района [5, 7]. Впоследствии изучением гляциоклиматических особенностей и метеорологического режима района занимались Грищенко В.Ф., Краковская С.В., Тимофеев В.Е. и другие [9, 11-12, 14-15, 18- 20].

Во время Второй украинской экспедиции в 1998 году сотрудники Института географии РАН Мачерет Ю.Я. и Москалевский М.Ю. впервые провели радиолокационную съемку рельефа дна ледника Домашний и

фактически измерили его мощность. Максимальная толщина льда ледника острова составила около 40 м. Аналогичные работы, но уже методом электрорезонансного зондирования ледника Домашний на о-ве Галиндез и части ледников Большой и Малый Уиггинс выполнили сотрудники Института геофизики НАНУ Левашов С.П. и Писаный А.П.

Для изучения особенностей распространения ледников автор использовал космические снимки исследуемого района, предоставленные предприятием ЭККОМ.

Кроме указанных выше работ гляциологического профиля, исследовались особенности распространения и условия возникновения снежных лавин в пределах Земли Грейама [6] и айсбергов в прилегающих акваториях [2, 10].

Анализ материалов этих работ и выполненных автором обследований на ледниках и позволил сделать некоторые выводы, изложенные в данной работе.

### **Описание Земли Грейама и результаты исследования**

Исследуемая территория расположена в средней части Антарктического полуострова в пределах  $66^{\circ} 15'$  и  $65^{\circ} 00'$  ю. ш. между водораздельным плато Брюс (Bruce) – на СВ и побережьем моря Беллинсгаузена в Тихоокеанском секторе Южного океана – на ЮЗ; от острова Бут (Booth) и залива Флэндерс (Flandres) на севере до мыса Беллю (Bellju) – на юге. Перепады абсолютных высот территории: от плато Брюс на высоте около 2000 м абс., с отдельными вершинами, поднимающимися гораздо выше (гора Матин – 2386 м), до уровня океана.

По результатам визуальных наблюдений как с корабля, так и непосредственно при посещении полуострова, анализа летних фотографий описываемой территории, имеющих в наличии средне- и крупномасштабных карт [21], космических снимков прибрежных частей ледников Берега Грейама, автор полагает, что более 90% исследуемой территории покрыто льдом. Это преимущественно поверхность ледников, ледниковых плато, оледенелых и заснеженных склонов отдельных небольших горных массивов и более мелких – нунатаков, выступающих скальными «зубьями» из тела ледников.

С севера на юг ледники расположены в таком порядке: сложный ледник (л.) Хотин (Hotin); платообразный, лежащий низко (судя по горизонталям британской карты) и, на наш взгляд, растекающийся двумя

потоками л. Лиа (Leay). «Устье» одного из них – в заливе Жирард (Girard) северной части Берега Грейама, второго – на севере горного массива Скотта (Maunt Scott), поток которого «перетекает» в пролив Пенола (Penola strait) между вершинами Дусеберг Буттресс (Duseberg Buttress) и Блэнчер Ридж (Blanchard Ridge). Внутри приподнятого почти параллельно берегу массива Скотта, имеющего вид узковытянутой подковы, также расположен ледник, «вытекающий» в пролив Пенола. Далее к югу расположены лл. Малый Уиггинс и Большой Уиггинс (Wiggins), Буссей (Bussey) и Труз (Trooz).

Все указанные ледники выводные. Начинаются они обычно с растекания ледниковых покровов с плато Брюс, являющегося ледоразделом (синоним водораздела) в срединной части Антарктического полуострова между тихоокеанским и атлантическим секторами Южного океана, в соответствии с уклоном поверхности по крупным подледным долинам в направлении от центра куполов к периферии, в данном случае – на северо-восток.

Перечисленные выше ледники Берега Грейама, кроме простого по форме корытообразного ледника в массиве Скотта – дендритовые (древовидные), имеющие ветвистые очертания. Это сложные горно-долинные ледники, притоки которых имеют свои притоки с самостоятельными областями питания. Питание этих ледников складывается из твердых осадков, выпадающих в виде снега, крупы, града, метелевого навевания снега из соседних бассейнов (чаще его сноса с куполов на пониженные участки ледника), нарастающих осадков, образующихся на поверхности снега и льда в виде изморози и гололеда, схода лавин со склонов над ледником. Абляция ледников – уменьшение их массы – происходит за счет таяния, испарения, сдувания ветром, откола крупных блоков льда в виде айсбергов и обломков льда. Естественно, что с высотой пропорции соотношения аккумуляции (питания) и абляции (расхода) ледника постоянно меняются.

В соответствии с [4] в Антарктике в области аккумуляции выделяется шесть зон льдообразования, которые образуют закономерные наборы условий в зависимости от континентальности климата и абсолютной высоты:

– в **снежной зоне** (рекристаллизационной) таяние отсутствует, толщина фирна – 50-150 м; зона распространена во внутренней Антарктиде – выше 900 м абс.;

- в **снежно-фирновой зоне** (рекристаллизационно-режеляционной) таяние охватывает менее 10% отложенного за год снега; талая вода целиком замерзает внутри годового слоя, толщина фирна здесь 20-100 м; эта зона встречается на периферии Антарктического ледникового покрова между 500 и 1100 м абс.;
- в **холодной фирновой зоне** (холодной инфильтрационно-рекристаллизационной) таяние захватывает от 10 до 50% отложенного за год снега, но почти вся талая вода замерзает в толще фирна, достигающей 10-20 м; температуры ледника - отрицательные; в Антарктиде занимает узкую окраинную полосу;
- в **теплой фирновой зоне** (теплой инфильтрационно-рекристаллизационной) объем талой воды составляет 40-70% годовой аккумуляции; запаса холода не хватает для ее замерзания, поэтому много воды стекает, толщина фирна с ледяными прослойками составляет 20-40м, температура зоны – нулевая; зона распространена на островных ледниковых покровах с морским ледниковым климатом;
- в **фирново-ледяной зоне** (инфильтрационной) стаивает более половины годового накопления; толщина фирна менее 10 м, часто – менее 5 м; зона окаймляет снизу другие фирновые зоны;
- в **зоне ледяного питания** (инфильтрационно-конжеляционной) таяние превышает половину годовой аккумуляции; располагается между фирновой линией и границей питания ледника.

Поскольку ледники района исследования расположены на высотах до 3000 м абс., они охватывают практически все зоны льдообразования, что с учетом указанных их характеристик, позволит при дальнейших исследованиях более точно производить необходимые расчеты массбаланса для каждой из зон.

Скорости перемещения выводных ледников значительные, поэтому в процессе их движения возникают напряжения как растяжения, так и сжатия, что связано с изменением уклона ложа, сужением или расширением русла ледяного потока. Растягивающие напряжения приводят к образованию трещин, которые визуальнo наблюдались нами при осмотре ледников на отдельных участках большой крутизны. Результатом сжимающих напряжений является замыкание трещин и образование во льду складок, аналогичных складкам горных пород. На всех видимых участках бортов ледников прослеживаются

многочисленные следы схода снежных лавин объемами в десятки - сотни м<sup>3</sup> снега, являющихся одним из элементов питания ледников.

Спускаясь в море или фьорды, выводные ледники образуют плавучие ледниковые языки и продуцируют многочисленные айсберги. Кроме материковых ледников, на каждом из островных архипелагов, находящихся в прибрежной акватории океана (Аргентинские острова, архипелаги Вильгельма, Крулс, Росса и др.) имеются ледники куполовидной формы, площади которых невелики – от 1 до нескольких квадратных километров.

На основании анализа и измерений на британских картах [21] и дешифровки современных космических снимков установлено, что материковые ледники исследуемой территории имеют длину от нескольких до десятков (возможно до ста) километров в длину и несколько десятков и сот квадратных километров площади.

Так, только явно выраженные части ледников Берега Грейама (без учета плато Брюс, в связи с невозможностью определения точного положения ледораздела между морем Беллинсгаузена и морем Уэдделла) ориентировочно имеют следующие параметры:

- л. Хотин – 25 км в длину, 6 км в ширину, площадь – 150 км<sup>2</sup>;
- л. Лиа – северный язык, 15 км x 5 км = 75 км<sup>2</sup>;
- л. Скотта – 4 км x 1 км = 4 км<sup>2</sup>;
- л. Лиа – южный язык, 12 км x 5 = 60 км<sup>2</sup>;
- л. Большой Уиггинс – 30 км x 10 км = 300 км<sup>2</sup>;
- л. Малый Уиггенс – 1,5 км x 1,145 км = 1,72 км<sup>2</sup>;
- л. Буссей – 30 км x 8 км = 240 км<sup>2</sup>;
- л. Труз – 60 км x 10 км = 600 км<sup>2</sup>.

Кроме материковых ледников, практически на каждом из многочисленных островов большинства архипелагов, находящихся в прибрежной акватории океана (Аргентинские острова, архипелаги Вильгельма, Крулс, Росса и др.) имеются ледники куполовидной формы, площади которых невелики – от одного до нескольких квадратных километров. Именно эти небольшие островные ледники представляют наибольший интерес для специалистов, поскольку расположены относительно близко к УАС Академик Вернадский и имеют оптимальные для организации на них гляциологического мониторинга размеры. Одним из них оказался маленький ледниковый купол (или ледниковая шапка) на острове Галиндез (л. Домашний), на котором Л.С. Говорухой организован

полигон, где наблюдения практически непрерывно ведутся до настоящего времени по 30-40 рейкам. Предполагалась организация такого же полигона в районе базы Рассмуссена на Антарктическом полуострове, расположенной вблизи выводного ледника Уиггинс на расстоянии около 7 километров от УАС. Судя по британским картам [18], это был цельный огромный дендритовый ледник.

При первом же детальном обследовании, проведенном автором совместно с Богилло В.И., выяснилось, что ледников фактически два. Один – совершенно автономный ледник Малый Уиггинс (название дано условно), расположен между вершинами Эдж Хилл (Edge Hill), Милл (Mill) и неясно выраженным, ввиду платообразной формы, ледоразделом с ледником Большой Уиггинс. Именно на нем автор предлагает организовать гляциологический полигон для проведения комплексных исследований с целью выявления особенностей метеорологического режима ледника, измерения количества осадков в разных высотных зонах, выявления особенностей снегонакопления и перераспределения снега метелями и лавинами, определения режима продуцирования ледником айсбергов и скоростей перемещения льда (по рейкам, установленных на леднике); измерения мощности ледовой толщи и ее температуры; проведения сезонных массбалансовых наблюдений. Организация сезонного лагеря на полигоне позволит проводить более детальные обследования и исследования близлежащих ледников.

Ледник Домашний является типичным для зоны Западной Антарктики морским ледником типа ледяной шапки, цельная часть которой имеет размер 400×400 м. Отдельные фрагменты ледника расположены в краевых понижениях рельефа. Из общей площади острова 0,25 км<sup>2</sup> более 80% покрыты льдом. По предположению [8], ледник является реликтом шельфового ледника, покрывавшего некогда прибрежные районы Антарктического полуострова, в том числе все острова Аргентинского архипелага, в состав которых входит и о.Галиндез. Было также показано, что изменение уровня ледника коррелирует с циклическими изменениями среднегодовой температуры [23].

Анализ гляциологических измерений, проводившихся британскими учеными на ледниковом куполе о. Галиндез и прилегающих территориях с 1960-х гг. и украинскими специалистами с 1996 г., показал такие изменения: в 1960-х гг. преобладала аккумуляция, в 1970-

х и начале 1980 гг. – равновесие и слабая абляция, с середины 1980 гг. – абляция, усилившаяся в 1990-х гг.

В соответствии с классификацией П.А. Шумского [4], ледник Домашний расположен в теплой зоне льдообразования (теплой инфильтрационно-конжеляционной), которая характеризуется интенсивным летним потеплением и поступлением в толщу значительного количества талой воды. Образование льда данной зоны идет в основном за счет замерзания этой воды, заполняющей все поры снега и фирна. Теплыми зимами, которые участились в этом районе в последние годы, происходит трансформация теплой фирновой зоны льдообразования в зону абляции в случае, когда на поверхность выходит лед, который начинает таять.

Наземные цифровые фототеодолитные съемки подтвердили суждения о сокращении объема ледника путем сравнения продольных профилей ледового купола, выполненных в 1961 г. британцами и в 2002 г. украинскими специалистами. Это свидетельствует о значительной абляции. За сорок лет произошло выполаживание южного края ледникового купола: его высота уменьшилась приблизительно на 1 метр, что соответствует средней эквивалентной скорости абляции за последние десятилетия, около 30 мм/год [3].

Главная роль в абляции принадлежит таянию снега и льда под влиянием солнечной радиации и тепла атмосферного воздуха, вследствие чего в лед поступает вода. Заметна роль внутренней и подледниковой абляции, обусловленной в меньшей степени геотермическим теплом и, в большей, теплом воды, омывающей ледник со всех сторон, проникающей в толщу ледника и под ледник по трещинам и ледниковым колодцам, которые присутствуют в теле ледника. В связи с этим лед становится пластичным – отмечено его перемещение на 108 см за год [23].

Результаты датирования верхних слоев льда по  $^{210}\text{Pb}$  [16], образцы которого были извлечены из ледника Домашний в 1998 и 2000 гг. [1], показали следующее. Возраст льда в образцах, которые выпиливались из верхних слоев льда толщиной 20-40 см в виде пластин толщиной 1,5-2,0 см, находится в границах от 0-5 до 60-70 лет. За этот период, в результате таяния льда, были уничтожены слои аккумуляции за много лет. Деградация ледника Домашний подтверждается также тем, что его западный край, который был оконтурен в 1998 г. специальной меткой, отступил к 2004 г. более чем на 6 м.

Данные расчетов массбалансовых оценок, проведенных во время украинских зимовочных экспедиций, также подтверждают преобладание в последние годы абляции (таблица).

Таблица

Результаты массбалансовых наблюдений на куполе Домашний (о. Галиндез), 1996-2005 гг.

Период наблюдений на массбалансовом полигоне	Максимальное снегонакопление: дата, средняя высота, водный эквивалент	Число дней наблюдений по рейкам на полигоне	Аккумуляция		Абляция		Годовой баланс ( $\pm$ мм)
			дни	+мм	дни	-мм	
01.03.1996–30.03.1997	27.10.1996 $h_{cp.}=150$ см $W=600$ мм	60	–	+600	–	-800	-200
21.04.1999–13.02.2000	09.11.1999 $h_{cp.}=119$ см $W=547$ мм	18	117	+378	193	-562	-184
23.03.2000–30.01.2001	31.10.2000 $h_{cp.}=105$ см $W=441$ мм	13	160	+399	151	-456	-57
09.03.2001–19.03.2002	01.12.2001 $h_{cp.}=133$ см $W=598$ мм	28	198	+588	118	-457	+131
18.05.2003–14.03.2004	19.11.2003 $h_{cp.}=112$ см $W=470$ мм	31	128	+378	202	-574	-196
17.04.2004–11.03.2005	10.11.2004 $h_{cp.}=154$ см $W=678$ мм	56	167	+623	161	-585	+38
26.03.2005–01.02.2006	22.10.2005 $h_{cp.}=173$ см $W=640$ мм	39	193	+559	131	-572	-13

Примечание:  $h_{cp}$  – средняя высота снега на полигоне по 30 рейкам;  $W$ – водный эквивалент(запас воды) снега.

Наибольший отрицательный баланс отмечен зимой 1996-1997 гг. (-200 мм) и почти столько же – в зимы 1999-2000 и 2003-2004 гг. (-184 и -

196 мм соответственно). Максимальные величины аккумуляции зафиксированы в зимы 2001-2002 и 2004-2005 гг. – +588 и +678 мм и годовой положительный баланс составил +131 и +38 мм соответственно.

### **Выводы**

В результате массбалансовых наблюдений на леднике Домашний в комплексе с метеорологическими установлен тренд к его сокращению – западный край отступил от его положения в 1998 году более чем на 6-7 метров; отмечено понижение его поверхности; на нем все чаще в последние годы фиксируются новые трещины и отколы крупных глыб льда; впервые за 10 лет получены количественные оценки массбаланса ледника, свидетельствующие о преобладании абляции за период наблюдений.

Наблюдения за снежным покровом позволили выявить особенности режима и характеристик (высоты, плотности, запасов воды), особенностей структуры, стратиграфии и физико-механических свойств снега, количественной оценки метелевого переноса.

Установлено, что снежный покров на острове формируется ежегодно и продолжительность его залегания составляет чаще всего 10-11 месяцев, изредка – круглый год. Максимальные величины высоты снега – от 167 (11.08.98) до 261 см (31.09.05), максимальные снегозапасы – от 378 (зима 1999-00) до 623 мм (зима 2004-05). По данным шурфования снежной толщи как на острове Галиндез, так и на островах Уругвай и Иризар установлено, что во всех шурфах снежная толща слоистостратифицирована, ее слои представлены мелко-, средне- и крупнозернистым снегом, нередко – фирнизированным, перемежающимся снежными и ледовыми корками. Пределы плотности – от 0,1 для сухого свежеснежавшего снега до 0,56 г/см<sup>3</sup> для увлажненного крупнозернистого.

Впервые получены количественные оценки метелевого переноса снега: интенсивность его составила 0,3-2,0 г/(см<sup>2</sup>·мин) при поземках и 2,0-4,7 г/(см<sup>2</sup>·мин) при метелях, что приводит к значительному ветровому перераспределению снега в пределах ледника. Поскольку преобладающие направления ветра в течение года – С (32%) и СВ (24%), естественно, что снег отлагается на склонах противоположных экспозиций, что подтверждается подпиткой ледника снегом и наибольшей его толщиной именно на этих склонах.

Впервые проведены измерения мощности ледников Домашний, Малый и Большой Уиггинс двумя способами: методами радиозондирования и электрорезонансного зондирования. Максимальная толщина льда ледника Домашний первым методом составила – 59 м, вторым – 45,5. Мощность ледовой толщи материковых ледников измерялась только методом электрорезонансного зондирования. Толщина ледника Малый Уиггинс составила от нескольких метров до более 200м вдоль левого борта и на ледоразделе; ледника Большой Уиггинс – более 250 м.

Проведено обследование и выполнено описание выводных ледников Земли Грейама и выбран ледник Малый Уиггинс для организации на нем гляциологического полигона.

По результатам полевых наблюдений за снежными лавинами (более 20 шт.), анализа метеорологических данных с одновременным картографическим анализом и выяснением геоморфологических условий лавинообразования описано пять лавиноопасных участков Берега Грейама. Это было обусловлено необходимостью выявления масштабов лавинной деятельности, выяснением метеорологических условий и причин схода лавин, оценкой доли лавин в питании ледников и определением зон наибольшей лавинной активности в связи с перспективным развитием высокоширотного туризма и альпинизма региона [6].

По данным наблюдений за айсбергами в период проведения нескольких морских экспедиций выявлены особенности распространения айсбергов в акватории Южного океана и особенности ледовых условий в районе Антарктического полуострова [2,10].

\* \*

*У статті наведено особливості сучасного зледеніння району Берега Грейама, розташованого у північно-західній частині Антарктичного півострова, як окремих його материкових льодовиків, так і островів прилеглої акваторії моря Беллінсгаузена Тихоокеанського сектору Південного океану.*

*Дослідження проведено на основі гляціологічних спостережень на льодовику острова Галіндез, наземних рекогносцирувальних візуальних обстежень прибережних територій Берега Грейама, аналізу рельєфу, британських картографічних матеріалів [21], дешифрування космічних зйомок досліджуваного району та багаторічних систематичних*

метеорологічних спостережень на станції Академік Вернадський (координати –  $65^{\circ}14'$  пд.ш. та  $64^{\circ}16'$  з.д.).

\* \*

1. *Белявский А.В., Богилло В.И., Гожик П.Ф., Грищенко В.Ф.* Предварительные результаты исследований проб льда, отобранных в ходе I и II Украинских Антарктических морских экспедиций 1997-1998 гг. // *Материалы гляциологических исследований.* – Вып. 91. – М., 2001. – С. 116-120.
2. *Булгаков М.П., Артамонов Ю.В., Бібік В.А., Грищенко В.Ф., Ломакін П.Д.* Особливості льодових умов у районі Антарктичного півострова та моря Скотія восени 1998 р. за даними II української антарктичної експедиції // *Доп. НАН України.* – 2000. – № 1. – С. 107-110.
3. *Глотов В.М., Коваленок С.Б., Милиневский Г.П. и др.* Мониторинг малых ледников как индикаторов изменений климата в районе Антарктического полуострова // *Укр. антаркт. журн.* – № 1. – 2003. – С.923-98.
4. *Гляциологический словарь / Под ред. В.М. Котлякова.* – Л: Гидрометеоздат, 1984. – 528 с.
5. *Говоруха Л.С.* Краткая географическая и гляциологическая характеристика архипелага Аргентинские острова // *Бюллетень УАЦ.* – 1997.– Вып. 1. – С. 17-19.
6. *Говоруха Л.С., Грищенко В.Ф., Тимофеев В.Е.* Снежные лавины северной части Берега Грейама // *Бюллетень УАЦ.* – 1997. – Вып. 1. – С. 55-59.
7. *Говоруха Л.С.* Гляциографическая и гляциоклиматическая характеристика Тихоокеанского побережья Земли Грейама // *Бюллетень УАЦ.* – 1997.– Вып. 1. – С. 60-66.
8. *Говоруха Л.С.* Гляциологические исследования на острове Галиндез // *Бюллетень УАЦ.* – 1997.– Вып. 1. – С. 67-76.
9. *Говоруха Л.С., Тимофеев В.Е.* О состоянии гляциоклиматической системы Антарктического полуострова // *Бюллетень УАЦ.* – 1998.– Вып. 2. – С. 70-76.
10. *Грищенко В.Ф., Скрыпник В.В.* Айсберги северо-западной Субантарктики осенью 1997 года. // *Бюллетень УАЦ.* – 1997. – Вып. 1. – С. 196-201.
11. *Грищенко В.Ф., Говоруха Л.С., Тимофеев В.Е. и др.* Колебания метеорологического режима и баланса массы ледника острова Галиндез в последние десятилетия // *Сб. докл. XIII Гляциологич. симп.* – С.Пб., 2004. – С. 61-69.
12. *Грищенко В.Ф., Тимофеев В.Е., Клок С.В.* Реакции компонентов гляциосферы на изменения климата в районе Антарктического полуострова // *Укр. антаркт. журн.* – № 3. – 2005. – С. 99-107.

13. Долгушин Л.Д., Осипова Г.Б. Ледники // Природа мира. – М.: Мысль, 1989. – 447 с.
14. Краковская С.В. Метеорологические рекорды и анализ температурного режима станции Фарадей-Академик Вернадский // Бюллетень УАЦ. – 1998. – Вып. 2. – С. 64-69.
15. Краковская С.В. Численное моделирование атмосферы в исследовании фронтальных полос облачности и осадков над Антарктическим полуостровом // Бюллетень УАЦ. – 1999. – Вып. 3. – С. 41-53.
16. Лаптев Г.В., Костеж А.Б, Грищенко В.Ф. К вопросу о датировании Антарктического льда по содержанию  $^{210}\text{Pb}$  // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 1999. – Вип. 247. – С. 207-216.
17. Руководство по наблюдениям на горных ледниках. Руководящий док. (РД 52.25.315-92. – С.Пб.: Гидрометеиздат, 1994. – 132 с.
18. Тимофеев В.Е., Гордиенко С.И. Местные циркуляции в районе Украинской антарктической станции // Бюллетень УАЦ. – 1997. – Вып. 1. – С. 53-54.
19. Тимофеев В.Е. Сравнительный анализ метеорологического режима и тропосферной циркуляции на станции Академик Вернадский в 1999 г. // Укр. антаркт. журн. – № 1. – 2003. – С. 70-78.
20. Швень Н.И., Клок С.В. О некоторых особенностях ветрового режима в районе Антарктического полуострова // Укр. антаркт. журн. – № 3. – 2005. – С. 93-98.
20. Argentine islands and approaches. Published at Taunton. – 1988.
21. Geografiska Annaler. Special Issue: Methods of mass balance measurements and modeling. – Motala Sweden, 1999. – 798 p.
22. Thomas R.H. Studies on the Ice Cap of Galindez Island, Argentine Islands. // Br. Antarct. Surv. Bull. – 1963. – №. 2. – P. 27-43.

*Украинский научно-исследовательский  
гидрометеорологический институт, Киев*