

УДК 551.326

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ БЕРЕГА ГРЕЙАМА (АНТАРКТИЧЕСКИЙ ПОЛУОСТРОВ) И ОСТРОВОВ АРГЕНТИНСКОГО АРХИПЕЛАГА

В.Ф. Грищенко, канд. геогр. н.

*Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт,
e-mail: snowgvf@mail.ru, snowgvf@ukr.net*

У роботі викладено результати гляціологічних досліджень, що виконувались впродовж перших 10 років існування Української антарктичної станції Академік Вернадський: масбалансові спостереження на льодовику Домашній острова Галіндез (у комплексі з метеорологічними); з'ясування особливостей режиму та характеристик снігового покриву в районі станції, умов формування айсбергів у морських акваторіях та снігових лавин на Антарктичному півострові; за результатами рекогносцирувальних обстежень із застосуванням візуального обстеження, фотозйомки та фототеодолітних робіт, картографічного матеріалу і космічних знімків обстежені й описані материкові вивідні льодовики Берега Грейама та острівні льодовикові шапки Аргентинського архіпелагу.

Оценка современного оледенения Берега Грейама (Антарктический полуостров) и островов Аргентинского архипелага. В.Ф. Грищенко

В работе изложены результаты гляциологических исследований, выполненных в течение первых 10 лет существования Украинской антарктической станции Академик Вернадский: массбалансовые наблюдения на леднике Домашний острова Галиндез (в комплексе с метеорологическими), выявление особенностей режима и характеристик снежного покрова в районе станции, условий формирования айсбергов в морских акваториях и снежных лавин на Антарктическом полуострове; по результатам рекогносцировочных обследований с применением визуального обследования, фотосъемки и фототеодолитных работ, картографического материала и космических снимков обследованы и описаны материковые выводные ледники Берега Грейама и островные ледовые шапки Аргентинского архипелага.

Estimation of modern glaciers of a Graham Coast (Antarctic peninsula) and islands of the Argentina archipelago. V.F. Gryschenko

In operation the results of glaciological researches, executed within the first 10 years of existence of the Ukrainian Antarctic station the Academic Vernadsky are stated: mass-balance supervision on a glacier Home of Galindez island (in a complex with meteorological), revealing of features of a mode and characteristics of a snow cover in area of station, conditions of formation of icebergs in sea water areas and snow avalanches on the Antarctic peninsula; by results of reconnaissance investigations with application of visual inspection, the photo shootings and fototheodolits operations, cartographical material and space pictures are surveyed and are described of continental removal glaciers of the Graham Coast and island ice caps of the Argentina archipelago.

Введение

Исследования ледников полярных районов приобретают в последние годы особую значимость и актуальность в связи с явно наметившейся тенденцией потепления климата, поскольку ледники, и особенно малые, являются чуткими индикаторами таких изменений. Украинская антарктическая станция Академик Вернадский (УАС) располагает архивом многолетних метеорологических наблюдений – с 1947 г. и до настоящего времени. Вместе с тем британскими учеными гляциологические исследования выполнялись эпизодически в период 1960–1963 гг. [23]. Регулярные массбалансовые работы были начаты профессором Одесского экологического университета (бывшего Гидрометеорологического института) Говорухой Л.С. в 1996 г. и продолжают в настоящее время [6, 7, 9, 10].

Исходные данные

Исследование выполнено на основе многолетних систематических метеорологических наблюдений на метеоплощадке станции Академик Вернадский, с координатами 65°14' ю.ш., 64°16' з.д., гляциологических наблюдений на леднике Домашний острова Галиндез, наземных рекогносцировочных обследований и визуальных осмотров прибрежных территорий Берега Грейама, анализа рельефа, британских картографических материалов [21] и дешифровки космических снимков изучаемого района.

Состояние вопроса

С момента организации систематических наблюдений на станции Фарадей основное внимание уделялось изучению метеорологического режима. Гляциологические исследования и массбалансовые, как наиболее важные, выполнялись британскими учеными эпизодически и весьма непродолжительное время (1960–1963) [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 острова Галиндез, удачно названном им Домашний, 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, 19, 20].

Вначале массбалансовые наблюдения выполнялись, по разным причинам, нерегулярно (Говоруха Л.С. – 1996–1997; Сухомлинов Д.П. – 1999–2000; Скрипник В.Г. – 2000–2001; Клок С.В. – 2001–2002, 2004–2005; Недогибченко С.Н., Глибин Ю.В. – 2003–2004; Ясинский С.С. – 2005–2006 гг.). После Л.С.Говорухи методическое руководство гляциологическими работами, в т.ч. и массбалансовыми наблюдениями, осуществлял и осуществляет Грищенко В.Ф., принимая в сезонных работах непосредственное участие.

Следует отметить работы сотрудников Института геодезии и картографии Львовского университета Глотова В.Н. и Чижевского В.В. с участием сотрудника Института геологических наук НАНУ Греку Р.Х., сотрудников фирмы ЭККОМ Мизина Д.А. и Ладановского Ю.В., которые выполнили подробную цифровую фототеодолитную съемку рельефа ледников Галиндез, Винтер, Барханы и части Уиггинса; в период 2002–2005 гг. проведены циклы съемок с целью определения изменений положения поверхности ледников.

В период проведения Второй украинской экспедиции 1998 г. сотрудники Института географии РАН Мачерет Ю.Я. и Москалевский М.Ю. впервые провели радиолокационную съемку рельефа дна ледника Домашний (фактически измерив его мощность).

Аналогичные работы, но уже методом электрорезонансного зондирования ледника Домашний на о. Галиндез и части ледников Большой и Малый Уиггинс, выполнили сотрудники Института геофизики НАНУ Левашов С.П. и Пищаный Ю.М.; в работах также принимали участие Бахмутов В.Г., Ващенко В.Н. Большую помощь оказал автору Серединин Е.С. (предприятие ЭККОМ Со), предоставив космические снимки исследуемого района.

Кроме указанных выше работ гляциологического профиля, исследовались особенности распространения и условий 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.

О важности гляциологического мониторинга

Оценка каждого явления или процесса требует систематического слежения за ними, поэтому мониторинг – как система планомерных наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды – занимает значительное место в крупных международных и национальных программах.

Научной основой мониторинга служит концепция о тесной взаимосвязи и взаимодействии всех компонентов природной среды. В соответствии с этим необходима комплексность исследований и развитие различных отраслей мониторинга – климатического, гидрологического, геохимического и пр. Среди них значительное место должен занимать (и занимает) гляциологический мониторинг, поскольку само оледенение является одним из важнейших звеньев единой природной системы на Земле: «атмосфера – океан – оледенение – литосфера».

Гляциологический мониторинг охватывает несколько направлений: наблюдения за снежно-ледовыми ресурсами, гляциоклиматическими условиями, стихийными и опасными нивально-гляциальными явлениями и процессами.

Каждый ледник индивидуален. И колебания его размеров, и «поведение» также индивидуальны и зависят от его местоположения, экспозиции склонов и абсолютной высоты, размера и морфологии ледникового бассейна, в котором расположен отдельный ледник, а также от особенностей режима – как бассейна, так и отдельного ледника. Наиболее чутко реагируют на изменения метеорологических условий небольшие ледники. Гляциологический мониторинг требует слежения за изменением формы ледников и морфометрических параметров, колебаниями баланса массы ледника, динамикой снеговой границы, за изменениями в строении и температуре толщ ледников, смещении зон льдообразования.

Следует отметить сложность расчетов массбаланса выводных ледников. Для горно-долинных ледников суши большинства районов мира характерным элементом является наличие хорошо идентифицируемой конечной части – «языка» ледника, из-под которого, обычно по суженному руслу, вытекает река; измерение расходов её воды и даёт возможность количественно оценивать сток с ледника. Выводные ледники обычно круто обрываются в прилегающие акватории, образуя при этом айсберги, объемы которых необходимо учитывать при расчете величины абляции.

Баланс массы ледника – это соотношение прихода и расхода массы снега и льда на леднике за определенное время. Нарастание массы от летней поверхности до максимума снегонакопления, наступающего в конце зимы, называется зимним балансом массы, а уменьшение массы от максимума снегонакопления до конца таяния, когда формируется новая летняя поверхность, называется летним балансом массы [4]. Естественно, что и аккумуляция, и абляция могут происходить в течение всего года. Сумма всех значений аккумуляции за балансовый год представляет собой годовую аккумуляцию, а сумма всех значений абляции – годовую абляцию. Годовой баланс массы может быть рассчитан для любой точки ледника, отдельных частей или ледника в целом. Единицы измерения массбаланса – г/см² и мм, которые можно перевести в млн. тонн или

км³ воды. Величину аккумуляции рассчитывают путем расчета средней высоты снега на леднике по всем рейкам, средней плотности снега, определенной в шурфах, и последующего определения водности снега. Величина абляции рассчитывается путем измерения толщины стаявшего слоя снега и льда с учетом их плотности.

По Котлякову В.М. [4], балансовый год представляет собой промежуток времени между образованием двух последовательных летних поверхностей. В зависимости от условий погоды он может продолжаться и больше, и меньше 365 дней и состоит из зимнего (холодного) сезона, или периода аккумуляции, и летнего (теплого) сезона, или периода абляции.

Анализ многолетних рядов наблюдений за большим числом ледников разных районов, а также отдельных лет, аномальных по балансу массы ледников, позволяет связать колебания ледников со сменой форм циркуляции атмосферы и использовать этот гляциологический показатель для определения климатического тренда за определенный интервал времени.

В международном плане действует Всемирная служба мониторинга ледников с центром в Швейцарии, которая регулярно издает бюллетени колебаний размеров и баланса массы ледников. В Сборнике [22] приведены данные многолетних массбалансовых исследований, выполняемых на Земле, при этом упоминается только один антарктический ледник. Украинские ученые имеют уникальную возможность для мониторинга массбаланса ледников как на малых ледниках типа Домашнего на острове Галиндез, так и на относительно небольших выводных ледниках, расположенных поблизости от станции Академик Вернадский.

Цель статьи – выявить особенности современного оледенения как района в целом, так и отдельных ледовых бассейнов и ледников Берега Грейама (Graham Coast) и предложить материковый ледник для стационарного гляциологического мониторинга.

Описание Земли Грейама

Исследуемая территория расположена в средней части Антарктического полуострова в пределах 66 град 15 мин и 65 град. 00 мин 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 Фландерс (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, имеющихся 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 океана массива Скотта, имеющего вид узковытянутой подковы, также расположен ледник, «вытекающий» в пролив Пенола. Далее к югу расположены л.л. Малый Уиггинс и Большой Уиггинс (Wiggins), Буссей (Bussey) и Труз (Trooz).

Все указанные ледники выводные. Начинаются они обычно с растекания ледниковых покровов – в данном случае 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.

В плане 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 слагается 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 он 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 20–40 м, 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 более 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 визуально наблюдались нами при осмотре ледников на отдельных участках большой крутизны. Результатом сжимающих напряжений является замыкание трещин и образование во льду складок, аналогичных складкам слоистых горных пород. Ледниковые трещины простираются обычно перпендикулярно к направлению растягивающего напряжения, и это хорошо видно на каждом из ледников: в осевых частях они образуются под прямым углом к направлению движения, а у их краев – под углом около 45° . На поворотах долины трещин больше на выпуклой стороне излучины потока льда, поскольку скорость его передвижения там больше. На всех видимых участках бортов ледников прослеживаются многочисленные следы схода снежных лавин объемами в десятки и сотни м^3 снега, являющихся одним из элементов питания ледников.

Спускаясь в море или фьорды, выводные ледники образуют плавучие ледниковые языки и продуцируют многочисленные айсберги. Скорости их движения больше скорости недифференцированного края ледникового покрова (от нескольких до десятков километров в год [13]).

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 сотен квадратных километров площади.

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

1. л. Хотин – 25 км в длину, 6 км в ширину, площадь – 150 км^2 ;
2. л. Лиан – северный язык, $15 \text{ км} \times 5 \text{ км} = 75 \text{ км}^2$;
3. л. Скотта – $4 \text{ км} \times 1 \text{ км} = 4 \text{ км}^2$;
4. л. Лиан – южный язык, $12 \text{ км} \times 5 = 60 \text{ км}^2$;
5. л. Большой Уиггинс – $30 \text{ км} \times 10 \text{ км} = 300 \text{ км}^2$;
6. л. Малый Уиггинс – $1,5 \text{ км} \times 1,145 \text{ км} = 1,72 \text{ км}^2$;
7. л. Буссей – $30 \text{ км} \times 8 \text{ км} = 240 \text{ км}^2$;
8. л. Труз – $60 \text{ км} \times 10 \text{ км} = 600 \text{ км}^2$.

Наибольший интерес для специалистов в настоящее время представляют, естественно, ледники, расположенные относительно близко к УАС Академик Вернадский и имеющие оптимальные для организации на них гляциологического мониторинга размеры. Одним из них оказался маленький ледниковый купол (или ледниковая шапка) на острове Галиндез, названный профессором Говорухой Л.С. ледником Домашним, на котором он же (вслед за британцами, которые в течение трех лет по семи рейкам выполняли массбалансовые наблюдения) организовал полигон, где наблюдения практически непрерывно ведутся до настоящего времени по 30–40-ка рейкам. Предполагал он и организацию 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 л. Малый Уиггинс (название дано условно), расположен между вершинами Edge Hill, Mill и неясно выраженным, ввиду платообразной формы, ледоразделом с л. Большой Уиггинс. Расположен он на ЗЮЗ склоне прибрежной зоны Берега Грейама в 7,5 км от УАС Академик Вернадский. В устьевой, самой узкой прибрежной части, шириной около 300 м, ледник круто ниспадает в пролив Пенола. В плане имеет неправильную форму с коротким правым «плечом» длиной до 500 м от берега до вершины г. Edge Hill (286 м абс.), от которой к вершине г. Mill (высотой 734 м абс.), выгнутой дугой длиной в 1500 м, пролегает ледораздел с явно выраженным изогнутым ложем, вытянувшимся по северо-северо-западному склону вершины г. Mill к середине ледника и круто поворачивающим на запад до впадения ледника в пролив. Левое «плечо» ледника от вершины г. Mill в виде неровного гребня спускается к морю (близ

убежища Рассмуссена). В связи с особенностями формы ледника (резкое сужение в устьевой его части) происходит его «вспучивание». Площадь ледника составляет 1,72 кв. км. Основная часть ледника – около 80 % – находится в пределах 200 м абс; верхняя же его часть расположена несколько ниже вершины Mill и, на взгляд Л.С.Говорухи [9], достигает зоны фирновой границы.

Именно на нем автор предлагает организовать гляциологический полигон для проведения комплексных исследований с целью выявления особенностей метеорологического режима на специально оборудованной метеоплощадке; измерения количества осадков в разных высотных зонах ледника с применением осадкомеров Третьякова и суммарных осадкомеров М-70; для 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 на прибрежном острове Галиндез, на котором расположена УАС Академик Вернадский, под рабочим названием Домашний, является типичным для зоны Западной Антарктики морским ледником типа ледяной шапки, цельная часть которой имеет размер 400х400 м. Отдельные фрагменты ледника расположены в краевых понижениях рельефа. Из общей площади острова 0,25 км² 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 целом описанная изменчивость соответствует тенденции к потеплению в этом районе, причем наибольший вклад в деградацию гляциальных объектов вносит расширение временного интервала со средней температурой воздуха выше нулевой отметки в течение теплого полугодия, причем с конца 1990-х гг. уже четыре месяца года в среднем теплее точки замерзания. [12]

В соответствии с классификацией П.А.Шумского, уточненной затем в Гляциологическом словаре [4], ледник Домашний расположен в теплой зоне льдообразования (теплой инфильтрационно-конжеляционной), которая характеризуется интенсивным летним потеплением и поступлением в толщу значительного количеством талой воды. Основная форма образования льда данной зоны идет за счет замерзания этой воды, заполняющей все поры снега и фирна. В течение теплых зим, 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 – сравнение продольных профилей ледового купола, выполненных в 1961 г. британцами и в 2002 г. украинскими специалистами, свидетельствует о значительной абляции. За сорок лет произошло выполаживание южного края ледникового купола: его высота уменьшилась приблизительно на 1 метр, что соответствует средней за последние десятилетия эквивалентной скорости абляции около 30 мм/год [3].

Главная роль в абляции принадлежит таянию снега и льда под влиянием солнечной радиации и тепла атмосферного воздуха. 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. Именно вследствие постоянного насыщения льда водой, который становится пластичным, наблюдалось его перемещение на 108 см за год [23].

Результаты датирования верхних слоев льда по ²¹⁰Pb [16], образцы которого были извлечены из ледника о. Галиндез на образцах льда, добытых 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, находятся в границах от 0–5 до 60–70 лет. То есть 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 околтурен в 1998 г. специальной меткой, отступил к 2004 г. более чем на 6 м.

Данные расчетов массбалансовых оценок, проведенных в течение украинских зимовочных экспедиций, также подтверждают преобладание в последние годы абляции, что видно из таблицы.

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 (±мм)
			дни	+мм	дни	-мм	
01.03.1996–30.03.1997	27.10.1996 h _{ср.} =150 см W=600 мм	60	–	+600	–	-800	-200
21.04.1999–13.02.2000	09.11.1999 h _{ср.} =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.

Следует также отметить, что оценки массбаланса ледника в некоторой степени приближительны, поскольку измерения высоты снега на полигоне по рейкам на леднике выполняются с различной регулярностью и полнотой и не учитываются осадки в виде дождя. Не всегда учитывается также и снос снега с ледника во время метелей, величина которого невелика; в большей степени при расчетах абляции важен учет откола от ледника крупных блоков льда и айсбергов.

Выводы

Гляциологические наблюдения, исследования и анализ их результатов по району станции Академик Вернадский проводятся с момента ее передачи Украине и включают:

- массбалансовые наблюдения на леднике Домашний острова Галиндез в комплексе с метеорологическими, что позволило выявить общий тренд к его сокращению – западный край отступил от его положения в 1998 году более чем на 6–7 метров и 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, его распределением и исследованием позволили выявить особенности его 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 что 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 1999–2000) до 623 мм (зима 2004–2005); по данным шурфования снежной толщи как на острове Галиндез, так и на островах Уругвай и Иризар установлено, что во всех шурфах снежная толща сложностратифицирована, ее слои представлены мелко-, средне- и крупнозернистым снегом, нередко – фирнизированным, перемежающимися снежными и ледовыми корками; пределы плотности – от 0,1 для сухого свежеснежавшего снега до 0,56 г/см³ увлажненного крупнозернистого.

Впервые получены количественные оценки метелевого переноса снега: интенсивность его составила 0,3–2,0 г/(см²мин) при поземках и 2,0–4,7 г/(см²мин) 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 1) радиозондирования и 2) электрорезонансного зондирования. Измерение максимальной толщины льда ледника Домашний первым методом составила 59 м, вторым – 45,5. Мощность ледовой толщи материковых ледников измерялась только методом электрорезонансного зондирования.

Проведено обследование и выполнено описание выводных ледников Земли Грейама и подобран 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 – обусловлено это было необходимостью выявления масштабов лавинной деятельности, выяснения метеорологических условий и причин схода лавин, оценки доли лавин в питании ледников и определения 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 особенностей ледовых условий в районе Антарктического полуострова [2,10].

Литература

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. – Москва. – 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 Другої української антарктичної експедиції. // Доповіді Національної академії наук України. – 2000, №1. – С.107–110.
3. **Глотов В.М.**, Коваленок С.Б., Милюневский Г.П. и др. Мониторинг малых ледников как индикторов изменений климата в районе Антарктического полуострова. // Український антарктичний журнал, №1. – 2003. – С.923–98.
4. **Гляциологический словарь.** Под ред. В.М.Котлякова. – Л: Гидрометеиздат. – 1984, 528 с.
5. **Говоруха Л.С.** Краткая географическая и гляциологическая характеристика архипелага Аргентинские острова. // Бюлетень УАЦ. – 1997.– Вип.1. – С.17–19.
6. **Говоруха Л.С.**, Грищенко В.Ф., Тимофеев В.Е. Снежные лавины северной части Берега Грейама. // Бюлетень УАЦ. – 1997. – Вип.1. – С.55–59.
7. **Говоруха Л.С.** Гляциографическая и гляциоклиматическая характеристика Тихоокеанского побережья Земли Грейама. // Бюлетень УАЦ. – 1997.– Вип.1. – С.60–66.
8. **Говоруха Л.С.** Гляциологические исследования на острове Галиндез. // Бюлетень УАЦ. – 1997.– Вип.1. – С.67–76.
9. **Говоруха Л.С.**, Тимофеев В.Е. О состоянии гляциоклиматической системы Антарктического полуострова. // Бюлетень УАЦ. – 1998.– Вип.2. – С.70–76.
10. **Грищенко В.Ф.**, Скрыпник В.В. Айсберги северо-западной Субантарктики осенью 1997 года. // Бюлетень УАЦ. – 1997.– Вип.1. – С.196–201.
11. **Грищенко В.Ф.**, Говоруха Л.С., Тимофеев В.Е., Клок С.В., Коваленок С.Б. Колебания метеорологического режима и баланса массы ледника острова Галиндез в последние десятилетия. // Сб. докл. XIII Гляциологич. симп., С.-Петербург. – 2004. С.61–69.
12. **Грищенко В.Ф.**, Тимофеев В.Е., Клок С.В. Реакции компонентов гляциосферы на изменения климата в районе Антарктического полуострова. // Український антарктичний журнал, №3. – 2005. – С.99–107.
13. **Долгушин Л.Д.**, Осипова Г.Б. Ледники. – М.:Мысль, 1989. – 447 с. – (Природа мира).
14. **Краковская С.В.** Метеорологические рекорды и анализ температурного режима станции Фарадей – Академик Вернадский. // Бюлетень УАЦ. – 1998.– Вип.2. – С. 64–69.
15. **Краковская С.В.** Численное моделирование атмосферы в исследовании фронтальных полос облачности и осадков над Антарктическим полуостровом. // Бюлетень УАЦ. – 1999.– Вип.3. – С.41–53.
16. **Лаптев Г.В.**, Костеж А.Б., Грищенко В.Ф. К вопросу о датировании Антарктического льда по содержанию ²¹⁰Pb. – Наукові праці УкрНДГМІ, Київ. – 1999. – Вип.247. – С.207–216.
17. **Руководство** по наблюдениям на горных ледниках. Руководящий документ (РД 52.25.315-92. – СПб:Гидрометеиздат, 1994. – 132 с.
18. **Тимофеев В.Е.**, Гордиенко С.И. Местные циркуляции в районе Украинской антарктической станции. // Бюлетень УАЦ. – 1997.– Вип.1. – С.53–54.
19. **Тимофеев В.Е.** Сравнительный анализ метеорологического режима и тропосферной циркуляции на станции Академик Вернадский в 1999 г. // Український антарктичний журнал, №1. – 2003. – С.70–78.
20. **Швень Н.И.**, Клок С.В. О некоторых особенностях ветрового режима в районе Антарктического полуострова. // Український антарктичний журнал, №3. – 2005. – С.93–98.
21. **Argentine islands and approaches.** Published at Taunton. – 1988.
22. **Geografiska Annaler.** Special Issue: Methods of mass balance measurements and modeling. – Motala Sweden, 1999. – 798 p.
23. **Thomas R.H.** Studies on the Ice Cap of Galindez Island, Argentine Islands. // Br. Antarct. Surv. Bull. – 1963. – No. 2. – P.27–43.