

**НАЦИОНАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**АНТАРКТИКА  
ИСТОРИЯ СОВРЕМЕННОСТЬ ПЕРСПЕКТИВЫ**

**Киев  
Наукова думка 1997**

Авторы

А.А. ЩИПЦОВ (руководитель авторского коллектива), Г. А АНЦЕЛЕВИЧ, А. В. ИЩЕНКО, А. А. РАДЗИВИЛЛ, В. С. ЕФРЕМОВ, Н. В. ЕФРЕМОВ, А. Г. СТАЖИЛОВ, И. М. СКОПИЧЕНКО

В книге на фоне истории открытия, изучения и освоения Антарктики основное внимание уделено освещению международно-правовых вопросов, касающихся правового положения Антарктики и режима ее освоения и использования. Рассматриваются проблемы правовой регламентации научно-исследовательской деятельности в Антарктике, освоения ее ресурсов, а также охраны окружающей природной среды. В этом плане в книге дается анализ существующих международно-правовых документов и предпринята попытка спрогнозировать наиболее важные положения будущего правового статуса Антарктики. Рассмотрены юридические возможности Украины и сформулированы определенные рекомендации по освоению и дальнейшему исследованию Антарктики, особенно в связи с открытием Украиной антарктической станции "Академик Вернадский".

Для научных работников, юристов-международников, студентов юридических, географических, исторических и экономических факультетов, а также всех интересующихся проблемами исследования и освоения Антарктики.

У книзі досліджується історія відкриття, вивчення й освоєння Антарктики, зібрано разом відомості про участь України в просуванні людства до Південного полюса. Здійснена значна робота по висвітленню юридичних питань закріплення й оформлення результатів міжнародної діяльності по дослідженню та використанню шостого континенту; в цьому плані вказано на правові прогалини і внесено відповідні пропозиції щодо їх подолання. Розглянуто можливості України по освоєнню та дальшому дослідженню Антарктики, особливо у зв'язку з відкриттям Україною антарктичної станції "Академік Вернадський".

Для науковців, юристів-міжнародників, студентів юридичних, географічних, історичних та економічних факультетів, а також для всіх, хто цікавиться проблемами дослідження й освоєння Антарктики.

Редакционная коллегия: I А. АНЦЕЛЕВИЧ (ответственный редактор),  
В. С. ЕФРЕМОВ, А. Г. СТАЖИЛОВ  
Редакция литературы по экономике, истории, философии и праву  
Редакторы В. Т. Береговой, Н. Г. Гресько

ISBN 966-00-0006-5

© А. А Щипцов, Г. А Анцелевич, А. В. Ищенко,  
А А. Радзивилл, В. С. Ефремов, Н. В. Ефремов,  
А. Г. Стажилов, И. М. Скопиченко, 1997

## ЧАСТЬ V

### ЗНАЧЕНИЕ АНТАРКТИКИ В ЖИЗНИ ПЛАНЕТЫ И ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

В начале эпохи Великих географических открытий мореплаватели и землепроходцы, отправляясь на поиски и исследования новых территорий, выдвигали в основном идею обогащения. Только эта идея могла обеспечить отважным искателям расположение тех, кто держал в руках скипетры или счета — властителей и толстосумов. Лишь под такую идею давались средства для осуществления дальних походов, и только эта идея поддерживала сомнительный энтузиазм ватаг, нанимавшихся на суда, которые шли к неведомым морям и землям. Позже, в эпоху великих просветителей и просвещенных правителей стали называться вслух истинные побудительные мотивы любого путешествия — увидеть еще невиданное, познать еще не познанное. И, безусловно, экспедиции в научных целях принесли человечеству пользы не меньше, чем плавания в целях наживы.

Антарктида — последний материк в цепочке географических открытий Нового времени. Сегодня люди гораздо осторожней, чем в былые времена, подходят к освоению разведанных богатств, с трудом привыкая не только жаждать и стремиться, но думать и прогнозировать. Антарктика содержит огромные богатства в традиционном их понимании, то есть морепродукты и полезные ископаемые. Но из последних уже сейчас ценнейшим для человечества становится пресная вода. Кроме собственной важности, благодаря своим уникальным свойствам, вода является основным компонентом и организующим фактором одного из главных ресурсов планеты, значимость которого нами только начинает осознаваться. Ресурс этот — устойчивость развития планетарной системы, сбалансированность ее взаимозависимых компонентов. Благодаря такой устойчивости в течение последних сотен миллионов лет на Земле оказалось возможным появление наземной растительности, фауны, разветвленной гидросети и почв. Взаиморазвитие этих компонентов создало современный облик поверхности планеты, привело к появлению высших форм жизни и человеческих цивилизаций. Нарушение сбалансированности их развития может вызвать кризис и деформации этого уникального достояния Вселенной. Роль Антарктики как одного из важнейших звеньев планетарной экосистемы, в член гости, глобально обеспечивающего ее климатическую, геохимическую и трофическую стабильность, трудно переоценить.

Кроме того, находясь у земной оси вращения, Антарктида играет важнейшую роль в механике и распределении масс и палей планеты. Причем ее влияние не ограничивается "земной твердью": особое значение Антарктиды в симметрии Земли понимают и используют в своих исследованиях все, кто изучает ее глобальные закономерности: от ядра до магнитосферы — более шести тысяч километров вглубь ее недр и на сотни тысяч километров вдаль от ее поверхности, с инерцией в сотни миллионов лет и мгновенно — в таком пространственном и временном диапазоне влияет на состояние планеты белый материк у ее оси. Антарктика ждет целостного понимания своих закономерностей и дает возможность приблизиться к достижению такого понимания в отношении всей планеты. Ведь здесь многие общепланетарные явления имеют особые количественные, качественные и геометрические показатели.

Поэтому роль Антарктики как места, где, возможно, находится "полюс познания планеты" или "полюс самопознания человечества", — не менее важна, чем роль приосевого эксцентрика, "кухни погоды", или "кладовой" Мирового океана.

## ГЛАВА 19

### ХАРАКТЕРИСТИКА АНТАРКТИЧЕСКОГО ЛЕДНИКА И ЕГО РОЛИ В ПЛАНЕТАРНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ

Антарктида — уникальное месторождение пресной воды. И не только по своим объемам, хотя они огромны <sup>1</sup> и составляют 90 % запасов планеты. Особенность антарктического льда как геологической породы и полезного ископаемого такова, что в отличие от большинства месторождений, где полезные ископаемые, накопившись, "консервировались" вплоть до открытия их человеком, пресная вода аккумулируется на антарктических ледниках постоянно и в очень разнообразных формах. Ежегодно почти 2,5 тыс. км<sup>3</sup> пресной воды приобретает твердое состояние и становится частью гигантской системы антарктического ледяного покрова. Кроме того, антарктический ледник, как накопитель земных и космических осадков, хранит информацию о прошлом планеты и ее атмосферы.

<sup>1</sup> Объем антарктического льда составляет 24,031 млн км<sup>5</sup> (Атлас... — С. 22).

Еще одна особенность антарктического ледяного покрова в том, что это единственный ледник континентального масштаба. Оставшийся свидетель ушедшего, более сурового климата, он служит хранителем умеренной стабильности климата нынешнего (рис.8). Ледник представляет собой открытую систему, которая характеризуется питанием и разгрузкой. Область питания находится гипсометрически выше области разгрузки и отделена от нее климатической снеговой линией. Климатическая снеговая линия в южном полушарии снижается от 1800—1000 м над уровнем моря на островах Новая Зеландия и Огненная Земля до 900—200 м на субантарктических островах и до 200—50 м на северо-западном берегу Антарктического полуострова. Южнее она опускается до уровня моря, и вся Антарктида, за исключением западного берега Антарктического полуострова, южнее 69° находится выше климатической снеговой линии, то есть теоретически представляет собой сплошную область питания. Однако здесь встречаются значительные "безледные" участки. Это оазисы и нунатаки с освободившимися ото льда скалами.

В сухом континентальном климате Антарктиды поверхность темных горных пород сильно прогревается, и лед стаивает и испаряется, оставляя лишь снежники и навейные ледники у подножья склонов. Классическая цепочка образования и роста ледников предполагает ряд стадий с выделением определенных типов. Начинается процесс с возникновения выше климатической снеговой линии многолетней наледи, около которой колебания температуры и влажности создают наиболее благоприятные условия оттаивания и замерзания уплотненного снега — фирна.

При благоприятном положении склона, необходимой влажности и температуре, наледи могут расти довольно быстро, сохраняясь за лето и существенно, возможно необратимо, наращивая свой объем зимой. Растущие углубления в скалах, образованные вокруг многолетней наледи, быстро разрушающей породу, формируют своеобразные структуры — карры, представляющие собой углубления в скалах. Разрушение происходит довольно эффективно: оттаявшая вода заполняет все трещины и пустоты, затем при замерзании образуется лед, который благодаря увеличению своего объема разрушает стенки пустот. Этот процесс называется морозным выветриванием. Он лежит в основе образования "каррового рельефа", представляющего собой склоны с углублениями-каррами до десятков кубометров объемом, с наледями на дне. При накоплении в горном районе критической массы первоначальных наледей при их росте и слиянии образуется горный ледник.

Такие ледники, в свою очередь, разрастаясь, начинают течь и, сливаясь с другими ледниками, образуют все более крупные долинные ледники. При разрастании горных ледников, когда темпы роста превышают темпы разгрузки, может произойти слияние вершин ледников и образование купола — большего или меньшего, занимающего один или несколько водоразделов. Эта последовательность в современных условиях хорошо наблюдается в высокогорных районах умеренных широт, а также на островах и в оазисах полярных областей. Предполагается, что полярные покровы во время оледенений формировались по такой же схеме, с продолжением роста вплоть до образования покровных куполов.

Оледенение Антарктиды и прилегающих островов состоит из материкового ледникового покрова, изолированных от него островных ледниковых покровов, горных и навешных ледников, подземных льдов, озерного льда и сезонного снега. В свою очередь, материковый ледниковый покров состоит из наземной и плавучей частей, включая также ряд причлененных плавучими ледниками островных ледниковых покровов. Антарктический ледниковый покров — это и основной тип антарктического ледника, и система ледников, вмещающая все остальные типы. Покровный ледник включает: 1 — ряд покровов — куполов; 2 — шельфовые ледники; 3 — выводные ледники; 4 — островные ледники; 5 — карровые и различные типы горных ледников; 6 — навешные ледники и подземные льды. Покровные ледники есть и в Восточной, и в Западной Антарктиде. В Восточной Антарктиде существует один покровный ледник, он вытянут в очень крупный купол, от которого сходит понижение поверхности льда. В Западной же Антарктиде наблюдается несколько относительно небольших куполов, а в краевой зоне ледникового покрова располагается довольно много второстепенных мелких куполов.

Шельфовые «ледники образуются везде, где антарктический ледниковый покров стекает в океан. Поверхность шельфовых ледников представляет собой равнины, возвышающиеся на 20— 100 м над поверхностью океана, а нижняя часть часто опирается на дно. Внешний край шельфовых ледников обычно образует крутой обрыв. Иногда прирост шельфового ледника происходит за счет скопления айсбергов, которые вмораживаются в тело ледника. Наиболее крупные из шельфовых ледники Росса — 538 тыс. км<sup>2</sup>; Фильхнера — 483 тыс. км<sup>2</sup>; Ларсена — 88 тыс. км<sup>2</sup>; Шеклтона — 32 тыс. км<sup>2</sup>.

Выводные ледники подобны горным ледникам на других материках, но движение их происходит не внутри "ложа" горных пород, а внутри льдов покровного ледника. Размеры выводных ледников в среднем больше горных: наиболее крупный на Земле выводной ледник Ламберта имеет длину 700 км и ширину 30 — 40 км<sup>2</sup>. Выводные ледники обеспечивают наиболее интенсивный сток льда в океан. Островные ледники имеют отдельные острова, не связанные с антарктическим покровным ледником. Например, о. Дригальского, имеющий высоту 390 м над уровнем моря и 220 км<sup>2</sup> площади, полностью состоит из льда<sup>3</sup>,

Многолетняя мерзлота и подземный лед образуются под краевой зоной материкового ледника. В южной полярной области их объемы не достигают масштабов Северного полушария. Средняя площадь многолетней мерзлоты Антарктиды составляет около 2 млн км<sup>2</sup> — около 10 % от площади мерзлоты Северного полушария. Под основной частью материкового ледяного покрова многолетняя мерзлота, очевидно, отсутствует. Предполагается, что температура подо льдом колеблется около 0 °С. При таких условиях может происходить подледный сток талых вод. Однако у периферии ледника на открытой поверхности или в пределах материковой отмели при отрицательных температурах воздуха или воды могут появляться многолетние или недолговременные массивы подземного льда, как бы закупоривающие подледную воду. Это может приводить к накоплению мощных подледных пластов. Подземный лед разнообразен по происхождению, но в основном образуется в виде жил.

Плавающие ледники занимают более половины береговой зоны. Около 1370 км<sup>3</sup> льда (1230 км<sup>3</sup> — воды) в год переходит в плавающее состояние, сохраняя связь с наземным покровом. На неглубоких шельфовых склонах ледяной берег продвигается в море на десятки километров и непрерывно меняет свои очертания. Особенно резко меняются берега, успевшие сместиться далеко в море. Такие плавающие ледники широко распространены в Южной полярной области. Классическое развитие имеет плавающий ледяной берег в море Росса. Это самый большой ледник в мире. Его длина свыше 400 км, а площадь более 50000 км<sup>2</sup>. Несколько меньшую акваторию занимает шельфовый ледник Эймери в заливе Прюд<sup>4</sup>. В январе 1965 г. во время перелета Мирный — Молодежная — Мирный штурман А.С. Берцинский на обратном пути обратил внимание на сильные изменения береговой линии в заливе Прюд.

<sup>2</sup> Крупнейший горный ледник Федченко примерно в 10 раз меньше (Атлас... — С. 36).

<sup>3</sup> Атлас... — С. 234.

<sup>4</sup> Там же. — С. 63.

Наблюдатели с дизель-электрохода "Обь", проходя эти места через месяц, выяснили, что от шельфового ледника Эймери откололся гигантский айсберг, длиной около 160 км и шириной 50—70 км. В 1966 г. этот айсберг был обнаружен в районе Земли Эндерби. Ранее, в 1940 г. в море Росса откололся айсберг еще более внушительных размеров, полностью очистив ото льда Китовую бухту. Более двадцати лет спустя (в 1963 г.) этот айсберг с остатками американской станции Литл-Америка Ш наблюдался за 300 миль от ближайшей береговой линии<sup>5</sup>.

В общем среднегодовые изменения ледовой поверхности от зимы к лету составляют в среднем 18 млн км<sup>2</sup>. Это примерно в 4 раза больше, чем такая разница в Северном полушарии. Количество льда, нарастающего и выносимого за пределы Антарктики в течение многолетних периодов, вероятно, уравнивается, хотя есть предположение, что в течение XX в. происходит преобладание разгрузки льда над его накоплением. Этот процесс рассматривается как компенсационный по отношению к малому ледниковому периоду, длившемуся в Северном полушарии с XVI до конца XIX вв., а в Южном — с конца XVIII до конца XIX вв.<sup>6</sup>

Миллион за миллионом лет, словно серебристый диск, крутится ледник Антарктиды, заноса в свою холодную память все, что его "касается" — упавшие метеориты и космическую пыль, пыльцу и споры растений, сажу лесных пожаров и печных труб, пепел вулканов и сожженных городов, выбросы химзаводов и ядерных реакторов. Лед хранит пузырьки воздуха и микроэлементы влаги, попавшей из океана в атмосферу прошедших эпох и выпавшей на ледник. Как страницы атласа расслоена толща льда невидимыми перепадами годовых температур и "сброшенной сверху" информацией — в виде космической и земной пыли. Нужно только найти ключ к прочтению этой тайнописи, "пронумеровав" страницы, то есть определив возраст слоев. Наиболее "старому" льду, находящемуся в центральной части материка у "ложа" коренных пород, более 500 тыс. лет. На поверхности лед имеет возраст около 200 тыс. лет.

Однако как добыть эти сведения из толщи льда мощностью до нескольких километров? Уже скоро полвека, как ученые начали бурить антарктический лед. Сначала на небольшие глубины — до десятка метров ручным воротом, затем все более и более совершенными инструментами. Основной целью всегда было получить керн — вырезанный вертикальный столбик льда (или другой породы) с сохранившейся последовательностью слоев в их природном залегании. Затем

<sup>5</sup> Человек и стихия. —1972. — С.43.

<sup>6</sup> Атлас... —С. 23.

кern послойно с задокументированной глубиной, на которой залегают слои, подвергают тщательному химическому и физическому анализу.

Определяют состав газовых пузырьков в древних толщах льда, отфильтровывают твердый осадок, который после более тщательного исследования делят по происхождению на космическое и атмосферное вещество, пыльцу и споры, и другие компоненты, измеряют его радиоактивность. По составу льда ученые определили глубину залегания границ перехода снега в более плотные состояния: на глубине около 30 м происходит переход из снега в фирн; переход фирна в лед в центральных районах Антарктиды происходит на глубине около 100 м. Выяснилось, что с глубиной при погружении на каждые 100 м температура повышается на  $0,60—0,82^\circ$  (от  $-55$ ,  $-58^\circ\text{C}$  на поверхности).

Как явление природы лед обладает чрезвычайно большим многообразием физических свойств, зависящих от температуры, содержания в нем солей, кристаллической структуры и других условий. Лед может течь и, подобно стеклу, обладать вязкостью, при сжатии его прочность может быть от одного до десятков килограмм на квадратный сантиметр. Не зря для обозначения состояний льда в эскимосском языке существует более шестидесяти слов. Средняя плотность льда ( $0,9\text{ г/см}^3$ ) — меньше плотности воды. Это определяет его плавучесть, а с ней и все то многообразие воздействий полярных областей на климат Земли и гидрохимию Океана, которое обусловлено дрейфом айсбергов. В толще антарктического ледника с глубиной плотность льда в целом возрастает. Однако максимальная плотность отмечается в поясе стоковых ветров на склоне ледникового покрова. Структура льда постепенно меняется от мелкозернистой, хаотической в верхних слоях до сравнительно крупнозернистой, упорядоченной в глубине. У ложа ледника характерны ленточная текстура, чешуйчатые надвиги и сложная складчатость. Среди незатронутого таянием слоя первичного молочно-белого льда придонная толща содержит чередующиеся ленты режеляционного льда (продукта замерзания талой воды) трех типов: белого от переполняющих его пузырьков воздуха, чистого голубого и содержащего песок и камни. Нередки линзы талой воды. В 1966—1968 гг. американские гляциологи в районе Мак-Мордо пробурили скважину 2164 м глубиной и достигли коренных пород. Последние 5 м в керне льда содержалось много песка, гальки и обломков гранита. По приближению к коренным породам из скважины ударил фонтан воды 60-метровой высоты! В этой же скважине на глубине 1300—1500 м были обнаружены отдельные прослои вулканического пепла, свидетельствующего об



интенсивном вулканизме во время, определенное по спорам и пыльце, обнаруженных в пепловых прослоях, в пределах 100—120 тыс. лет. В краевой зоне строение ледника осложняется ледниковыми трещинами — результатом постоянного течения и напряжений, которые довольно быстро залечиваются снежно-фирновыми и ледяными жилами.

Напряжения льда всегда сопровождаются определенными акустическими процессами. Даже при сравнительно небольших статических нагрузках, не приводящих к видимому разрушению сплошности льда, на его поверхности образуются мельчайшие трещины размером от миллиметра и менее. В это время он излучает неслышимые ультразвуковые импульсы, которые можно зарегистрировать электроакустическими приборами. Параметры изменения звуковых сигналов позволяют различать не только состояние льда, но и разные виды льдов: например, найдены отличительные признаки звуковых сигналов дрейфующего и припайного льда, которые могут быть иногда единственным критерием различения этих льдов. С помощью автоматических станций, автономно регистрирующих состояние льда, проводятся регулярные наблюдения за его состоянием, что позволяет составлять прогнозы состояния ледовой обстановки.

Значение полярных областей и особенно Антарктики для погоды и климата Земли очевидно. Но так ли очевиден сам механизм работы "кухни погоды"? Что является двигателем этого механизма и на какой энергии он работает? Антарктический ледниковый покров — это крупнейшее скопление льда, оказывающее влияние на природные процессы всего земного шара. Изменения границы его распространения обусловлено главным образом механическими причинами — откалыванием избыточного плавающего льда. Объем продукции айсбергов представляет собой меру этого избытка, лишь после истощения которого ледниковый покров мог бы относительно чутко реагировать на изменения климата.

Выдержанность антарктических среднегодовых температур, обеспеченная наличием ледникового покрова, оказывает стабилизирующее влияние на все Южное полушарие и всю планету. Эта стабильность обусловлена замечательными свойствами воды во всем многообразии ее агрегатных состояний, видимых нами в трех удивительных веществах, известных как лед, вода и пар.

Благодаря своим уникальным структурным и физическим свойствам вода является основным энергосберегающим и системообразующим элементом планетарных ресурсов. Она может быть сохраняющей и разрушающей, накапли-

вающей и рассеивающей, концентрирующей и растворяющей. Ее круговорот — это гигантская машина, способная на величественную и сложную работу по организации и эволюции поверхности планеты. Особенности теплообмена и циркуляции потоков вещества в атмосфере и гидросфере, составляющие погоду и климат, определяются такими свойствами воды, как вязкость, несжимаемость, теплопроводность, скрытая теплота образования пара и льда. Благодаря вязкости воды, например, устойчивые ветра могут "разгонять" поверхностные течения, а поверхностные течения, в свою очередь, — глубинные. Благодаря несжимаемости вода может сохранять постоянную температуру с глубиной<sup>7</sup>. Теплопроводность обеспечивает ей довольно быстрый и беспрепятственный прогрев и способствует установлению относительно равномерной температуры в Мировом океане.

На рис. 9. Поверхностные течения Мирового океана:

Центральный круговорот северной части Тихого океана: 1. Куроисио. 2. Северо-Тихоокеанское. 3. Калифорнийское. 4. Северное Пассатное. Центральный круговорот южной части Тихого океана: 5. Восточно-Австралийское. 6. Западных Ветров (часть Антарктического циркумполярного течения). 7. Гумбольдта. 8. Южное Пассатное. Центральный круговорот Индийского океана: 17. Мыса Игольного. 18. Западных Ветров (часть Антарктического циркумполярного течения). 19. Западно-Австралийское. 20. Южное Пассатное. Субарктический круговорот Северной Апыантики: 26. Ирмингера. 27. Восточно-Гренландское. 28. Лабрадорское. 10. Северо-Атлантическое. Центральный круговорот Северной Атлантики: 9. Гольфстрим. 10. Северо-Атлантическое. 11. Канарское. 12. Северное Пассатное. Центральный круговорот Южной Атлантики: 13. Бразильское. 14. Западных Ветров (часть Антарктического циркумполярного течения). 15. Бенгальское. 16. Южное Пассатное. Субарктический круговорот северной части Тихого океана: 21. Аляскинское. 22. Аляскинский поток. 23.. Склоновое течение Берингова моря. 24. Камчатское. 25. Ойясио. 29. Межпассатное противотечение. 30. Сомалийское течение.

На рис. 10. Формирование и движение Антарктической придонной воды

Обмен теплом и соленостью, благодаря хорошей теплопроводности воды, происходит в ней с разными скоростями, чем объясняются процессы стратификации вод различной солености и температуры и прочие проявления неоднородности морской среды.

<sup>7</sup> Нешиба. Океанология. —М.: Мир, 1989. — С. 88.

При низких температурах плотность воды слабо изменяется от температурных колебаний, и все перемешивание определяется уровнем солености.

Это имеет особое значение в полярных областях, где круглый год температура воды близка к точке замерзания. Благодаря высокой удельной теплоемкости вода при нагревании способна усваивать огромное количество калорий, не меняя своих физических свойств, и в виде льда, жидких и парообразных масс переносит основную долю погодообразующей энергии: в океане — течениями, в атмосфере — ветрами. Например, пар, содержащийся в циклонах, ураганах и тайфунах, благодаря своей скрытой теплоте парообразования, несет основную разрушительную силу этих стихийных явлений. Чтобы превратить жидкость, уже нагретую до критической температуры, в пар, необходимо придать ей дополнительной энергии в расчете 540 кал на 1 г, и именно эта энергия высвобождается при столкновении воздушных потоков с любыми препятствиями!

Таким образом, физическая работа "кухни погоды" происходит на двух уровнях и включает: 1) скрытую работу по усвоению или выделению огромного количества энергии в виде теплоты фазовых превращений воды (парообразования, конденсации, таяния и кристаллизации); 2) видимую работу по перемещению масс льда, воды и пара, насыщенных (или недосыщенных) энергией первого уровня.

С поправкой на действие момента вращения Земли основным побуждающим фактором тепломассопереноса можно считать разницу в плотности масс, образующую перепад давлений. Перепад давления в атмосфере и океанах возникает на этих двух этажах "кухни погоды" по двум различным причинам. Верхний этаж — атмосфера имеет очень слабую теплопроводность при сильной зависимости плотности и объема воздуха от его температуры. Разница в плотности, вызывающая перепад давлений, возникает как непосредственный результат неравномерности нагрева. Вся работа в атмосфере совершается так называемой "тепловой машиной погоды", поскольку основным механизмом ее "запуска" является разница в количестве тепла, получаемого и разносимого различными воздушными массами.

Нижний этаж — океан имеет, в свою очередь, минимум двухуровневое перемешивание океанической воды в вертикальном разрезе. 1. Поверхностные течения, которые, возбуждаемые и поддерживаемые устойчивыми ветрами, являются еще нижним звеном тепловой машины погоды.

Они проходят цикл полного обращения за 2—3 года и, локализованные в своих полушариях, никогда не пересекают экватор (рис. 9). 2. Глубинное перемешивание вод, которое производится так называемой "гигантской ледяной машиной" перемешивания. Перепад плотности происходит здесь в основном за счет разницы в солености вод. Циркуляция разбивается на несколько уровней, цикл наиболее медленной, "придонной антарктической воды" длится в течение сотен лет и распространяется за экваториальную линию на большую часть планеты (рис. 10, 11).

На рис. 11. Циркуляция в глубинных слоях океанов:

1. Районы, где образуются и погружаются глубинные и придонные воды;
2. Основные районы анвеллинга;
3. Районы, где образуются и погружаются промежуточные воды;
4. Основные направления перемещения глубинных и придонных вод.

Если сравнить атмосферу планеты, принимающую и отдающую тепло с известным бассейном, в котором по школьной задачке постоянно происходят хитроумные процедуры с накоплением и выпусканьем воды, то воронки, через которые "вытекает" атмосферное тепло, будут уходить в космос прямо над полярными областями.

Именно через эти области Земля теряет основную массу тепла. И хоть над Антарктидой солнечная радиация летом достигает максимальной для планеты величины, белый ледяной щит надежно предохраняет ее землю от солнечных лучей, уже более десятка миллионов лет, и до 90 % радиации отражается от поверхности в атмосферу.

Зимой же здесь происходит настолько устойчивое и глубокое выхолаживание, что в целом годовой тепловой баланс остается отрицательным ( $-5$  ккал/см<sup>2</sup>).

Однако уже севернее 60° ю. ш. он достигает 20, 50 ккал/см<sup>2</sup> в год<sup>8</sup>. Над материком в результате выхолаживания у поверхности образуется область повышенного давления (антициклон), а над ней, в результате разогрева верхних слоев, — циклоническая область пониженного давления. На периферии материка, наоборот, образуются зоны пониженного давления (девять устойчивых циклонов). Такое расположение обеспечивает основной (в целом недостаточный) приток влаги и тепла на континент и действие компенсирующих это движение стоковых ветров, которые замыкают круговороты вертикальной циркуляции.

Почти весь материк в течение года остается устойчивой зоной "вечного холода", то есть пребывает при постоянных отрицательных температурах более 10 млн лет. Прорыв холодных антарктических масс за пределы Циркумполярной зоны не имеет закономерного характера и устойчивого влияния на климат Земли, поскольку блокируется сильнейшими ветрами восточного направления, дующими над Южным океаном.

Основные планетарные процессы, "запускаемые" антарктическим ледником, включают:

1. Распреснение вод Южного океана за счет выноса айсбергов;
2. "Гигантскую ледовую машину перемешивания", которая приводит в движение глобальные вертикальные перемещения глубинных вод;
3. Интенсивное Циркумполярное течение, соединяющее воды всех глубин и океанов и обеспечивающее в Южном океане их постоянную связь и обновление.

Вкратце эти процессы представляют из себя следующее.

1. В летнее время, когда льды тают, поверхностные воды опресняются. Как менее плотные, эти воды не могут погружаться и движутся по поверхности на север, вытесняемые выходящими из глубин водами апвеллинга: глубинная циркуляция дополняется поверхностной, несущей на север холодные воды и массу айсбергов. Чтобы растопить лед, необходимо затратить на каждый его грамм 80 кал тепла при температуре, близкой к точке замерзания<sup>8 9</sup>. И когда океанические течения выносят айсберг из полярных областей, лед, до того, как расплавится, "втягивает" в себя огромное количество теплоты, поступающей из тропиков, и, таким образом, обеспечивает мягкое изменение температур на огромных пространствах.

2. Действие "гигантской ледовой машины перемешивания" связано с образованием нового льда. Вымерзающий лед оставляет более соленый, чем исходный рассол, поскольку образуется в виде кристаллов чистой воды: они могут соседствовать с кристаллами соли, но не образуют смешанных кристаллов, поскольку замораживаются при разных условиях. Рассол, как более тяжелый по сравнению со льдом материал, опускается по каналам и трещинам вниз, стекаясь в довольно мощную нисходящую массу. Геометрия рельефа такова, что, опускаясь вниз по шельфу и континентальному склону, рассол движется на север.

<sup>8</sup> Атлас. Цит. соч. — С. 36.

<sup>9</sup> Нэшиба. Океанология. Цит соч. — С. 89.

Так образуется "антарктическая придонная" вода. Но это лишь фрагмент "машины", общие размеры которой простираются на всю Атлантику: вода, уходящая из Антарктики, компенсируется по законам гидродинамики у берегов Гренландии. Отекание вниз более плотных и соленых растворов за счет вымерзания северных льдов здесь образует "северо-атлантическую глубинную воду", которая всплывает "апвеллингом" в Антарктике через сотни лет путешествия по глубинам Атлантического океана.

3. Циркумполярное течение интенсивно перемешивает воды Южного океана с водами соседних северных океанов, в отличие от Северного ледовитого океана, где из-за сильной изоляции они устойчиво расслоены (стратифицированы) и относительно слабопродуктивны.

Климатическая зональность, как и многие другие явления, имеющие в Антарктике особую контрастность и выраженность, выделяется здесь очень четко. Она тесно связана со структурой ледникового покрова и определяется зональностью его взаимодействия с Южным океаном. Всего выделено шесть климатических зон:

1. Зона высокого антарктического плато;
2. Зона антарктического склона;
3. Зона антарктического побережья;
4. Зона дрейфующих льдов;
5. Зона открытых антарктических вод; 6. Зона умеренного климата.

1. Зона высокого антарктического плато. На нее приходится центр тяжести материковой глыбы в районе полюса недоступности. Верхняя плоская часть ледяного панцыря Восточной Антарктиды образует плато, которое занимает ее внутреннюю часть и постепенно переходит в антарктический склон. Примерная его граница приходится на высоты 2800—3000 м. Для плато характерен очень рыхлый снег, плотностью около 0,3 г/см<sup>3</sup>. Долгая полярная ночь (около полугода), низкое положение солнца летом, чистая поверхность снега, отражающая более 80 % солнечной радиации, обусловили наиболее суровый климат этих мест для Земли. Самые "теплые" месяцы декабрь—январь характеризуются установлением однородных температур по всему плато —30, —35 °С. Максимальны потепления здесь доходят до —22, —24 °С. В течение февраля—марта здесь происходит резкое похолодание и наступает зима с температурами 50—70 °С и ниже.

Еще одно уникальное явление, характерное для этого района: около пяти месяцев (с апреля по август) уровень температур здесь колеблется в незначительных пределах, то есть на огромной территории почти постоянная ровная температур» держится рекордно большой отрезок времени. Зимний минимум температуры приходится на конец полярной ночи. 24 августа 1960 г. на станции Восток был отмечен минимум температуры —  $88^{\circ}3'$ . Теоретически возможна и более низкая температура — до  $94^{\circ}\text{C}$ .

Над антарктическим плато зимой и летом преобладает ясная погода. Под влиянием излучения снежной поверхности в слое воздуха над плато на высотах до 13 км создается температурная инверсия; температура в верхней части этого слоя на  $25\text{—}30^{\circ}$  выше, чем у поверхности. При недостатке влаги и сильном морозе на снежную поверхность происходит выпадение кристаллов льда. От одной трети до половины месячного количества осадков осаждаются за счет изморози. Влажность воздуха здесь как в безводных пустынях. Главную часть годового накопления снега на плато приносят метели: на окраинах зоны изредка происходит прорыв из умеренных широт более теплого воздуха, появляется облачность и осадки в виде твердых столбиков и пластиночек льда, гораздо реже — в виде снежинок. В Западной Антарктиде тоже есть плато, но по высоте (1500—2000 м) оно ниже плато Восточной Антарктиды и ближе к побережью. Сюда часто проникают циклоны от моря Росса и моря Уэдделла. Погода здесь менее устойчива, осадков накапливается до 100—150 мм. Сред-немесячные температуры составляют летом —  $13,15^{\circ}\text{C}$ , зимой —  $35,37^{\circ}\text{C}$ .

2. Зона антарктического склона. Наклон поверхности, характерный для антарктического плато, равен 1—2 м превышения на 1 км расстояния <sup>10</sup>. Основной отличительной чертой климата этой зоны являются постоянные и сильные стоковые ветры, порождающие метели, несущие снег по направлению к побережью. При этом на воздушное течение, направленное вниз по склону, действует сила Кориолиса и придает ему направление с юго-юго-востока или юго-востока на северо-запад, которое характерно для любых частей антарктического склона, если не искажено локальными особенностями рельефа. Скорость ветра колеблется от 5—8 м/сек до 15 м/сек, годовые вариации незначительны. В общем ветер сильнее, чем на плато, но слабее, чем на побережье и имеет иную природу, отличаясь большой устойчивостью. Стоковый ветер поднимает с поверхности Антарктиды много мелких кристаллов снега, создавая почти постоянную низовую метель, покрывающую антарктический склон

<sup>10</sup> Атлас. Цит соч. — С. 36.

облаком метелевой снежной мглы. Верхняя граница облака поднимается до 50—100 м от снежной поверхности. Годовые суммы осадков на склоне больше, чем на плато, и в Восточной Антарктиде колеблются от 80—100 мм у верхней границы склона до 200—300 мм у нижней, в Западной Антарктиде от 140 мм в верхней части до 300—400 мм в нижней.

3. Зона антарктического побережья. Отличается большим разнообразием физико-географических условий. Общие черты характерные для всего побережья, а именно: непосредственное соседство с океаном, приводящее из-за частых циклонов к неустойчивости погоды; сильный стоковый ветер, несущий нисходящий сухой воздух и множество малооблачных солнечных дней (что существенно отличает этот район от следующей зоны дрейфующих льдов с характерной для нее пасмурной влажной погодой); приток теплого океанического воздуха, во время развития циклона смягчающего температурные условия на побережье; интенсивное таяние снега и изредка положительные температуры. Эти общие условия дают повод для выделения в одну зону нескольких районов, перечисленных ниже:

а) ледяное побережье: наиболее протяженные участки зоны побережья, которые представляют собой окончание склона ледникового антарктического щита с отвесным обрывом до 20—30 м высоты на границе с морем. Ледяная поверхность круто поднимается к югу так, что в нескольких десятках километров от берега высота льда достигает километровой отметки. Температура воздуха находится в интервале от  $-15^{\circ}$  до  $-26^{\circ}$  °С, с минимальными до  $40^{\circ}$  °С. Режим стоковых ветров имеет хорошо выраженный годовой ход, в отличие от зоны антарктического склона: зимой он сильнее, чем летом. Осадки выпадают, в основном, в холодную часть года, когда с севера привносятся теплые и влажные массы. На земле Королевы Мод, например, наиболее сильные снегопады происходят осенью или в начале зимы. Второй максимум — весенний, чуть меньше зимнего. Полоса наибольшей аккумуляции снега протягивается на расстоянии от 15 км и до 30 км вдоль береговой зоны. Годовое количество снега колеблется в широких пределах от 300 до 500 мм.

б) шельфовые ледники: морфологически представлены двумя типами: внешние ледники, далеко уходящие в море, и внутренние, глубоко врезанные в Антарктический материк. На внешних шельфовых ледниках (Шеклтоне, Западный, ледники Земли Королевы Мод и др.) стоковые ветры утихают на небо-



льшом расстоянии от берега, благодаря их почти горизонтальной поверхности. В условиях антициклонической погоды это приводит к выхолаживанию и опусканию температуры ниже, чем на побережье.

Вместе с тем слоистые облака, постоянно распространяющиеся над ледниками, повышают температуру и меняют погоду. Если ледник сильно выдается к северу, осадков выпадает значительно больше. На леднике Шеклтона накопление снега составляет 650—700 мм. Примером внутренних шельфовых ледников являются шельфовые ледники Росса, Фильхнера и др. Это относительно южные ледники, и климат их суров, хотя различается даже в пределах одного ледника. Наиболее холодной частью шельфового внутреннего ледника являются его внутренняя часть, покрытая наиболее рыхлым снегом. В тыловой части ледника Росса на поверхности ледника обнаружилась депрессия глубиной 5—20 м, связанная с действием ветров.

с) антарктические оазисы: по основным климатическим показателям оазисы следует включить в зону побережья, несмотря на иную подстилающую поверхность. Однако эта поверхность, безусловно, придает свою специфику данным территориям. Например, здесь, благодаря особенностям рельефа, могут стихать стоковые ветры. Условия, как правило, соответствуют зоне полярных пустынь: климат, типы, формы выветривания горных пород, состав биоты и, конечно, очень низкая влажность. Радиационный баланс над оазисами и ледниками значительно различается: темная скальная поверхность оазисов имеет годовые суммы радиации до 40 ккал/смг, накапливающиеся в течение 6—7 месяцев в году. Ледники же имеют положительный радиационный баланс только 2—4 месяца, а среднегодовой баланс у них всегда отрицателен: около —5, —10 ккал/см<sup>2</sup>. Обычно более крупные оазисы прогреваются лучше мелких, и температура в них поднимается выше. Ветровой режим, сильно влияющий на климат оазисов обычно очень изменчив, поскольку большинство оазисов приурочены к зоне колеблющегося взаимодействия восходящей океанической (циклонической) циркуляции и нисходящих материковых (антициклонических) стоковых ветров. В целом же климат оазисов более континентален, чем на ледниках, поскольку амплитуда колебаний температуры здесь больше, влажность воздуха ниже, а осадков меньше, чем на ледниках. В некоторых оазисах существуют временные ручьи с предполагаемым русловым стоком, рек не обнаружено вовсе, грунтовые воды, возможно, подпитывающие некоторые водотоки, в целом развиты очень слабо. Разнообразно представлены в оазисах

многочисленные озера. Их средние глубины — до 100 метров, много озер, по площади превышающих 10 км<sup>2</sup>. Озера разнообразны по происхождению, режиму питания и ледовой обстановке, пресно- водности, составу солей, содержанию кислорода и органики. В некоторых бедных кислородом озерах накапливаются сапропелевые илы.

d) антарктический полуостров: эта часть Западной Антарктиды должна быть выделена в самостоятельную климатическую область. Она изучена более подробно, чем другие районы Антарктиды. Распределение на полуострове температуры очень неоднородно из-за различия физико-географических условий. Наиболее частые температуры от —5 до —40 °С, а зимой от —10 до —30 °С. На полуострове часты сильные стоковые ветры. Около 80 % дней здесь пасмурны, число ясных дней составляет 20 %, летом — 10 %, поскольку летом здесь часты циклоны. Годовые суммы осадков — более 500 мм.

4. Зона дрейфующих льдов. Расположена к северу от Антарктического материка. Над льдами образуется туман, часто падает снег или переохлажденный дождь. И в теплое, и в холодное время года здесь часты циклоны, однако холодное полугодие является более штормовым. Климатические условия зоны дрейфующих льдов неодинаковы в Восточной и Западной Антарктиде. Для Восточной Антарктиды характерно приближение в летние периоды кромки льда, в Западной же кромка льда находится на сотни километров от берега, особенно в морях Росса, Амундсена и Уэдделла. Более существенные различия на относительно небольшой территории дают циклоны. Кольцо их максимальной повторяемости вокруг Антарктиды отстоит от берега на 100— 200 км. К югу от этого кольца должны преобладать восточные ветры и восточный дрейф льдов, а к северу — западный дрейф.

5. Зона открытых антарктических вод. Эта зона относится к 50-м широтам и характеризуется пасмурной и ненастной погодой. Осадков здесь выпадает около 1000 мм в год. В качестве северной границы зоны принимается линия антарктической конвергенции, проходящая около 50° ю. ш. в Атлантическом и Индийском и около 60° ю. ш. — в Тихом океанах. Линия конвергенции представляет собой довольно резкий температурный раздел в водах океана и поэтому по обе стороны от нее различия в погоде весьма существенны.

6. Зона умеренного климата. Эта зона расположена между линией антарктической конвергенции и линией субтропической конвергенции. С точки зрения атмосферной циркуляции представляет собой переходную зону между кольцом субтропических антициклонов и штормовой зоной 50-й параллели.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие (А. А. Щипцов) .....	3
----------------------------------	---

### Часть I

#### ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ОСВОЕНИЯ АНТАРКТИКИ

Глава 1. Поиски Terra Australis Incognita — “неизвестной южной Земли” (Н.В. Ефремов).....	9
Глава 2. Исследование подходов к "Ледяному материку" (Н. В. Ефремов).....	20
Глава 3. Освоение Антарктики (А.А. Щипцов, В. С. Ефремов) .....	27
Глава 4. Внутриконтинентальный штурм материка (В. С. Ефремов).....	39
Глава 5. Ученые обживают континент (А. В. Ищенко, В. С. Ефремов).....	46

### Часть II

#### ПРАВОВОЕ ПОЛОЖЕНИЕ АНТАРКТИКИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРАВОВОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

Глава 6. Развитие правовых положений, касающихся Антарктики, до 1959 г. (Г. А. Анцелевич) .....	58
Глава 7. Договор об Антарктике 1959 г. Общий анализ его основополагающих положений (А. А. Щипцов, Г. А. Анцелевич).....	72
Глава 8. Развитие правовых вопросов Антарктики в решениях Консультативных совещаний (Г. А. Анцелевич) .....	84
Глава 9. Развитие правовых вопросов Антарктики в резолюциях Генеральной Ассамблеи ООН (Г. А. Анцелевич, А. А. Радзивилл) .....	102
Глава 10. Анализ правовых положений Генеральной Ассамблеи относительно Антарктики (Г. А. Анцелевич).....	119
Глава 11. Правовой статус Антарктики и режим ее использования в порядке “de lege ferenda” (Г. А. Анцелевич).....	130

Глава 12. "Академик Вернадский" — антарктическая научно-исследовательская станция Украины (правовые аспекты) (А. Г. Стажилов, Г. А. Анцелевич).....	144
---	-----

### **Часть III**

#### **КОНВЕНЦИЯ ООН ПО МОРСКОМУ ПРАВУ 1982 г.**

##### **И АНТАРКТИКА**

Глава 13. Положения Конвенции ООН по морскому праву 1982 г., относящиеся к открытому морю, Международному району морского дна и использованию живых и неживых ресурсов (А. В. Ищенко, Г. А. Анцелевич)...	161
Глава 14. Положения Конвенции ООН по морскому праву 1982 г., относящиеся к морским научным исследованиям, разработке и передаче морской технологии и международному сотрудничеству (А. А. Щипцов, Г. А. Анцелевич).....	172
Глава 15. Положения Конвенции ООН по морскому праву 1982 г., относящиеся к защите и сохранению морской среды, урегулированию споров и к общим вопросам (Г. А. Анцелевич).....	182

### **Часть IV**

#### **СОВЕТСКИЕ ЭКСПЕДИЦИИ В АНТАРКТИКЕ**

Глава 16. Континентальные антарктические исследования советских экспедиций.....	191
Глава 17. Морские научные исследования советских антарктических экспедиций (А. Г. Стажилов, В. С. Ефремов) .....	197
Глава 18. Правовые основы морских научно-исследовательских экспедиционных работ в Антарктике (Г. А. Анцелевич) .....	202

### **Часть V**

#### **ЗНАЧЕНИЕ АНТАРКТИКИ В ЖИЗНИ ПЛАНЕТЫ И ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

Глава 19. Характеристика антарктического ледника и его роли в планетарной экосистеме (И. М. Скопиченко, А. А. Радзивилл).....	211
Глава 20. Феномены живой природы и биопродуктивность Антарктики (И. И. Скопиченко, А. А. Радзивилл).....	229
Глава 21. Роль Антарктики в физике Земли (И. М. Скопиченко, А. А. Радзивилл).....	241
Заключение (А. Г. Стажилов) .....	251