

Антарктида удивляет. Часть 1. Горы, пустыни, озера и многое другое



Антарктида для многих ассоциируется с большим белым пятном на космических снимках или на глобусе, а также с невероятным холодом, айсбергами и пингвинами. Но на этом континенте гораздо больше интересного. В начале этого года предлагаем вниманию читателей подборку наиболее удивительных общих сведений о нем.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ СЛУЖБА «ГЕОИНФО»

info@geoinfo.ru

Необычный белый континент

Антарктида – самый южный и самый холодный материк Земли, на котором нет ни одного государства, но имеется около 90 научных станций и баз и на котором не добываются полезные ископаемые, хотя их там масса. Официально она была открыта русскими мореплавателями Фаддеем Беллинсгаузеном и Михаилом Лазаревым в 1820 году, хотя как гипотетический континент она была нанесена уже на карты античного ученого Клавдия Птолемея (150 г. н.э.), турецкого адмирала Пири-реиса (1513 г.) и на ряд других карт XV–XVIII веков.

Название «Антарктида», употребляемое с 1890-х годов, имеет греческое происхождение и означает «напротив севера».

Этот континент омывают воды Атлантического, Индийского и Тихого океанов (рис. 1), хотя Международная гидрографическая организация в 2000 году предложила называть воды, к югу от 60 град. ю.ш. Южным океаном.

Площадь Антарктиды составляет около 14,11 млн кв. км (из них шельфовые ледники занимают примерно 0,93 млн кв. км и острова – 0,08 млн кв. км). Южный географический полюс находится в 660 км от условного центра материка. Его береговая линия имеет длину

более 30 тыс. км, является слабо изрезанной и в основном представляет собой ледниковые обрывы высотой до нескольких десятков метров.

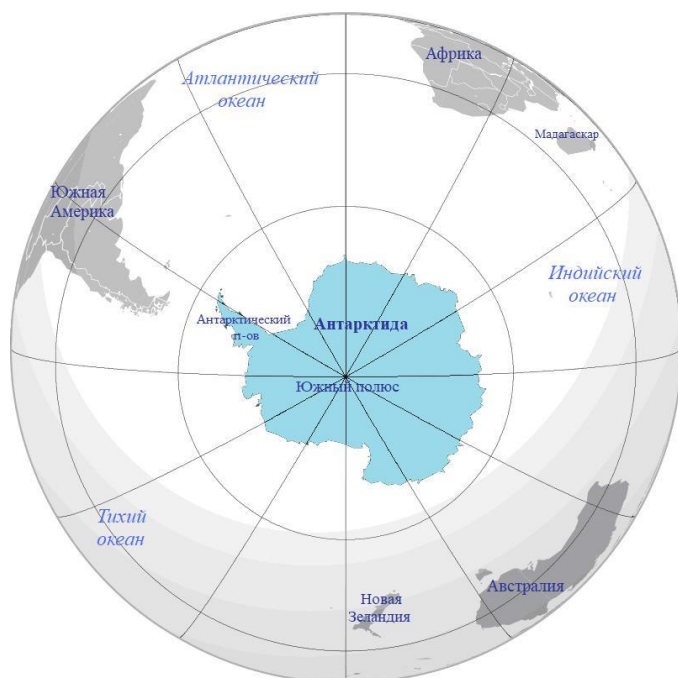


Рис. 1. Расположение Антарктиды на глобусе. Вид со стороны Южного полюса (по [32])

В пределах Антарктиды располагаются точки самой низкой температуры воздуха (до минус 93,2 град. по Цельсию), самого низкого количества атмосферных осадков (в среднем всего 18 мм в год, т.е. в 4 с лишним раза меньше, чем в Сахаре), самой низкой относительной влажности воздуха, самого сильного ветра (до 250–320 км/ч) и самой интенсивной солнечной радиации на планете. Средняя температура зимой здесь колеблется от минус 60 до минус 70 град. по Цельсию, а летом – от минус 25 до минус 45 град. И лишь на побережьях зимой бывает от минус 8 до минус 35 град., а летом – от нуля до плюс 5 град. Напомним, что зима в Южном полушарии длится с июня по август, а лето – с декабря по февраль.

Антарктида – самый высокий материк Земли, средняя высота ее поверхности над уровнем моря составляет более 2 км (что почти в 3 раза больше средней высоты поверхности всех остальных материков). Однако основную часть этой высоты составляет постоянный ледниковый покров толщиной в среднем 2,5 км, а в некоторых центральных частях континента – до 4,3 км. В среднем ледниковый щит имеет форму купола с уменьшением толщины и увеличением крутизны поверхности ближе к побережью, где он во многих местах обрамлен шельфовыми ледниками. Поэтому при накоплении льда под действием силы тяжести происходит его медленное «течение» к океану, где лед в конце концов откалывается в виде айсбергов (примерно 2500 куб. км в год). От центра материка, где плотность осевшего холодного воздуха у поверхности сильно повышается, в сторону побережья дуют сильнейшие стоковые ветры: в зимний сезон (с апреля по ноябрь) – круглые сутки, а в остальное время – ночью.

Прошлое Антарктиды

Около 250 млн лет назад на Земле был единственный гигантский континент Пангея (рис. 2). Из-за тектонических движений земной коры под влиянием глубинных процессов в недрах планеты (а также, возможно, из-за врезавшегося в территорию Антарктиды астероида) Пангея через 50 млн лет разделилась на два меньших суперконтинента – Лавразию и Гондвану (см. рис. 2). Лавразия включала Северную Америку, Гренландию, Европу и почти всю Азию. В состав Гондваны входили Южная Америка, Африка, полуостров Индостан, Австралия и Антарктида. Территория последней была покрыта буйной растительностью, на ней обитало множество животных, что подтверждают современные находки костей динозавров, отпечатков листьев на горных породах и пр. (рис. 3–5).

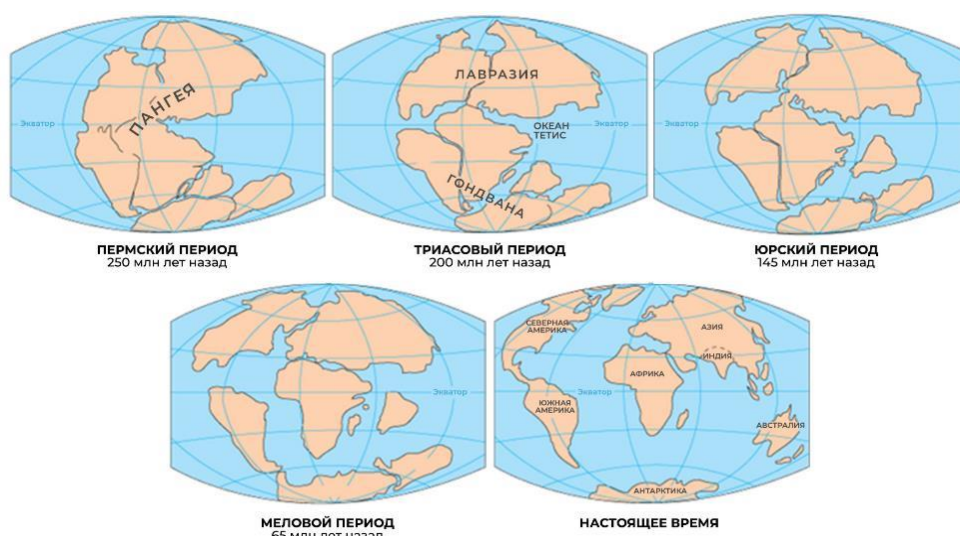


Рис. 2. Как менялась суша Земли в последние 250 млн лет [11]



Рис. 3. Восстановленный внешний вид криолофозавра, кости которого были найдены в Антарктиде [2]



Рис. 4. Восстановленный скелет яйцекладущего существа размером с кошку, кости которого были найдены в Антарктиде [2]



Рис. 5. Художественное изображение тропического леса древней Антарктиды [22]

Примерно 65 млн лет назад Лавразия и Гондвана разделились на материки, похожие на современные, но их дрейф продолжался (см. рис. 2). Антарктида постепенно смещалась к южной полярной области, и по мере этого ее климат становился все более холодным и сухим. Кроме того, 55 млн лет назад начала снижаться концентрация углекислого и других парниковых газов в атмосфере, что также способствовало похолоданию.

Примерно 40–35 млн лет назад океан полностью разделил Антарктиду и Австралию, Южную Америку и Антарктический полуостров (см. рис. 2). В результате вокруг Антарктиды возникло холодное циркумполярное течение (течение Западных Ветров), которое изолировало приантарктические воды от более теплой части Мирового океана (эти

воды и было предложено называть Южным океаном). Постепенно Антарктида стала самым холодным местом на Земле, большинство растений и животных на ней погибло. На ней начал формироваться сплошной ледниковый покров, который примерно 14 млн лет назад (или, по разным данным, от 5 до 35 млн лет назад) достиг размеров, сравнимых с сегодняшними.

Ледниковый щит и коренной рельеф Антарктиды

На космических снимках Антарктида похожа на невыразительное белое пятно (рис. 6), поскольку ледяной панцирь по большей части скрывает под собой коренной (подледный) рельеф, средняя абсолютная высота которого составляет 410 м. Зачастую горы высотой более 3 км полностью скрыты подо льдом толщиной более 1 км, а ведь эти массивы по размерам бывают сопоставимы, например, с Альпами. И лишь макушки некоторых гор, которые могут быть значительно выше 4 км над уровнем моря, выступают над ледяным покровом (рис. 7).



Рис. 6. Снимки Антарктиды из космоса [2, 32]



Рис. 7. Лишь верхние части некоторых гор выступают над ледяным покровом Антарктиды [42]

Антарктический лед содержит 70–80% от запасов всей пресной воды на планете и составляет 90% всех льдов суши. Интересно, что если считать лед минералом, то размер Антарктиды всегда меняется. К концу антарктической зимы (совпадающей с нашим северным летом) площадь материка практически удваивается в размерах по сравнению с концом лета (совпадающего с нашей северной зимой), а летом лед на побережье частично тает, откалывается и уходит в море, где постепенно тает. Самый большой из зарегистрированных айсбергов, отделившись от белого континента, достигал 295 км в длину и 37 км в ширину.

Почти весь материк пересекают Трансантарктические горы средней высотой 2–3 км (максимальной высотой 4,7 км), длиной почти 4 тыс. км и шириной 200–600 км. Они разделяют Антарктиду на две части (западную и восточную) с различным происхождением и разным геологическим строением (рис. 8, 9).



Рис. 8. Карта Антарктиды [32]

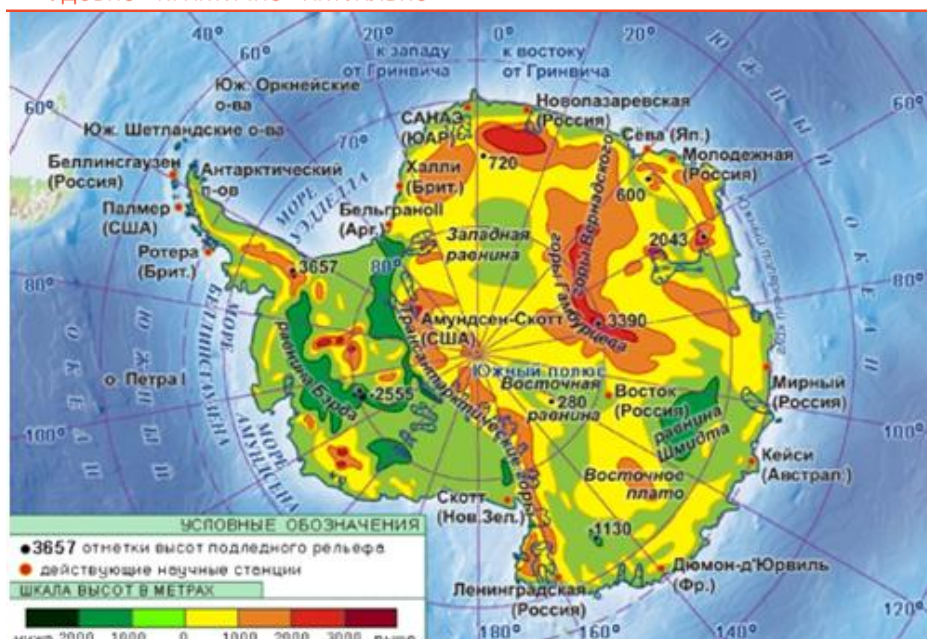


Рис. 9. Карта коренного (подледного) рельефа Антарктиды [4]

Восточная Антарктида представляет собой очень древнюю докембрийскую континентальную платформу, ранее входившую в состав Гондваны. Там встречены породы кристаллического фундамента возрастом 2,5–3 млрд лет и более, но они покрыты более молодым осадочным чехлом возрастом 350–190 млн лет с ископаемыми остатками вымерших теплолюбивых растений и животных. Подледный рельеф восточной части континента по большей части сглаженный, равнинный, но все же там имеются плоскогорья, горы высотой до 3–4 км и глубокие впадины (см. рис. 9). Южный полюс находится приблизительно в 480 км от Трансантарктической горной цепи. Высота его ледяной поверхности составляет около 2,8 км над уровнем моря, а толщина льда в этом месте – чуть больше 2,8 км. Там располагается американская круглогодичная научная станция Амундсен-Скотт (рис. 10). Кстати, между ней и крупной научной станцией Мак-Мёрдо (распологающейся на острове у побережья) в 2002–2007 годах за 12 млн долларов США было проложено Трансантарктическое шоссе длиной 1450 км, по которому гусеничные тягачи с жилыми вагончиками на лыжах движутся 10 дней и доставляют на Южный полюс и обратно людей и все необходимые грузы (рис. 11, 12). Эта дорога была создана путем выравнивания снега и засыпания расселин в леднике. Часть «шоссе» требует технической поддержки каждый сезон, но оно необходимо, поскольку авиapolеты на Южный полюс в антарктических условиях не всегда возможны.



Рис. 10. На полярной станции Амундсен-Скотт антарктическим летом и зимой [19, 30]



Рис. 11. «Столица белого континента» Мак-Мёрдо на острове Росса в одноименном море рядом с побережьем Антарктиды. Там постоянно проживает около 1300 чел., имеются 3 аэродрома, морской порт, большое количество колесного и гусеничного транспорта и прочей техники, 100 строений, в том числе электростанция, исследовательский центр, жилые здания, теплицы для выращивания овощей, установка для перерабатывания отходов, работают спутниковые телевизионные каналы и интернет [37]

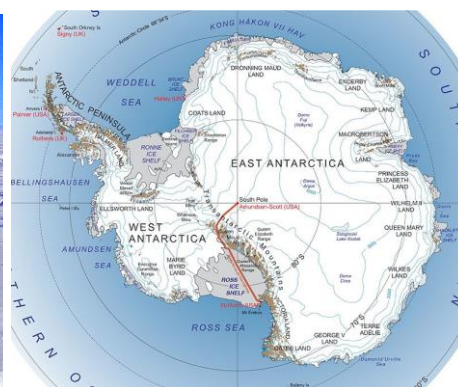


Рис. 12. Трансантарктическое шоссе Мак-Мёрдо – Южный полюс длиной 1450 км и его траектория на карте Антарктиды (показанная красной линией) [40]

Коренной рельеф Западной Антарктиды более сложен (см. рис. 9), перепады высот там больше, горы чаще выступают над ледниковым покровом. Именно там находится самая высокая точка материка – пик Винсон в составе одноименного горного массива (4892 м над уровнем моря) и наиболее глубокая впадина подледного рельефа (2555 м ниже уровня моря). Западная часть континента включает в том числе множество гористых островов, часто соединенных между собой льдом, покрывающим морские воды (см. рис. 9, 12).

Карта подледного рельефа (см. рис. 5) показывает, что поверхность земли подо льдом примерно на третьей части Антарктиды находится ниже уровня моря. Но все же это материк, а не архипелаг, поскольку толщина земной коры здесь в несколько раз больше, чем под дном океана, что характерно и для всех остальных материков. Просто в течение многих миллионов лет по мере роста мощности ледникового покрова земная кора прогнулась под его тяжестью на 500–1000 м. Ученые считают, что в случае гипотетического быстрого исчезновения ледяного панциря площадь Антарктиды сократится на треть. Ее западная часть превратится в архипелаг, а восточная останется частично затопленным материком. Но затем поверхность из-за снятия нагрузки постепенно вновь поднимется в среднем на 800 м и коренное ложе континента опять целиком окажется выше уровня моря. Вот только уровень Мирового океана при исчезновении антарктических льдов повысится почти на 60 м и по всей Земле будут затоплены огромные участки суши. Однако, к счастью, несмотря на глобальное потепление, некоторое повышение температуры наблюдается в настоящее время только в Западной Антарктиде, а в Восточной даже отмечен некоторый ее спад, поэтому в целом маловероятно, что в XXI веке таяние ледников этого материка существенно усилится. А более интенсивное разрушение шельфовых ледников из-за глобального потепления, возможно, уравнивается увеличением количества снега, выпадающего на ледниковый покров.

Сухие долины и пустыни Антарктиды

Примерно 0,2–0,3% (около 40 тыс. кв. км) площади Антарктиды всегда свободны от снега и льда (в основном в Трансантарктических горах, в западной части материка, на некоторых островах и участках побережья). Это могут быть отдельные оголенные скалы, горные гребни и вершины (нунатаки), так называемые сухие долины и пустыни с песчаными дюнами (рис. 13, 14). Например, в некоторых местах Сухих долин Мак-Мёрдо на Земле Виктории атмосферные осадки не выпадали уже более 2 млн лет. Сильные ветры, дующие там со скоростью до 320 км/ч, также не способствуют накоплению снега и льда и, более того, вызывают испарение влаги.



Рис. 13. Одна из сухих долин Антарктиды [47]



Рис. 14. Антарктические пустыни [47]

Оазисы, поверхностные реки и озера Антарктиды

Удивительно, но в Антарктиде есть так называемые оазисы (среди которых – и некоторые сухие долины), где температура воздуха на несколько градусов выше, чем на окружающих территориях (зимой на 1–2 град., летом на 5–6 град.), причем не только близко к побережьям. Их общая площадь составляет примерно 10 тыс. кв. км. В некоторых из них по крайней мере часть года встречается незамерзающая вода – ручьи и речки с ледниковым питанием, соленые и пресные озера и даже системы озер. Большинство антарктических научных станций построено именно в оазисах.

Благодаря интенсивной солнечной радиации в летнее время происходит таяние ледников не только вблизи побережья, но иногда и довольно далеко от него (даже при незначительной отрицательной температуре воздуха), особенно рядом с нагревающимся на

солнце каменистым грунтом, выступающим надо льдом. Возникающие наледниковые ручьи и речки длиной обычно не более нескольких километров соединяют многочисленные наледниковые озера. Иногда водотоки прокладывают часть своего пути подо льдом и могут быть опасны для вездеходов и людей. Иногда часть своего пути они текут по сухим долинам.

Самая длинная река в Антарктиде – Оникс в долине Райт среди сухих долин Мак-Мёрдо, характеризующихся почти круглогодичным отсутствием снега, большим уровнем солнечной инсоляции и довольно высокими летними температурами (максимальная наблюдавшаяся там температура как-то достигла плюс 15 град. по Цельсию). Длина этой реки – около 30 км (рис. 15). Она имеет несколько притоков. Но течет только в конце летнего антарктического сезона (в феврале и марте), а в остальное время промерзает. Там нет рыбы, но есть микроорганизмы и водоросли.



Рис. 15. Река Оникс [47]

Впадает Оникс, если в нем достаточно воды, в геотермальное озеро Ванда, длина которого составляет 5 км а максимальная глубина – 69 м (рис. 16). Это гиперминерализованный водоем, соленость которого в 10 с лишним раз больше, чем у морской воды (и даже больше, чем у Мертвого моря). Его более глубокие воды не смешиваются с поверхностными. Температура их верхнего слоя даже антарктическим летом не бывает выше плюс 4–6 град. по Цельсию, температура среднего слоя составляет плюс 7 град., а температура на дне достигает плюс 23 град. по Цельсию.



Рис. 16. Геотермальное озеро Ванда [47]

Другие поверхностные антарктические озера также очень своеобразны. Они тоже невелики. Наиболее крупное из них – Фигурное – тянется на 20 км, занимает площадь 14,7 кв. км и имеет глубину более 130 м. А самое глубокое (до 362 м) – озеро Радок. Располагаются такие водоемы в сухих долинах или в температурных оазисах и основную часть года покрыты толстым слоем льда. Но в летний антарктический период лед вдоль их берегов, а иногда и полностью, тает. Воды таких озер часто стратифицированы (как и у Ванды), то есть у дна наблюдается слой воды с повышенной температурой и соленостью. Иногда (при отсутствии стока) концентрация соли в них настолько высока, что они могут быть полностью свободными ото льда значительную часть года, например озеро Дон-Жуан.

На побережье белого континента есть и озера, образовавшиеся за естественными дамбами из снежников или ледничков. В конце летних сезонов их воды иногда прорываются в море.

Подледниковые озера и реки Антарктиды

По результатам радарных и других измерений, ледовый панцирь Антарктиды скрывает под собой многие десятки незамерзающих озер. Но самое крупное из открытых на сегодняшний день – это озеро Восток, которое было обнаружено в конце XX века под российской полярной станцией Восток (рис. 17, 18). Его длина достигает 250 км, ширина доходит до 50 км, площадь составляет примерно 15,8 тыс. кв. км, глубина жидкой воды – 0,5–1,2 км. И эта громадина полностью скрыта под ледниковым покровом толщиной около

4 км. Некоторые исследователи считают, что когда-то это озеро было открытым водоемом, а подо льдом скрылось 15–0,5 млн лет назад. С помощью бурения были взяты пробы воды с поверхности озера – и в них были обнаружены микроорганизмы, в том числе ранее не известные. Огромное давление в этом водоеме (около 400 атм) не позволяет воде замерзнуть даже при температуре до минус 3 град. Но все-таки Восток скорее всего остается незамерзшим из-за геотермального тепла или даже геотермальных источников на его дне. Температура воды в его глубине предположительно составляет около плюс 10 град.

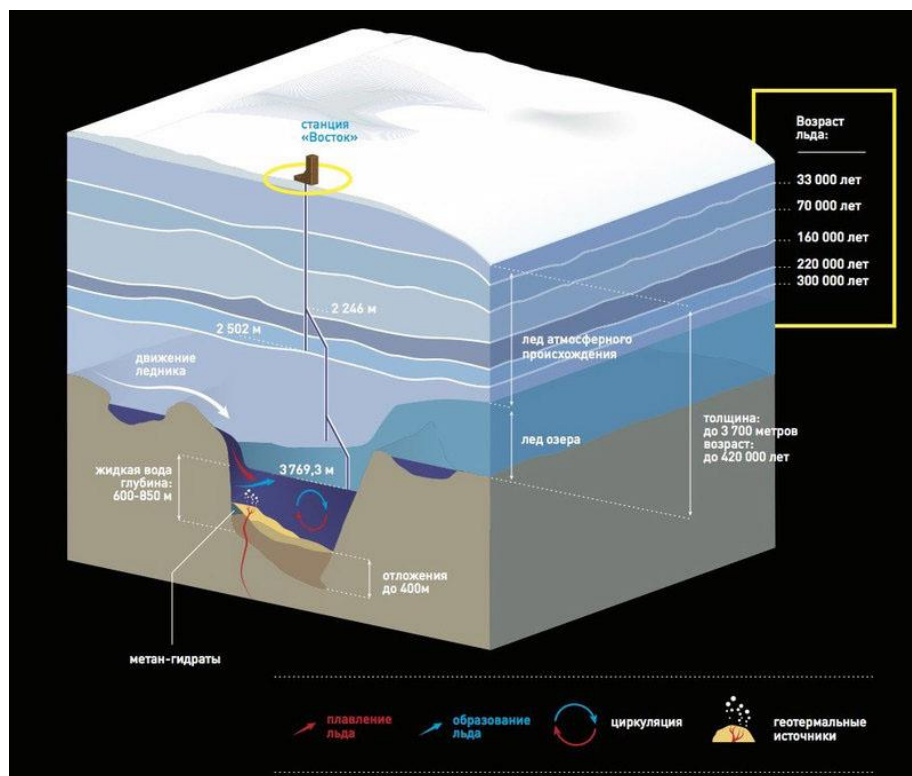


Рис. 17. Подледниковое озеро Восток. Схематическое изображение [12]



Рис. 18. Российская внутриконтинентальная антарктическая станция Восток и ее расположение на карте Антарктиды [34]

Всего в Антарктиде обнаружено более 140 незамерзающих подледниковых озер и еще больше соединяющих их рек (рис. 19). Скорее всего, их наличие связано с геотермальным теплом или даже с теплом от мантийных шлейфов (плюмов), возникающих при конвекции аномально горячих участков в пределах мантии Земли. Но это, как считают многие исследователи, не связано с новой или возрастающей угрозой для ледникового покрова Антарктиды, а представляет собой лишь фоновый вклад в таяние ледникового покрова.



Рис. 19. Незамерзающие озера и реки, скрытые под ледниковым покровом Антарктиды [21]

Необычный антарктический водопад

Интересен так называемый Кровавый водопад, открытый еще в 1911 году австралийским геологом Гриффитом Тейлором в районе сухих долин Мак-Мёрдо на Земле Виктории (рис. 20). В XXI веке было выяснено, что коричневатая-красная вода вытекает через этот водопад из очень соленого озера, располагающегося в нескольких километрах под ледником толщиной 300–400 м (названным позже ледником Тейлора). Это озеро населяют многочисленные (по крайней мере 17 видов) бактерии, способные жить в отсутствие света, кислорода и поступающих извне веществ. В результате жизнедеятельности этих микроорганизмов в воде накапливается двухвалентное железо, которое при выходе наружу окисляется кислородом до трехвалентного (Fe_2O_3), что и придает водопаду зловещий цвет.



Рис. 20. Кровавый водопад Тейлора [2]

Вышеупомянутое подледное озеро образовалось 4–1,5 млн лет назад, оказавшись отделенным от океана и закрытым сверху ледником. В процессе формирования оно постепенно испарялось, и его соленость в конце концов повысилась в 4 раза по сравнению с океаном. Поэтому вода в нем не замерзает даже при минус 10 град. и может вытекать через Кровавый водопад даже при минусовой температуре. Но все же случается это довольно редко – только тогда, когда ледник тает и разделившиеся глыбы льда начинают проседать и буквально выдавливать воду из подледникового озера через трещины.

Астероиды и метеориты, падавшие на Антарктиду

В Антарктиде можно найти множество упавших на нее космических тел или следов их падения, но мы расскажем лишь о двух наиболее известных из них.

Под ледниковым панцирем на Земле Уилкса был обнаружен самый крупный на Земле ударный астероидный кратер (гравитационная аномалия диаметром около 300 км и кольцевая структура подледного рельефа вокруг нее диаметром 482 км). Этот кратер предположительно образовался при падении на Землю астероида диаметром не менее 48 км примерно 250 млн лет назад. Пыль, поднятая тогда в атмосферу, привела к многовековому похолоданию и, по одной из гипотез, к пермско-триасовому вымиранию живых существ планеты (но после его окончания наступило время процветания динозавров). Более того, удар того астероида вполне мог подтолкнуть распад

суперконтинента Гондвана, создав тектоническую трещину и вызвав смещение Австралии на север.

А в горах Алан Хиллс был обнаружен метеорит ALH 84001, который был отколот астероидом от Марса примерно 4 млрд лет назад (рис. 21). Но на льды Антарктиды этот метеорит упал только 10 тыс. лет назад. Интересно, что на его поверхности были обнаружены окаменелые микроскопические структуры, которые могли быть бактериями, жившими на Марсе миллиарды лет назад, когда там еще, возможно, была жидкая вода (рис. 22). ALH 84001 уникален, поскольку остальные метеориты с Марса, найденные на Земле, уже не относятся ко времени возможного существования на нем воды и бактерий.

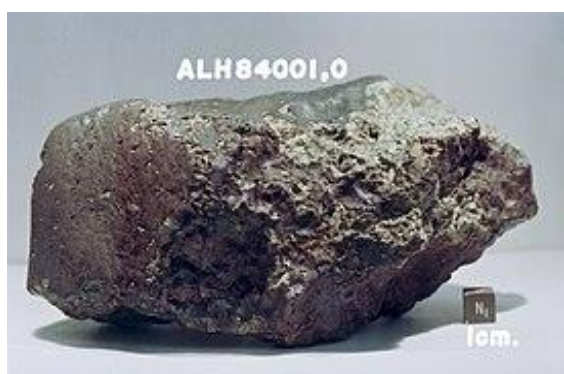


Рис. 21. Метеорит ALH 84001 марсианского происхождения, найденный в Антарктиде [29]

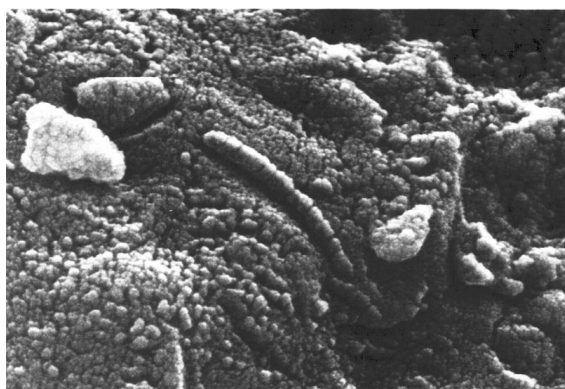


Рис. 22. Поверхность метеорита ALH 84001 марсианского происхождения под сканирующим электронным микроскопом. Видны структуры, напоминающие бактерии [29]

Современная жизнь в Антарктиде

В геотермальных подледных озерах Антарктиды, как уже упоминалось, встречаются микроорганизмы. В поверхностных пресноводных озерах прибрежных антарктических оазисов обитают не только бактерии, но и сине-зеленые водоросли, круглые черви, веслоногие рачки, дафнии. Иногда залетают птицы (буревестники и поморники).

Живые организмы на лишенных льда и снега участках представлены в основном лишайниками, сильно угнетенными мхами, обычно не образующими сплошного покрова, водорослями и бактериями.

На более теплом Антарктическом полуострове встречаются не только бактерии, водоросли, лишайники и мхи, но и грибы, папоротникообразные и цветковые растения (рис. 23, 24), правда последних имеется только 2 вида – луговик антарктический и колобантус кито. В результате глобального потепления на этом полуострове начала активно формироваться тундра. Возможно, через 100 лет там появятся первые деревья.



Рис. 23. Лишайники, мхи и цветковые растения Антарктиды [48, 58]



Рис. 24. Красный снег в Антарктиде от принесенных ветром водорослей [48]

На побережье материка и в водах вокруг него (рис. 25) обитают пингвины, альбатросы, буревестники, поморники, крачки, капские голубки, ржанки, бакланы, тюлени, морские леопарды, морские слоны, синие киты, рыбы, кальмары, крабы и другие ракообразные, морские лилии, морские звезды, морские «пауки», гребневики, голотурии, ногохвостки, многощетинковые черви, губки и др. Все значимые пищевые цепи

прибрежных экосистем начинаются в океанических водах, богатых зоопланктоном (прежде всего крилем).



Рис. 25. На побережье Антарктиды и в водах вокруг него обитают морские млекопитающие, пингвины, прочие птицы, а также множество исключительно морских обитателей [24]

Интересно, что в Антарктиде обитает и единственное полностью сухопутное животное. Это насекомое, характерное только для этих мест, – бескрылый антарктический комар-звонец, питающийся бактериями и водорослями. Жизненный цикл этих комаров длится около года, перезимовывают их личинки и куколки. Личинки обитают во мху, между корней трав, в почве в трещинах скал, в птичьих гнездах, под покровом снега, в мелких водоемах с зелеными водорослями и даже на телах пингвинов.

-

Во второй части статьи мы расскажем о вулканах, которыми, как ни странно, богат белый континент.

Источники

1. adme.ru/svoboda-puteshestviya/9-tajn-kotorye-skryvaet-samyj-zagadochnyj-kontinent-zemli-antarktida-1914365/.
2. al-shell.ru/antarktida-zagadki-i-tajny/.
3. antarcticglaciers.org/glacial-geology/antarctic-ice-sheet/subglacial-volcanoes/.
4. arktika-antarktida.ru/gory-vostochnoj-antarktidy.shtml.
5. auroraexpeditions.com.au/blog/active-volcanoes-in-antarctica/.
6. awesomeworld.ru/udivitelnye-mesta/vulkan-erebus-v-antarktide.html.
7. biletik.aero/handbook/blog/8-tayn-kotorye-skryvaet-antarktida/.
8. bugaga.ru/interesting/1146778215-top-10-interesnye-fakty-pro-antarktidu-kotorye-dolzhen-znat-kazhdyj.html.
9. climate.nasa.gov/blog/2982/fire-and-ice-why-volcanic-activity-is-not-melting-the-polar-ice-sheets/.
10. cont.ws/@sicomoro/798008.

11. eco-cosm.com/articles/globalno/kak-formirovalsya-oblik-zemli-ot-pangei-k-shesti-materikam-i-obratno?p=2.
12. elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/435092/Vostok_i_ego_obitateli.
13. express.co.uk/news/science/1359271/antarctica-volcanoes-wake-up-earth-climate-change-sea-level-rise-spt.
14. express.co.uk/news/science/1359271/antarctica-volcanoes-wake-up-earth-climate-change-sea-level-rise-spt.
15. gazeta.ru/science/2017/08/14_a_10830974.shtml.
16. geosfera.org/antarktida/2697-erebus-vulkan.html.
17. izverzhenie-vulkana.ru/2017/02/zagadochnyj_vulkanizm_antarktidy.html.
18. izverzhenie-vulkana.ru/2017/12/vulkanicheskij_ostrov_deseptshen_antarktida.html.
19. liveinternet.ru/community/2443541/post77182030.
20. mountain.ru/world_mounts/antarktida/.
21. mypresentation.ru/documents_6/849b07a8968d87acd9eaf815a1658276/img3.jpg.
22. nat-geo.ru/science/v-antarktide-nashli-sledy-drevnego-tropicheskogo-lesa/.
23. nationalgeographic.com/news/2013/11/131118-antarctica-volcano-earthquakes-erupt-sea-level-rise-science/.
24. pixabay.com/ru/.
25. plate-tectonic.narod.ru/volcanoantarktidaphotoalbum.html.
26. profile.ru/news/scitech/uchenye-predupredili-ob-opasnosti-probuzhdeniya-bolee-stavulkanov-antarktidy-430602/.
27. pub.wikireading.ru/43387.
28. restinworld.ru/stories/antarctica/5317/1.html.
29. ru.wikipedia.org/wiki/ALH_84001.
30. ru.wikipedia.org/wiki/Амундсен-Скотт.
31. ru.wikipedia.org/wiki/Антарктические_оазисы.
32. ru.wikipedia.org/wiki/Антарктида.
33. ru.wikipedia.org/wiki/Belgica_antarctica.
34. [ru.wikipedia.org/wiki/Восток_\(антарктическая_станция\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Восток_(антарктическая_станция)).
35. ru.wikipedia.org/wiki/Десепшен.
36. ru.wikipedia.org/wiki/Катастрофа_DC-10_в_Антарктиде.
37. [ru.wikipedia.org/wiki/Мак-Мердо_\(антарктическая_станция\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Мак-Мердо_(антарктическая_станция)).
38. [ru.wikipedia.org/wiki/Сидли_\(гора\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Сидли_(гора)).
39. ru.wikipedia.org/wiki/Список_вулканов_Антарктики.
40. ru.wikipedia.org/wiki/Шоссе_Мак-Мердо_—_Южный_полюс.
41. ru.wikipedia.org/wiki/Эребус.
42. rutraveller.ru/compilation/357.
43. scar.org/science/antvolc/home/.
44. sciencenewsforstudents.org/article/giant-volcanoes-lurk-beneath-antarctic-ice.
45. severnymayak.ru/2020/01/28/200-let-so-dnya-otkrytiya-antarktidy-cto-my-uznali-osamom-xolodnom-materike-zemli/.
46. shkolazhizni.ru/world/articles/96068/.
47. sibved.livejournal.com/228304.html.
48. sprint-olympic.ru/uroki/geografija/117216-rasteniia-antarktidy-opisanie-nazvaniia-i-osobennosti-harakternyh-predstavitelei.html.
49. svastour.ru/articles/dostoprimechatelnosti/gory/gory-antarktidy.html.

50. svetan-56.livejournal.com/2211775.html.
51. tainaprirody.ru/mesta/vulkan-erebus#i-3.
52. tainoe.info/uchenye-ssha-obnaruzhili-podo-ldami-antarktidy-deystvuyuschiy-vulkan.html.
53. therussiantimes.com/nauka/377245.html.
54. touristam.com/vulkan-erebus.html.
55. versia.ru/v-snegax-antarktidy-skryvayutsya-vulkany-sposobnye-vyzvat-klimaticheskuyu-katastrofu-na-nashej-planete.
56. vulkania.ru/interesnyie-fakty/vulkan-desepshen-zagadka-antarktiki.html.
57. wdcb.ru/WDCB/IPY/Antarctic_vlc.ru.html.
58. yandex.ru/turbo/fb.ru/s/article/139267/rasteniya-antarktidyi-obzor-i-harakteristika-antarkticheskoy-floryi.
59. yandex.ru/turbo/fb.ru/s/post/destinations/2019/12/25/171322?utm_source=turbo_turbo.
60. yandex.ru/turbo/nplus1.ru/s/news/2017/11/03/ozone-hole.
61. yandex.ru/turbo/ribalych.ru/s/2017/01/15/krutye-fakty/.
62. yandex.ru/turbo/vcentre.net/s/nauka/antarktida/vulkany-antarktidy-skrytaya-opasnost-dlya-chelovechestva.
63. zelv.ru/interesnye-fakty/87344-10-samyh-neveroyatnyh-zhivyh-suschestv-obitayuschih-v-antarktide.html.