

Климатические и геологические последствия падения крупных астероидов в море Росса (Антарктика)

Л.П. Хрянина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
119992 Москва, Ленинские горы, д. 1, ГСП-3

Открытие крупных кратеров в море Росса впервые дает возможность обоснованно судить об их воздействии на природу планеты Земля и определять их ближние и дальние последствия.

Как известно, 40 миллионов лет назад, как и теперь, Антарктида была на южном полюсе. Однако там росли леса и был богатый животный мир. Это связано не только с тем, что на Земле было теплее, но и с тем, что материк омывался тропическими водами трёх океанов – имел как бы три мощных Гольфстрима. Атлантика и Тихий океан разделялись цепью островов южнее Южной Америки (Рис. 1). 38 миллионов лет назад, при падении крупного астероида в море Росса, ударная волна¹ колоссальной мощности инициировала землетрясение и сдвиг по широтному трансформному разлому севернее Антарктического полуострова. В этот момент активизировался спрединг в рифте Чили [1], и открылся пролив Дрейка.

Волна цунами после импакта, идя на восток от моря Росса, подгонялась вращением Земли, т.е. получала дополнительную скорость. Этот гигантский импульс и завел впервые пружину Циркумантарктического течения, существующего и поныне. В результате Антарктида была изолирована от тропических вод. Этому моменту соответствует климатический порог и вымирание биоты. Началось похолодание, а затем горное и материковое оледенение. Согласно общей сводке Дж.П. Кеннетт (1977), похолодание в океане двигалось к северу со средней скоростью 2-3 см/год. Эта скорость установлена по смене кальцитовых микрофауны более холодостойкой – кремневой, а также по соотношениям $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ во многих сотнях скважин в Южном океане.

С этого момента мы прослеживаем последовательность геологических событий в море Росса..

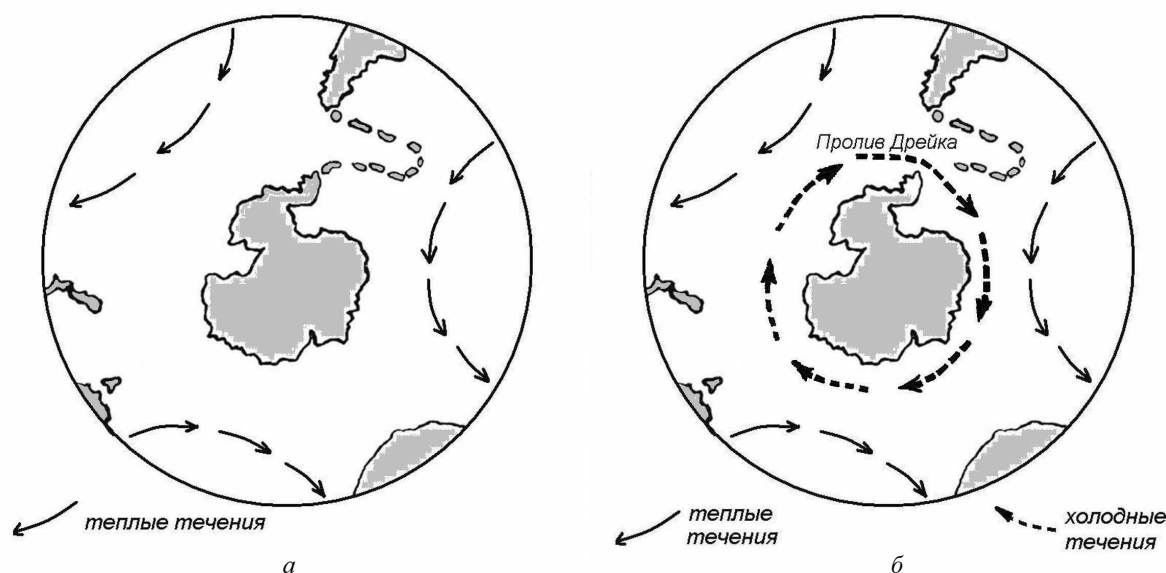


Рис. 1. Течения в Южном океане до (а) и после 38 млн. лет назад (б)

¹ Сейсмические волны, образующиеся при землетрясениях или вулканических извержениях, имеют определенную скорость характерную для каждого типа горных пород. Ударная – импактная волна на много порядков мощнее и имеет большую скорость, не зависящую от типа пород.

Геологическая история региона моря Росса

Первыми море Росса посетили русские парусные суда под командой М.П. Лазарева и Ф.Ф. Беллингаузена в 1848 г. В наше время одной из самых густонаселенных станций (более 1000 человек персонала) стала американская Мак-Мёрдо (Рис. 2).

Наиболее важными для познания геологии и гляциологии моря Росса явились 28-й рейс DSDP («Гломар Челленджер»); площадные сейсмические работы на ледовом шельфе (Rabinovich et al (1977) и геоморфологическая работа доктората МГУ С.М. Мягкова (1967-68 гг.).

Регион моря Росса географически и структурно можно разделить на три основные части:

1. Метеоритный кратер Росс и окружающая его система грабенов на шельфе.
2. Система структур метеоритного кратера Бауэрс.
3. Трансантарктические горы.

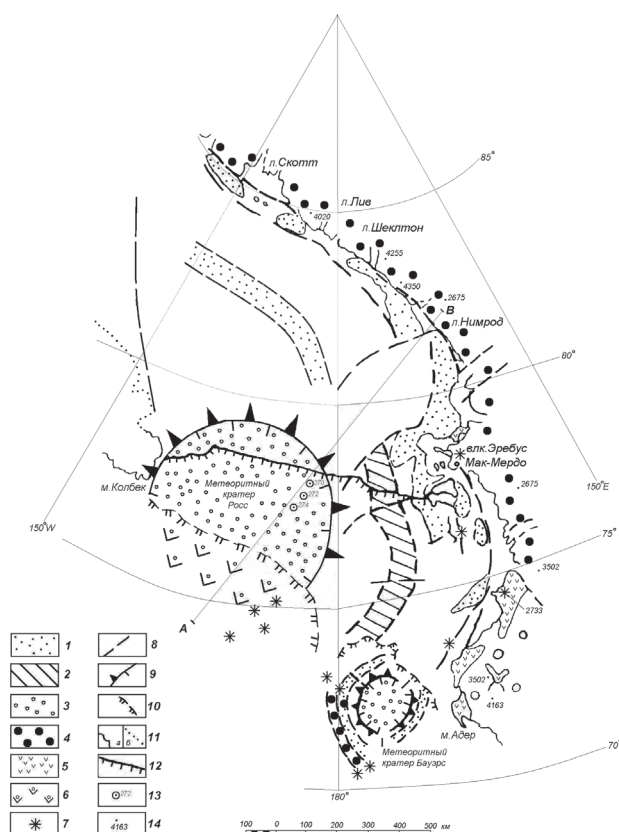


Рис. 2. Схема морфоструктур моря Росса. 1 – активные грабены; 2 – мертвые грабены; 3 – дно метеоритных кратеров; 4 – горсты; 5 – базальтоиды (N₂ – Q); 6 – базальтоиды (P₃); 7 – вулканы; 8 – разломы; 9 – границы метеоритных кратеров; 10 – бровка шельфа; 11 – открытая (а) и подледная (б) береговая линия; 12 – граница шельфового ледника; 13 – скважины DSDP; 14 – отметки абсолютных высот вершин

Система структур метеоритного кратера Росс

Метеоритный кратер Росс (координаты центра 77,5 S, 178,5 E, D ≈ 600 км, Рис. 2) представляет собой блюдцеобразную выемку в кристаллическом фундаменте Антарктической литосферной плиты, которая ранее считалась осадочным бассейном [2]. Однако раздробленность пород на всей площади дна и другие признаки, а затем находка в керне скважины № 270 аутигенной и аллогенной брекчий, а также прожилков импактного стекла с рудными шариками убедили нас в метеоритном происхождении этой депрессии. Она почти заполнена осадками и окружена с юга и запада пологим валом (банки Айлин, Пеннелл и

о. Рузвельта). На востоке вал не прослеживается. Это, по всей вероятности, связано с крупным разломом, разделяющим Западную и Восточную Антарктида. К востоку от разлома (берег Эйтса) структуры и вулканизм резко отличаются от структур моря Росса [3].

На севере кратера Росса, вдоль края Антарктической плиты, образовано шовное вулканическое поле олигоценовых базальтов, у северной границы которого, по сейсмическим данным DSDP, находится фрагмент вала (см. Рис. 3).

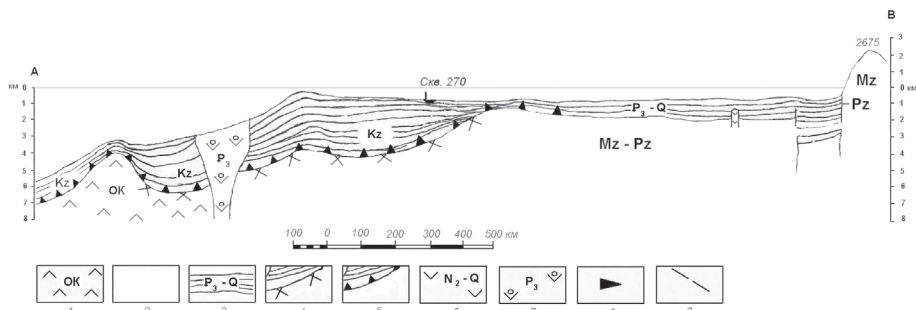


Рис. 3. Геологический разрез через море Росса. 1 – океаническая кора; 2–3 – континентальная кора (2 – Pz – Mz; 3 – P₃ – Q); 4 – аутигенная брекчия; 5 – аллогенная брекчия; 6–7 – базальтоиды (6 – N₂ – Q, 7 – P₃); 8 – оползни; 9 – разломы

К югу от кратера Росса площадными сейсмическими работами закартирована система активно прогибающихся концентрических грабенов, которая оконтуривается прибрежным разломом и сопряженным с ним грабеном (или желобом).

Наиболее представительный стратиграфический разрез внутри кратера Росса вскрыт скважиной № 270 DSDP. В основании разреза залегают мраморы с многочисленными зияющими трещинами микросброса шириной почти 1 м и прожилками оранжевого под микроскопом импактного стекла. Эти породы представляют собой типичную для метеоритных кратеров донную – аутигенную брекчию. Большой объем трещин (до 20% общего объема) является причиной аномально малой сейсмической скорости в породах дна кратера.

Перекрывающая известняки аллогенная брекчия – упавшие после импакта раздробленные породы – типична для метеоритных структур и содержит обломки горных пород с признаками ударного метаморфизма (шок-метаморфизма)².

Аллогенная брекчия выветривалась на суше, в условиях гумидного климата. Она перекрывается тонким горизонтом глауконитовых алевролитов со следами ходов прибрежной донной фауны. Абсолютный возраст глауконита 26 млн. лет. Глауконит – минерал, образующийся в условиях прохладных морей. Следовательно, через 12 млн. лет после импакта Росса в море Росса еще не было ни оледенения, ни полярного климата.

Выше по разрезу вскрыто почти 400 м песчано-олевролитовых пород с признаками размыва, по крайней мере, на четырех интервалах.

Присутствие во всей толще верхнемиоценовой фауны показывает, что шельфовые осадки неоднократно подвергались размыву и переотложению (каждый последующий размыв мог уничтожить следы предыдущих), и с действительным возрастом пород необходимо еще разбираться, прежде всего, биостратиграфам. Верхний 20-метровый горизонт осадочной толщи – диатомовый ил – с угловым несогласием ложится на подстилающие породы, а в подошве его диатомеи перекристаллизованы в кристобалит [4]. Этот горизонт – четкий отражатель сейсмических волн – прослеживается по всему шельфу.

Возраст кратера Росса определяется из следующих данных: на рубеже P₂/P₃ (38 млн. лет назад) во многих регионах планеты отмечены пики аномалий содержаний J_r [5 и др.].

² Шок-метаморфизм – специфические изменения минералов и горных пород при прохождении ударной волны.

В самом кратере (скв. 270) определен абсолютный возраст глауконитового алевролита над аллогенной брекчией – 26 млн. лет. Олигоценные базальты на севере кратера Росс (см. выше) – очевидно, свидетельствуют о преолигоценном возрасте кратера.

Система структур метеоритного кратера Бауэрс

На вышедшей в свет в 1985 г. новой батиметрической карте непосредственно под материковым склоном западной части Росса видна кратерообразная структура, окруженная дуговыми грабенами с вулканами в них. Многочисленные сейсмакустические и гравиразведочные профили, проведенные в 28-м рейсе DSDP, позволили отрисовать кратер (Рис. 4) с $D =$ около 200 км, координаты центра 71,2 S, 176 E, видимая глубина 800 м, мощность заполняющих осадков 3200 м, мощность осадков на валу 500 м. Геофизические данные обнаруживают типичные для метеоритных структур признаки – отрицательные гравияномалии -40 - 30 mGal над кратером и грабенами, и положительные, интенсивностью над валом и горстом юго-восточнее $+20$ - 40 mGal [6].

Геологи 28-ого рейса DSDP установили в море Росса ряд признаков непонятной катастрофы на рубеже 5 млн. лет назад. На этом рубеже в море было одномоментно смыто 850 м осадков по мощности. Породы под поверхностью размыва были уплотнены, смяты в складки на глубину 50 м и размагничны на два порядка. Море Росса было очищено ото льда. По расчетам М.Я. Квасова и Д.Д. Вербицкого [7] на востоке моря образовались сёрджи – ледопады – и затем дезинтегрировался ледяной щит Антарктического полуострова. Вся эта масса льда хлынула в Южный океан, в результате чего граница айсбергового разноса и граница кремневой фауны скачкообразно сдвинулась к северу на 300 км. Все перечисленные признаки катастрофы не позволяли отнести ее ни к одному из известных ранее типов геологических процессов, и геологи DSDP назвали эту катастрофу «главным седиментационным событием».

На профиле (Рис. 4) отражаются типичные черты структуры метеоритного кратера, окруженного концентрическими дуговыми грабенами [8].

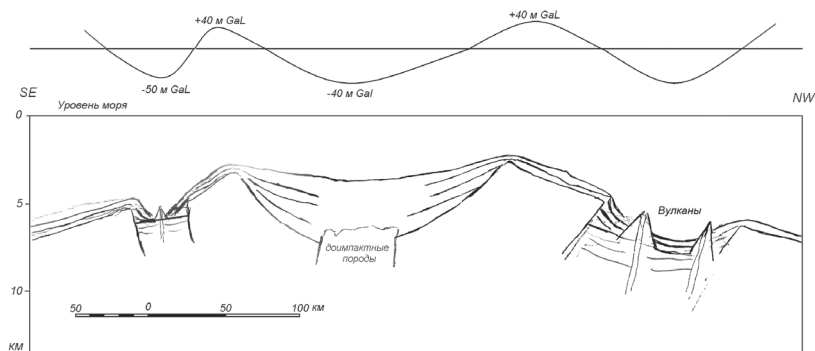


Рис. 4. Разрез через кратер Бауэрс (по данным DSDP)

Для метеоритного кратера Бауэрс имеются морфологические (вал и воронка, частично заполненная осадками), структурные (концентрические грабены) и гравиразведочные признаки, но отсутствуют признаки вещественные. Поэтому метеоритный кратер Бауэрс относится к предполагаемым метеоритным структурам. Его морфологическая свежесть свидетельствует о его молодом возрасте. Мы считаем, что импакт Бауэрс и был причиной катастрофы, названной «главным седиментационным событием». При такой трактовке все признаки катастрофы получают логичное объяснение – ударное размагничивание, взлом ледового шельфа, дезинтеграция Западно-Антарктического щита и т.д.

Цунами после импакта Бауэрс отложила смытые на шельфе осадки со смешанной по возрасту фауной вдоль Антарктического п-ва и на западных склонах Шетландских островов, а также в Трансантарктических

горах, где американские геологи называют эти породы формацией Сириус и считают «сухой мореной». Высота цунами была не менее 700 м. В настоящее время формация Сириус в Трансантарктических горах залегает на высотах более 2700 м.

Кратер Бауэрс – это первый случай, когда время импакта датируется с такой большой точностью, что дает возможность выяснить региональные и глобальные последствия импакта.

Трансантарктические горы

Трансантарктические горы оконтуривают с запада море Росса. Если поставить на карте иголку циркуля в центр кратера Росса, то циркуль опишет береговой разлом – береговую линию моря, со сдвигом в районе станции МакМёрдо. Береговой разлом по структуре представляет собой взброс или односторонний горст с серией оползневых блоков к побережью (Рис. 5).

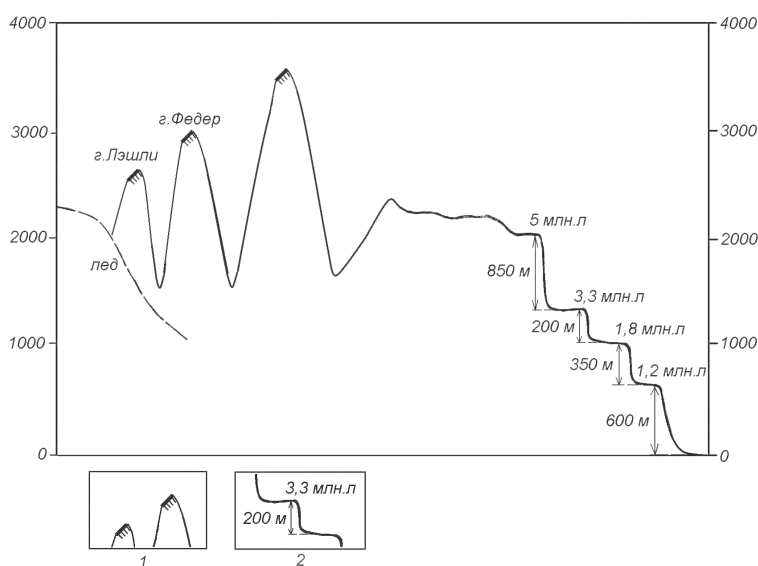


Рис. 5. Профиль Трансантарктических гор в районе Мак-Мердо. 1 – реликты пенеplена на вершинах; 2 – относительные высоты террас в долине Феррара и возраст морской фауны на них

Геологическая история Трансантарктических гор

Геологическая история Трансантарктических гор делится на четыре этапа: палеозойский, мезозойский, раннекайнозойский и новейший – плиоцен – четвертичный [9].

В основании доплиоценового разреза залегают рифейские и нижнепалеозойские породы – метаморфизованные палеозойские известняки, сланцы и грауваки, пронизанные преимущественно гранитоидными интрузиями. Последующая девонская пенеplенизация привела к образованию погребенного пенеplена Кукри. Более поздние, горизонтально залегающие толщи преимущественно песчаники и конгломераты, объединяемые в свиту Бикон мощностью до 3 км. В середине мезозоя в осадочные породы были внедрены многочисленные силлы долеритов Феррар (трапповой формации). Общая мощность долеритов Феррар составляет около 20% свиты Бикон. Один из силлов внедрился вдоль поверхности пенеplена Кукри.

Терригенные мезокайнозойские породы, с середины миоцена – ледниковые, залегают на суше на останцах пенеplенизированных поверхностей или связаны с ледниковым выносом.

Свидетельствами мезокайнозойского этапа являются высокие горные вершины с реликтами пенеplенов. С середины миоцена (по разным авторам, от 17 до 12 млн. лет назад) происходило формирование материкового оледенения. [К началу плиоцена (5 млн. лет назад) на западном побережье моря Росса существ-

вовала холмистая поверхность, пересекаемая выводными ледниками, а само море, до бровки шельфа, было покрыто плавучим шельфовым ледником, подпиравшим ледниковый щит Западной Антарктиды].

Новейшая история Трансантарктических гор

До 5 млн. лет назад до импакта Бауэрс на западном побережье моря Росса была холмистая поверхность с выводными ледниками у берега. При импакте Бауэрс краевая часть материкового льда была удалена, и освобожденный от тяжести льда берег был взброшен вдоль берегового концентрического разлома на высоту 850 м. Какое-то время (0,8 млн. лет по С.М. Мягкову), при межледниковье, здесь была суша. На это указывает присутствие пресноводных диатомей в плиоценовых осадках, присутствие которых американские геологи объясняют появлением предполагаемых пресноводных озер в районе Пенсакола.

В наше время западный берег моря Росса представляет собой обрывистый склон с рядом ступеней оползневых блоков (Рис. 5). В районе станции МакМёрдо у верха склона сохранился ряд реликтовых долин выводных ледников, называемых Сухими Долинами. Сухая долина Феррару была обследована тогдашним докторантом МГУ, С.М. Мягковым. Оказалось, что на верхней террасе долины, на абсолютной высоте более 2000 м, находится морская фауна возраста 5 млн. лет (см. Рис. 5). Более низкие террасы содержат фауну соответственно, возраста 3,3; 1,8; 1,2 млн. лет. (см. Рис. 5). Каждая терраса выработывалась длительное время. Резкие ступени могли образовываться лишь в том случае, если подъем блока происходил резким толчком. Поэтому датировка фауны террас дает датировку тектонических стрессов, т.е. землетрясений, приводивших к импульсам поднятия гор.

При сопоставлении морских и наземных материалов выяснилось, что рубеж 5 млн. лет знаменуется признаками катастрофы, связанной с импактом Бауэрс. Возраст 3 млн. лет имеют щелочные лавы у подошвы вулкана Эрбус, приуроченного к радиальному разлому, сдвинувшему береговой разлом. Дж. Кеннетт указывает для рубежа 3 млн. лет назад резкое похолодание в Южном океане, «усиление донных течений» и смену фауны – аналогично всему, что сопутствует и следует за импактом Бауэрс. Скорее всего этот стресс был вызван метеоритным взрывом в Южном океане.

Возраст 1,8 млн. лет имеют лавы вулканов в северной части Трансантарктических гор. Рубеж 1,2 млн. отмечен в море Росса (по буровым и геофизическим материалам), размывом и угловым несогласием, причем, в подошве 20-метрового верхнего горизонта диатомовых илов отбивается тонкий слой кристаболита – перекристаллизованных раковин диатомей.

О причинах поднятия Трансантарктических гор

Известно, что шельфы Антарктиды имеют необычно большую глубину от давления покровного льда, а бровки их подняты, подобно блину, прижатому сверху крышкой. Очевидно, тот же эффект прослеживается в Трансантарктических горах – это четко видно по высотам вершин с реликтами пенеплена, растущим к берегу (см. Рис.5). Вблизи основного материкового ледника уровень земной поверхности близок к уровню моря. Вместе с тем, С.М. Мягков подчеркивает, что гряда наибольших высот – хребет Роял Сосайти – находится не у берегового разлома, а отступя от него километров на 150. Он объясняет этот подъем поднятием расплавленного мантийного вещества – астеносферы. Очевидно, что это – наиболее реалистичное объяснение.

Фаунистические данные неопровержимо доказывают, что подъем и образование Трансантарктических гор начался лишь 5 млн. лет назад, и притом – по концентрическому разлому импактной системы Росс, вопреки имевшемуся мнению, что возраст гор - палеозойский (более 300 млн. лет).

Причины поднятия трансантарктических гор – во-первых, реакция на ледовую нагрузку материка – подобно шельфам, во-вторых – подток мантийного вещества. Последнее ясно из того, что в жерле вулкана Эрбус (см. Рис. 2) постоянно кипит жидкая лава, что связано с подтоком водорода из мантии.

В свете имеющихся фактов история поднятия Трансантарктических гор рисуется следующим образом. При взломе ледового щита от импакта Бауэрс западное побережье моря Росса, освобожденное ото льда, скачком поднялось на 850 м. вдоль берегового разлома. Это вызвало подъем вещества астеносферы. В дальнейшем было еще три импульса подъема – 3,3; 1,8 и 1,2 млн. лет назад. Причиной последнего было, по-видимому, падение в океан астероида западнее моря Росса. Причины остальных неясны.

Об эволюции климата Южного полушария

Как уже сказано, до конца эоцена климат в Антарктиде был умеренный. 38 млн. лет назад, после импакта Росс, климат похолодал (от +12 до +4°C – среднегодовая температура). 38 и 5 млн. лет назад – даты образования метеоритных кратеров. Образование каждого из них сопровождалось климатическим порогом (во втором случае доказано, что он был геологически мгновенным) и вымиранием фауны.

П. Кеннетт установил, что от рубежа эоцен/олигоцен прослеживается тренд похолодания, которое двигалось от материка на север со средней скоростью 2-3 см/год. На этом фоне Д. Кеннетт указывает еще климатические пороги возраста 38; 25; 12 и 5 млн. лет (более поздние мы здесь не описываем). Все они датируют границы стратиграфических таксонов: P₂/P₃; Pg/N₁ и N₁/N₂. Все эти границы фиксированы по вымираниям и смене биот.

Два из этих рубежей синхронны и причинно связаны с метеоритными ударами – 38 и 5 млн. лет. Логично предположить, что и остальные имеют ту же причину.

Характер эволюции климата после момента 38 млн. лет назад связан уже с земными следствиями этого удара.

В настоящее время установился постоянный режим: над материком стоит купол холодного воздуха. Теплый воздух из тропиков, подходя к Антарктиде, поднимается вверх, охлаждается в стратосфере и опускается к океану в виде стоковых ветров. Таким образом, Антарктида работает как насос планетарного масштаба, нагнетающий космический холод к поверхности нашей планеты.

О тепловой истории импактных кратеров моря Росса

Немногие факты, которые известны об остывании кратеров, позволяют сделать некоторые, пока предварительные, выводы.

Кратер Росс охлаждался сначала в условиях прохладного климата (на что указывает присутствие глауконитового горизонта). Уже после начала похолодания палеонтологи определяют присутствие в осадках *Globigorina triloba*, вида, который не мог существовать в полярных условиях высоких широт и предполагают, что появление ее связано с загрязнением пробы. Мы полагаем, что существование этого вида связано с тем, что в воронке кратера Росс в то время (через 14-15 млн. лет после его образования) существовали условия теплого моря. Но к 5 млн. лет назад море Росса до бровки шельфа покрывал плавучий шельфовый ледник.

Кратер Бауэрс (возраст 5 млн. лет) охлаждался значительно быстрее, но и теперь, через 5 млн. лет после импакта, гидрологические промеры выявили округлый «залив» субантарктических (сравнительно теплых) вод над кратером, однако, неизвестно, каков вклад в это тепла от вулканизма в концентрических грабенах вокруг кратера.

Заключение

Изолированное положение Антарктиды дает возможность разобраться во многих соотношениях, и в последствиях метеоритных ударов в том числе.

Последствия крупных метеоритных ударов разнообразны и разномасштабны. Часть из них проявляется сразу после импактного события, другие проявляются со временем, третьи являются следствием импакта

при определенных земных условиях. Описанные выше факты дают возможность сделать ряд заключений по геологии – региональной и глобальной, об изменении трендов эволюции климата, а также выводы более общего порядка. Некоторые из выводов представлены ниже.

В море Росса открыты первые крупные морские метеоритные структуры – Росс и Бауэрс. Кратер Росс представляет собой плоскодонную выемку в фундаменте Антарктической материковой плиты глубиной 4 км. В керне скв. 270 DSDP зафиксирована аллогенная брекчия. Аутигенная брекчия прослежена на всей площади дна с признаками шок-метаморфизма, импактное стекло с рудными каплями – видимо, вещество расплавленного метеорита. Эти признаки дают возможность считать кратер Росс доказанной метеоритной структурой.

Непосредственным следствием импакта Росс был сдвиг по разлому, открывший пролив Дрейка: образование Циркумантарктического течения, заложение концентрических разломов вокруг кратера, а в глобальном масштабе ему сопутствовало вымирание биоты и смена комплекса видов P_2 на фауну P_3 . Дальние последствия – постепенное похолодание и материковое оледенение.

Кратер Бауэрс открыт нами по данным геофизических профилей DSDP и признакам геологической катастрофы, выявленным в море Росса. Кратер имеет морфологические, структурные и геофизические признаки, но для него неизвестны признаки вещественные, в силу чего он должен быть отнесен к предполагаемым метеоритным структурам.

Мгновенное региональное воздействие импакта Бауэрс видно по прямым геологическим фактам – глубокому (800 м) размыву, приповерхностной складчатости, ударному размагничиванию пород на шельфе моря Росса, выносу льда в океан, быстрому отскоку на 300 км к северу границы Si-фауны, активизации концентрических разломов системы Росс и мгновенному подъему западного побережья моря Росса на 850 м по береговому разлому.

Цунами после импакта Бауэрс забросила смытые осадки на высоту не менее 700 м., и, следовательно, была раз в 20 более грозной, чем недавняя, унесшая более 300 000 человеческих жизней в Индонезии. Цунами импакта Росс, а, тем более, катастрофы 65 млн. лет назад были, несомненно, значительно мощней.

Из приведенных фактов видно, что крупные импакты были причиной вымирания и смены фауны, т.е. границ и стратиграфических таксонов. Кратер Росс – на границе отделов палеогенового периода, кратер Бауэрс – на границе более дробных подразделений. Материал по северному полушарию подтверждает вымирание биоты (хотя и не такого масштаба, как 65 млн. лет назад). Пока остается неясным вопрос, является ли это глобальное вымирание следствием одного удара, или суммарным результатом сближенных во времени импактов.

Если кратер ранга 500-600 км дал границу отделов, то катастрофа на границе мезозоя и кайнозоя (65 млн. лет назад) должна быть связана с кратером, возможно, диаметром две тысячи километров или более. Искать его надо, вероятно, в Тихом или Индийском океанах, а его признаки должны отличаться от известных нам признаков импактных структур более низких рангов [8]. При этом волна цунами могла достигнуть высоты не 10^2 м, а порядка 1000 м. и более, хотя она, конечно, должна была быстро затормозиться на материках.

П. Крживский [10] приводит модельные расчеты для удара астероида $V=20$ км/с, $D = 10$ км в океан глубиной 5 км; кинетическая энергия удара $10^{30}-10^{31}$ эрг. При этом, как общеизвестно, получается подобие «ядерной зимы». Основание грибовидного облака будет иметь поперечник порядка 10^3 км, а высота – до 100 км. Часть воды цунами вернется в океан. Водяные пары в атмосфере вызовут катастрофические ливни и наводнения, которые будут идти сравнительно недолго – до нескольких десятков лет. Водяные пары в стратосфере и ионосфере создадут длительный парниковый эффект, т.к. будут задерживать тепловое излучение Земли. Температура тропосферы и земной коры под облачным одеялом повысится на десятки градусов. При формировании грибовидного облака произойдет образование грозных облаков, молний и пульсирующих токов. Последует довольно короткое охлаждение земной поверхности (порядка десятков лет) из-за экранирования солнечных лучей, выпадения дождей и снега. Затем наступит период влажного

теплого климата, продолжительностью до сотен тысяч лет. В промежутках между такими катастрофами будет более сухой и холодный климат.

С этой моделью вполне согласуется существование прекрасного теплого климата начала палеогена, (т.е. после импакта 65 млн. лет назад), при котором у полюса – в Антарктиде – росли леса, но длительность теплого периода была намного больше, чем указывает Крживский.

На основе геологических фактов, полученных в море Росса, можно сделать некоторые поправки к модельным выводам П. Крживского. Во-первых, в океанической коре вряд ли может образоваться переходный кратер в несколько десятков километров глубиной, т.к. мощность океанической коры 6-10 км. Вещество мантии под ней немедленно расплавится, и произойдет внедрение мантийного материала. При мощности сиалической земной коры 20 км, кратер Росс имеет глубину 4 км, и только на краевом шве Антарктической плиты образовано вулканическое поле шовного типа. Это свидетельствует о большой прочности коры. Далее, знаменателен факт, что вскоре после импакта Бауэрс в море Росса началось межледниковье, которое продолжалось 0,8 млн. лет, после чего снова наступили суровые условия оледенения. Это указывает на быстрое восстановление климатических условий после импакта.

По современным расчетам астрономов, удары астероидов диаметром порядка 1 км могут происходить каждые несколько миллионов лет. Астероиды порядка 10 км – каждые 60-100 млн лет. Если брать срок с 38 млн. лет, то вероятность падения крупного астероида на Землю в наше время возрастает с каждым днем. Мы полагаем, что необходимо создание общепланетной системы слежения за ближним космосом и постоянная готовность баллистических ракет, которые могли бы отклонить или разбомбить подлетающий астероид.

Литература

1. *Tebbens S.F. et al.* The Chilic Ridge: a tectonic framework // *J. Geoph. Res.*, 1997. V. 102. No. 36.
2. *Davey F.J., Houtz D.* Sedimentations basines in the Ross Seg Antarctica // *Geol. and Geoph. Journ.*, 1982. V. 25. No. 2.
3. *Лонатин Б.Г., Поляков М.М.* Геология З. Мэри Бэрд и берега Эйтса // М.: Наука, 1976.
4. Initial reports of DSDP. Leg. 28. 1975.
5. *Alvarez W., Azaro F. et al.* Iridium anomaly approximately synchronous with terminaly eocene extinction // *Science*, 1982. V. 216.
6. *Дабижка А.И., Федьинский.* Геофизическая характеристика метеоритных кратеров // *Магнитные структуры на поверхности планет.* М.: Наука, 1979.
7. *Вербицкий М.Я., Квасов Д.Д.* Причины оледенения Антарктиды // *Антарктика в. 19.* 1980.
8. *Хрянина Л.П.* Метеоритные кратеры на Земле // М.: Недра, 1987.
9. *Мяжков С.М.* Антарктида: прошлое и будущее оледенения // М.: Изд. МГУ, 1989.
10. *Крживский П.* Теории удара астероида о земной океан и связанные с этим явления // 27 Междун. геол. конгресс. Секция С.19. Сравнительная планетология. 1984.
11. *Kennett G.P.* Cenozoic evolution of Antarctic glaciation, the Circum-Antarctic Ocean and their impact of global palaeo oceanography // *Joun. Geoph. Res.*, 1977.V. 82. No. 27.
12. *Urey H.C.* Cometary collisions and geological periodes // *Nature*, 1973. V. 242.
13. *Webb P.N., Haarwood D.M. et al.* Late Neogene and older Cenozoic microfossiles in high elevation deposites in Transantarctic Mountines: evidence of marine sedimentation on the East Antarctic craton // *Antarct. Journ. of USA*, 1983. V. 18. No.5.
14. *Vanney J.K. et al.* Geomorphology of the Ross Sea and adjasent oceanic provinces // *Marine geol.*, 1981. V. 14. No. 2.