

Введение

∞ Одно из самых захватывающих изображений, сделанных в XX в., — фотография восхода Земли, снятая космонавтом с лунной орбиты в 1968 г. Мы всегда знали, как уникален и прекрасен наш мир: Земля — единственная известная планета с океанами, насыщенной кислородом атмосферой и жизнью. Тем не менее многие оказались не готовы к столь потрясающему контрасту между крайне враждебным человеку ландшафтом Луны, безжизненным мраком космической бездны и привлекательностью нашей бело-голубой планеты. С той удаленной точки, дающей хороший обзор, Земля выглядит маленькой, одинокой и уязвимой — и вместе с тем более прекрасной, чем все остальные небесные тела.

Мы с полным основанием можем восхищаться нашей родной планетой. Более чем за два столетия до Рождества Христова греческий ученый-энциклопедист Эратосфен Киренский провел первое в мире документально подтвержденное исследование планеты Земля. Чтобы измерить окружность Земли, он применил простой и остроумный способ, основанный на наблюдении за тенями. В египетском городе Сиене (ныне Асуан) во время летнего солнцестояния он в полдень наблюдал за солнцем, которое располагалось в зените. Вертикальный столбик не отбрасывал никакой тени. В другом конце Египта, в тот же самый день и тот же час, в приморском городе Александрия, примерно в 840 км севернее, точно такой же столбик отбрасывал короткую тень, указывая на то, что в этой местности солнце находилось не прямо над головой. Применяя теоремы своего великого предшественника Эвклида, Эратосфен пришел к выводу, что Земля должна иметь форму шара, и вычислил, что окружность этого шара составляет примерно 40 225 км — результат, поразительно близкий к современ-

ным данным, согласно которым в районе экватора Земля имеет в окружности 40 075 км.

На протяжении тысячелетий великое множество других ученых, от большинства из которых не сохранилось даже имен, исследовали и познавали нашу родную планету. Они выясняли, как образовалась Земля, как она движется в пространстве, из чего она состоит и как устроена. При этом самый главный вопрос, волновавший всех людей науки, заключался в том, как Земля развивалась и как на ней возникла жизнь. В наши дни благодаря накопленному поколениями опыту и возможностям современных технологий нам известно о Земле гораздо больше, чем могли даже вообразить ученые прошлого. Разумеется, и мы не знаем всего, но все же наши познания о Земле значительно обогатились.

По мере расширения и углубления знаний о Земле, превратившихся за тысячелетия в устойчивые представления, становилось все очевиднее, что история Земли — это история изменений.

Многие данные указывают на то, что Земля меняется год за годом, век за веком. Ритмические осадочные толщи, или варвиты, найденные в некоторых ледниковых озерах Скандинавии, запечатлели более чем тринадцатитысячелетнюю историю непрерывного накопления сезонных слоев, отличающихся друг от друга размерами слагающих их зерен — тонкозернистый осадок сменялся грубозернистым вследствие ежегодной активизации эрозии во время весеннего таяния. В результате бурения ледников в Антарктиде и Гренландии получены данные о сезонных отложениях льда за более чем восемьсот тысячелетий. В Вайоминге, в сланцах Грин-Ривер, обнаружены тончайшие, толщиной с бумажный лист, слои осадочных отложений, запечатлевшие геологические события, происходившие в течение более миллиона лет. Все эти отложения покоятся на гораздо более древних породах, которые в свою очередь несут следы грандиозных циклов преобразований.

Исследование длительных геологических процессов указывает на еще более масштабные события в истории Земли. Обра-

зование Гавайских островов произошло в результате нечастой, но регулярной вулканической активности, когда слои лавы последовательно накладывались друг на друга в течение десятков миллионов лет. Сглаженные очертания Аппалачей и других древних горных массивов объясняются постепенной эрозией, происходившей в течение сотен миллионов лет, прерываемой время от времени грандиозными оползнями. Внезапные сдвиги тектонических плит смещали целые континенты, воздвигали горы и создавали океаны на протяжении всей геологической истории.

Земля всегда была беспокойной, постоянно развивающейся планетой. Все в ней, от ядра до коры, непрерывно меняется. Даже в наше время и атмосфера, и океаны, и суша подвержены изменениям, хотя, возможно, и не таким интенсивным по сравнению с относительно недавним прошлым. Нелепо было бы не обращать внимания на тревожные признаки таких изменений, и вряд ли мы совершим такую глупость — ведь наш интерес к родной планете так же естествен, как в свое время для Эратосфена. Однако не меньшей глупостью было бы сосредоточиться на текущем состоянии Земли, не используя в полной мере возможность узнать как можно больше об ее удивительном прошлом, изменчивом и непредсказуемом настоящем, а также о нашей собственной роли и месте в ее будущем.

Большая часть моей жизни ушла на изучение нашей живой, сложной, изменчивой планеты. В детстве я собирал камни и минералы, загромождая комнату образцами кристаллов и окаменелостей вперемешку с букашками и костями. Вся моя профессиональная деятельность также отмечена этой одержимостью Землей. Я начал с исследований таких объектов, которые невозможно разглядеть даже в микроскоп, размером с атом, — пытался выявлять молекулярное строение породообразующих минералов, нагревая и сдавливая малюсенькие зерна минералов, чтобы воспроизвести условия «скороварки» в недрах Земли.

Со временем мой интерес сместился в сторону более масштабных геологических событий в пространстве и времени.

В десятках разных мест: от пустынь Северной Африки до ледяных просторов Гренландии, от Гавайских островов до высочайших вершин Скалистых гор, от Большого Барьерного рифа у берегов Австралии до древних окаменелых коралловых рифов — природные библиотеки Земли раскрывали передо мной многие миллиарды лет эволюции земных стихий, полезных ископаемых, горных пород и самой жизни. По мере того как мои исследования распространялись на изучение роли минералов в геохимической предыстории происхождения жизни, мне стала открываться взаимосвязь эволюции жизни и минералов на протяжении всей истории Земли — даже более поразительная, чем можно было ожидать; выяснилось, что не только некоторые горные породы возникли в результате жизнедеятельности организмов (что хорошо видно в известняковых пещерах на всех континентах), но и сама жизнь, по всей вероятности, возникла на основе горных пород. За более чем четыре миллиарда лет истории Земли эволюционное развитие минералов и жизни на планете (геология и биология) удивительно переплелись, но только в последнее время эта взаимосвязь привлекла пристальное внимание науки. В 2008 г. эти мысли нашли выражение в провокационной статье в «Эволюция минералов» (Mineral Evolution). У некоторых ученых новые неоднозначные аргументы вызвали одобрение: они расценили, что это открытие способно впервые за последние два столетия поколебать всю систему знаний о минералах, тогда как остальные отнеслись к публикации весьма настороженно, как к еретическому пересмотру основ нашей науки в контексте геологического времени.

Древняя наука минералогия, играющая первостепенную роль во всем, что касается Земли и ее прошлого, отличается, как это ни странно, удивительной статикой и отчужденностью от колебаний научной мысли в целом. Вот уже более двухсот лет минералоги занимаются исключительно исследованием химического состава, плотности, твердости, оптических свойств и кристаллической структуры. Посетите любой естественно-исторический музей — и вы поймете, о чем я говорю: в сте-

клянных шкафах покоятся великолепные образцы кристаллов, снабженные этикетками, на которых указано название, химическая формула, кристаллическое строение и местонахождение. У этих ценнейших фрагментов Земли богатое историческое прошлое, но вряд ли вы сможете найти какие-либо указания на возраст их образования и последующие геологические преобразования. Традиционный подход различает сами минералы с увлекательной историей их бытия.

Эта традиция нуждается в пересмотре. Чем больше мы узнаем о богатейшем прошлом горных пород Земли, тем очевиднее становится тот факт, что вся природа, живая и неживая, пертерпевала все новые и новые изменения. Растущее понимание двух реальных категорий, присущих нашей планете, — времени и эволюционных изменений позволяет предположить не только то, как именно появились первые минералы, но и когда это произошло. А недавнее открытие живых организмов в среде, которая традиционно считалась непригодной для жизни, в раскаленных жерлах вулканов, кислотных озерах, арктических льдах и стратосферной пыли — превращает минералогию в ключевую науку среди всех других, которые ищут разгадку происхождения и сохранения жизни на планете. В ноябрьском 2008 г. выпуске ведущего минералогического журнала *American Mineralogist* мы с коллегами опубликовали статью, в которой сформулировали новый подход к минералогическим исследованиям — с учетом невероятных преобразований минералов на неизученном отрезке времени. Мы подчеркнули, что много миллиардов лет назад минералов нигде в космосе вообще не существовало. Никакие кристаллические соединения не могли образоваться и тем более сохраниться в беспредельно раскаленном вихре Большого взрыва. Понадобилось около полумиллиона лет, чтобы в гигантском котле творения мира образовались первые атомы — водорода, гелия и мизерное количество лития. Еще много миллионов лет спустя под воздействием сил гравитации эти первичные газообразные образования сгустились в туманности, которые затем распались на раскаленные плотные ослепительные звезды. И только

когда эти первые звезды, взорвавшись, образовали сверхновые звезды, остывающие сгустки газа, содержащего множество элементов, распались на мелкие кристаллики алмазов — и началась космическая сага минералов.

Вот так я превратился в исследователя, одержимого свидетельскими показаниями горных пород, ибо, сколь бы ни были эти свидетельства отрывочными и неопределенными, только они способны поведать историю своего рождения и смерти, остановки и движения, происхождения и развития. Эта никем еще не рассказанная, длинная и многогранная история органических и неорганических образований на Земле, взаимосвязанной эволюции живой и неживой природы поражает воображение. И мы должны услышать ее, поскольку мы сами — это тоже Земля. Все, что обеспечивает нам укрытие и средства к существованию, все то, чем мы владеем, поистине каждый атом и молекула нашей телесной оболочки — все это приходит от Земли и возвращается в Землю. Познать нашу планету означает познать частицу самих себя.

Исследовать историю Земли необходимо еще и потому, что сегодня ее водные ресурсы и атмосфера меняются со скоростью, невиданной за все предыдущие периоды ее существования. Уровень океанов повышается, они сильнее нагреваются и быстрее окисляются. В планетарном масштабе меняется характер осадков, атмосфера становится все более беспокойной. Тают полярные льды, оттаивает тундра, во многих местах изменяется среда обитания. Как нам предстоит узнать, история Земли — это история эволюции, причем в тех редких случаях, когда скорость изменений становилась опасно высокой, живая природа на Земле расплавивалась тяжкими последствиями. Для того чтобы принять обдуманнные и своевременные меры во имя собственного будущего, необходимо как можно точнее представлять себе историю нашей планеты. Ибо, как подсказывает нам удивительный снимок Земли, сделанный с расстояния 384 400 км от нее, другого дома в ближнем космосе у нас нет.

Вслед за Эратосфеном и тысячами других пытливых умов я намерен в этой книге поведать историю Земли как дли-

тельный процесс изменений. Какой бы понятной и знакомой ни казалась нам наша планета, ее бурное прошлое изобилует такими невероятными событиями, что их даже трудно вообразить. Чтобы лучше узнать свой планетарный дом и постичь бесконечные эпохи, сформировавшие его, нам необходимо прежде всего осознать семь фундаментальных истин.

1. Земля состоит из циклического круговорота атомов.
2. Земля несравнимо древнее истории человека.
3. Земля трехмерна, и большинство процессов скрыто от глаз.
4. Горные породы — это летопись истории Земли.
5. Земные структуры: горные породы, океаны, атмосфера, живая природа — тесно взаимосвязаны.
6. История Земли включает длительные периоды застоя, прерываемые внезапными и необратимыми событиями.
7. Жизнь изменила и продолжает изменять поверхность Земли.

Эти представления о существовании Земли позволяют воспроизвести сложный, причудливый и многослойный узор взаимодействия атомов, минералов, горных пород и жизни на протяжении громадных отрезков времени и пространства; мы будем обращаться к ним на последующих страницах, повествуя о фазах развития планеты от первоначального огненного вихря Вселенной до длительной эволюции планеты Земля. Взаимосвязанная эволюция Земли и жизни — новое направление, лежащее в основе этой книги, — часть необратимой последовательности ступеней эволюции, восходящей к Большому взрыву. Для каждой стадии характерны свои процессы и феномены, которые постоянно преобразуют поверхность нашей планеты, неуклонно прокладывая путь к тому удивительному миру, в котором мы живем. Такова история Земли.