

**КРИТИЧЕСКИЕ ЗАМЕЧАНИЯ К КНИГЕ В.С. ШКОДЗИНСКОГО  
«ПЕТРОЛОГИЯ ЛИТОСФЕРЫ И КИМБЕРЛИТОВ  
(МОДЕЛЬ ГОРЯЧЕЙ ГЕТЕРОГЕННОЙ АККРЕЦИИ ЗЕМЛИ)»**

**В. И. Сиротин**

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 15 февраля 2015 г.

**Аннотация:** на основе данных сравнительной планетологии характеризуются этапы эволюции доархейской истории Земли в контексте предложенной модели В.С. Шкодзинского о горячей гетерогенной аккреции Земли, которая допускает существование магматического океана вплоть до позднего протерозоя, что противоречит данным сравнительной планетологии и является ошибочной.

**Ключевые слова:** аккреция, происхождение Солнечной системы и Земли, протопланетные диски, умеренно горячая ранняя Земля, этапы доархейской истории Земли, магматизм на внутренних планетах, тепловой катаклизм, литогенез.

**CRITICAL REMARKS TO V. S. SHKODZINSKOGO BOOK  
"PETROLOGY OF A LITHOSPHERE AND KIMBERLITES  
(MODEL OF HOT HETEROGENEOUS ACCRETION OF EARTH)"**

**Abstract:** on the basis of comparative planetology characterized doarheyskoy stages of evolution of Earth's history, the proposed model VS Shkodzinskogo of hot heterogeneous accretion of the Earth allows for the existence of the magma ocean until the late Proterozoic, which contradicts the data and comparative planetology is incorrect.

**Keywords:** accretion, the origin of the solar system and the Earth, protoplanetary disks, moderately hot early Earth, doarheyskoy stages of Earth's history, magmatism on the inner planets, the heat cataclysm, lithogenesis.

В издательском доме СВФУ (город Якутск) вышла в свет в 2014 году книга В.С. Шкодзинского «Петрология литосферы и кимберлитов (модель горячей гетерогенной аккреции Земли)» [1], вызвавшая определенный резонанс среди геологического сообщества. В частности, была опубликована статья Л.Т. Шевырёва, посвященная критическому анализу этой книги [2]. В связи с этим ниже излагаются наши критические замечания по поводу обеих публикаций.

Вначале остановимся на главных критических замечаниях к книге В.С. Шкодзинского.

1. Изначально В.С. Шкодзинский основой для своей критики концепций о происхождении Солнечной системы и Земли выбирает гипотезу О.Ю. Шмидта о холодном происхождении Земли и последующем её нагреве. Однако сообщество планетологов (в т.ч. и российских: К.П. Флоренский, В.Н. Жарков, В.Л. Барсуков, А.Т. Базилевский, В.И. Сиротин и др.) примерно 25 лет назад отказались от этой гипотезы [3–6]. Не ясно, почему В.С. Шкодзинский отказался от критического анализа многих аргументов в пользу ранней относительно «холодной Земли» [5, 6], ведь это только бы повысило аргументацию автора, а скорее всего, и позволило бы скорректировать свою собственную горячую гипотезу, а возможно, и отказаться от неё в

таком «огненном» виде. В связи с этим приходится восполнить «пробел» в представлениях В.С. Шкодзинского о ранней истории Земли в соответствии с выводами выше упомянутых планетологов.

Критический обзор книги В.С. Шкодзинского начну с очень удачной ссылки рецензента Л.Т. Шевырёва [2] на Сократа: «Если Вам ответили молчанием – это ещё не значит, что Вам не ответили», но здесь мы имеем прецедент, когда ответить необходимо – уже слишком в остром противоречии находится «огненная» концепция В.С. Шкодзинского с данными сравнительной планетологии.

Прежде всего, необходимо остановиться на наиболее приемлемой (т.е. доказанной наблюдательной астрономией, и осмысленной планетологами теоретическими моделями) гипотезе происхождения Солнечной системы [7, 6, 5, 4]. Напомним вначале основные составляющие нашей Вселенной: «тяжёлые» элементы (все элементы периодической системы, кроме водорода в планетах) – 0,03 %; нейтрино – 0,30 %; звёзды, галактики, скопления галактик и сверхгалактик – 0,50 %; свободный водород и гелий – 4,00 %; скрытая материя, неоднородно распределённая в пространстве, гравитирующая, создающая гравитационные линзы, связанная с галактиками – ~25–30 %; вакуумная

«тёмная» энергия (darkenergy), равномерно распределённая по всему пространству ~65–70 %. К сожалению, мы владеем информацией (да и то неполной) только о 4–5 % вещества Вселенной. В основе Солнца и планет лежит вещество газопылевого дискообразного облака. В первичном составе, которого выделяются три группы компонентов [7, 6, 5, 4]: 1) газовая водородно-гелиевая, в которую, кроме водорода и гелия, входят Ne, N<sub>2</sub>, CO (<1 %); 2) ледяная: H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>; 3) твёрдая, в которую входят самородные элементы (железо и никель), сульфиды железа, а также SiO<sub>2</sub>, MgO, FeO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, которые лежат в основе (вместе с Fe и Ni) различных силикатов и алюмосиликатов (в виде пыли).

До начала активной эволюции Солнца вещества всех групп образовывали относительно однородную смесь. Солнечная система входит в состав местной спиральной галактики – Млечного пути. Спиральные рукава галактики большинство астрофизиков рассматривает как волны плотности, распространяющиеся по галактическому «газу звёзд» (имеется в виду, что роль молекул в таком «газе» играют сами звёзды). Космохимики считают, что модель образования Солнечной системы должна быть согласована с некоторыми изотопами, в частности, с содержанием изотопа <sup>129</sup>X в метеоритах, в которых обнаружен избыток этого элемента по сравнению со средним содержанием его в Солнечной системе. Этот избыток объясняется вспышкой сверхновых звёзд ещё до затвердения метеоритов в протосолнечном облаке. Таким же образом объясняется и содержание радиоактивного изотопа <sup>26</sup>Al в ходе прохождения протосолнечного облака через рукава и межрукавное пространство нашей спиральной галактики. Всё это происходило раньше 4,55 млрд лет назад, т.е. до начала активной деятельности Солнца. Более детальные данные по содержанию этих изотопов приводятся в работах [6, 5, 9, 4]. Согласно современным представлениям Солнечная система образовалась в несколько стадий [4, 5, 7, 8]. Вначале досолнечное облако с массой 15–20 солнечных испытало фрагментацию (разделение на глобулы), затем каждая глобула при достижении критической массы (массы Джинса) начинает сжиматься под действием собственного тяготения. С этого момента досолнечное облако становится протосолнечным, в нём обособляется ядреная (центральная) часть (протозвезда) с массой порядка 1–2 солнечных и молекулярно-газовая оболочка, где может быть сосредоточено до 1–2 солнечных масс. На кромке облака, совпадающей с границей рукава нашей галактики, вспыхивают 1–2 сверхновых звёзд. В протозвезде ещё не включён механизм ядерных реакций, но наблюдается излучение в инфракрасном диапазоне. Прото-Солнце «обжимается» вспышками сверхновых звёзд. На следующей стадии (стадии молодой звезды) при температуре 2·10<sup>6</sup> °K включается механизм ядерных реакций на основе лёгких быстровыгорающих элементов: Li, Be, B и др. (по этой причине их в настоящее время на Солнце на 5-7 порядков меньше, чем C, O, Si, Ca, Mg). При достижении температуры 12-14·10<sup>6</sup> °K включается стандартный механизм горения водорода, превращения его в He, он обеспечивает энергетику звезды на миллионы лет (для массивных звёзд) и на миллиарды лет

(для маломассивных звёзд – жёлтых карликов, к классу которых принадлежит Солнце). Кратковременный период в начале этой стадии, когда звезда «вспыхивает», для звёзд типа Солнца именуется как самостоятельная стадия – стадия звезды Таури Тельца.

Астрофизики и планетные геологи смогли сформировать основные условия планетообразования: 1. Солнечное облако к началу стадии Таури Тельца должно самоорганизоваться по вертикали и горизонтали: твёрдая компонента сосредотачивается в центральной (осевой) части диска (дифференциация по вертикали), а газовая и ледяная изгоняются из осевой части диска, по крайней мере, на расстояние, превышающее диаметр орбиты астероидно-метеоритного пояса (дифференциация по горизонтали). Это важнейшее условие планетообразования. 2. Превращение протопланетного вещества в планеты. Этот процесс был не ясен до последнего времени. С целью расшифровки его были проанализированы протопланетные диски, открытые в созвездии Ориона. С помощью КТХ эти диски были проанализированы в видимой и инфракрасной полосах спектра. Оказалось, что средний диаметр частиц в диске оказался в 25–50 раз больше, чем в обычных околозвёздных дисках. Был сделан важнейший вывод о размерах частиц, которые должны в течение 50–100 тыс. лет после образования протосолнечной туманности слиться в более крупные и прочные зёрна силикатов, а последние – объединиться в децилометровые и метровые зародыши планетезималей, а последние – в «булыжники» и планеты. Именно такие «булыжники» способны выжить в условиях жёсткой фотонной бомбардировки. В противном случае газово-пылевой диск должен быть «разорван в клочья», не давая никаких шансов для возникновения планетезималей, а, следовательно, и планет. 3. Формирование протопланетных дисков (проплид) – важнейшее звено на пути образования планетных систем. Доказательством существования дисков является одновременное наблюдение звезды в видимом диапазоне и в ореоле инфракрасных излишков: если бы звезда была полностью погружена в сферу из пыли и газа, её просто нельзя было бы обнаружить. Однако если пыль упорядочена в сплюснутый диск, то при определённом наклоне к линии земного наблюдателя, он становится «видимым» (вместе со звездой Таури в центре). Обнаруженные в созвездии Ориона проплиды имеют размер от двух до восьми диаметров Солнечной системы и содержат достаточное количество пыли и газа для создания будущих планет. Эволюция проплид контролируется гравитацией, магнитными полями и движением (вращением) в системе. Проплиды эволюционируют в сторону уменьшения отношения диск/протозвезда, вплоть до нескольких процентов от массы протозвезды. Детальнее с этой эволюцией можно познакомиться в работах [4, 5, 7, 8, 9].

Информацию о первичном «сырье», из которого образовалась Солнечная система [4, 5, 7, 8, 9, 10, 11], мы получаем из нескольких источников: 1) спектрального анализа солнечной атмосферы; 2) лабораторных исследований метеоритов-хондритов; 3) лабораторных исследований космической пыли; 4) исследований кометного вещества. Сложность изучения

первичного вещества заключается в том, что оно за 4,55 млрд лет эволюции Солнечной системы практически утрачено, поскольку перешло в другие агрегатные состояния и минеральные формы. Наиболее важным источником информации является кометное вещество, но оно пока остаётся малодоступным для исследователя, поскольку, находясь далеко от Солнца (в поясе Койпера и облаке Хиллса-Оорта), оно как бы «заморожено» для нас. Суммируя все источники информации, можно сказать, что протосолнечное облако было представлено, по крайней мере, 9 элементами: водородом, гелием, кислородом, углеродом, азотом, неоном, магнием, кремнием и железом [12]. Последние три элемента являются тугоплавкими и, вероятнее всего, комбинируя с другими элементами, соединились в твёрдые минеральные фазы (в пылинки), давая начало для формирования силикатов и алюмосиликатов. Первые 26 элементов, включая железо, образовали ряд молекул в газовой форме: CO, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O. Частично они конденсировались в твёрдые зёрна, например, в графит и алмаз, карбид кремния SiC, они также конденсировались на поверхности комплексных органических соединений, мельчайших ледяных частиц, замёрзших на поверхности тугоплавких, ранее возникших частиц. Электронная растровая микроскопия подтверждает подобный состав пыли, а изотопный анализ пыли показывает, что значительная часть её образовалась раньше формирования Солнца и планет Солнечной системы. Все остальные элементы Солнечной системы могли образоваться только в результате вспышек сверхновых звёзд.

Считается более или менее доказанным, что к моменту происхождения молодым Солнцем стадии Таури-звезды диск был дифференцированным. В зависимости от гелиоцентрического расстояния диск разделился на три зоны [3, 4, 5, 8, 9]: 1. Внутренняя зона, достаточно горячая, представлена была наиболее тугоплавким материалом (силикатами и алюмосиликатами), вода не могла здесь существовать в виде льда, однако она могла входить в состав углистых хондритов класса CI, содержащих до 15–20 % летучих компонентов, в составе которых вода являлась доминирующей. Эта зона явилась местом формирования планет земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс). При таком составе удовлетворительно решается вопрос об образовании гидросферы Земли в ходе разделения Земли на ядро, мантию и первичную земную кору. 2. Вторая зона, более холодная, сюда изгонялась основная масса ледяной компоненты, мощная газовая составляющая и достаточное количество твёрдой компоненты. В этой зоне формировались планеты-гиганты: Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун. 3. Третья зона наиболее холодная и наиболее обширная и ледяная; вещество представлено «комьями грязного снега» и было рассредоточено в большом объёме, что не позволило ему объединиться в крупные планетезимали и планеты. Зона дифференцирована. В ней выделяются: 1) пояс Койпера с диаметром 35–100 а.е.; 2) квазисферическое облако Хиллса с диаметром 1000–2000 а.е.; 3) квазисферическое облако Оорта с диаметром 20000–100000 а.е. Где-то у рубежа 135000–150000 а.е. заканчивается Солнечная система, что фиксируется гравитационным равновесием, т.е.

солнечная гравитация уравнивается гравитацией межзвёздного пространства.

Экскурс в область сравнительной планетологии нам приходится сделать исключительно для того, чтобы показать реальную картину современных представлений о зарождении и эволюции Солнечной системы, общепризнанной среди геологов-планетологов, и которая была бы желательной и даже необходимой как предтеча в книге В.С. Шкодзинского. Однако она проигнорирована автором и понятно почему – в противном случае его идеи о магматических океанах в ходе набора и постепенного наращивания объёма и массы Земли терпят полное фиаско. Здесь уместно в контексте обсуждаемой модели В.С. Шкодзинского привести несколько фактов о возрасте пород Луны (по образцам, собранным американскими астронавтами) и наиболее древним породам земной коры. 1. Возраст лунных анортозитов её поверхности определён в 4,55–4,53 млрд лет, т.е. совпадает с возрастом планет Солнечной системы; «Mg-комплекс» (базальты с повышенным содержанием Mg: 4,55–4,35 млрд лет; KREEP-ассоциация: 4,35 млрд лет. 2). Анортозиты лунной коры в интервале 4,55–4,53 млрд лет, безусловно, были расплавлены (хотя бы частично), т.е. образовались из магматического океана, испытывавшего кристаллизационную дифференциацию [4, 5, 6]. 3. В.С. Шкодзинским полностью проигнорированы идеи В.И. Вернадского [11], великого пророка в геологии, заложившего основы учения о ноосфере Земли, обходящего молчанием идеи о раннем зарождении на Земле гидросферы, жизни и литогенеза [23]. Между тем самые древние следы жизни, как известно, установлены в породах надгруппы Свaziленд (Южная Африка) с возрастным интервалом 3,80–3,20 млрд лет. Мощность пород надгруппы 21 км, она состоит из групп: Нижний Онфервахт, Верхний Онфервахт, Фиг-Три и Модис [12]. Во всех породах описаны палочковидные бактериеподобные тела, нитчатые и сфероидальные структуры, напоминающие одиночные клетки прокариотов. Анализ органических соединений, выделенных из этих пород, методами газовой хроматографии и масс-спектрологии, позволил идентифицировать среди них соединения биогенного генезиса и четко отличать их от органических соединений абиогенного происхождения [15].

Предположение о доархейском происхождении жизни подтвердилось при молекулярном генеалогическом анализе размера поли (A) – сегмента мРНК ныне живущих организмов [12], он показал, что мРНК, а возможно, и жизнь появились 3,85±0,2 млрд лет назад. Показательно, что следы жизни появляются сразу после окончания интенсивной бомбардировки Земли крупными метеоритно-астероидными телами, начавшейся 4,20 млрд лет назад. Можно предположить, что к рубежу 3,85 млрд лет всё уже было «готово» для возникновения жизни, поэтому есть основания предполагать, что отдельные «фрагменты» жизни существовали ещё до бомбардировки, т.е. до 4,20 млрд лет назад.

В связи с вышесказанным возникает вопрос: как правильно называть гипотезу (концепцию) об агрегатном состоянии ранней Земли? Ясно, что Земля не была холодной, но она быстро остывала, становилась

не горячей (расплавленной), а тёплой. Приходится и здесь сделать небольшой экскурс в историю поставленного вопроса. Концепция об агрегатном состоянии Земли в течение XX века несколько раз менялась [4, 5, 7, 13]. В начале XX века широким распространением пользовалась концепция об огненном жидком состоянии первичной Земли, основанной на гипотезе Лапласа. Однако затем она подвергалась обоснованной критике, которая началась после открытия радиоактивности, а затем под влиянием успехов сейсмологии, гравиметрии, спутниковой геодезии и др. наук. Поэтому вполне закономерно, что в 50-х годах XX века вся совокупность накопленных знаний о Земле заставила отказаться от гипотезы «огненной» Земли и перейти на концепцию холодной первичной Земли, образовавшейся путём аккреции из газовой-пылевой облака. Однако не прошло и 25 лет «холодная модель» пришла в противоречие с новыми данными о Земле, и «маятник» качнулся в обратную сторону, хотя и с меньшей амплитудой. Сравнительная планетология позволила получить обширную информацию не только о Земле, но и о других планетах Солнечной системы. Новые радиоактивные часы с использованием радиоактивных систем (самарий-неодим; лантан-церий; гафний-вольфрам и др.) с недоступной ранее точностью позволили устанавливать возраст земных и внеземных объектов. Появилась возможность проверять гипотезы о существовании и продолжительности этапов, в т.ч. и в ранней истории Земли. Так родилась **парадигма умеренно горячей активной Земли**, которая уже в ходе аккреции испытала значительный нагрев, частичное плавление, дегазацию и дифференциацию, вызванную в т.ч. и столкновениями с крупными метеоритно-астероидными телами [4, 5, 6]. Становление концепции «умеренно горячей Земли» совпало в СССР в 70-е годы с бурной дискуссией в геологии вокруг концепции глобальной тектоники литосферных плит (ТЛП). Геологи и геохимики предложили модели, в которых рассматривался обмен вещества между континентальной и океанической корой, верхней и нижней мантией, атмосферой и гидросферой. Большинство сторонников мобилизма поддержало концепцию весьма раннего образования слоистой структуры Земли.

На основе синтеза сравнительно-планетологических знаний можно сформировать главные выводы по ранней истории планет. 1. Планеты земного типа сформировались быстро, набрав до 99 % своей массы в течение 50–100 млн лет. Заключительные акты аккреции характеризовались хаотичностью, об этом свидетельствует беспорядочная интенсивная бомбардировка планет крупными метеоритными (или астероидными) телами с отдельными сверхмощными ударами, подобно тем, которые сформировали Луну, возможно, «сдули» алюмосиликатную оболочку Меркурия, привели к асимметрии планет, которая является своеобразной «памятью» об этом событии [3, 4, 5, 6]. 2. Важнейшим событием ранней дифференциации планет земного типа было образование ядра, для Земли оно началось не позднее набора 10 % её массы, оно в основном завершилось к моменту косоугольного столкновения с протопланетным телом с массой до 0,1 массы Земли (а это – масса Марса).

Имеются разночтения в оценке размеров ядер планет. По современным данным сравнительной планетологии размеры (радиусы) ядер планет земной группы таковы: у Меркурия – 4500 км, у Венеры – 3000 км, у Земли 3500 км, у Марса – 1300 км. Как видно, они соизмеримы для Земли и Венеры по абсолютным значениям. Бросается в глаза мощное ядро Меркурия, радиус которого 2240 км ( $d=4878$  км). По своей плотности Меркурий ( $5,43 \text{ г/см}^3$ ) почти не уступает плотности Земли –  $5,52 \text{ г/см}^3$ , соизмерим с плотностью Венеры –  $5,27 \text{ г/см}^3$  и на много больше плотности Марса –  $3,9 \text{ г/см}^3$ . Недаром среди планетологов Меркурий иногда именуют «железной планетой» (на ядро приходится 0,75 радиуса планеты) [4, 5, 6]. 3. Мантиеподобный состав Луны по модели ударного её происхождения свидетельствует о том, что к моменту столкновения Земля и планета-ударник были уже разделены на ядро и на не до конца дифференцированную мантию. В дальнейшем мантия сама начинает испытывать дифференциацию со значительным расплавлением вещества. Только для этой ранней истории Земли возможно существование квазисплошного магматического океана. Главными источниками тепла были: 1) гравитационная дифференциация, связанная с образованием ядра; 2) процессы радиоактивного распада элементов (в т.ч. числе лёгких), набравшие темп после образования основной массы Земли; 3) приливно-отливные движения в системе Земля-Луна, они были особенно интенсивными, поскольку Луна после своего образования (по ударной модели) находилась вблизи предела Роша и обе планеты обладали значительным моментом количества движения; 4) интенсивная бомбардировка поверхности Земли астероидно-метеоритными телами и кометами [4, 5, 6].

Молодая Земля характеризовалась двумя зонами расплавления [4, 5] – верхней и нижней, которые перемещались навстречу друг другу, образуя первичную астеносферу. В результате на Земле закладывались два стиля перемешивания вещества: 1) глубинная плюм-тектоника (адвекция) из различных горизонтов мантии, вплоть до границы с ядром; 2) верхнемантийная надастеносферная беспорядочная адвекция, переходящая со временем в более упорядоченную мелкоячейковую (по типу ячеек Рэлея-Бернара).

Одним из важнейших вопросов сравнительной планетологии является не до конца распознанный состав первичной коры планет земного типа. Если для Луны, Марса и Меркурия с достаточной уверенностью можно говорить, что состав их не утрачен полностью, то для Земли и Венеры он, безусловно, утрачен. В отечественной литературе традиционно сложилось представление о первичной коре Земли как об ультрамафит-базитовой оболочке. Оно основано на анализе состава вулканических пород древних архейских зеленокаменных поясов, однако это представление страдает тем недостатком, которые планетные геологи называют «земным шовинизмом». На самом деле на временных рубежах формирования древних зеленокаменных поясов происходило формирование, не первичной, а вторичной коры, также как на Луне (лунные «моря»), Меркурии и Марсе [4, 5, 6]. В системе Земля-Луна она подвергалась интенсивной бомбардировке, приливно-отливным движениям, одно-

временно происходило на Земле формирование континентальной (третичной) коры в результате рециклинга первичной и вторичной кор.

Итак, данные сравнительной планетологии и земной кислородной изотопии вслед за исследователями [4, 5, 7] позволяют выделить следующие этапы в ранней истории Земли.

1-й: 4,55–4,45 млрд лет – этап ранней горячей Земли. Только для этого этапа возможно существование магматического океана (скорее всего, не общепланетарного). Для тектонического стиля Земли была характерна плюмовая тектоника, абдукция, сагдукция, зарождение «стада» мелких коровых плит, зачатков сиалической коры, прообразом которой является, возможно, участки с повышенным содержанием калия (лунная KREEP-ассоциация). Напряжённость тектонического стиля усугублялась притяжением в системе Земля-Луна, поскольку последняя ещё находилась вблизи предела Роша (около 24000 км).

2-й: 4,45–4,35 млрд лет – этап заметно охлаждённой, относительно спокойной и тёплой Земли, характеризовался удалением Луны за пределы Роша, образованием планетарного гетерогенного чехла, включающего кору, гидросферу и атмосферу [3]. Учитывая значительные энергетические возможности Земли (в сравнении с Луной), можно предполагать, что анортитам и Mg-комплексу, характерному для коры Луны, на Земле соответствовало образование эколгитового и базальтового слоя, а лунной KREEP-ассоциации – разрастание пятен сиала. Уже в начале этапа произошло завершение (затвердевание) поверхностного магматического слоя (завершение магматической дифференциации), ликвидация магматического океана.

3-й: 4,35–4,20 млрд лет. Для этапа характерно двухуровневое перемешивание вещества (см. выше): с появлением зон спрединга и зачаточных зон субдукции. Что касается поступления метеоритно-астероидного вещества на Землю, мнение планетологов расходятся: одни считают этап спокойным, т.е. почти без поступления астероидно-метеоритного вещества, другие полагают постоянное, хотя и убывающее поступление этого вещества, причём в количествах соизмеримых с массой земной коры, и что именно это вещество пополнило массу летучих на Земле (вода, органические соединения, газы).

4-й: 4,20–3,80 млрд лет – этап интенсивной астероидно-метеоритной бомбардировки; возрастные интервалы определены в соответствии с «лунной стратиграфией» – 4,20 млрд лет (возраст самого древнего ударного бассейна Нектарис); 3,80 млрд лет – возраст самых молодых ударных кратеров Луны, а также бассейна Калорис на Меркурии [4, 5, 6]. Следует заметить, что «тяжёлая бомбардировка» осуществлялась в условиях уже сформировавшегося гетерогенного планетарного чехла [3], включающего атмосферу, гидросферу, первичную массу осадочных пород, сиалическую оболочку. Для этапа были характерны активный плитный тектонизм, первозданные океаны (гидросфера), зарождение примитивного литогенеза и биосферы.

В дальнейшем, после 3,80 млрд лет космического материала поступает всё меньше, за это время на Зем-

лю поступило его в объёме, способного сформировать на поверхности слой мощностью не более 0,5 м, но поскольку он поступает неравномерно, а иногда в виде крупных тел, то последние могут вызвать серьёзные изменения в атмосфере, гидросфере Земли, вплоть до планетарного катаклизма. Нами было обращено внимание, что, по крайней мере, в фанерозое существует связь метеоритной бомбардировки со стратиграфическими границами [14].

Следует кратко остановиться на механизме образования гидросферы Земли (опять же в плане критических замечаний к книге В.С. Шкодзинского). По мере остывания поверхности Земли её изначально углекисло-паровая атмосфера постепенно конденсировалась, гидросфера возникла в результате выпадения на поверхность воды в виде горячих ливней (к рубежу 4,35 млрд лет). Поскольку проявлялись (хотя и слабые) признаки климатической зональности, то образование обширных водных водоёмов происходило в высоких широтах, скорее всего близ полюсов, где вода конденсировалась вначале в мелких депрессиях, а затем по мере повышения уровня воды происходило слияние водоёмов с образованием первозданных океанов. Реакция пресной воды с нагретой поверхностью Земли, по словам Р.М. Гаррелса и Ф.Г. Маккензи, была «устрашающей» [16], вода, выщелачивая растворимые соли галоидов, сульфатов, карбонатов, боратов и др. соединений, становилась солёной. Так с конца первого этапа и в течение второго этапа произошло формирование гидросферы Земли. Вслед за большинством планетологов автор является сторонником максимального (до 90 %) по массе и объёму образования гидросферы. Например, Д.М. Шоу [17] полагает, что к рубежу 4,0 млрд лет объём гидросферы увеличился до современной величины в  $1,42 \cdot 10^{24}$  см<sup>3</sup>, что привело к образованию обширного океана с воздымающимися вулканическими образованиями с концентрацией последних в экваториальном поясе. Зарождение гидросферы неизбежно провоцировало появление примитивного литогенеза. **Зарождение гидросферы и литогенеза – важнейшие события ранней истории Земли, определившие во многом стиль её дальнейшей эволюции.** В книге В.С. Шкодзинского, литогенез древнее кембрия практически игнорируется. В этом состоит глубокая ошибка автора. В чём её суть? Автор в качестве методологического подхода избрал тезис: «Концепция магматического океана объясняет всё». Из неё следует все ошибочные заключения. Укажем на некоторые из них: 1) о постепенном наращивании массы Земли (см. аргументацию планетологов против этого заключения выше);

2) о гнейсах фундамента древних платформ, все они, по В.С. Шкодзинскому, магматические. Имеет место полное игнорирование работ многих исследователей, укажем на обстоятельные работы О.М. Розена [18 и др.]. В этой работе, как и в работах других авторов (Н.В. Короновский, В.С. Федоровский) рассматривается на конкретном материале (Балтийский, Анабарский, Алданский щиты) формирование континентальной коры и, в частности, гранитного слоя. В.С. Шкодзинский, безусловно, знаком с этими работами, но решил обойти их молчанием. А между тем в парагнейсах отчётливо улавливаются текстурные при-

наки осадочных пород [19].

3) Справедливости ради отметим, что В.С. Шкодзинский совершенно прав, отстаивая идею раннего зарождения континентальной коры, но она отстаивается через призму двух магматических океанов, второй из них по времени приходится на границу раннего и позднего протерозоя.

4) Автор в вопросах познания ранней истории Земли вступает в противоречие с самим собой, с одной стороны, он как будто бы признаёт возраст древних осадочных пород Исуа (Гренландия), признаёт и температуру земной поверхности у этого рубежа (около 15° С), но, с другой стороны, делает заключение о том, что второй магматический океан прекратил своё существование только к рубежу 570 млн лет, что означает, что осадочные породы докембрия были уничтожены этим океаном, да и в целом магматизм господствовал на поверхности Земли, оставляя «узкую площадку» для литогенеза. Но это же нонсенс! Мощные толщи осадочных пород рифея (до 10 км) в авлакогенах Восточно-Европейской платформы содержат маломощные прослои эффузивных пород говорят скорее о примате литогенеза, а не магматизма (особенно в понимании В.С. Шкодзинского). Можно, к примеру, соглашаться или не соглашаться с генезисом железистых кварцитов (М.С. Точилин, Н.А. Плаксенко и др.), но, по крайней мере, их сланцевое «обрамление» с явными признаками слабого метаморфизма (фашия зелёных сланцев) имеет явно осадочное происхождение. Можно привести и другие примеры, но ясно, что автор и здесь попадает в западную собственную парадигму двух магматических океанов.

Несмотря на приведённые критические замечания, в книге В.С. Шкодзинского много разумных заключений, основанных не только на геологической дедукции (как полагает рецензент Л.Т. Шевырёв), но и геологической индукции. Например, можно согласиться с оценкой возраста докембрийских гнейсов (3,5–1,7 млрд лет), но нельзя признать их только магматическое происхождение. Можно согласиться с оценкой возраста (менее 2,5 млрд лет) щелочных и субщелочных гранитов. Имеет научно-практическое значение и приводимые доказательства существования карбонатитовых и кимберлитовых расплавов в основании литосферы и возрастание интенсивности этого магматизма в течение протерозоя и кайнозоя.

Уместно здесь остановиться более подробно на истории магматизма на ближайших соседях Земли – на Венере и Марсе, в контексте предложенной концепции двух магматических океанов В.С. Шкодзинского.

Рельеф поверхности Венеры юный [20] и сложен в основном базальтами разных генераций (до 5–7), по площади они составляют примерно около 90 %, в двух случаях зафиксирован состав, близкий щелочным базальтам или даже сиенитам (точнее – эффузивным аналогом сиенитов). Но, как это, ни странно, ни одного действующего вулкана за время наблюдений не обнаружено (вопреки констатации современного вулканизма В.С. Шкодзинским на этой планете). Следует кратко привести характеристику вулканических пород, слагающих поверхность Венеры более деталь-

но. На Венере выделяются, кроме базальтовых равнин – тессеры (от слова – черепица) – это уникальные образования, неизвестные на других планетах, состав их неизвестен, поскольку посадочные аппараты для них не планировались из-за невозможности посадки на неровной их поверхности. Их ещё называют «местностью горных равнин». Возможно, они имеют более кислый состав и являются прообразом континентов. Единственно, что установлено – они более древние по сравнению с базальтовыми равнинами, которые накладываются на них. Они приурочены к высоким местностям (Земле Афродита, вытянутой вдоль экватора, Земле Иштар в северной околополярной области с горами Максвелла с высотой около 12 км от условной средней поверхности Венеры). Несмотря на упомянутые горы, Венера в отличие от Земли гипсографически мономодальна, поскольку более 60 % её поверхности имеют амплитуду рельефа не более 500 м. К высоким местностям приурочены грандиозные вулканы Венеры (Маат Монс, Озза Монс, Сапа Монс). На Венере обнаружены около 150 ударных кратеров, обрамлённых «венцами». Кроме того, для Венеры характерны каньоны-рифты, с проявлениями вулканизма в форме нисходящих из них лавовых потоков или сидящих на них щитовых вулканов; по площади зона рифтов занимает не более 5 % [4, 5, 20]. Американские исследователи по снимкам выделили буквально экзотические, феноменальные формы рельефа: 1) долина Балтис шириной несколько сотен метров, которая протягивается на 6800 м, расположена среди гладких равнин, сечёт все детали рельефа, не имеет притоков и, по мнению американских планетологов, имеет ультраосновной кимберлитовый и коматиитовый состав весьма подвижной лавы; 2) вулканические холмы – «лепёшки» диаметром 3–15 км, это плоскосклонные постройки типа земных щитовых вулканов с признаками мафических лав (близки к земным вулканическим постройкам Гавайев); 3) «блины», совершенно правильные округлые постройки с диаметром 15–65 км, абсолютно плосковершинные, но с вертикальными стенками высотой свыше 1 км. Состав и механизм их образования не ясен, возможно, это экструзии более кислого, вязкого материала. Более детальное описание этих форм приводится А.Т. Базилевским и Д.У. Хэдом [20] и в нашем обзоре [4, 5]. Вероятный сценарий истории Венеры за последние примерно 300–500 млн лет предполагает сравнительно кратковременную фазу высокой вулканической и тектонической активности (теплового катаклизма) в течение нескольких десятков млн лет и последующую фазу относительного тектонического спокойствия. Модель возникновения гравитационной неустойчивости в недрах планеты за счёт выплавления базальтов верхней мантии и остывания остаточного материала предполагает возможность циклического повторения этого процесса и, таким образом, тепловой катаклизм и последующая фаза эндогенного спокойствия уже, вероятно, не первые, а лишь последние в истории планеты [20].

Теперь рассмотрим кратко геологическую историю Марса [4, 5, 6]. В ней выделяются три зона: 1) нойский (4,55–3,80 млрд лет); 2) гесперийский (3,80–1,80 млрд лет); 3) амазонский (1,80–0,50 млрд

лет). В течение первого эона произошло образование марсианской коры из магматического океана, скорее всего, андезитового состава, оно происходило с участием интенсивного ударного кратерирования поверхности с возникновением крупных кольцевых бассейнов (Эллада, Аргир, Исида и др.). Дифференциация недр Марса привела к формированию значительно более плотной атмосферы, гидросферы (марсианского океана на месте равнин Марса в северном полушарии). Планетарная дихотомия Марса, скорее всего, произошла в начале этого эона. В конце эона и в начале следующего, гейсперийского эона произошло воздымание грандиозного сводового поднятия в западном полушарии – Фарсиды (Тарсиса). Эон характеризуется активной вулканической деятельностью, приведшей к образованию обширных лавовых покровов в пределах «материкового» (южного) полушария, заполнению лавой крупных кольцевых структур, возникших в течение предыдущего эона. В следующий амазонский эон тектоно-вулканическая деятельность неоднократно возобновлялась в пределах областей Фарсиды и Элизия, на северной равнине и в ряде локальных мест «материковой» части Марса. К этому эону относится образование гигантской рифтовой долины Маринер. Со временем интенсивность лавовых излияний постепенно затухала. Последнее мощное проявление площадного вулканизма произошло не позднее 500 млн. лет назад и завершилось формированием щитовых гигантских вулканов: Арсия, Павлина, Аскрийя и, наконец, самого молодого вулкана Олимпа. В последующие сотни млн. лет Марс не проявляет заметной тектонической и вулканической активности. Никаких проявлений магматического океана после рубежа 4,45 млрд лет не обнаружено. В заключение следует отметить сенсационные открытия американских учёных на основе двух марсоходов Оп-пьюнити и Спирит: открытие осадочных пород водно-осадочного происхождения, обнаружение сульфатов и хлоридов в местах посадки, соответствующих солевому составу земных океанов; открытие русел древних рек, бактериеподобных микроствяжений. Вся активная водная геологическая деятельность Марса относится к нойскому эону, что подтверждает эту деятельность в рамках указанного эона и на Земле.

Идея эндогенно-обусловленного глобального катаклизма вполне применима и к истории Земли. Так можно обоснованно говорить о «среднемеловом событии» между 120 и 80 млн. лет назад, затронувшем около 12 % поверхности Земли. С ним связывается образование плато Онтонг-Ява в бассейне Тихого океана и глобальное потепление за счёт выброса больших количеств углекислоты в атмосферу. Резкое оживление базальтового магматизма на Земле, сопряжённое с внедрением мантийных плюмов, было характерно и для более древних этапов. С достаточным основанием можно по опубликованным литературным данным [14 и др.] выделять: 1) позднерифийский (750–650 млн лет), характеризуется трапповым вулканизмом на огромных площадях континентов; 2) раннепалеозойский (ордовикский, примерно 460–440 млн лет), характеризуется крупнейшей трансгрессией, широким распространением чёрных сланцев, которые

накапливались в анаэробных условиях в связи с резким изменением температуры и содержания кислорода в атмосфере; 3) позднедевонский (380–360 млн. лет); фиксируется образованием обширной Кольской провинции щелочных и ультраосновных пород, излиянием больших масс базальтов в пределах Восточно-Европейской платформы; 4) позднепалеозойский (позднепермский, 275–250 млн лет), фиксируется излиянием сибирских и деканских траппов; 5) среднеюрский (175–150 млн лет), фиксируется началом распада единого материка Гондваны, которое сопровождалось излиянием базальтовых лав в Африке, Антарктиде, Тасмании, развитием плюма Бюве в Атлантическом океане; 6) позднемеловой (65–70 млн лет), фиксируется катастрофическими событиями, связанными с падением крупного астероидно-метеоритного тела, этап сопровождался массовым вымиранием организмов (85 % морских видов, около 70 % позвоночных, растений и насекомых). По мнению ряда исследователей (А.А. Щипанский, С.В. Богданова и др.) подобные процессы [21] теплового катаклизма неоднократно повторялись в архее и протерозое. Но что показательное – они никогда не приводили к образованию планетарного магматического океана (позже 4,45 млрд лет). Однако планетарный магматический океан не возникал не потому, что у Земли было мало тепла, а потому, что на Земле ещё в докембрии, начиная с позднего архея, зародился уникальный механизм потери излишков тепла через механизмы тектоники литосферных плит, сначала это были мультиплиты, затем малые плиты, а потом современные литосферные плиты [4, 5, 22].

К этому же рубежу, исходя из концепции ранней «прохладной» Земли (см. выше), относятся зарождение литогенеза [23], предбиологическая эволюция органических соединений, зарождение жизни [24, 25].

Таким образом, данные сравнительной планетологии накладывают запрет на существование магматических океанов в архейской и протерозойской истории Земли. И хотя происхождение вулканических взрывов, диатрем, кимберлитов, как и генезис алмазов, в настоящей статье не рассматривается, поскольку эти вопросы требуют более тонких, элементных, минералогических и физико-химических анализов, но и в этих вопросах В.С. Шкодинский не избежал «земного шовинизма», поскольку космический фактор практически не учитывается [3, 4, 5, 6, 26, 27]. Приведу в связи с этим результаты интереснейшего опыта американского исследователя метеоритов-хондритов Эдвара Андера [4, 5, 6]. Поскольку метеориты-хондриты представляют важнейший вещественный материал газопылевой протосолнечной туманности, то они содержат всегда небольшое количество межзвёздной пыли (зёрен). Упомянутому исследователю потребовалось 20 лет жизни, чтобы выделить эти экзотические зёрна путём растворения в кислотах хондритовых образцов, в результате в остатке был получен порошок с небольшим колебанием изотопов благородных газов. Первые межзвёздные зёрна из метеоритов оказались миниатюрными кристалликами алмаза, содержащими изотоп ксенона. Их образование объясняется следующим образом. В ходе эволюции красного гиганта происходит сбрасывание и уда-

ление внешней оболочки с алмазной пылью, а оставшаяся часть умирающей звезды катастрофически сжимается. Скопление алмазной пыли, дрейфующие от звезды на стадии вспышки красного гиганта облучаются затем жёстким скоростным потоком от вспыхнувшей сверхновой звезды, что привело к имплантации ксенона в алмазные микрокристаллы.

В заключение необходимо дать оценку рецензии Л.Т. Шевырёва. По главным вопросам, особенно происхождения алмазов, им дана развёрнутая и полная положительная характеристика с указанием слабых противоречивых аргументов в работе В.С. Шкодзинского. Но необходимо сделать три замечания: 1) совершенно излишне разъяснять читателю, тем более с университетским уровнем образования, - что такое дедуктивный метод, к тому же В.С. Шкодзинский в «алмазной» части книги использует широко и индуктивный метод; 2) в рецензиях такого рода следовало бы избегать слишком эмоциональной оценки работы, которая, например, выразилась в многократном упоминании имени и отчества Шкодзинского (около 15 раз!), это создаёт впечатление, что мы имеем дело не с рецензией на книгу, а с выступлением по поводу круглого юбилея автора книги; 3) последние достижения в исследовании Вселенной в целом («Дальнего космоса»), а также успехи «Сравнительной планетологии» («Ближний космос») значительно дополнили наши представления о Космосе, можно сказать, ушли вперёд по сравнению с представлениями О.Ю. Шмидта, Б.Ю. Левина и В.С. Сафронова, но именно они являются эталоном для рецензента для восприятия Солнечной системы и Вселенной в целом [4, 5, 6, 27].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шкодзинский, В. С. Петрология литосферы и кимберлитов (модель горячей гетерогенной аккреции Земли) / В. С. Шкодзинский. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2014. – 452 с.
2. Шевырёв, Л. Т. Трудные пути геологической дедукции ... Размышления над книгой Владимира Степановича Шкодзинского «Петрология литосферы и кимберлитов (модель горячей гетерогенной аккреции Земли)» / Л. Т. Шевырёв // Вестник ВГУ. Сер.: Геология, 2014. – № 4. – С. 124–133
3. Очерки сравнительной планетологии. – М.: Наука, 1981. – 326 с.
4. Сиротин, В. И. Сравнительная планетология / В. И. Сиротин // Труды НИИ геологии ВГУ. – Вып. 36. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2006. – 161 с.
5. Сиротин, В. И. Сравнительная планетология: учебное пособие / В. И. Сиротин: Воронежский государственный университет. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2009. – 168 с.
6. New the solar System. – Cambridge: Cambridge university press, 1999. – 421 p.
7. Жарков, В. Н. Геофизические исследования планет и спутников / В. Н. Жарков. – М.: ОИФЗ РАН, 2003. – 102 с.
8. Витязев, А. В. Ранняя эволюция Земли / А. В. Витязев // Земля и Вселенная. – 1990. – № 2. – С. 18–24
9. Уипл, Ф. Л. Семья Солнца: планеты и спутники Солнечной системы / Ф. Л. Уипл. – М.: Мир, 1984. – 326 с.
10. Пензиас, А. Происхождение элементов / А. Пензиас // Современные проблемы астрофизики: сб. ст. – М.: Знание, 1980. – С. 3–18.
11. Вернадский, В. И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения / В. И. Вернадский. – М.: Наука, 2001. – 376 с.
12. Кометы и происхождение жизни. – М.: Мир, 1983. – 228 с.
13. Сафроно, В. С. Эволюция допланетного облака и образование Земли / В. С. Сафронов. – М.: Наука, 1969. – 244 с.
14. Сиротин, В. И. Новое о роли метеоритно-астероидной бомбардировки в истории Земли / В. И. Сиротин // Вестник ВГУ. Сер.: Геология, 2008. – № 1. – С. 158–160
15. Кельвин, М. Химическая эволюция: молекулярная эволюция, ведущая к возникновению живых систем / М. Кельвин. – Мир: 1971. – 240 с.
16. Гаррелс, Р. М. Эволюция осадочных пород / Р. М. Гаррелс, Ф. Г. Маккензи. – М.: Мир, 1974. – 271 с.
17. Ранняя история Земли / Под редакцией Б. Уиндли. – М.: Мир, 1980. – 624 с.
18. Розен, О.М. Литогенез на ранней Земле (состав осадков и областей размыва, условия экзогенеза) / О. М. Розен // Проблемы осадочной геологии докембрия. – Вып. 9. – М.: Наука, 1984. – С. 73–89.
19. Конди, К. Архейские зеленокаменные пояса / К. Конди. – М.: Мир, 1983. – 392 с.
20. Базилевский, А. Т. Геологическая история Венеры за последние 300–500 млн лет по данным фотогеологического анализа радарных изображений, полученных К. А. Магеллан / А. Т. Базилевский, Д. У. Хэд // Астрономический вестник. – 1995. – Т. 29. – № 3. – С. 195–218.
21. Щипанский, А. А. Субдукционные и мантийно-плюмовые в геодинамике формирования архейских зеленокаменных поясов: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук / А.А. Щипанский. – М., 2006. – 64 с.
22. Хаин, В. Е. Проблемы тектоники раннего докембрия / В. Е. Хаин // Вестник Моск. Университета.0 Сер.: Геология. – 2000. – № 4. – С. 13–24.
23. Сиротин, В. И. О литогенезе в ранней истории Земли (по данным сравнительной планетологии и раннего архея Воронежского кристаллического массива) / В. И. Сиротин, И.П. Лебедев // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2001. – № 12. – С. 19–37.
24. Сиротин, В. И. О предбиологической эволюции органических соединений и биологических формах в железистых кварцитах КМА / В.И. Сиротин, А.В. Жабин // Тр. НИИ геологии ВГУ. – Вып. 44. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2006. – С. 78–92.
25. Сиротин, В.И. О биологических формах в породах архея и раннего протерозоя Курской магнитной аномалии и Кольского полуострова / В. И. Сиротин, А. В. Жабин // Докл. РАН. – 2008. – Т. 419. – № 3. – С. 378–380.
26. Происхождение Солнечной системы // Доклады международного симпозиума, 3–7 апреля 1972 г., Ницца. – М.: Мир, 1976. – 569 с.
27. Происхождение Солнечной системы: кинетические и термодинамические аспекты. – М.: Наука. – 1993. – 124 с.

Воронежский государственный Университет

Сиротин Виктор Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры общей геологии и геодинамики  
E-mail: ogg@geol.vsu.ru  
Тел. 8-(473)-220-86-82

Voronezh State University

Sirotnin V. I., Doctor of the Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the General Geology and Geodynamics Department  
E-mail: ogg@geol.vsu.ru  
Tel. 8-(473)-220-86-82