

Географические науки

УДК 550; 551; 556; 523.

**Скосар Вячеслав Юрійович**

*кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник*

*Інститут транспортних систем і технологій*

*Національної академії наук України*

**Скосарь Вячеслав Юрьевич**

*кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник*

*Институт транспортных систем и технологий*

*Национальной академии наук Украины*

**Skosar Vjacheslav Yurjevich**

*Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Senior Researcher*

*Institute of Transport Systems and Technologies of*

*National Academy of Sciences of Ukraine*

**МОЖЛИВИЙ МЕХАНІЗМ ЗАГАЛЬНОПЛАНЕТНОЇ ВОДНОЇ  
КАТАСТРОФИ В ГЕОЛОГІЧНОМУ МИНУЛОМУ  
ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ ОБЩЕПЛАНЕТАРНОЙ ВОДНОЙ  
КАТАСТРОФЫ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ПРОШЛОМ  
A PROBABLE MECHANISM OF WATER PLANETARY  
CATASTROPHE IN GEOLOGICAL PAST**

*Анотація.* Вперше на підставі аналізу астрофізичних даних і даних наук про Землю запропонований ймовірний механізм загальнопланетної водної катастрофи (Всесвітнього потопу), що сталася ~ 750 млн. років тому. Потоп забезпечували мантійні водні флюїди і крижані частки, що випали на Землю з ближнього космосу.

*Ключові слова:* Всесвітній потоп, суперплюми, флюїди, космічні крижані частки, Родинія, кріогенний період.

**Аннотация.** Впервые на основании анализа астрофизических данных и данных наук о Земле предложен вероятный механизм общепланетарной водной катастрофы (Всемирного потоп), произошедшего ~750 млн. лет назад. Потоп обеспечивали мантийные водные флюиды и ледяные частицы, выпавшие на Землю из ближнего космоса.

**Ключевые слова:** Всемирный потоп, суперплюмы, флюиды, космические ледяные частицы, Родиния, криогенный период.

**Summary.** A probable mechanism of the water catastrophe on Earth (the Flood) that has taken place about 750 million years ago is proposed, for the first time ever, on the basis of analysis of astrophysical data and data of Earth sciences. The Flood was caused by mantle water fluids and ice particles that had fallen to Earth from the near space.

**Key words:** the Flood, superplumes, fluids, space ice particles, Rodinia, Cryogenian period.

**Введение.** Планета Земля, наверное, изучена в меньшей степени, чем окружающий Космос. В последнее время становится все более очевидным, что Земля есть близкая к нестабильности открытая система, насыщенная флюидами. Все глубины Земли насыщены различными флюидами (водородными, углеводородными, водными и др.) от ядра до самой поверхности. Как близкая к нестабильности система, наша планета чутко откликается на внешние воздействия – приливные, астрорезонансные и др. Отклик Земли проявляется в виде движения флюидов, трансформации флюидов и преобразований горных пород. На ранних этапах развития наук о Земле и до конца XVIII в. были распространены представления о катастрофическом наводнении, охватившем всю планету. Эти взгляды были мотивированы библейскими текстами о Всемирном потопе.

Сторонников Всемирного потопы называли дилuviонистами. Последним крупным дилuviонистом иногда называют проф. Оксфордского университета У. Бекленда (1784-1856 гг.). Известного естествоиспытателя, основателя палеонтологии Ж.Кювье (1769-1832 гг.) также можно отнести к последним крупным ученым, придерживающимся версии потопы. Бекленду удалось собрать обширный материал из геологической литературы в подтверждение катастрофического Всемирного потопы [1, с. 38-39]. Однако, под напором новых естественнонаучных знаний в геологических науках произошел отход от идеи Потопы [2, с. 58.]. Геологические теории уже стали оперировать совершенно другими представлениями, а сторонников Потопы стали относить к маргиналам. В определенном смысле это было правильно, ведь и до сегодняшнего дня не обнаружено следов в геологической истории Земли, которые можно однозначно интерпретировать как общепланетарное наводнение. Но, отрицание идеи Потопы стало тормозить развитие наук о Земле. Поэтому открытие таких катастрофических явлений, как региональные потопы в Северном полушарии в конце последнего ледникового периода, с трудом воспринималось научным сообществом. В свое время, в 1942 г., сотрудник Геологической службы США Дж. Парди только после выхода на пенсию осмелился опубликовать материал о гигантском наводнении в связи с прорывом озера Миссула. В противном случае он бы рисковал работой. В России до сих пор остро дискутируются результаты исследований, доказывающих существование мощных региональных потопов на Евразийском континенте 15-10 тыс. лет назад [3; 4; 5].

Одним из последних сенсационных открытий в географических науках стало признание факта, что в Тихом океане вокруг Новой Зеландии на глубине ~1 км находится целый затонувший континент площадью ~4,6 млн. км<sup>2</sup>, который уже получил название Зеландия [6].

Подобные открытия в области наук о Земле вновь воскрешают идею Потопа и стимулируют дальнейшие исследования нашей загадочной планеты Земля.

Нужно отметить, что попытки некоторых исследователей интерпретировать геологические слои фанерозоя, как результат Всемирного потопы (см., например, [7, с. 100-113]) следует признать несостоятельными. Фанерозой достаточно хорошо изучен, и в этот период Всемирный потоп не мог произойти. Поэтому автор считает правильным вести поиск следов общепланетарной водной катастрофы в более древний и гораздо менее изученный период криптозоя. Тем более, что к концу криптозоя относят аномальное «великое стратиграфическое несогласие», о причинах которого ведутся дискуссии [8].

**Целью настоящей работы** является рассмотрение возможности выброса на поверхность Земли преимущественно водных флюидов в геологическом прошлом, повлекшего полное затопление поверхности планеты, а также анализ вероятного механизма этой катастрофы. Настоящая работа является продолжением публикаций автора [9; 10]. Напомним, что согласно гипотезе автора Всемирный потоп произошел в криогенном периоде позднего протерозоя (~750 млн. лет назад), общая продолжительность катастрофы оценивается в ~1,5 млн. лет, причем в первую половину этого срока вода прибывала, а во вторую – полностью освободила поверхность суши. Причинами общепланетарного наводнения стали выброс воды (и др. флюидов) из земных недр, а также осадки из космических ледяных частиц, выпавших на Землю [9]. Напомним идею: в общем случае, Солнечная система находится в неустойчивом состоянии, и следствием этого неустойчивого состояния стал пролет вблизи Земли массивного астрономического объекта, вызвавшего мощные приливные силы. Приливные силы нарушили равновесие в недрах Земли и спровоцировали интенсивный выход воды и др. флюидов, а также сорвали

с орбиты космические ледяные частицы, которые до того существовали в виде пояса (облака), по крайней мере, между Землей и Солнцем [9]. Конкретике этого события и посвящена настоящая работа.

**Криогенный период позднего протерозоя.** Гляциальные эпохи в позднем протерозое являются одной из наиболее обсуждаемых тем в науках о Земле. Практически на всех палеоконтинентах в исследуемый период встречаются породы, которые считаются гляциальными отложениями (следами ледников). Следы оледенений расположены даже вблизи палеоэкватора, что привело к предположению, что Земля в тот период была полностью скованной льдом (гипотеза Земли-Снежка) [11]. Однако, накопленные на сегодня данные по многим неопротерозойским последовательностям говорят в пользу того, что в указанный период продолжался гидрологический цикл, существовали на континентах реки и чередовались различные климатические обстановки: сухие холодные, гляциальные, межгляциальные, теплые гумидные. Все это противоречит гипотезе Земли-Снежка [11, с. 127]. Химический, изотопный составы океанов начали меняться еще ~811 млн. лет назад, оледенение Стерт имеет возраст ~746-663 млн. лет, но есть данные насчет оледенения ~760-740 млн. лет. Оледенение Марино датируется ~654-643 млн. лет назад, самое молодое гляциальное событие датируется ~584-582 млн. лет назад [11, с. 127-129]. Более 50-ти климатических моделей пытаются объяснить оледенения и межледниковья, связывая их с пертурбациями глобального цикла углерода на фоне очень низкого содержания CO<sub>2</sub>, с интенсивным выветриванием (в связи с распадом Родинии) и с коллапсом атмосферного метана. Но, приходится допускать запредельные повышения концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере, чтобы Земля могла выйти из состояния «Снежка», что вызывает большие сомнения [11, с. 129-131]. Поэтому, дальнейшие исследования оледенений позднего протерозоя призваны разрешить эти и многие др. научные загадки. Например, диамиктиты – весьма

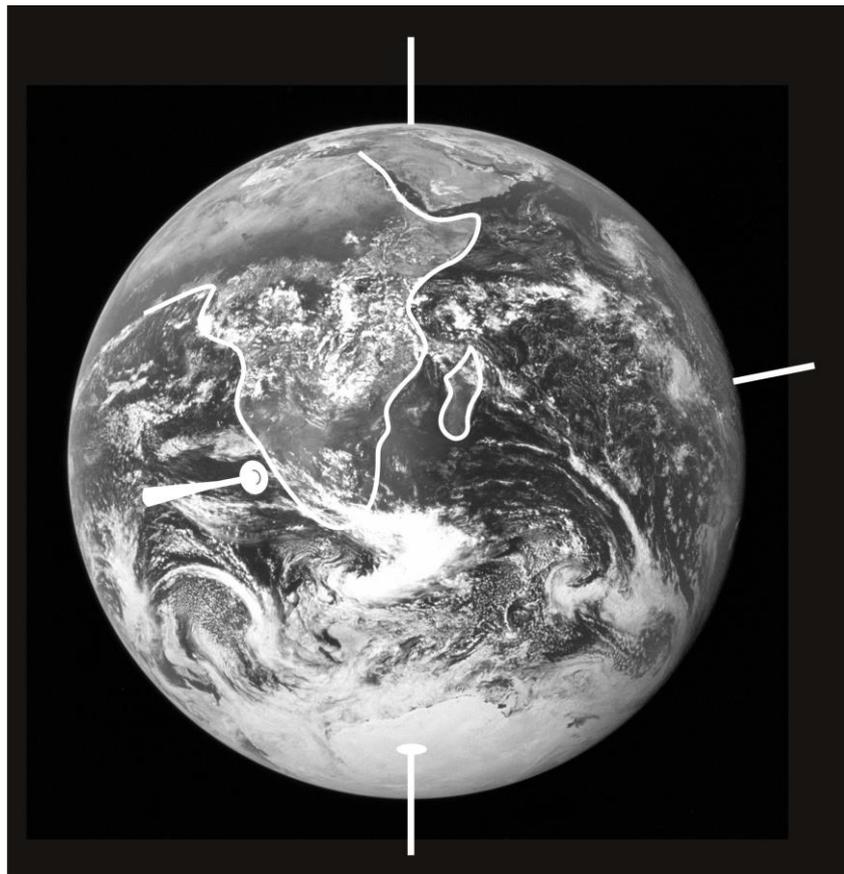
распространенные породы позднего протерозоя – считаются (в сочетании с «венчающими» карбонатами) гляциальными отложениями [11; 12]. Но, оказалось, что диамиктиты могут также формироваться в результате воздействия водных потоков, иметь вулканогенно-оползневое происхождение. Так, в работе [13] были опубликованы результаты многолетнего тщательного исследования диамиктитов пермского периода на северо-востоке Азии, и было установлено, что они сформировались в глубоководной обстановке на континентальном склоне в результате оползней и лавинной седиментации, вблизи вулканической островной дуги. А в работе [14] приведены результаты литологического, изотопного и геохимического изучения «венчающих» карбонатов, перекрывающих ледниковые отложения вендского периода на Южном Урале. Установлено, что диамиктиты и перекрывающие их «венчающие» доломиты (карбонаты) в данном регионе сформировались, скорее всего, в условиях замкнутого внутриконтинентального моря в относительно мелководных и вместе с тем аноксических (недостаток кислорода) обстановках. В таком море с расчлененным рельефом накапливались подводно-оползневые с диамиктитами терригенные отложения. Большую роль при этом играл континентальный сток вод [14]. Т.е., диамиктиты с «венчающими» карбонатами в данном случае говорят о водной обстановке, о ведущей роли подводных оползней и континентального стока. Нужно отметить, что и среди отложений криогенного периода встречаются породы, принадлежность которых к ледниковым вызывает большие сомнения [10, с.126,129]. Эта противоречивость криогенного периода и побудила автора настоящей работы вести поиск следов Потопа в указанном интервале геологической истории Земли. Ведь под «ледниковые» диамиктиты может маскироваться геологический слой, отвечающий Всемирному потопу.

**Флюидная активность Земли.** Автор придерживается моделей Земли, предполагающих наличие флюидного металлического ядра,

которое является источником мощных восходящих потоков, содержащих H, C, N, S, Si, O и др. элементы, образующие флюиды. Речь идет о моделях акад. Н.П. Семененко [15], акад. А.А. Маракушева [16], гипотезах акад. Ф.А. Летникова [17], акад. А.Е. Лукина [18]. Такие представления о нашей планете все более подкрепляются фактами (см. [10]). Недавно опубликованы результаты теоретических расчетов, согласно которым в условиях внутреннего ядра Земли возможны термодинамически устойчивые состояния некоторых карбидов (Fe-C) и гидридов (Fe-H) железа, которые хорошо согласуются с геологическими фактами [19]. Расчеты показали, что во внутреннем ядре возможны термодинамически устойчивые состояния  $Fe_2S$ ,  $FeSi$ ,  $Fe_2O$ , которые также могут быть согласованы с геологическими фактами [20]. Совсем недавно прямыми сейсмическими методами было показано, что внутреннее ядро Земли является твердым, но с определенными признаками пластичности. Это может означать, что во внутреннем ядре находится сплав Fe-Si-C [21].

Однако, термодинамически равновесное состояние ядра может быть нарушено внешними – приливными и астрорезонансными воздействиями, что приведет к дегазации, дефлюидизации земных недр [15]. Иначе говоря, это приведет к возникновению мантийных плюмов и суперплюмов, зарождающихся на границе ядро-мантия. Мантийные суперплюмы, насыщенные энергией и несущие флюиды, считаются ответственными за периодические образования и распады суперконтинентов. Полагают, что такая периодичность равна 600-800 млн. лет, Лучше всего изучены два последних суперконтинента – Родиния и Пангея. Полагают, что Родинию расколол Родинийский суперплюм ~ 750-700 млн. лет назад, причем одновременно с ним действовал антиподальный ему суперплюм, с противоположной стороны земного шара. Этот антиподальный суперплюм может быть сопоставлен с современным Африканским суперплюмом [22]. В настоящее время сейсмотомография выделяет современный

Африканский суперплюм и антиподальный ему суперплюм под Тихим океаном. Эти суперплюмы диагностируются (см. рис. 1), в том числе, по низким скоростям сейсмических волн в мантии [22]. Африканский суперплюм расколол Пангею, и современные материки есть осколки этого суперконтинента. Проведем «ось приливного воздействия», соединяющую суперплюм и антиподальный суперплюм. Эта ось пронзает земной шар вблизи юго-западного побережья Африки и в районе Тихого океана.



**Рис. 1. Суперплюм, расколовший Пангею. «Ось приливного воздействия» пронзает земной шар вблизи Африки и в районе Тихого океана. Ось вращения Земли пронзает планету через Антарктиду и Ледовитый океан**

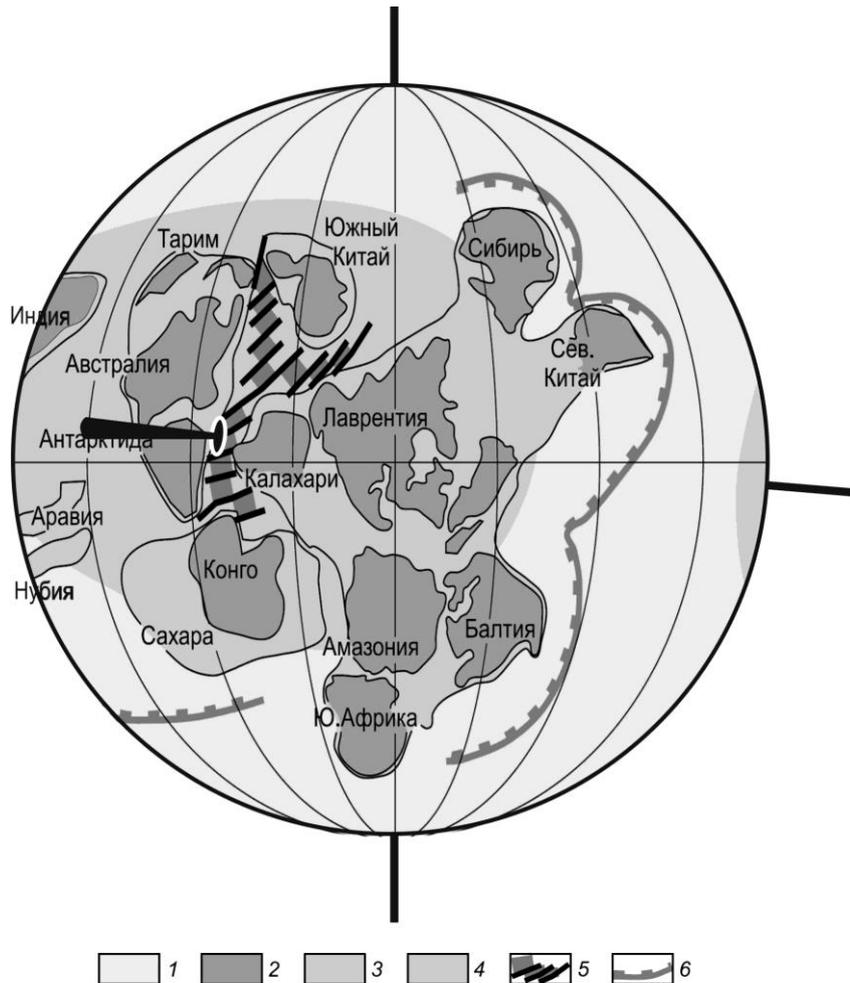
*Источник:* составлено на основе [22; 23]

Но, существует и другая точка зрения, согласно которой со времен Родинии и до настоящего дня Земля демонстрировала глобальную тектоническую асимметрию с наличием двух различных сегментов. Тихоокеанский сегмент планеты включает океанский массив с его тектономагматической эволюцией в течение, по крайней мере, последнего миллиарда лет. Индо-Атлантический сегмент демонстрирует процессы образования и распада суперконтинентов – Родинии и Пангеи. Такая асимметрия двух сегментов прослеживается на всех глубинах до самого ядра, и могла зародиться на очень ранних этапах

развития Земли [24]. Тогда Родинийский суперплюм соответствует Африканскому суперплюму. Далее. Укажем на асимметрию Северной и Южной полярных областей. Это проявляется в том, что континент Антарктида помещается на Южном полюсе практически симметрично с Северным Ледовитым океаном на Северном полюсе. Причем, Антарктида и Ледовитый океан весьма схожи по размерам и очертаниям, но противоположны по форме рельефа и по структуре земной коры [25]. Автор [25] полагает, что со времен протерозоя флюидные мантийные потоки перемещали крупные континентальные массы между Северным и Южным полушариями, и в настоящее время Южное полушарие расширяется. Это проявляется в наличии кольца океанических рифтов вокруг Антарктиды при отсутствии соответствующих им зон субдукции. По всей видимости, современную структуру тектоносферы Земли, ее упорядоченность и асимметрию полушарий невозможно объяснить с позиций тектоники отдельных литосферных плит. Наблюдаемая структурная упорядоченность могла быть создана в процессе общего развития Земли, как планеты [25].

По мнению автора настоящей работы, «ось приливного воздействия» соответствует направлению максимального действия приливных сил (или действия интенсивной гравитационной волны). Точно также лунный прилив создает два приливных горба, которые можно соединить осью, проходящей через центр Земли. Возможно, что при наложении лунного прилива и др. прилива, вызванного гипотетическим астрономическим объектом, ядро Земли потеряло устойчивость и «выплеснуло» два антиподальных суперплюма к поверхности планеты.

Далее. Если плоскость траектории астрономического объекта, вызвавшего приливные силы, составляла некий угол с осью вращения Земли, то приливные силы могли дать ненулевую составляющую вдоль оси вращения планеты. Возможно, что указанная ненулевая составляющая приливных сил ответственна за асимметрию Южного и Северного полушарий со времен позднего протерозоя.



**Рис. 2. Суперплюм, расколовший Родинию, и антиподальный суперплюм в океане. «Ось приливного воздействия» и ось вращения Земли**

*Источник:* составлено на основе [22]

1 – океаны; 2, 3 – континенты (обведены контурами); 4 – проекции суперплюмов; 5 – зоны раскола континентов; 6 – зоны субдукции.

На рис. 2 схематично изображены последствия внешнего воздействия на Землю, повлекшего раскол Родинии, выброс флюидов из недр планеты, выпадение из окружающего космического пространства на поверхность планеты тающих ледяных частиц [9] (о ледяных частицах см. ниже). Здесь же показан суперплюм, расколовший Родинию, и антиподальный ему суперплюм. Разумеется, положение суперплюмов и направление «оси приливного воздействия» на рис. 1 и 2 показаны приближенно.

Если у нашей планеты действует цикл создания и распада суперконтинентов, и мощное внешнее воздействие резонансно совпало с фазой распада Родинии (~750 млн. лет назад), то становится понятным столь интенсивный отклик Земли. Но к резонансному воздействию нужно добавить еще один малоизученный фактор, который можно назвать «затишьем перед бурей». Дело в том, что почти целый миллиард лет перед катастрофой Земля находилась в фазе низкой эндогенной активности (1,7-0,7 млрд. лет назад), причем интервал перед самой катастрофой (1000-750 млн. лет назад) иногда называют «мертвая Земля». Низкая активность могла быть обусловлена перестройкой конвективных течений и плюмов в мантии [26, с. 767]. За этот период недра планеты могли накопить избыток водных флюидов, поскольку флюиды не растрчивались посредством обычной активности. Возможно, что обнаруженная недавно вода в нижней мантии, где никто ее не ожидал обнаружить [27], и есть реликты того запаса периода накопления флюидов. В итоге получаем, что совокупный результат накопления водных и др. флюидов в мантии и «выплеска» суперплюмов из ядра под действием резонансного воздействия извне выразился в катастрофическом наводнении планеты 750 млн. лет назад. Кроме воды на поверхность могли выйти такие флюиды: водород, гелий, метан, азот, углекислый газ.

Вернемся к плюмам и суперплюмам. Суперплюмы, как установлено сейсмотомографией, могут «ветвиться» на отдельные плюмы [22]. В настоящее время существует термохимическая модель плюмов [28], согласно которой плюм может зарождаться на границе ядро-мантия и восходить до поверхности планеты, причем в нем присутствует добавка «летучего» компонента. Указанная добавка к субстрату плавящейся мантии снижает температуру плавления, чем плюм отличается от остального вещества мантии. При некотором упрощении все «летучие» добавки сводятся к определенному содержанию воды, причем источником добавки (воды) служит химическая реакция железосодержащих минералов

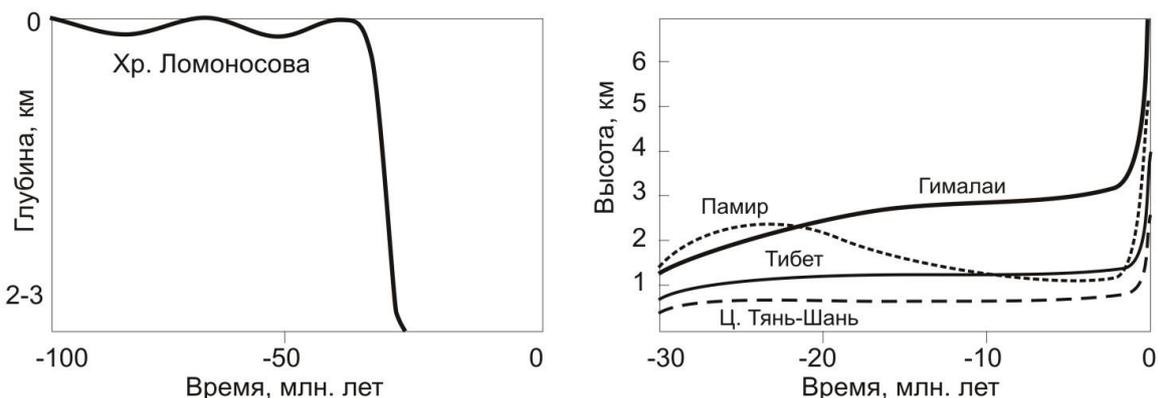
нижней мантии с водородом и/или метаном ядра. В рамках термохимической модели удается оценить мощность (кВт) плюмов, тепло- и массообмен, скорость подъема (проплавления недр) и др. параметры. Модель хорошо описывает Гавайский и Сибирский плюмы, взаимодействие плюма с тугоплавкой литосферой. Так, при подходе к литосфере плюм диаметром ~100 км растекается под ней, образуя «шляпу» плюма диаметром 1-2 тыс. км, в зависимости от мощности. От «шляпы» может произойти прорыв вторичного плюма и излияние магмы [28].

Но возможны и др. проявления воздействия плюма на литосферу. Так в работе [29] проанализированы данные сейсмотомографии и показано, что Африканский (Эфиопско-Афарский) суперплюм является источником субгоризонтальных горячих потоков в мантии, которые доходят до Гималай, Тибета, Тянь-Шаня, Алтая. Этот поток проходит в верхней мантии и в переходном слое (400-700 км) и, по всей видимости, содержит значительное количество воды. Связанная вода имеет как глубинное происхождение (источник – водород суперплюма), так и поступает из субдуцируемых слэбов. Вода и др. флюиды выделяются из субгоризонтальных потоков и оказывают флюидное воздействие на литосферу, размягчая ее и приводя к метаморфическим преобразованиям горных пород. В результате происходит интенсивный подъем горных систем и высоких плато в последние 2-5 млн. лет в Центральной Азии (Памир, Гиндукуш, Каракорум, Тибет, Гималаи). Причем, поднимаются не только хребты, но и большинство межгорных впадин. Метаморфизм приводит к разуплотнению пород и, как следствие, подъему поверхности [29]. Аналогичное явление, по всей видимости, происходило ~750 млн. лет назад. Так, в работе [30] приведены результаты изучения магматизма в регионе палеоазиатского океана. Показано, что пик магматизма относился ко времени ~750 млн. лет назад и связан с активизацией крупного плюма или серии плюмов. Тогда резко усилился процесс распада Родинии, и уже

происходила субдукция и плавление погруженных слэбов на активной окраине палеоазиатского океана, вокруг палеоконтинента Сибирь. Выделение флюидов от плавящихся слэбов и могло стать причиной вспышки магматизма ~750 млн. и ~500 млн. лет назад [30, с.104]. Но к вспышке ~750 млн. лет назад добавил свою энергию суперплюм, расколовший Родинию. Так что в условиях Родинии также могли возникнуть области интенсивного подъема горных систем и плато под действием мантийных флюидов.

Итак, флюиды мантийных плюмов способны вызывать интенсивные вертикальные тектонические движения. Например, установлено, что на хребте Ломоносова (на арктическом шельфе) ~20 млн. лет назад произошло резкое погружение под воду континентальной коры за один или несколько млн. лет [31]. А горные сооружения Гималай, Памира, Тибета, Центрального Тянь-Шаня за последние 2-4 млн. лет испытали резкое поднятие [32]. Амплитуда вертикальных движений достигала 2-3 км и более. Указанные явления проиллюстрированы на рис. 3. Вероятно, не только хр.Ломоносова, но и др. участки континентальной коры на арктическом шельфе испытали аналогичное резкое погружение на глубину 2-3 км. Это было вызвано эклогитизацией нижней части континентальной коры, что привело к ее утяжелению и погружению. (Эклогиты, как полагают, образуются из габбро нижней коры под действием горячих мантийных флюидов при определенных условиях) [31].

Интенсивные вертикальные тектонические движения, вызванные действием мантийных флюидов, для нас будут представлять особый интерес (см. ниже).



**Рис. 3. Процесс погружения на хр. Ломоносова (слева). Составлено на основе [31].  
Процесс поднятия горных сооружений Средней Азии (справа)**

*Источник: составлено на основе [32]*

**Оценка количества воды.** Обычно считается, что древние материки были намного более низкими, чем современные, и что вплоть до каледонского этапа складчатости (~500-400 млн. лет назад) горы на Земле были гораздо ниже современных (см., например, [33, с.73]). Поэтому, будем считать, что рельеф раскалывающейся Родинии характеризовался невысокими горами. В качестве примера возьмем обширную область, куда входят Прибайкалье, Забайкалье и территория респ. Саха (Якутии). Самые высокие горы здесь достигают отметок всего лишь 2841 м (Прибайкалье), 3072 м (Забайкалье) и 3003 м (Саха). Подавляющая часть территории этой обширной области находится на отметках не ниже 500 м. Нас будет интересовать, возможен ли Всемирный потоп в предполагаемых условиях Родинии за отрезок ~1,5 млн. лет? (Иначе, возможен ли подъем уровня океана за ~700 тыс. лет на высоту 3100 м и затем опускание уровня океана за оставшиеся ~800 тыс. лет до отметки 0-500 м.). К концу XX в. уже были сделаны оценки массопотоков природных вод. Но, вообще говоря, до настоящего времени еще не решены фундаментальные проблемы гидрогеологии. Например, противоречивы оценки количества воды, выделяющейся из мантии Земли. Интенсивность затягивания в недра связанной воды субдуцируемыми слэбами оценена

всего лишь по наличию связанной воды в осадочном слое океанического дна (что занижает оценку). Вот некоторые данные. Масса воды, участвующей в климатическом круговороте на континентах (испарение, выпадение осадков, сток в океаны), составляет  $2 \times 10^{20}$  г/год. Массопоток из мантии (за счет синтеза воды при взаимодействии мантийных флюидов с силикатным веществом) – всего  $0,25 \times 10^{15}$  г/год. А массопоток, связанный с субдукцией, составляет  $0,42 \times 10^{15}$  г/год [34]. Сейчас мы покажем, что две последние величины могут быть значительно больше.

К настоящему времени установлено, что кислородсодержащий углеводородный флюид мантии (С-Н-О), образующийся из «сухого» углеводородного мантийного флюида, способен формировать современную гидросферу в рифтовых зонах. Оказалось, что в рифтовой зоне о.Байкал пресная вода генерируется прямо из мантии, и такое же явление происходит, по всей вероятности, в др. рифтовых зонах. Что касается о.Байкал, то здесь генерируется ультрапресная, чистая вода, причем интенсивность питания из мантии оценивается в  $17,5 \text{ км}^3/\text{год}$  ( $17,5 \times 10^{15}$  г/год). Это составляет  $\sim 30\%$  от общего стока озера через р.Ангару [35], и заметно превосходит выше приведенную оценку, сделанную для всей планеты! Кроме воды на поверхность выходят такие флюиды: водород, гелий, метан, азот, углекислый газ. Сделаем новую оценку для общепланетарной генерации пресной воды из мантии в условиях распада суперконтинента, считая, что интенсивность генерации будет такой же, как и в о.Байкал. Байкальская рифтовая система имеет длину более 2500 км, тогда как длина самого озера, расположенного в этой зоне  $\sim 640$  км [35]. Поскольку мы не знаем, какая часть длины рифтовой зоны участвует в генерации пресной воды, то выберем среднюю величину 1000 км. Тогда интенсивность генерации воды из мантии составит  $17,5 \times 10^{15}$  г/(1000 км×год). В настоящее время общая длина всех рифтовых зон в океанах превышает 60 тыс. км [34]. Недавно была оценена протяженность континентальных рифтов в

период распада Пангеи (максимум протяженности за последние 200 млн. лет), и он составил 40 тыс. км [36]. Поэтому будем считать, что суммарная протяженность всех рифтовых зон в период распада Родинии составляла 100 тыс. км, включая океаны и суперконтинент. Умножив эту протяженность рифтов на интенсивность генерации пресной воды (на 1000 км), получим величину общепланетарной генерации пресной воды из мантии  $1,75 \times 10^{18}$  г/год!

Сделаем новую оценку массопотока воды, связанного с субдукцией. Получены новые данные, согласно которым в зонах субдукции в мантию затягивается вода не только из осадочного слоя океанического дна, но и связанная в литосферной плите вода до глубин 30 км. Дело в том, что перед погружением литосферная плита сильно деформируется, что приводит к образованию пор и трещин в ней, которые заполняются океанской водой. При погружении физически связанная вода отжимается, но вода, связанная в серпентинах плиты, погружается в мантию под островные дуги (и континенты). Здесь происходит дегидратация, и вода выходит, активизируя вулканизм и сейсмические явления. Подвергаясь дегидратации и восходя вверх, вода снова может связываться в коре, где существуют условия для серпентинизации. Так что гидратируются и разбухают не только мантийные породы, но и вышележащие породы коры островных дуг (и континентов) [37]. Воспользовавшись данными [37] и считая, что суммарная протяженность всех зон субдукции при распаде Родинии соответствует протяженности всех рифтовых зон – 100 тыс. км, а скорость субдукции равна максимальной современной скорости субдукции (10 см/год), получаем интенсивность затягивания воды субдуцируемыми слэбами  $7 \times 10^{15}$  г/год. Это заметно превосходит оценку, приведенную в [34], но существенно уступает общепланетарной генерации пресной воды из мантии ( $1,75 \times 10^{18}$  г/год), которую мы здесь заново пересчитали. К тому же затянутая вода по большей части снова выходит на поверхность, как

полагают, в процессе вулканизма. Однако, часть этой воды может удерживаться и участвовать в метаморфизме мантийных и коровых пород с их разбуханием и подъемом поверхности континентов. Так, в работе [25, с.767] указывается, что, начиная с рубежа ~750 млн. лет назад, произошло сильное повышение скорости субдукции литосферных плит (она могла превысить современный уровень). А это привело к «затаскиванию» воды океанов в мантию планеты, «разбуханию» верхнемантийного клина под континентом (до глубин 410 км), подъему континентов и понижению уровня океана (а также к расширению шельфа, усилению фотосинтеза и росту содержания кислорода в атмосфере Земли). Так что усиленное затягивание воды в недра хоть и не смогло компенсировать общепланетарную генерацию пресной воды в рифтах, но способствовало подъему континентов.

Вернемся к общепланетарной генерации воды из мантии. Учитывая продолжительность первого этапа Всемирного потопа (~700 тыс. лет), получим общее количество выделившейся из недр воды  $\sim 1,225 \times 10^{24}$  г, что немногим уступает массе современного Мирового океана ( $\sim 1,4 \times 10^{24}$  г). Чтобы покрыть суперконтинент Родинию, нужно обеспечить подъем уровня воды на высоту 3100 м (см. выше). Для оценки такой массы воды достаточно площадь поверхности Земли умножить на указанную высоту, и мы получим необходимую массу пресной воды  $1,55 \times 10^{24}$  г. Вода, выделившаяся из недр ( $1,225 \times 10^{24}$  г), должна быть дополнена водой из окружающего космического пространства. Получаем, что масса воды от космических ледяных частиц равна  $0,325 \times 10^{24}$  г. Если такой дождь из тающих ледяных частиц длился в течение всего первого этапа Потопа (~700 тыс. лет), то его массопоток равен  $\sim 4,6 \times 10^{17}$  г/год. Это должно было приводить к разогреву и таянию ледяных частиц в атмосфере, насыщению атмосферы водяными парами и в среднем – к усилению дождей на планете. Массопоток космического дождя намного меньше современного

климатического круговорота воды ( $2 \times 10^{20}$  г/год), но это есть дополнительный некомпенсированный фактор притока воды.

В настоящее время известно, что земная атмосфера теряет в космос легкие газы – водород и гелий с интенсивностью 250 тонн и 4 тонны в сутки, соответственно. Это обусловлено как тепловыми потерями, так и нетепловыми, в том числе за счет фотолиза воды на водород и кислород с последующей потерей водорода в космос [38-40]. Потеря водорода в год составляет ~90 тыс. тонн, что означало бы потерю воды  $0,8 \times 10^{12}$  г/год, если бы водород не восполнялся водородной дегазацией планеты [9]. Но даже такая возможная потеря воды в космос очень мала по сравнению с массопотоком космического дождя ( $\sim 4,6 \times 10^{17}$  г/год), так что ею можно пренебречь. Любопытно отметить, что если массопоток космического дождя оценить по шкале «библейского» года («библейский» год составляет ~1,5 млн. лет [8]), то интенсивность дождя при Потопе составит ~15 см/ч. Это соответствует сильному грозовому ливню! [41].

Каким образом суша могла вновь освободиться от воды в течение второго этапа Всемирного потопа (~800 тыс. лет)? Наиболее подходящим механизмом представляется быстрый подъем обширной территории (как Прибайкалье, Забайкалье и территория респ. Саха) на высоту хотя бы до 3 км. Как уже говорилось, подобное происходит в последние 2-4 млн. лет с горными сооружениями Средней Азии (включая Тибет, Гималаи, Памир, Тянь-Шань...). Полагают, что такое быстрое поднятие обширных континентальных территорий обусловлено суммарным действием трех факторов: коллизионным сжатием плит; частичным замещением литосферной мантии менее плотной астеносферой; разуплотнением пород корового происхождения астеносферными флюидами [32, с. 294.]. Далее. Полагая, что геологические процессы при распаде Родинии были гораздо интенсивнее, чем в наше время, поскольку свою роль сыграл фактор внешнего воздействия на планету, представляется правдоподобным, что подъем обширной части континента на 3 км произошел за ~800 тыс. лет, а

не за 2-4 млн. лет, т.е. в 2,5-5 раз быстрее. Дополнительную роль могло сыграть столь же быстрое образование глубоководных впадин (см. [31]), куда стекал избыток воды. Кроме того, похолодание по окончании Потопа могло связать часть воды в ледниках, что также способствовало понижению уровня воды (см. [9]).

**Что же послужило источником космического дождя?** Автор ранее уже приводил сведения о распространенности водяного льда в космосе [9]. Совсем недавно открыты залежи водяного льда на Луне, что ставит астрономам множество вопросов [42]. Традиционно считается, что водяной лед на орбитах, близких к Солнцу (и Земле), находится под сильным воздействием солнечного излучения и потому не может долго существовать, кроме редких случаев. Например, лед прячется в темных кратерах на полюсах Луны, куда не проникают лучи Солнца. Поэтому для исследователей было большой неожиданностью обнаружить достаточно много льда и в светлых, относительно теплых кратерах на южном полюсе Луны [42]. В 2010 г. две независимые группы астрономов из США, Испании и Бразилии обнаружили водяной лед на поверхности астероида Фемиды, хотя из-за сравнительной близости к Солнцу время существования открытого льда должно составлять всего несколько лет. Но водяной лед равномерно покрывает большую часть поверхности астероида и существует стабильно. Наиболее вероятным объяснением считается такое: запасы древнего льда хранятся под поверхностью астероида и защищены от Солнца, а при ударах мелких космических тел этот лед испаряется и сразу же намерзает на поверхности Фемиды [43]. Эффекты столкновений мелких космических тел и ледяных масс исследованы теоретически на примере колец Сатурна, состоящих преимущественно из водяного льда [44]. В результате удалось объяснить эмпирически обнаруженный закон, согласно которому распределение частиц по размеру ( $d$ ) определяется функцией  $d^{-3}$ . Т.е. частиц диаметром 2 м в 8 раз меньше

частиц диаметром 1 м, а частиц диаметром 3 м в 27 раз меньше частиц диаметром 1 м, и т.д. В результате кольца Сатурна состоят преимущественно из очень мелких, субмиллиметровых частиц, тогда как частицы диаметром в десятки метров встречаются очень редко. Здесь работает динамическое равновесие среди сталкивающихся частиц, когда при более низкой скорости столкновения частицы слипаются в более крупную, а при более высокой скорости столкновения – дробятся на несколько мелких. (Относительные скорости частиц внутри колец Сатурна невелики – порядка нескольких метров в час) [44]. Для нас эта информация полезна тем, что мы можем допустить стабильное и длительное существование пояса (облака) ледяных частиц на близких к Солнцу и Земле орбитах. Несмотря на губительное воздействие солнечного излучения, запасы мелких ледяных частиц постоянно могли пополняться за счет дроблений крупных кусков льда и отдельных астероидов, содержащих водяной лед. (И в настоящее время известны астероиды, орбиты которых пересекают орбиту Земли, и астероиды, которые подходят близко к Солнцу.) А в крупных космических телах водяной лед может быть надолго защищен от солнечного излучения, как показано выше.

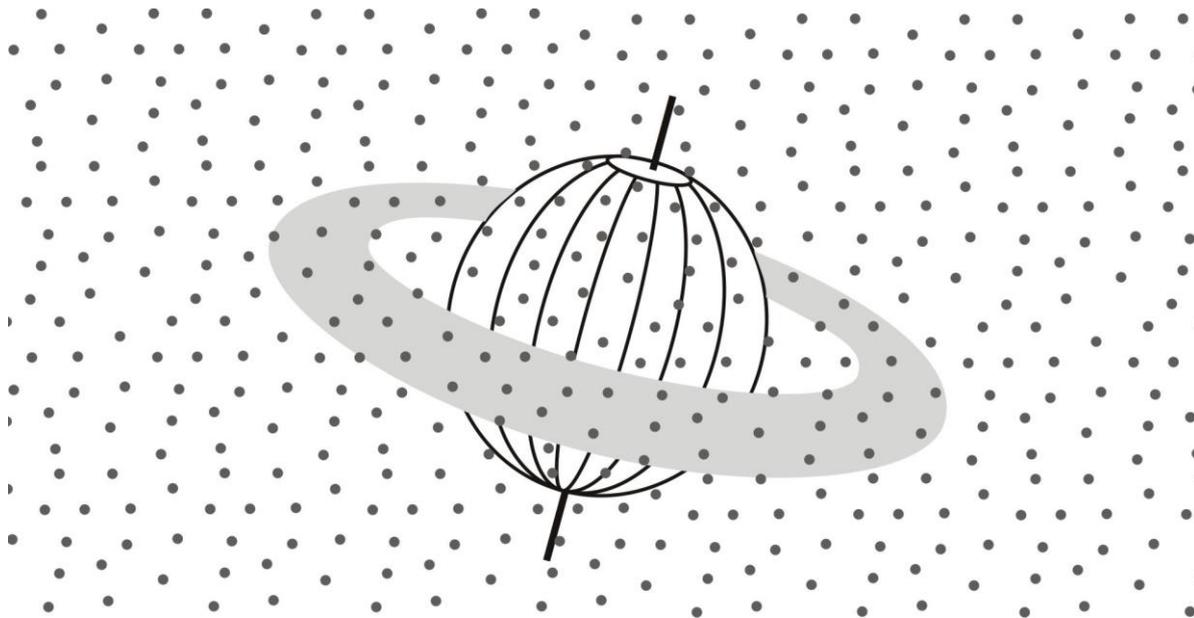
Вероятно, пояс (облако) космических ледяных частиц существовал от начала возникновения Солнечной системы, и теперь мы наблюдаем лишь его реликты (водяной лед во внутренних частях Солнечной системы, кольца Сатурна, лед в кометах пояса Койпера и облака Оорта). Возможно, что выпадение ледяных частиц на Землю ~750 млн. лет назад образовало залежи водяного льда и на Луне, поскольку ледяной дождь зацепил и наш спутник.

Любопытно отметить насчет радуги. При отсутствии оптических неоднородностей диск солнца освещает Землю почти как точечный источник, имея угловые размеры всего ~0,5°. Это благоприятствует образованию радуги в случае наличия капелек воды в стороне, противоположной солнцу. Угловая ширина кольца первой радуги 1,72°, кольца второй радуги – 3,11°, что позволяет наблюдать четкие

изображения колец радуг. Но, пояс (облако) космических ледяных частиц создавал бы заметное рассеяние солнечных лучей, так что к Земле приходили бы рассеянные лучи от разных частиц пояса (облака), имея разные направления в пространстве. Это эквивалентно «размыванию» диска солнца и, соответственно, «размыванию» изображений радуг. Наличие множества подобных оптических неоднородностей сделало бы «размывание» настолько сильным, что радугу наблюдать было бы невозможно (см. [9].)

Вернемся к приливному действию гипотетического астрономического объекта ~750 млн. лет. Такое приливное действие могло сильно изменить характер вращения жидкого внешнего ядра Земли и вызвать пертурбации геомагнитного поля. Кроме того, такое приливное действие должно было повлиять на характер движения Луны. Например, в настоящее время обсуждаются следующие странные особенности орбитального и осевого вращения системы Земля-Луна-Солнце: ось вращения Земли составляет  $\sim 23,5^\circ$  к плоскости эклиптики, тогда как орбита Луны не лежит в экваториальной плоскости Земли, а наклонена на  $\sim 5^\circ$  к плоскости эклиптики (в отличие от большинства спутников планет Солнечной системы). По мнению астрономов, опубликовавших результаты своего моделирования в журнале Nature, если такое несовпадение могло получиться в результате ударного формирования спутника Земли, то затем последовала передача части момента импульса системы Луна-Земля – к системе Земля-Солнце [45]. Однако, в указанной работе ученые изначально подгоняли параметры удара под искомый результат, чтобы оправдать импактную гипотезу образования Луны. Французские исследователи в журнале Nature опубликовали результаты моделирования: орбита Луны стала такой, как в настоящее время, уже после формирования спутника из-за взаимодействия с Землей крупных объектов. Что интересно, гипотеза французских ученых не только объясняет современный угол наклона орбиты Луны, но и дает возможность ее экспериментальной проверки путем измерения процентного содержания благородных металлов (золота и платины) в земной коре и на Луне. В

указанной гипотезе первоначальная орбита Луны (в экваториальной плоскости Земли) была смещена пролетающими вблизи массивными объектами (которые могли оставаться после завершения формирования внутренних планет). Эти массивные объекты, перед тем как упасть на Землю, обычно проходят достаточно сложную траекторию вокруг планеты, которая во многих случаях приводит к смещению лунной орбиты. Результаты моделирования показывают, что при определенных соотношениях масс и количеств объектов, текущий угол наклона можно объяснить такими явлениями. Космические объекты могут приводить к увеличению нетипичных для внешних слоев коры элементов: золота и платины, которые должны были бы еще ранее раствориться в жидком железном ядре. Как смещение лунной орбиты, так и концентрации золота и платины зависят от количества и массы системы тел, взаимодействующих с Землей и Луной. Именно такое предсказание ученые планируют использовать для подтверждения своей гипотезы [46; 47]. Вполне вероятно, что если причину указанного несовпадения экваториальной плоскости Земли, плоскости орбиты Луны и плоскости эклиптики искать в однократном катастрофическом событии – приливном воздействии на систему Земля-Луна со стороны гипотетического астрономического объекта ~750 млн. лет назад, то удастся не только подтвердить подобную возможность, но и получить параметры этого объекта. Все эти вопросы требуют отдельной проработки, но не выглядят безнадежными. На рис. 4 схематично показано окружение Земли выпадающими на нее ледяными частицами, образующими кольцо-сгущение, перед тем, как упасть на планету. Кстати, в статье [48] среди ранее высказанных гипотез неопротерозойского оледенения упомянуто и образование ледяного кольца вокруг Земли.



**Рис. 4. Земля окружена космическими ледяными частицами, образующими кольцо-сгущение, перед тем, как упасть на планету**

Итак, в отличие от тех авторов, которые пытаются разрабатывать модель Потопа на основе представлений о молодом возрасте Земли в несколько тыс. лет (см., например, [7]), в настоящей статье впервые предложен правдоподобный механизм этой общепланетарной водной катастрофы.

**Геохимический след Всемирного потопа.** Космические ледяные частицы могли содержать в себе многие химические элементы, содержащиеся в космической пыли. Собственно космические пылинки представляют собой твердые частички, охваченные намерзшим снаружи водяным льдом. Выпадающий на Землю из космоса метеоритный материал содержит такие металлы, как золото, металлы платиновой группы, никель, кобальт, хром, железо, вольфрам, медь, цинк и др. [49-51].

Частично сгорая в атмосфере Земли или почти не претерпевая изменений, космический материал должен накапливаться в виде оксидов и др. соединений, а также в самородном виде. Действительно, некоторые микро - и наноминералы в озерных и морских осадках представляют собой металлические чешуйки и интерметаллиды, сохранившиеся в течение

десятков миллионов лет, и могущие иметь космическое происхождение [50]. Поскольку земная кора в силу геологических процессов обеднена сидерофильными металлами по сравнению с космическим материалом, то космический дождь должен был оставить геологический слой с повышенным (по сравнению с остальной корой) содержанием таких металлов, как железо, металлы платиновой группы, никель, кобальт, хром, золото. Эти металлы в указанном слое возрастом ~750 млн. лет могут быть обнаружены, в том числе, как самородные (см. [50]). Кроме того, для указанного слоя возрастом ~750 млн. лет может наблюдаться аномалия изотопных отношений вольфрама. А именно, в этом слое отношение содержания стабильных  $^{182}\text{W}$  к  $^{184}\text{W}$  должно быть заметно ниже, чем для остальной коры, и соответствовать космическому материалу. Ведь в космическом материале отношение содержания  $^{182}\text{W}$  к  $^{184}\text{W}$  ниже, чем в современной земной коре [51]. Вышеперечисленные соображения являются предсказаниями, сделанными на основе предложенного здесь механизма Всемирного потопа, и могут быть проверены. Легко увидеть, что гипотеза автора перекликается с предположениями французских исследователей [45; 46].

**Выводы.** 1. Впервые (насколько известно автору) на основании анализа астрофизических данных и данных наук о Земле предложен вероятный механизм общепланетарной водной катастрофы – Всемирного потопа в геологическом прошлом нашей планеты (~750 млн. лет назад).

2. Механизм Всемирного потопа состоит в следующем: на протяжении миллиарда лет перед катастрофой (1,7-0,75 млрд. лет назад) недра Земли могли накопить избыток водных флюидов; ок. 750 млн. лет назад Земля и Солнечная система испытали мощное внешнее (приливное) воздействие, резонансно совпавшее по времени с внутренним (обусловленным суперплюмами) циклом распада и формирования суперконтинентов на планете; отклик Земли выразился в интенсивном выходе водных флюидов из рифтовых зон, а отклик Солнечной системы

выразился в падении на планету космических ледяных частиц – все это вызвало общепланетарное наводнение, когда вода покрыла всю поверхность суперконтинента Родинии; окончание Потопа связано с исчерпанием массы мантийной и космической воды и с интенсивным поднятием обширных территорий суши, вызванным действием мантийных флюидов (дополнительную роль могли играть быстрые образования глубоководных впадин, куда стекал избыток воды).

3. Гипотеза автора позволяет сделать конкретные предсказания: в геологическом слое, отвечающем Потопу, должно быть повышенным (по сравнению с остальной корой) содержание таких металлов, как железо, металлы платиновой группы, никель, кобальт, хром, золото. А отношение содержания изотопов вольфрама  $^{182}\text{W}$  к  $^{184}\text{W}$  должно быть заметно ниже, чем для остальной коры, и соответствовать космическому материалу.

В дальнейшем автор планирует проанализировать следствия из предложенного здесь механизма Всемирного потопа, которые вытекают для климата и биосферы Земли.

### **Литература**

1. Воловик О.В. История геологических наук. Учебное пособие. – Ухта, 2002. – 99 с.
2. Белоусов В.В. Очерки истории геологии. – М.: ИФЗ РАН, 2018. – 232 с.
3. Рудой А.Н. Гигантская рябь течения: история исследований, диагностика, и палеогеографическое значение. Материалы гляциологических исследований, 2006. – Вып. 101. URL: [https://www.researchgate.net/publication/257654675\\_Gigantskaa\\_rab\\_tecenia\\_istoria\\_issledovania\\_diagnosticeskie\\_priznaki\\_i\\_paleogeograficeskie\\_znachenie](https://www.researchgate.net/publication/257654675_Gigantskaa_rab_tecenia_istoria_issledovania_diagnosticeskie_priznaki_i_paleogeograficeskie_znachenie)

4. Рудой А.Н. Ледниковые катастрофы в новейшей истории Земли. Природа, 2000. – №9. URL: [http://www.1543.su/VIVOVOCO/VV/JOURNAL/NATURE/09\\_00/CATICE.HTM](http://www.1543.su/VIVOVOCO/VV/JOURNAL/NATURE/09_00/CATICE.HTM)
5. Зольников И. Суперпаводки и рельеф Западной Сибири. URL: <https://www.youtube.com/>
6. Ученые обнаружили на Земле новый континент (20.02.2017). URL: [https://ru.tsn.ua/nauka\\_it/na-zemle-obnaruzheno-novyuy-kontinent-uchenyey-805889.html](https://ru.tsn.ua/nauka_it/na-zemle-obnaruzheno-novyuy-kontinent-uchenyey-805889.html)
7. Вертьянов С. Происхождение жизни: факты, гипотезы, доказательства. Научно-популярный очерк, 4-е изд., Свято-Троицкая Сергиева Лавра, 2007. – 144 с.
8. Власов К. «Великое стратиграфическое несогласие»... (27.02.2019). URL: [https://elementy.ru/novosti\\_nauki/](https://elementy.ru/novosti_nauki/)
9. Скосарь В.Ю. Неустойчивости и уникальные события на планете Земля / Международный научный журнал «Интернаука». – 2017. – № 15 (37). – 1 т. URL: <https://www.inter-nauka.com/issues/2017/15/3051/>
10. Скосарь В.Ю. Энергетические и экологические следствия из моделей Земли с флюидным металлическим ядром. / Международный научный журнал «Интернаука». – 2018. – № 10 (50). – 1 т. URL: <https://www.inter-nauka.com/issues/2018/10/3886/>
11. Маслов А.В., Гражданкин Д.В. Геологические свидетельства неопротерозойских оледенений. Литосфера, 2012. – №6. – С. 126-133.
12. Кочнев В.Б., Покровский Б.Г., Прошенкин А.И. Верхнепротерозойский гляциокомплекс центральных областей Сибирской платформы. Доклады Академии наук, 2015. – Том 464. – №4. – С. 448-451.
13. Бяков А.С., Ведерников И.Л., Акинин В.В. Пермские диамиктиты Северо-Востока Азии и их вероятное происхождение. Вестник СВНЦ ДВО РАН, 2010. – №1. – С. 14-21.

14. Биктимерова З.Р., Мичурин С.В., Горожанин В.М. Стабильные изотопы (C, O, S, Sr) и распределение лантаноидов в «венчающих» доломитах Венда Южного Урала. Изотопные методы в геологии, 2013. – С. 726-730. URL: [www.vsegei.com/ru/conf/summary/mnpk-13/theses/08izotopy.pdf](http://www.vsegei.com/ru/conf/summary/mnpk-13/theses/08izotopy.pdf)
15. Семененко Н.П. Кислородно-водородная модель Земли. – Киев: Наук. думка, 1990. – 248 с.
16. Маракушев А.А., Маракушев С.А. Происхождение и флюидная эволюция Земли. Пространство и время, 2010. – №1. – С. 98-118.
17. Летников А.Ф. Флюидный режим эндогенных процессов и проблема рудогенеза. Геология и геофизика, 2008. – Т. 47. – №12. – С. 1296-1307.
18. Лукин А.Е. О включениях природного соединения кальция и углерода в минеральных образованиях, связанных с внедрением суперглубинных флюидов. Доповіді Національної академії наук України, 2007. – №1. – С. 122-130.
19. Бажанова З.Г., Оганов А.Р., Джанола О. Системы Fe-C и Fe-H при давлениях внутреннего ядра Земли. УФН, 2012. – Т.182. – №5. – С. 521-530.
20. Бажанова З.Г., Ройзен В.В., Оганов А.Р.. Поведение системы Fe—S при высоких давлениях и состав ядра Земли. УФН, 2017. – Т.187. – №10. – С. 1105-1113.
21. Стрекопытов Вл. Внутреннее ядро Земли действительно твердое, хотя и немного пластичное (09.11.2018). URL: [https://elementy.ru/novosti\\_nauki/433361/Vnutrennee\\_yadro\\_Zemli\\_deystvitelno\\_tverdoe\\_khotya\\_i\\_nemnogo\\_plastichnoe](https://elementy.ru/novosti_nauki/433361/Vnutrennee_yadro_Zemli_deystvitelno_tverdoe_khotya_i_nemnogo_plastichnoe)
22. Кузьмин М.И., Ярмолюк В.В. Мантийные плюмы Северо-Восточной Азии и их роль в формировании эндогенных месторождений. Геология и геофизика, 2014. – Т. 55. – №2. – С. 153-184.

23. NASA/Apollo 17 crew; taken by either Harrison Schmitt or Ron Evans.  
URL: <https://web.archive.org/web/20160112123725/http://grin.hq.nasa.gov/ABSTRACTS/GPN-2000-001138.html> (image link).
24. Пущаровский Ю.М. Главная структурная асимметрия Земли. Соросовский образовательный журнал, 2000. – Т. 6. – №10. – С. 59-65.  
URL: [https://window.edu.ru/resource/901/20901/files/0010\\_059.pdf](https://window.edu.ru/resource/901/20901/files/0010_059.pdf)
25. Павленкова Н.И. Природа особого структурного положения Антарктиды. Український антарктичний журнал, 2009. – №8. – С. 101-107 URL: <http://www.uac.gov.ua/SitePages/Home/uaj8.aspx>
26. Добрецов Н.Л. Глобальная геодинамическая эволюция Земли и глобальные геодинамические модели / Геология и геофизика, 2010. – Т. 51. – №6. – С. 761-784.
27. На глубине 1000 километров под Землёй нашли воду (28.11.2016).  
URL: <https://www.popmech.ru/science/295622-na-glubine-1000-kilometrov-pod-zemlyey-nashli-vodu/>
28. Добрецов Н.Л. Геологические следствия термохимической модели плюмов. Геология и геофизика, 2008. – Т. 49. – №7. – С. 587-604.
29. Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. На пути к постплейт-тектонике. Вестник Российской академии наук, 2015. – Т. 85. – №7. – С. 605-615.
30. Гордиенко И.В., Метелкин Д.В. Эволюция субдукционного магматизма на неопротерозойской и венд-палеозойской активной окраинах палеоазиатского океана. Геология и геофизика, 2016. – Т. 57. – №1. – С. 91-108.
31. Артюшков Е.В. Континентальная кора на хребте Ломоносова, поднятии Менделеева и в котловине Макарова. Образование глубоководных впадин в неогене. Геология и геофизика, 2010. – Т. 51. – №11. – С. 1515-1530.

32. Трифонов В.Г., Иванова Т.П., Бачманов Д.М. Эволюция центральной части альпийско-гималайского пояса в позднем кайнозое. Геология и геофизика, 2012. – Т. 53. – №3. – С. 289-304.
33. Энциклопедия для детей. Т.4. Геология. – 2-е изд., перераб. и доп./ Глав. Ред. М.Д. Аксенова. – М.: Аванта+, 2002. – 688 с.
34. Зверев В.П. Фундаментальные проблемы гидрогеологии. Вестник Российской академии наук, 2001. – Т. 71. – №7. – С. 629-635.
35. Диденков Ю.Н., Проскурякова З.В. Рифтогенный возобновляемый источник пресных вод Байкальского региона. Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых, 2017. – Т. 40. – №3. – С. 70-81.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/riftogennyy-vozobnovlyaemyy-istochnik-presnyh-vod-baykalskogo-regiona>
36. Стрекопытов Вл. Континентальный рифтогенез мог способствовать потеплению климата (11.12.2017). URL: [https://elementy.ru/novosti\\_nauki/433163/Kontinentalnyy\\_riftogenez\\_mog\\_sposobstvovat\\_potepleniyu\\_klimata](https://elementy.ru/novosti_nauki/433163/Kontinentalnyy_riftogenez_mog_sposobstvovat_potepleniyu_klimata)
37. Селиверстов Н.И. Гидроконвекционная гипотеза островодужного магматизма. Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2003. – №1. – С. 15-31.  
URL: [www.kscnet.ru/kraesc/2003/2003\\_1/ann5\\_r.html](http://www.kscnet.ru/kraesc/2003/2003_1/ann5_r.html)
38. Диссипация атмосфер. Надежин Д.К. (Физика Космоса, 1986). URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1188273>
39. Kevin J. Zahnle and David C. Catling. Our Planet's Leaky Atmosphere. Scientific American (May 11, 2009). URL: <https://www.scientificamerican.com/article/how-planets-lose-their-atmospheres/>
40. Егоров Виталий. Нужно ли Марсу магнитное поле? URL: <https://www.popmech.ru/technologies/215671-nuzhno-li-marsu-magnitnoe-pole/#part1>

41. Дождь. Энциклопедия. Кругосвет. URL: [https://www.krugosvet.ru/enc/Earth\\_sciences/geografiya/DOZHD.html](https://www.krugosvet.ru/enc/Earth_sciences/geografiya/DOZHD.html)
42. На Луне нашли еще больше льда (01.06.2017). URL: <https://www.popmech.ru/science/news-367232-na-lune-nashli-eshchyo-bolshe-lda/>
43. Впервые найден водяной лед на астероиде (29.04.2010). URL: <http://www.membrana.ru/particle/3998>
44. Кольца Сатурна в суперкомпьютере... (05.08.2015). URL: [https://www.gazeta.ru/science/2015/08/05\\_a\\_7669281.shtml](https://www.gazeta.ru/science/2015/08/05_a_7669281.shtml)
45. Астрономы объяснили отклонение орбиты Луны (01.11.2016). URL: <https://zn.ua/TECHNOLOGIES/astronomy-obyasnili-otklonienie-orbity-luny-228887.html>
46. Kaveh Pahlevan & Alessandro Morbidelli. Collisionless encounters and the origin of the lunar inclination. *Nature*. – Vol. 527. – P. 492–494 (26 November 2015). URL: <https://www.nature.com/articles/nature16137#author-information>
47. Козлякова Е. Ученые объяснили связь между наклоном Луны и земным золотом (26.11.2015). URL: <https://nplus1.ru/news/2015/11/26/moonorbit>
48. Чумаков Н.М. Проблемы тотальных оледенений Земли в позднем докембрии. *Стратигр. Геол. корр.*, 2008. – №2. – С. 3-15.
49. Верховин С.С. Полезные ископаемые в космосе. URL: <https://zolotodb.ru/article/10880>
50. Цельмович В.А. Самородные металлы в метеоритах и осадочных породах. URL: <http://bourabai.kz/tselmowich/samorodnye.htm>.
51. Стрекопытов Вл. В современных островных базальтах нашли следы первичного вещества, из кот. образовалась Земля (30.06.2017). URL: [https://elementy.ru/novosti\\_nauki/433046/V\\_sovremennykh\\_ostrovnykh\\_bazaltakh\\_nashli\\_sledy\\_pervichnogo\\_veshchestva\\_iz\\_kotorogo\\_obrazovalas\\_Zemlya](https://elementy.ru/novosti_nauki/433046/V_sovremennykh_ostrovnykh_bazaltakh_nashli_sledy_pervichnogo_veshchestva_iz_kotorogo_obrazovalas_Zemlya)