

К ВОПРОСУ О ГЕОХИМИЧЕСКОМ МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОЧАГОВ РАЗРУШИТЕЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВЗРЫВНОЙ ПРИРОДЫ

Критический реферат

Многочисленные (до миллиона в год) подземные толчки и колебания поверхности Земли – от едва заметных до катастрофических, имеют различную физическую природу /1/.

Слабые, но продолжительные вулканические землетрясения возникают на глубине до 3 км в результате разрядки высоких напряжений в магматическом очаге и жерле вулкана, вызванных накоплением лавы в вулканической камере и её подъёмом к месту извержения, а также увеличением объёма и повышением давления вулканических газов. Исключение здесь составляют лишь достаточно редкие вулканические землетрясения при взрывах вулканов, - например, таких, как взрывное извержение вулкана Кракатау, которое произошло в Индонезийском архипелаге в 1883 году и сопровождалось катастрофическим землетрясением и огромным, разрушительным цунами.

Обвальные землетрясения, имеющие небольшую силу и поверхностный, локальный характер, порождаются подземными и горными обвалами грунта, а также большими оползнями.

Искусственные и техногенные землетрясения, достигающие иногда разрушительной силы, вызываются деятельностью человека: взрывами большого количества взрывчатых веществ, подземными ядерными взрывами, строительством крупных сооружений и водохранилищ (масса воды которых повышает давление в горных породах и снижает их предел прочности), добычей нефти и газа, выемкой больших объёмов породы и полезных ископаемых из шахт и карьеров, провоцирующих обрушение подземных полостей горных выработок и подвижки грунта в земной коре.

Причину же основной массы естественных землетрясений связывают с протеканием, так называемых тектонических процессов в толще Земли – «быстрым смещением участка земной коры как целого в момент релаксации (разрядки) упругой деформации напряженных пород в очаге землетрясения» /1/.

«Тектоника плит» — геологическая теория о движении литосферы, согласно которой «земная кора состоит из относительно целостных блоков — литосферных плит, которые находятся в постоянном движении относительно друг друга. При этом в зонах расширения (срединно-океанических хребтах и континентальных рифтах) в результате спрединга (англ. seafloor spreading — растекание морского дна) образуется новая океаническая кора, а старая поглощается в зонах субдукции» /2/.

Тектоникой плит объясняются вулканическая деятельность, процессы горообразования и возникновения землетрясений, которые, по большей части, приурочены к границам литосферных плит. Считается, что «скольжению пород вдоль разлома вначале препятствует трение. Вследствие этого, энергия, вызывающая движение, накапливается в форме упругих напряжений пород. Когда напряжение достигает критической точки, превышающей силу трения, происходит резкий разрыв пород с их взаимным смещением; накопленная энергия, освобождаясь, вызывает волновые колебания поверхности земли — землетрясения. Землетрясения могут возникать также при смятии пород в складки, когда величина упругого напряжения превосходит предел прочности пород, и они раскалываются, образуя разлом» /1/.

Если физическая природа основного количества вулканических, обвальных, искусственных и техногенных землетрясений не вызывает сомнений, то тектоническую теорию движения литосферных плит разделяют далеко не все учёные, занимающиеся историей происхождения, состава, строения и развития Земли. Наиболее обоснованная и

убедительная критика тектоники плит представлена в работах геолога В.Н.Ларина, разработавшего альтернативную глобальную геологическую концепцию «Гипотеза изначально гидридной Земли» /3,4/.

Основываясь на астрофизической идее Ф.Хойла о том, что при отделении протопланетного диска собственное магнитное поле небулы играло определяющую роль в его формировании, В.Н.Ларин выявил зависимость распределения элементов в Солнечной системе от их потенциалов ионизации, которая позволила ему создать геохимическую модель современной Земли (табл. 1), согласующуюся с представлениями академика В.И.Вернадского /5/, но отличную от той, что лежит в основе классической теории тектоники литосферных плит - «железо-никелевое ядро и силикатная мантия» (табл. 2).

Таблица 1. Геохимическая модель современной земли В.Н.Ларина /4, с.36/

Сфера	Интервал глубин, км	Состав
Литосфера	0 - 150	Силикаты и окислы
Металлосфера	150 - 2900	Сплавы и соединения на основе кремния и железа
Ядро: - внешнее	2900 – 5000	Металлы с растворённым в них водородом и гидриды металлов
- внутреннее	5000 - 6371	Гидриды металлов

Таблица 2. Классическая модель строения и состава Земли Гуттенберга - Булена, лежащая в основе теории тектоники литосферных плит /6,7/

Сфера	Интервал глубин, км	Состав
Земная кора (А)	0 – 33	Породы, богатые SiO ₂
Верхняя мантия (В) (С)	33 - 400 400 - 900	Ультраосновные породы Плотные силикаты Fe и Mg
Нижняя мантия (D)	900 - 2900	Плотные оксиды Периклаз (MgO) Стишовит (SiO ₂)
Внешнее ядро (E)	2900 - 5000	Расплав Fe-FeS-Ni
Внутренне ядро (F) (G)	5000 - 5100 5100 - 6391	Твёрдые Fe и Ni

Гипотеза гидридного состава внутренних геосфер нашей планеты позволяет практически все особенности процессов её становления, развития и современного существования обосновать циклическим выделением водорода из её металлогидридного ядра. Соответственно, она позволяет пересмотреть и механизм формирования очагов естественных, так называемых «тектонических» землетрясений в плане замены двух рассеянных, стабильных тепловых источников накопления энергии их разрушительной мощи, которые предлагают нам классические геофизические теории (распада радиоактивных элементов и выделения тепла при гравитационной деформации и

дифференциации), одним концентрированным геохимическим источником – энергией взрыва «гремучей смеси» водорода и кислорода.

Идея о том, что подземные взрывы являются причиной землетрясений, не нова. Она была высказана ещё в древние времена, а на уровне предрассудков обыденного сознания остаётся массовым объяснением природы землетрясений и в наши дни. Её научному развитию препятствовало только отсутствие знаний о реальном, обильном и повсеместно распространённом геохимическом источнике накопления энергии, достаточном для генерации столь мощных подземных взрывных процессов.

Землетрясения характеризуются гипоцентрами – первичным выделением громадной энергии в очень ограниченном объёме, не более 1 -10 км³. По географическим меркам такой очаг – это просто точка в толще Земли, проекция которой на земную поверхность называется эпицентром. Поэтому гипотеза о взрывной природе землетрясений кажется достаточно разумной даже отдельным сторонникам модели строения Земли по типу «железо-никелевое ядро – силикатная мантия». Ими сделаны попытки объединить теорию «тектоники плит» с подземными взрывами, порождающими землетрясения, для чего потребовалось предположить наличие в жидком железо-никелевом ядре неких «флюидных компонентов», которые выделяются из него при кристаллизации твёрдого субъядра /8/.

И.К.Карповым, с соавторами, на роль подобных «флюидов» выдвинуты тяжелые углеводороды, которые якобы образуются в жидком металлическом ядре Земли, а потом, выделяясь из ядра, создают взрывные очаги землетрясений в мантии и земной коре /9/. А.А.Макарушев считает, что в импульсах дегазации из земного ядра выносятся в основном водород, а углеводороды образуются уже в мантии ($3\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$), утяжеляясь в магматических очагах при последующей дегазации ($2\text{CH}_4 = \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2$). Взрывная же ситуация создаётся чисто физически – механической «стремительностью выноса водорода из ядра, которая порождает перепады флюидного давления и взрывное расширение флюидов на разных уровнях мантии и земной коры» /8/. Д.Н.Тимофеев в фантазиях на эту тему идёт ещё дальше – на роль «взрывчатки», вызывающей глубинные (600-800км) землетрясения, предложена некая гипотетическая «нитронепть» - смесь нитросоединений с гидразином, озоном, окислами азота и даже ацетиленом (?!) /19/.

Мы не считаем необходимым подробно комментировать эти теоретические спекуляции, поскольку сама модель «железо-никелевое ядро – силикатная мантия» принципиально ошибочна, так как не согласуется с реальным содержанием и распределением элементов на Земле, которое установлено по зависимости распределения элементов в Солнечной системе от их потенциалов ионизации, подтвержденной фактическими данными спектральных анализов и химическими анализами земных, лунных, марсианских пород и состава метеоритов.

Из известных нам научных публикаций по вопросу взрывной природы землетрясений внимательного рассмотрения заслуживает только выступление в декабре 2011 года на «Электронном научном семинаре» израильских учёных Гилата Арье (Лева) и Вола Александра с докладом «Первичные водород и гелий – самый мощный источник эволюции Земли, землетрясений и вулканических извержений» /10/.

Мы полностью согласны со всеми критическими замечаниями, высказанными авторами по поводу механистической гипотезы Х.Ф.Рейда, по которой литосферные плиты на противоположных сторонах разлома подвергаются давлению и накапливают напряжение, достигающее некоей критической величины, после которой наступает «срыв» с выделением накопившейся энергии упругой отдачи, - частично в виде тепла, а частично в виде упругих сейсмических волн (низкочастотных звуковых волн в твёрдой, упругой Земле), представляющих собой землетрясение.

Механические свойства горных пород, из которых сложены литосферные плиты, просто не позволяют накопить энергию, которая реально выделяется при землетрясениях с магнитудой $M=9$ и более (по расчётам авторов она на несколько

порядков меньше необходимой). Эти породы, по своим реальным прочностным свойствам, должны разрушаться намного раньше, порождая землетрясения значительно меньшей силы.

От себя добавим лишь то, что в своих расчётах авторы не учитывали ещё так называемый кластерный «М-эффект», согласно которому прочность любых материалов снижается по мере увеличения размеров сложенных из них объектов /11, с.12/. Поэтому действительная прочность участков литосферных плит в зонах землетрясений намного меньше той, что показывают расчёты, выполненные по показателям механических свойств горных пород, которые были определены на их лабораторных образцах. «Плиты земной коры не соединены прочностными связями, а лежат рядом», поэтому «поверхность Земли, не имеет на масштабах сотен километров прочности вообще» /11, с.20/. «Ближе всего такая структура напоминает колотый лёд на поверхности водоёма с волновыми колебательными движениями» /14/.

Что касается горных пород на глубинах более 20 км, то они совсем не способны накапливать никаких механических напряжений, поскольку из-за увеличения, с глубиной, температуры и давления эти породы становятся пластичными! Уже сама общепринятая классификация «тектонических» землетрясений по положению глубины очага наглядно противоречит гипотезе об их тектоническом происхождении (табл. 3):

Таблица 3. Классификация землетрясений по глубине их очага /7/

Вид землетрясения	Глубина очага, км	Выделение энергии, %
Поверхностные	0 - 70	85
Промежуточные	70 - 300	12
Глубокие	300 - 700	3

Иными словами, по законам геофизики из этой классификации 2/3 поверхностных землетрясений, все промежуточные и глубокие землетрясения не могут вообще существовать в природе, хотя реально «имеют место быть»!

Мы считаем достаточно убедительными все те многочисленные научные факты и доводы, которые были приведены авторами для обоснования **взрывной** природы так называемых «тектонических» землетрясений. Нет необходимости повторять их в этом реферате – читатель может ознакомиться с ними самостоятельно, в легкодоступном оригинале обсуждаемой статьи /10/.

Мы разделяем мнение авторов и относительно того, что источник внутренней энергии для формирования очага землетрясения взрывной природы должен обладать практической неисчерпаемостью (сопоставимой по запасам, расходу вещества и мощности с геологической историей развития Земли), быстро концентрироваться, обладать высокой плотностью, высвобождать энергию с очень высокой скоростью, соответствующей детонационному взрыву, относительно быстро накапливаться и с малыми потерями переносится на очень большие расстояния.

Только вот на роль подобной «взрывчатки» мало подходят предлагаемые авторами «неустойчивые, при малых давлениях», химические соединения гелия с водородом и с другими элементами – He-H, He-O, He-C, He-N, He-S, He-Si, He-Cl, He-металлы, «взрывоподобный распад которых» «вызывается сбросом давления в концентрической зоне очагов слабых землетрясений, подготавливающих мощные катаклизмы» /10/.

По их мнению, «консервация энергии аккреции Земли путём эндотермического образования твёрдых растворов и соединений водорода и гелия и её высвобождение через посредство сопровождающих дегазацию экзотермальных реакций являются главным источником энергии внутренних процессов Земли. ...Энергия дегазации... способна генерировать конвекцию в жидком ядре Земли и расплавлять мантию; она поднимается с

мантейными плюмами и легко переносима по главным разломам, быстро концентрируется и высвобождается с очень высокими скоростями, производя все известные нам геофизические и геохимические аномалии, связанные с землетрясениями» /10/.

Во-первых, в недрах Земли нет такого огромного количества гелия, которое удовлетворяло бы требованию «практической неисчерпаемости» источника энергии для формирования многочисленных очагов землетрясений.

По уточнённым данным /12/, содержание гелия в исходном составе протопланетного вещества в зоне формирования Земли составляло всего $1,856 \cdot 10^{-5}$ % (мас.). Связано это с тем, что при формировании протопланетного диска элементы, которые легко ионизируются, должны были захватываться магнитным полем и останавливаться в околопротосолнечном пространстве, тогда как трудно ионизируемые элементы уходили в более удалённые зоны, где формировались внешние планеты-гиганты солнечной системы – Нептун, Уран, Сатурн, Юпитер. Происходила магнитная сепарация элементов в зависимости от их потенциалов ионизации /4, с.18/.

Потенциал ионизации гелия ($\text{He}^0 > \text{He}^{1+}$) равен 25,588 эВ; ($\text{He}^{1+} > \text{He}^{2+}$) – 54,418 эВ /13, с.28/. Поэтому атом гелия способен оставаться нейтральным даже в непосредственной близости от звезды. Примечательно, что его нынешнее содержание в земной коре остаётся примерно на том же уровне, который был 4,5 миллиарда лет тому назад в земной зоне протопланетного диска – $1 \cdot 10^{-6}$ % (масс.) /13, с.19/. Иными словами, гелий - это исключительно инертный и стабильный элемент, практически никак не участвующий в геохимических процессах геологической жизни Земли. Его расход из недр Земли в атмосферу, а затем в открытый космос (больше ни на что он не расходуется) непрерывно восполняется лишь приходом от процессов распада радиоактивных элементов.

Для сравнения: потенциал ионизации водорода ($\text{H}^0 > \text{H}^{1+}$) – 13,599 эВ /13, с.28/, поэтому содержание водорода в этой же земной зоне протопланетного диска составляло 18,3% (мас.) /12/. В земной коре современной планеты Земля водорода содержится до 1% (мас.) /13, с.19/, а в гидридном ядре запасы водорода всё ещё составляют 35 - 40% от того громадного количества, из которого изначально формировалась Протоземля /4, с.130/.

Во-вторых, соединения гелия с другими химическими элементами известны (HeH , HeO , HeSi , HeF , HHeF , HgHe , CsFHeO , He-металлы и др.), однако они существуют только в газовой фазе в виде так называемых **эксимерных** молекул, у которых устойчивы лишь возбуждённые электронные состояния и неустойчиво основное состояние. К такому классу молекул относятся любые двухатомные молекулы, один из атомов которых обладает замкнутой электронной оболочкой. «В основном состоянии этой молекулы обменное взаимодействие между атомами, отвечающее перекрытию электронных оболочек, соответствует отталкиванию. Поэтому химическая связь в основном состоянии отсутствует, а при возбуждении атома с замкнутой оболочкой она может возникнуть» /15/.

Эксимерные молекулы соединений гелия образуются в высокотемпературной плазме, а также в газовой фазе при действии электрического разряда или ультрафиолетового излучения. Они существуют в возбуждённом состоянии только в условиях постоянного притока энергии, которая расходуется на возбуждение атома. Этим обусловлено и очень малое время их жизни. Из-за отсутствия устойчивых химических связей в основном состоянии подобные соединения не способны накапливать в себе энергию и, соответственно, выделять её при разрыве химических связей.

Есть правило: с увеличением давления наибольшую устойчивость приобретают плотные фазы, т.е. химические соединения, обладающие повышенной сжимаемостью. Для гидридов – это соединения с ионным типом химической связи /4, с.33/. Поэтому ни увеличением давления, ни повышением температуры невозможно придать химическим связям эксимерных соединений гелия с водородом и другими элементами устойчивость, поскольку гелий – это элемент с избытком электронов, и образованию его соединений с

ионными химическими связями в основном состоянии препятствуют заполненные разрыхляющие молекулярные орбитали.

Известно только одно стабильное соединений гелия – эндофуллерен He@C₆₀, в котором гелий стехиометрически замкнут внутри «шарообразной» конструкции из атомов углерода - C₆₀. Но предположение о массовом образовании подобных соединений в земном ядре было бы уж очень ненаучной фантастикой...

Между тем, в толще Земли, в практически неограниченном количестве имеется другое природное взрывчатое вещество: **смесь водорода и кислорода – «гремучий газ» или «гремучая смесь».**

В гремучем газе на 2 моля водорода приходится 1 моль кислорода. Однако, смесь водорода и кислорода способна детонировать в широком диапазоне концентраций водорода – от 4% (об.) до 75% (об.).

Удельная теплота сгорания водорода (она же энергия его взрыва) – 142868 кДж/кг. Плотность гремучего газа – 0,55 кг/м³. При его взрыве развивается температура до 2800°C и объём гремучего газа уменьшается в 1800 раз, причем скорость детонации растёт с увеличением плотности газа. Отрицательное (схлопывающее) давление, возникающее при взрыве гремучего газа, равно 18 кг/см², т.е. скопление гремучего газа – это потенциальная вакуумная бомба громадной разрушительной термомеханической силы. Гремучий газ самовоспламеняется при температуре 510°C по механизму разветвлённой цепной реакции, а для инициации его взрыва достаточно искры с энергией 17 микроджоулей. Скорость детонации гремучего газа – 2820 м/с, но есть экспериментальные данные, что в особых условиях она может достигать и 5000 м/с, поэтому взрыв гремучего газа – это всегда почти мгновенный объёмный взрыв, сразу охватывающий весь объём скопившейся гремучей смеси /16-18, 29-31/. Как он распространяется видно на визуализации, приведённой в работе /10/ (рис.1).

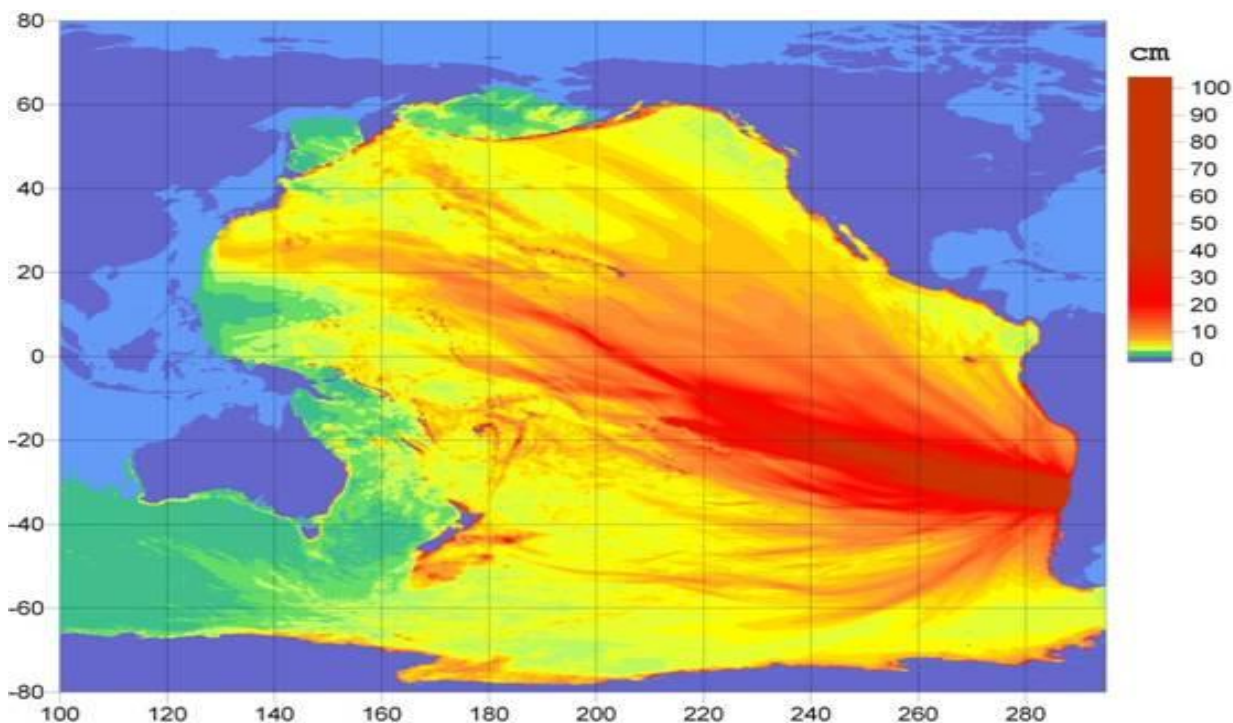


Рис. 1 Гигантские языки энергии, выброшенной Чилийским землетрясением 27.02.2010 г., магнитудой 8.8, протянувшиеся через весь Тихий Океан, практически перпендикулярно Чилийской границе плит, причем практически без потери интенсивности на дистанции в три-четыре тысячи километров (The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) visualization) /10/.

Содержание кислорода в протопланетном диске в зоне формирования Земли оценивается в пределах от 0,1 до 1% (мас.) /12, 4, с.25/. По расчётам, за миллиарды лет эволюции Земли запасы кислорода в ядре нашей планеты сократились на 67% /4, с.130/, так как он постоянно выдувался из внешнего жидкого металлического ядра водородом, поступающим из внутреннего, твёрдого гидридного ядра, и расходовался на формирование силикатно-окисной литосферы /4, с.58/, гидросферы и атмосферы.

Скорость диффузии водорода в металлах на 6-7 порядков выше, чем в силикатах и окислах. Поэтому сформировавшаяся, в основном, к концу архея литосфера стала барьером на пути выхода водорода за её пределы, и он, вместе с выдуваемым кислородом (который больше массово не связывался в окислы) стал образовывать первичные скопления гремучего газа в верхних горизонтах металлосферы – в астеносфере, расположенной непосредственно под литосферой /4, с.58/. Это глубины от 350 до 120 км под материками и до 50 км под океанским дном /20/. Дополнительным источником свободного кислорода являются окислы кремния, поскольку этот элемент при давлениях, превышающих 125 кбар, в условиях продувки водородом способен очищаться от кислорода /4, с.129/.

Однако, как известно, литосфера имеет тектонически ослабленные зоны – это, в первую очередь, зоны геологических разломов. По таким зонам гремучий газ может подниматься в верхние слои литосферы и в земную кору, создавая в них локальные очаги промежуточных и поверхностных землетрясений. Карта распределения сейсмически активных зон Земли (рис.2) прекрасно это иллюстрирует /21/.

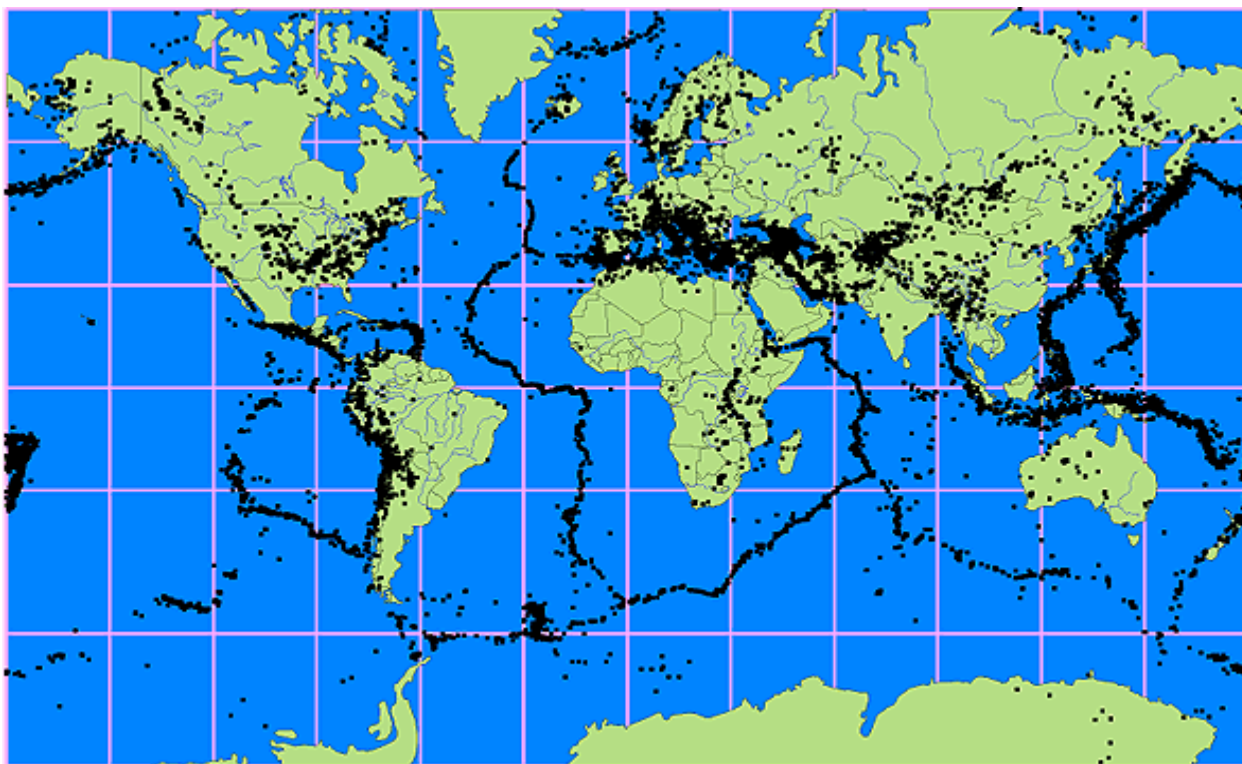


Рис. 2 Карта распространения сейсмически активных зон Земли /21/.

Более редкие, глубинные очаги землетрясений (до 700 км) также формируются скоплениями гремучего газа в местах его наиболее мощного, струйного выхода в астеносферу концентрированными потоками, механизм образования которых подробно рассмотрен в работе В.Н.Ларина /4, раздел 8.3/

Мы уже приводили данные, что гремучая смесь водорода и кислорода в очаге землетрясения может детонировать при повышении температуры. Ещё одним энергетическим источником инициации её взрывов являются проявления подземного

электромагнетизма – так называемые «подземные молнии и грозы» /см., например: 22, 23, 32/, которые являются часто наблюдаемыми предвестниками крупных землетрясений. Кстати, и аномальное выделение водорода в районах будущих эпицентров землетрясений, которое неоднократно фиксировалось наземными методами анализа /4, 24/, и, в принципе, даже может быть зарегистрировано бортовой аппаратурой космических аппаратов мониторинга предвестников землетрясений /25/, является очень значимым фактором для их прогнозирования.

Теперь оценим энергетические возможности взрыва гремучего газа.

Различные способы измерения магнитуды землетрясений являются лишь приближением к «идеальной» энергетической шкале /26/:

$$M = 2/3 (lgE - 4,8)$$

где: M – магнитуда землетрясения,

E – энергия, выделяющаяся при землетрясении,

поэтому они весьма относительны (см. табл.4), поскольку в реальности зависят от множества трудно определяемых геофизических факторов, включая реальную механическую прочность пород в зоне землетрясения.

Таблица 4. Примерная зависимость магнитуды землетрясения и выделяемой при землетрясении энергии.

Магнитуда	Энергия, дж
M-2-3	10^{8-10}
M-4	10^{11}
M-5	10^{12}
M-6	10^{13}
M-7	10^{15}
M-8	10^{16}
M-9	10^{18}

Но по этим данным можно сориентироваться при оценке энергетических возможностей очага землетрясения, сформированного скоплением гремучего газа.

При удельной теплоте сгорания водорода (энергии взрыва гремучего газа) равной $1,43 \cdot 10^{11}$ дж/т, для объёмного взрыва, равного энергии землетрясения с магнитудой M=9, его потребуется 7 миллионов тонн ($1,3 \cdot 10^{10}$ м³). Эта цифра не покажется чрезмерной, если учесть, что даже мелкое месторождение природного газа содержит его до 10 миллиардов кубических метров /28/. А если вспомнить о реальной прочности «земной тверди», которая «как колотый лёд на поверхности водоёма», о чём мы уже писали выше, то землетрясение с магнитудой M=9 способен вызвать и взрыв гремучего газа в объёме, на 2-3 порядка меньше расчётного.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что для прогнозирования землетрясений необходимо набрать районированную статистику по динамике выделения водорода в сейсмически активных зонах, которая отражала бы процесс накопления гремучего газа в очагах зарождающихся землетрясений. По этим данным, для каждого сейсмически опасного района можно будет определить ту предельную концентрацию водорода, после которой следует ожидать взрыва землетрясения определённой магнитуды. Бурение скважин глубиной 3 - 5 км и установка в них автоматических газоанализаторов на водород – это менее затратное мероприятие, чем строительство на поверхности Земли сотен сейсмических станций, которые способны лишь регистрировать уже происходящие катастрофические события в недрах и на поверхности Земли.

Районы возможного скопления гремучего газа в зарождающихся очагах землетрясений могут быть обнаружены современными геологическими, геофизическими и геохимическими методами поиска и разведки, которые в настоящее время с успехом применяются для обнаружения месторождений природного газа /33/.

Более перспективной является задача управления геохимическими процессами, происходящими в зонах формирования очагов землетрясений. Речь идёт о предупреждающем подрыве скопления гремучего газа ещё до того, как его естественный, неуправляемый взрыв будет способен вызвать землетрясение разрушительной силы. Этого можно достичь созданием ударной волны, сжимающей гремучий газ до высоких давлений, что приведёт к его локальному нагреву до нескольких тысяч градусов и детонационному самовоспламенению. Необходимая для этого ударная волна может быть инициирована в газонасыщенных подземных пластах сильным электрическим искровым разрядом или взрывом заряда конденсированного взрывчатого вещества /34,35/.

Однако, более перспективным нам представляется метод инициации детонационного подрыва скоплений гремучего газа посредством генерации управляемого подземного горного удара резонансной природы.

По своим акустическим свойствам «земная твердь» представляет собой совокупность колебательных систем, в которых возможно возникновение резонанса. Поэтому для возбуждения горного удара резонансной природы необходимо только создать искусственную вибрацию, частота которой будет равна собственной частоте находящейся в зоне потенциального очага землетрясения естественной высокочастотной колебательной системы /36/. Мы не считаем верной, в целом, теорию Гликмана А.Г. о резонансной природе землетрясений, но то, что они, в естественной среде могут инициироваться спусковым механизмом горных резонансных ударов, порождённых процессами низкочастотной пульсации (десятки и доли герц) с большой амплитудой колебаний, признаём неоспоримой. Такие волны способны проходить в толще Земли очень большие расстояния без потери интенсивности и породить явление резонанса в зонах разделения литосферных плит и прочих разломах, которые обладают повышенной добротностью отдельных гармонических составляющих сейсмосигналов и являются природными резонаторами на изгибные колебания /36/.

Что касается искусственного, управляемого возбуждения горного удара резонансной природы, в нужное время, и в нужной точке, то принципиально, подобного эффекта можно достичь с помощью низкочастотных акустических систем направленного действия (так называемых «инфразвуковых лазеров»), разработка которых в настоящее время осуществляется, к сожалению, только в военных целях /37/.

Рофман В.М.

rofman@inbox.ru

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Землетрясение. Материал из Википедии.
<http://ru.wikipedia.org/wiki/%C7%E5%EC%EB%E5%F2%F0%FF%F1%E5%ED%E8%E5>
2. Тектоника плит. Материал из Википедии.
http://ru.wikipedia.org/wiki/%D2%E5%EA%F2%EE%ED%E8%EA%E0_%EF%EB%E8%F2
3. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли. 2-е изд., - М., Недра, 1980.

4. Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). – М., «Агар», 2005.
5. Вернадский В.И. Избранные сочинения, Т4, кн.2, - М., Из-во АН СССР, 1960, с.13-14.
6. Строение и состав Земли. <http://ru.convdocs.org/docs/index-5455.html?page=2>
7. Дмитриев А.Н. Физика земли. – ТГНУ, Тюмень, 2004.
8. Макарушев А.А. Землетрясения взрывной природы. – «Пространство и время», №3(5), 2011, с.119.
9. Карпов И.К., Зубков В.С., Бычинский В.Л., Артименко М.В. Детонация в мантийных потоках тяжелых углеводородов. – «Геология и геофизика», 1998, Т.39, №6, с.754-762.
10. Гилат Арье (Лев), Вол Александр. Первичные водород и гелий – самый мощный источник эволюции Земли, землетрясений и вулканических извержений. <http://www.elektron2000.com/node/822>
11. Сухонос С.И. Масштабный эффект. Неразгаданная угроза. – М., «Новый центр», 2001.
12. Hervé Toulhoat, Valérie Beaumont, Viacheslav Zgonnik, Nikolay Larin and Vladimir N. Larin. Chemical differentiation of planets: a core issue. <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1208/1208.2909.pdf>
13. Гороновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник химика. – Киев, «Наукова Думка», 1987.
14. Яницкий И.Н. Живая Земля. – М., «Агар», 1998, с.56.
15. Смирнов Б.М. Эксимерные молекулы. – «Успехи физических наук», Т.139, вып.1, 1983, с.53-80.
16. Горение водорода http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0
17. Энергия взрыва водорода. <http://otvet.mail.ru/question/70116729>
18. Гремучий газ. <http://www.ximuk.ru/bse/750.html>
19. Тимофеев Д.Н. Энергия вулканов и землетрясений в свете законов химии, ядерной физики и термодинамики, а также возможность предотвращения вулканических проявлений и землетрясений. – V Всероссийский симпозиум по вулканологии и палеовулканологии. Вулканизм и геодинамика. ИГГ УрО РАН, Екатеринбург, 2011, с.449. <http://conf.uran.ru/Default.aspx?cid=volcsymp5>
20. Астеносфера. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%C0%F1%F2%E5%ED%EE%F1%F4%E5%F0%E0>
21. Карта сейсмически активных зон Земли.

http://images.yandex.kz/yandsearch?tld=kz&p=1&text=%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%8F%D1%81%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0&fp=1&pos=48&uinfo=ww-1351-wh-610-fw-1126-fh-448-pd-1&rpt=simage&img_url=http%3A%2F%2F653.webhosting0.1blu.de%2Fpostery%2Fley-lines-map-489.gif

22. Воробьев А.А. О возможности электрических разрядов в недрах Земли // Геология и геофизика. №2, 1970. С.124-128.

23. Богомолов Л.М. От гипотезы «подземных гроз» к моделям взаимосвязи сейсмичности и электромагнитных эффектов. – XIII Всероссийский семинар: геодинамика, геомеханика, геофизика. Новосибирск, 29.07. – 3.08.2013 г.

<http://geomechanics2013.ipgg.sbras.ru/ru/reportlist/geomechanics2013;jsessionid=15FCB0D6D74FEB5F4B67147EC67EBA84>

24. Перевозчиков Г. Акцент на водород в сейсмологии.

<http://sreda.uz/index.php?newsid=746>

25. Чернявский Г.М., Скребушевский Б.С., Скрипачев В.О. Бортовая аппаратура космических аппаратов мониторинга предвестников землетрясений. ФГУП «Центр космических наблюдений». <http://www.iki.rssi.ru/earth/trudi/1-25.pdf>

26. Магнитуда землетрясений.

http://ru.wikipedia.org/wiki/%CC%E0%E3%ED%E8%F2%F3%E4%E0_%E7%E5%EC%EB%E5%F2%F0%FF%F1%E5%ED%E8%FF

27. Соотношение между магнитудой и энергией землетрясения.

<http://ru.convdocs.org/docs/index-29368.html?page=2>

28. Месторождение природного газа.

http://ru.wikipedia.org/wiki/%CC%E5%F1%F2%EE%F0%EE%E6%E4%E5%ED%E8%E5_%EF%F0%E8%F0%EE%E4%ED%EE%E3%EE_%E3%E0%E7%E0

29. Орленко Л.П. Физика взрыва. — М., «ФИЗМАТЛИТ», 2002.

<http://pirochem.net/index.php?id1=3&category=pirophysics&author=orlenko-lp&book=2002&page=45>

30. Скорость распространения детонации.

<http://hghltd.yandex.net/yandbttm?fmode=inject&url=http%3A%2F%2Fvandaux.livejournal.com%2F2024.html&tld=kz&lang=ru&text=%D0%B3%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%83%D1%87%D0%B8%D0%B9%20%D0%B3%D0%B0%D0%B7%20%D0%B4%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%80%D1%83%D0%B5%D1%82&l10n=ru&mime=html&signature=0580240d34662d>

31. Зависимость скорости детонации гремучего газа от плотности.

<http://ru-safety.info/pics/200942200920014/>

32. Молнии перед землетрясениями. <http://old.news.rambler.ru/23971876/>

33. Поиск и разведка нефтяных и газовых месторождений. - РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина. <http://www.ref.by/refs/19/39645/1.html>

34. Газовая детонация. <http://boringmo.nm.ru/gaz.html>
35. Шебеко Ю.Н., Корольченко А.Я., Цариченко С.Г., Каплин А.Ю. Численное моделирование инициирования детонации в газовом слое стехиометрической водородно-кислородной смеси. – «физика горения и взрыва», 1992, №5, с.90-92.
<http://www.sibran.ru/journals/issue.php?ID=120152>
36. Гликман А.Г. О резонансной природе землетрясений.
<http://oko-planet.su/pogoda/seismik/29361-o-rezonansnoj-prirode-zemletryasenij.html>
37. Инфразвуковое оружие.
http://ru.wikipedia.org/wiki/%C8%ED%F4%F0%E0%E7%E2%F3%EA%EE%E2%EE%E5_%EE%F0%F3%E6%E8%E5

ПРИЛОЖЕНИЕ

К ВОПРОСУ О КИСЛОРОДЕ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ

(Информация без комментариев)

Считается, что в недрах Земли нет источников свободного кислорода, достаточных для формирования значительных скоплений гремучей смеси с водородом. Однако, нижеприведённые данные противоречат этому утверждению.

1. «По результатам исследований группой ученых из Университета Бонна минерала мажорит было установлено, что он способен впитывать и сохранять в себе кислорода намного больше, чем считалось ранее. ... При высоком давлении и температуре (естественные условия в мантии нашей планеты) мажорит абсорбирует кислород и сохраняет его в себе, а остывая, поднимаясь ближе к коре планеты, высвобождает накопленный кислород. ... Вступая в реакцию с водородом, который также находится в структуре нашей планеты, освобожденный кислород образует воду. Заметим, что, по мнению японских специалистов, вода на Земле не была занесена из космоса, а самообразовалась в результате химической реакции. По словам геологов из токийского Института технологий, на начальном этапе формирования структуры планеты на Земле были целые пласты водорода, которые, вступая в реакцию с кислородом, образовывали воду в больших количествах».

<http://www.ecoteco.ru/news/n5651>

2. «Результаты анализа застывшей лавы вулкана Агрихан, расположенного в западной части Тихого океана, показали, что изверженные породы имеют высокую степень окисления, так как во время формирования мантии Земли они подвергались воздействию кислорода. ... Результаты исследований были представлены на конференции Американского геофизического союза в Сан-Франциско, США. ... «Циркуляция кислорода необходима для поддержания жизни не только на поверхности Земли, но и глубоко в мантии, - объясняет доцент кафедры Университета Род-Айленда Кэтрин Келли. – Содержание кислорода в мантии частично контролируется кислородом с поверхности Земли». ... Келли считает, что данное открытие очень важно для современной науки, так как мантийный кислород влияет на образование разновидностей минералов, поведение некоторых элементов и на то, какие газы выбрасываются вулканами. ... По мнению Келли, некоторые ученые сомневаются в том, что количество кислорода в мантии изменялось со временем формирования Земли. Однако, если благодаря тектонике плит окисленное

вещество попадало в мантию, что продемонстрировала Келли, значит, количество кислорода там увеличивалось. То, что происходит на поверхности Земли, вероятно, влияет на процессы, происходящие глубоко в недрах Земли... В Национальной лаборатории Брукхэйвен Келли исследовала крохотные кристаллы хризолита, содержащие природное стекло времен ранней магмы, в котором были найдены разжиженные газы из вулканических извержений. Исследовав стекло, Келли определила состояние окисления железа в породах и нашла взаимосвязь с разжиженными газами, которые транспортировались в субдукционные зоны магмой. ...Ранее Келли проводила похожее исследование, в ходе которого обнаружила, что вещество из субдукционных зон в большей степени окислено, чем вещество из срединно-океанических хребтов, где плиты расходятся. Это исследование опубликовано в журнале Science за 2009 год».

<http://www.geomineproject.kz/ru/news/103/>

3. Клоков А.А.: «...То, что в недрах Земли присутствуют кислород и углерод, подтверждают вулканы (обилие CO_2 и H_2O среди вулканических газов), карбонатитовые интрузии, ореолы карбонатной гидротермальной минерализации вокруг гранитных и других по составу магматических пород».

<http://afaf04.narod.ru/>

4. Богатов В.И. «История кислорода земной атмосферы». – Из-во «Недра», 1985.

«...Излагается оригинальная точка зрения о происхождении и развитии кислорода атмосферы планеты Земля. Доказывается, что первый кислород появился в результате дегазации базальтовой магмы и продолжает поступать из земных недр до настоящего времени. Промежуточным коллектором этого кислорода являются воды океанов. Время накопления свободного кислорода в количестве, необходимом для обеспечения жизни организмов, относится уже к начальным этапам геологического развития планеты. Кислород биогенный, или фотосинтетический, появился несколько позднее. Эти два постоянно действующих источника кислорода имеют между собой глубочайшие внутренние связи».

<http://www.all-ebooks.com/2013/11/21/281580-istorija-kisloroda-zemnoj-atmosfery.html>

5. А.Капочкина. «Считается, что атмосферный кислород имеет фотосинтетическое происхождение: $3\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ Однако, ещё В.И.Вернадский предполагал, «формирование» кислорода в подземных водах... В книге Киселёва «Происхождение кислорода» изложены факты, подтверждающие эндогенную природу кислорода, в том числе анализ изотопного состава. В моей диссертации «Влияние подземного водообмена на гидрохимический режим Мирового океана» приведены фактические данные об аномалиях кислорода в океане, опубликованные в открытой печати, и данные из отчётов. ...Мною выполнен анализ этих данных и показано, что пробы с кислородом на этих глубинах приурочены к зонам разломов – зонам разгрузки субмаринных флюидов. Приведены карты субмаринных источников на шельфе Крыма и показано, что в некоторых из них (глубина более 50 м, концентрация кислорода на этих глубинах обычно менее 40% насыщения) концентрации кислорода – более 150% насыщения. Выполнен анализ данных режимных наблюдений над субмаринным источником в Авачинской бухте и показано, что из источника могут разгружаться подземные воды с аномально высокими содержаниями кислорода, ... что подтверждает их глубинное происхождение. ...Таким образом, впервые показано, что газовый состав флюидов литосферы включает кислород».

Диссертация размещена: <http://lib.oceanographers.ru/component/...Itemid,39/>

6. Д.г.-м.н., профессор Портнов А.М.: «В своё время геологи не придали значения замечательному открытию советского физика Б.Дерягина, который ещё в 1969 году синтезировал алмаз из метана. ...Данные Б.Дерягина позволили мне рассмотреть возможность кристаллизации алмаза из флюида, газовой смеси С-Н-О. Оказывается, что в таком флюиде кислород при сверхвысоком давлении мантии теряет свои окислительные свойства и не окисляет даже водород. /Mitchell R.H. Theoretical aspects of the gasses and isotopic equilibria in the system CHOS with application to kimberlites // Phys. Earth. 1975. V.9. P.12—72/. Но при подъёме газа вверх, при образовании кимберлитовой трубки, давление падает. Достаточно уменьшить давление в 10 раз – от 50 до 5 килобар, чтобы активность кислорода возросла в миллион раз. И тогда он мгновенно соединяется с водородом и метаном. Проще говоря, газ самовоспламеняется – в подземной трубе вспыхивает яростный огонь».

<http://prostonauka.com/lib/almazy-rodoslovnaja-kimberlitovyh-trubok>
http://popovgeo.professorjournal.ru/c/document_library/get_file?p_l_id=22997&folderId=69344&name=DLE-42405.pdf

7. «Публикация Джорджа Хелфрича (George Helffrich) из Бристольского университета (Великобритания) и Сатоси Канешимы (Satoshi Kaneshima) из Кюсюйского университета (Япония) позволила предположить, что земное ядро далеко не так однородно по плотности, как было принято считать до сих пор.

В своей работе ученые использовали данные двух массивов из сотен сейсмодатчиков, установленных в двух противоположных концах земного шара - в Японии и Европе. С их помощью специалисты изучили прохождение сейсмических волн через толщу планеты, возникших в результате землетрясений в Южной Африке и на островах Фиджи в южной части Тихого океана.

Обнаружилось, что внешние 300 километров ядра планеты заметно отличаются (в меньшую сторону) по плотности от внутренней части ядра, что, согласно модельным расчетам, может соответствовать наличию в железной структуре 3-5% примесных атомов кислорода и серы. Эти примеси могли сформироваться на стадии зарождения планеты более 4,5 миллиардов лет назад.

Эти данные позволяют ученым утверждать, что накопление серы и кислорода во внешних слоях металлического ядра происходит по мере перехода внутренней части ядра в твердое состояние».

<http://ria.ru/science/20101209/306425434.html>

8. Академик РАН Ф.А.Летников:

«Одной из загадок развития планеты Земля является природа кислорода в ее атмосфере.

...Если взглянуть на точку зрения о биогенной природе кислорода в атмосфере Земли, то мы сталкиваемся с непреодолимым парадоксом, а именно: атмосфера более чем на 1/5 стала кислородной до появления наземных растений, когда за 150 млн. лет содержание O₂ в атмосфере Земли в общепланетарном масштабе увеличилось в 10 раз (!). Подобное обстоятельство заставляет рассмотреть проблему альтернативных, небиогенных источников кислорода в формировании кислородной атмосферы Земли.

Исходя из анализа имевшегося в нашем распоряжении банка данных газовых хроматографических анализов горных пород и петрологохимических моделей формирования оболочек Земли, мы пришли к выводу о взаимосвязи процессов гранитизации базитовой протокры с формированием ее кислородной атмосферы. Суть этой концепции заключается в том, что гранитизация, сформировавшая гранитоидный слой Земли, является метасоматическим процессом, когда под воздействием глубинных гранитизирующих растворов происходило метасоматическое замещение породообразующих минералов меланократовых пород более легкими минералами с

большим молекулярным объемом — кварцем, кислым плагиоклазом и калиевым полевым шпатом. При замещении «объема на объем» количество кислорода во вновь образованных минералах оказалось меньше по сравнению с исходными минералами меланократовых пород. Судя по расчетам, содержание атомов кислорода в единице объема ($10000\bar{}$) от перидотита до гранита монотонно уменьшается. Так, образование диоритов по габбро, гранулитам и перидотитам сопровождается переходом в свободное состояние от 12 до 41 атомов кислорода на $10000\bar{}$ или соответственно от 1993 до 6808 молей кисло рода в расчете на 1 м^3 . И чем больше разница по химическому составу между исходными и конечными продуктами гранитизации, тем большее количество кислорода перейдет в свободное состояние».

http://csr.spbu.ru/pub/RFBR_publications/articles/geosciences/2006/sverhglubinnie_flyuidnie_sistemi_Zemli_06_geo.pdf

9. В.Н.Ларин. Наша Земля. – М., «Агар», 2005.

«...Поток водорода выносит из глубин кислород» /с. 101/.

«Расчёты показывают: для полного окисления архейской литосферы в ней должно собраться не менее 40% всего запаса кислорода планеты. С конца архея до настоящего времени было израсходовано ещё примерно 27%, остальные 33% остаются в ядре планеты (напомню: исходная доля кислорода в теле планеты, в рамках нашей модели, составляет примерно 1/100 от её массы). ...К концу архея 40% массы изначально гидридной Земли были очищены от исходной примеси кислорода. Это было возможно только в том случае, если водород в очищаемом объёме присутствовал в виде протонного газа, растворённого в металле, что весьма способствует очищению кристаллических решеток металлов от кислорода» /с. 130/.

«...Кислород из внутренних сфер планеты выносится водородными струями. В результате над тектоногенами интерметаллические силициды превращаются в силикаты, т.е. на подошве литосферы формируются выступы из вновь образованных силикатов. Расширение планеты сопровождалось увеличением мощности металлосферы. С увеличение мощности металлосферы число тектоногенов сокращалось, и они становились гораздо более узкими в поперечном сечении. Отсюда следует, что объёмы, в которых происходило окисление петрогенных элементов, со временем также сокращались. И по всей вероятности, резкий скачек в этом сокращении произошел в мезокайнозой, когда мощность металлосферы приросла настолько, что водородный поток стал собираться в обособленные «водородные реки» с узкой устьевой зоной. Резкое сокращение объёмов, в которых только и могло происходить образование силикатов (в связи с тектоногенами), приводило к тому, что кислород начинал поступать в эти объёмы в избытке, т.е. сверх того количества, которое требовалось для полного окисления петрогенных элементов» /с.137/.

«...Скорость диффузии водорода через силикаты и окислы... на 6-7 порядков ниже, в сравнении с диффузией через металлы. Поэтому силикатная литосфера играет роль экрана (запруды) для водорода, истекающего из внутренних сфер планеты /с.157/ /Тем более литосфера, в настоящее время, практически непроницаема, в основной своей массе, для кислорода, выдуваемого струями водорода! – Р.В./.

«...При давлениях, превышающих 125 кбар, кремний (в условиях продувки водородом) не может вступать в химическое взаимодействие с кислородом. Наоборот, происходит очищение металлизированного кремния от кислорода» /с.129/.

10. Российские и немецкие физики и геологи обнаружили ранее неизвестную прослойку в мантии Земли, в которой содержится гигантское количество жидкого кислорода, экспериментируя с лазерным прессом-"наковальней" в Немецком синхротронном центре DESY, о чем они рассказали в своей статье в журнале Nature Communications.

"По нашим оценкам в этом слое содержится примерно в 8-10 раз больше кислорода, чем в атмосфере Земли. Это было большим сюрпризом для нас, и мы пока не знаем, что происходит с этими «кислородными реками» в недрах планеты", — заявила Елена Быкова из университета Байрейта (Германия).

Быкова и ее коллеги нашли неожиданный источник и скопление кислорода в недрах Земли, наблюдая за тем, как ведут себя различные виды оксида железа, одного из основных компонентов глубинных пород, при разных температурах и давлениях.

Как объясняют ученые, в нормальных условиях оксид железа в породах Земли представляет собой гематит — соединение из двух атомов железа и трех атомов кислорода. В последние годы, по словам Быковой, химики и физики открыли несколько новых «версий» оксида железа, которые формируются при высоких давлениях и температурах и содержат в себе экзотическое число атомов — Fe_4O_5 , Fe_5O_6 , или к примеру, $\text{Fe}_{13}\text{O}_{19}$.

Авторы статьи выяснили, что этим список оксидов железа не ограничивается, проследив за тем, как ведут себя гематит и его «магнитный» теска магнетит, Fe_3O_4 , в условиях, приближенных к ядру и мантии Земли, сжав их при помощи лазерных «тисков» PETRA III до давления, превышающего атмосферное в 670 тысяч раз.

Эта операция привела к разложению гематита и формированию нового экзотического оксида железа, Fe_5O_7 , при давлениях и температурах, соответствующим глубине в 1500 километров. Дальнейшее сжатие привело к формированию еще одного неизвестного оксида, $\text{Fe}_{25}\text{O}_{32}$. И то и другое, как рассказывают исследователи, привело к выбросу огромной массы кислорода, который на такой глубине и при таком давлении превращается не в газ, а в жидкость.

Потоки этой жидкости, по мнению Быковой и ее коллег, часто текут через мантию в тех ее точках, где залежи магнетита и гематита, сформировавшиеся на дне моря, «текут» вместе с остальной материей мантии и коры по направлению к ядру Земли. Данные кислородные «реки» могут в равной степени как взаимодействовать с окружающими породами и окислять их, так и подниматься в более высокие слои мантии и даже выше.

В любом случае, присутствие кислорода, как отмечает Максим Быков, один из других авторов статьи, говорит о том, что в недрах Земли могут происходить сложнейшие и активнейшие химические процессы, о существовании которых мы пока не знаем, и которые могут влиять не только на геохимию, но и на климат и состояние атмосферы планеты.

http://news.rambler.ru/science/32744720/?track=topic_topnews2