

О ПРОИСХОЖДЕНИИ КИСЛОРОДА В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

Мостяев В.А.

ООО Пьезо, e-mail: quartzcom@mail.ru

Проведен анализ существующих гипотез образования свободного кислорода в атмосфере Земли. Считается, что кислородный тип атмосферы возник в результате деятельности растений. Биологическая гипотеза постулирует образование кислорода около 3,8 млрд. лет назад в водной среде, когда кислород в атмосфере отсутствовал и только через 2 млрд. лет величина кислорода в атмосфере стала больше 1%. 550 млн. лет назад в водной среде появляются многоклеточные организмы, а величина кислорода в атмосфере достигла 2,1%. Однако несмотря на отсутствие наземных растений образование кислорода в атмосфере продолжалось. Недостатком биогенной гипотезы образования кислорода в атмосфере Земли является неустранимое противоречие, а именно атмосфера стала на 20% кислородной до появления наземных растений. Геологическая гипотеза образования кислорода в атмосфере Земли связывает появление кислорода с процессами образования гранитов, когда под воздействием глубинных гранитизирующих растворов происходило замещение породообразующих минералов меланократовых пород более легкими минералами с большим молекулярным объёмом - кварцем, кислым плагиоклазом и калиевым полевым шпатом и с меньшим количеством кислорода по сравнению с исходными минералами. Недостатком этой гипотезы является отсутствие понимания процесса перехода кислорода из гранитообразующих минералов в атмосферу. В 1990 г. появилась гипотеза о существовании механохимических реакций радикальной диссоциации воды. Рассматривая воду как динамически нестабильную полимерную систему авторы постулируют, что при механическом воздействии на воду затраченная энергия приводит к разрыву H-OH, а следовательно и изменению концентрации ионов H⁺ и OH⁻, что приводит к изменению pH и электропроводности. Это приводит к образованию свободного кислорода через появление перекиси водорода H₂O₂ как промежуточной стадии процесса. Образующийся свободный кислород таким образом возникает одновременно с образованием воды на Земле.

Ключевые слова: образования кислорода, диссоциация воды

ON THE ORIGIN OF OXYGEN IN THE EARTH'S ATMOSPHERE

Mostyayev V.A.

Ltd Piezo, e-mail: quartzcom@mail.ru

The existing hypotheses of free oxygen formation in the Earth's atmosphere are analyzed. It is believed that the oxygen type of atmosphere arose as a result of plant activity. The biological hypothesis postulates the formation of oxygen about 3.8 billion years ago in the aquatic environment, when there was no oxygen in the atmosphere and only after 2 billion years the value of oxygen in the atmosphere became greater than 1%. 550 million years ago, multicellular organisms appeared in the aquatic environment, and the value of oxygen in the atmosphere reached 2.1%. However, despite the absence of terrestrial plants, the formation of oxygen in the atmosphere continued. The disadvantage of the biogenic hypothesis of oxygen formation in the Earth's atmosphere is an insurmountable contradiction, namely, that the atmosphere became 20% oxygenic before the appearance of terrestrial plants. The geological hypothesis of oxygen formation in the Earth's atmosphere associates the appearance of oxygen with the processes of granite formation, when, under the influence of deep granitizing solutions, the rock-forming minerals of melanocratic rocks were replaced by lighter minerals with a larger molecular volume - quartz, acidic plagioclase and potassium feldspar and with less oxygen compared to the initial minerals. The disadvantage of this hypothesis is the lack of understanding of the process of oxygen transfer from granite-forming minerals to the atmosphere. In 1990 the hypothesis of the existence of mechanochemical reactions of radical dissociation of water appeared. Considering water as a dynamically unstable polymeric system, the authors postulate that when water is mechanically affected, the energy expended leads to a breakdown of H-OH, and consequently to a change in the concentration of H⁺ and OH⁻ ions, which leads to a change in pH and electrical conductivity. This leads to the formation of free oxygen through the appearance of hydrogen peroxide H₂O₂ as an intermediate stage of the process. The free oxygen thus formed occurs simultaneously with the formation of water on Earth.

Keywords: oxygen formation, water dissociation

Появление кислорода в атмосфере планеты Земля является одной из загадок её развития. Анализ развития биосферы Земли, который провел П. Клауд [1], показал, что биологические процессы в водной среде на земле начались около 3,8 млрд. лет назад, когда кислород в атмосфере отсутствовал. Но констатируется, что вода на Земле уже присутствует. Несколько сотен миллионов лет спустя, хотя кислород ещё не присутствовал постоянно ни в гидросфере, ни в атмосфере, возникла некая микробная форма самопитающихся организмов в виде строматолитов [1].

Около 550 млн. лет назад в водной среде появляются многоклеточные организмы с наружным скелетом, а содержание кислорода достигает 10% от современного, т.е. не превышает 2,1 %. Жизнь зарождалась в водной среде и наземные растения отсутствовали. Биогенный кислород начал появляться 400 млн. лет назад, когда появились наземные растения.

На рис. 1 показано современное представление появления кислорода в атмосфере Земли с точки зрения биологической науки [2,3].

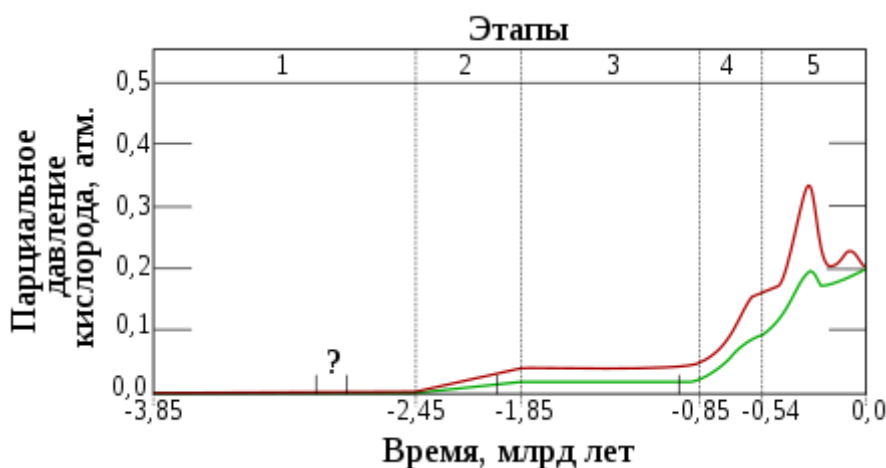


Рис.1. Накопление O_2 в атмосфере Земли

Зелёный график — нижняя оценка уровня кислорода, красный — верхняя оценка.

1. (3,85—2,45 млрд лет назад) — O_2 не производился
2. (2,45—1,85 млрд лет назад) — O_2 производился, но поглощался океаном и породами морского дна
3. (1,85—0,85 млрд лет назад) — O_2 выходит из океана, но расходуется при окислении горных пород на суше и при образовании озонового слоя
4. (0,85—0,54 млрд лет назад) — все горные породы на суше окислены, начинается накопление O_2 в атмосфере.

Однако примерно 2 млрд. лет назад по гипотезе биологического появления кислорода в атмосфере, как и самой атмосферы, вероятно не было [1-3].

Неустранимое противоречие биогенной гипотезы заключается в том, что атмосфера Земли стала кислородной на 1/5 от современной до появления наземных растений [2]. Шел процесс накопления атмосферы и наполнения её кислородом и переход от анаэробных микроорганизмов, т.е. от микроорганизмов, которым для существования не нужен кислород, к аэробным микроорганизмам, потребляющим кислород, как наиболее энергетически выгодной форме существования.

В работе [4] предложена гипотеза образования кислорода в атмосфере за счет процессов гранитизации, суть которой состоит в том, что в гранито-гнейсовом слое земли под воздействием глубинных гранитизирующих растворов происходило замещение породообразующих минералов меланократовых пород более легкими минералами с большим молекулярным объемом - кварцем, кислым плагиоклазом и калиевым полевым шпатом. При замещении пород количество кислорода во вновь образованных минералах должно быть меньшим по сравнению с исходными и, следовательно, должен появиться свободный кислород. Действительно, кремний занимает второе место (после кислорода) среди химических элементов, слагающих земную кору [5]. Эти два элемента легко реагируют между собой с образованием силикатных минералов, в частности минералов группы полевых шпатов, семейства пироксенов и амфиболов. Оставшийся после кристаллизации минералов этих групп кремний обычно образует оксид - кремнезем SiO_2 .

Но эта гипотеза появилась вследствие того, что авторы справедливо указывают на непреодолимое противоречие в биогенной гипотезе происхождения кислорода в атмосфере Земли, а именно - атмосфера стала более, чем на 1/5 кислородной до появления наземных растений, когда за 150 млн. лет содержание O_2 в атмосфере Земли в общепланетарном масштабе увеличилось в 10 раз(!).

Солнечный ветер, на 91% состоящий из протонов-ядер водорода, бомбардируя силикатосодержащие минералы производит молекулы воды. Экспериментальное подтверждение этому получено большой группой исследователей из США, Австралии, Великобритании [6]. С помощью атомно-зондовой томографии экспериментально подтверждено, что Н-облучение силикатных минеральных поверхностей края зерна оливина с астероида Итокава производит молекулы воды. Эти результаты предполагают, что реголит Итокавы может содержать $\sim 20 \text{ л/м}^3$ воды, полученной из солнечного ветра, и что такие водоемы, вероятно, повсеместно встречаются по всей нашей Галактике.

Это также является экспериментальным подтверждением теории автора происхождения воды на Земле [7,8].

Вода, которая образуется за счет солнечных протонных потоков в космическом вакууме на астероидах, кометах, метеоритах и - в начальной стадии существования Земли, - при её образовании сразу превращается в лёд.

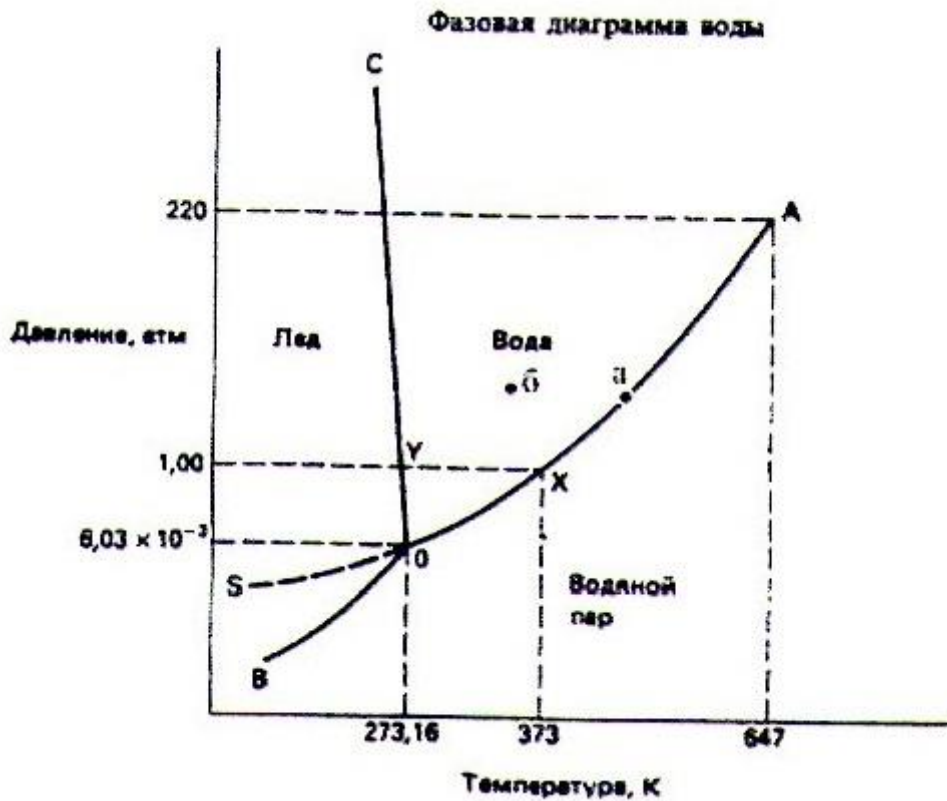


Рис.2. Фазовая диаграмма равновесного состояния воды

На рис.2. представлена фазовая диаграмма состояния воды. Вода имеет три фазы состояния- газ (водяной пар), жидкость-вода и твердое состояние –лёд.

Диаграмма показывает, что при атмосферном давлении, равном одной атмосфере, которое существует на современной Земле вблизи земной поверхности, температура кипения воды равняется 100 °С. Однако при космическом вакууме, например, при давлении 0,003 атм., вода также будет кипеть и при комнатной температуре.

В первые миллионы лет образования Земли, когда ещё не сформировалась атмосфера, в экваториальных областях в дневное время водяной лёд, образовавшийся при бомбардировке силикатосодержащих минералов на земной поверхности, в дневное время в экваториальных областях под воздействием солнечного излучения превращается в воду. В тёмное время вода замерзает. У воды имеется удивительное свойство- наибольшая плотность наблюдается при температуре +4 °С. Поэтому замерзший лёд плавает в воде как более легкая фракция и когда в дальнейшем появится в воде биологическая жизнь под ледяной крышей она надёжно сохраняется!

Биологические процессы в воде на Земле по современным взглядам начались около 3,8 млрд. лет назад.

Однако примерно 2 млрд. лет по гипотезе авторов биологического появления кислорода в атмосфере, как и самой атмосферы, вероятно, не было [1-3]. Шёл процесс накопления атмосферы и наполнения её кислородом и переход от анаэробных микроорганизмов, т.е. от микроорганизмов, которым для существования не нужен кислород, к аэробным микроорганизмам, потребляющим кислород, как наиболее энергетически выгодной форме существования.

Рассмотренные выше гипотезы образования кислорода в атмосфере Земли- биогенная и геологическая имеют принципиальные неустранимые недостатки. Биогенная гипотеза противоречит тому факту, что кислород появился раньше, чем аэробные микроорганизмы и более развитые биосубъекты, и развивает концепцию, что из-за отсутствия кислорода сначала должны были появиться анаэробные биологические микроорганизмы. И только после появления растительности начал появляться и накапливаться кислород.

В геологической гипотезе отсутствует понимание способа и времени перехода кислорода из гранитоподобных минералов в свободное состояние. Хотя, как отмечалось выше, кремнезем SiO_2 слагает до 12% литосферы [5].

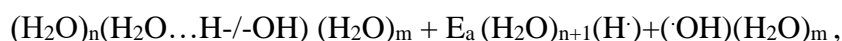
Однако появились гипотезы в последствии подтвержденные экспериментально, которые позволяют считать, что свободный кислород начал появляться и накапливаться одновременно с формированием атмосферы и появлением воды уже в начальный период существования планеты.

В 1990г. чл.корр. АН СССР Г.А. Домрачев (Институт металлоорганической химии РАН) и физик Д.А. Селивановский (Институт прикладной физики РАН) сформулировали гипотезу о существовании механохимических реакций радикальной диссоциации воды [9-10].

Исходя из того, что жидкая вода представляет собой динамически нестабильную полимерную систему и что по аналогии с механохимическими реакциями в полимерах при механических воздействиях на воду поглощённая водой энергия, необходимая для разрыва связи Н-ОН, локализуется в микромасштабной области структуры жидкой воды.

Это нашло экспериментальное подтверждение в работах [11,12], в которых было показано значительное увеличение концентрации радикалов ОН, а, следовательно, и изменение концентрации ионов H^+ и OH^- в процессе механического перемешивания, что нашло подтверждение в изменении рН и электропроводимости в результате механохимического разложения воды.

Реакцию разрыва Н-ОН связи можно записать так :



где знак $\cdot\cdot$ обозначает не спаренный электрон [9,10].

Рассчитав эффективность механодиссоциации воды, авторы пришли к чрезвычайно важному выводу о происхождении в атмосфере Земли кислорода, связав его с диссоциацией воды.

Осуществление радикальной диссоциации воды дает старт процессам разложения воды на кислород и водород через появление перекиси-пироксида – H_2O_2 .

По оценке авторов из общего количества H_2O_2 , которое генерируется в природе каждый год, половина образуется при рекомбинации гидроксил-радикалов. Остальное количество H_2O_2 образуется путем ступенчатого захвата двумя атомами водорода молекулы свободного кислорода атмосферы. Эта часть пироксида водорода при распаде лишь возвращает в атмосферу Земли кислород, потраченный на реакции нейтрализации атомарного водорода.

Таким образом, можно оценить количество молекулярного кислорода, которое пополняет ежегодно атмосферу Земли за счет действия механохимического механизма диссоциации воды:

$$M(O_2) = 0,5 \times \Delta n(H_2O_2) [M/год] \times 1/2 \times V_0 [л] = 1,2 \times 10^{11} \text{ молей/год.}$$

Коэффициент 0,5 указывает на то, что только половина притока пироксида водорода при распаде образует «новый» кислород; $\Delta n(H_2O_2) = 5 \times 10^{10}$ М/год – ежегодная суммарная прибавка пироксида; стехиометрический коэффициент $1/2$ учитывает необходимость распада двух молекул H_2O_2 для образования одной молекулы O_2 [9,10].

Исследования кинетических особенностей механического разрушения при перемешивании структуры в бидистилляте воды показало, что разрушение и восстановление кластерной структуры воды происходит в зависимости от температуры воды (рис.3) [11, 12].

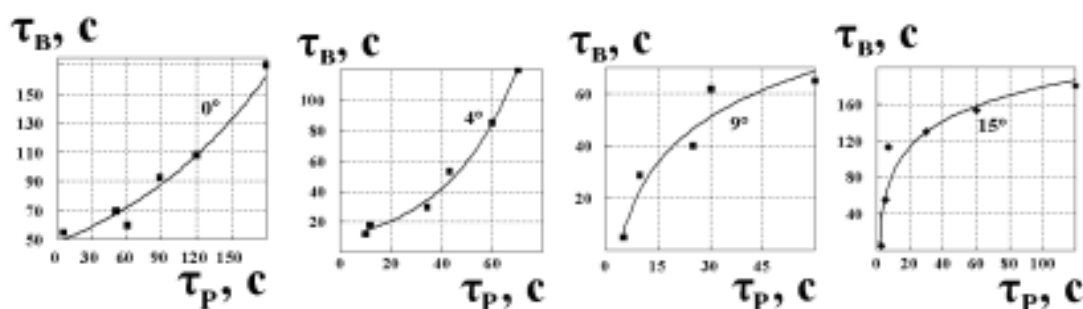


Рис. 3. Кинетические характеристики времени разрушения (t_r) и (t_b) исходных значений ϕ и % бидистиллята при температуре: 0, 4, 9 и 15 °C (механическое перемешивание)

Чем выше температура воды разрушение и восстановление кластерной структуры происходит быстрее.

Опыты показали значительное увеличение концентрации радикалов ОН, а, следовательно, и изменение концентрации ионов H^+ и OH^- в процессе такого перемешивания, что нашло подтверждение в изменении рН и электропроводности в результате механохимического разложения воды.

Эти эксперименты показывают, что аналогичные процессы в воде происходят в природе в ручьях, реках, морях, океанах.

За один год по приведенным выше расчетам в атмосфере Земли появится $6,4 \times 10^{11}$ г/год кислорода, а за 1 млрд лет- $6,4 \times 10^{14}$ тонн, т.е. за время существования Земли в 4,38 млрд лет кислорода может образоваться $2,8 \times 10^{15}$ тонн. Этот результат очень оценочный, но удивительным образом соответствует современным энциклопедическим данным.

В настоящее время согласно общепринятым сведениям в атмосфере Земли содержится свободного кислорода 20,95% по объёму и 23,10% по массе- около 10^{15} тонн [15].

Для сравнения – объем вод современного океана – $1,5 \times 10^{21}$ л.

Рассмотренные выше экспериментальные и теоретические данные о механохимической диссоциации воды с появлением промежуточной стадии образования перекиси водорода и последующем появлении свободного кислорода не полностью раскрывает суть происходящего атомно-молекулярного процесса.

Представляется, что этот пробел устраняют работы д.т.н., профессора Ф.М. Канарева [16,17].

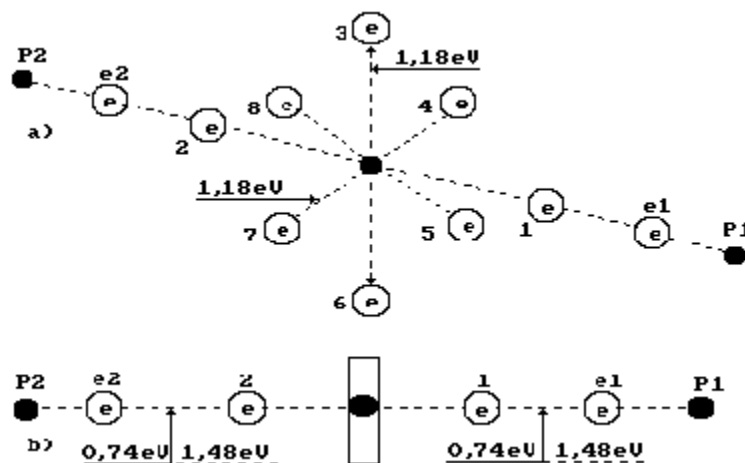


Рис. 4. Схема молекулы воды: 1,2,3,4,5,6,7,8- номера электронов атомов кислорода; P1, P2, -ядра атомов водорода (протоны): e1, e2- электроны атомов водорода

На рисунке 4 b показаны две энергии связи между валентными электронами e2 и 2, а также между 1 и e1 . Электродинамическая связь равна 0,74 эВ. Для разрыва этой связи достаточно затратить такое же количество механической энергии. Если же эту связь облучить

фотонами с энергией 0,74 эВ, то процесс поглощения фотонов будет идти так, что каждый из двух валентных электронов поглотит по 0,37 эВ и энергии связи уменьшится до 0,37 эВ, и молекула воды не разрушится. Вторая тепловая энергия связи, указанная на том же рисунке, равна 1,48 эВ. Если оба электрона поглотят фотон с этой энергией, то энергия связи между ними станет равной нулю и молекула воды разрушится.

Из изложенного следует, что если указанные связи разрушать механическим путем, затрачивая по 0,74 эВ на каждую связь, то после её разрыва у каждого электрона образуется дефицит энергии, равный 0,74 эВ. Эта энергия будет немедленно поглощена из окружающей среды и излучена при повторном синтезе молекулы воды. Так ковалентная химическая связь при механическом разрушении одной молекулы воды формирует 1,48 эВ дополнительной тепловой энергии, которая устойчиво регистрируется в системах кавитации воды.

Известно, что молекулы воды, объединяясь, формируют кластеры. Если связи между молекулами в кластерах ковалентные, то механическое разрушение этих связей также должно сопровождаться выделением дополнительной тепловой энергии.

Приведенные выше теоретические выкладки Ф.М. Канарева [16,17] полностью объясняют эффекты получения тепловой энергии при электрогидравлическом, вихревом, кавитационном и других механических способах получения энергии при разрушении молекул воды и их последующем синтезе [18-29].

Таким образом появление кислорода при механохимической диссоциации, особенно при его интенсификации за счет вихревых, ротационных, кавитационных и др. эффектов, которые наблюдаются в природе в быстрых ручьях, горных реках, водопадах, речных бурунах и перекатах, морских приboях и штормах, ураганах, торнадо и т.п. явлениях, способствовало увеличению его появления в атмосфере Земли.

Выводы

Появившиеся гипотезы образования кислорода в атмосфере Земли за счёт механохимической диссоциации воды, а также экспериментальные результаты и исследования этого процесса, позволяют считать, что кислород на земле начал накапливаться одновременно с началом образования воды на земной поверхности.

Список литературы

1. П. Клауд. Палеоэкологическое значение полосчатых железорудных формаций. Sci. Amer. 1983, № 11, с. 102-113.
2. S.A. Grove, L.N. Dassing, N.J. Beukes, M. Bau, S. Kruger, R. Frei, D. E. Canfield. Atmospheric oxygenation three billion years ago. – Nature, 2013, - Iss. 501, no.7468.-P. -535-538.

3. N.A. Campbell, J.B. Reece. Biology, 7th Edition- San Francisco- Benjamin Cumminge, 2005. С. 522-523. ISBN 0-8053-7171-0.
4. Ф. А. Летников, Н. В. Седых. Роль процессов гранитизации в формировании атмосферы Земли. ДАН, 2002, т. 386, №4, с. 538-540.
5. М. О. Доноху. Кварц М. 1990, Мир, с. 9-11.
6. Люк Дейли, М.Р. Ли и др. Вклад солнечного ветра в океаны Земли. Nature Astronomy, 2021, с. 5, с. 1275-1285.
7. В.А. Мостяев. Происхождение воды на Земле. Энергетика воды и космического вакуума. М. 2021. ИД «Академия естествознания», 65с.
8. В.А. Мостяев. О происхождении воды на Земле. Научное обозрение. Фундаментальные и прикладные исследования». РАЕ, 2021 №2, с. 1-9.
9. Г.А. Домрачев, Ю.Л. Родыгин, Д.А. Селивановский. Механохимически активированное разложение воды в жидкой фазе./ДАН, 1993, 329(2), с.186-188.
10. Г.А. Домрачев, Ю.Л. Родыгин, Д.А. Селивановский, П.А. Стунжас. Об одном из механизмов генерации пероксида водорода в океане. В кн. «Химия морей и океанов», М. Наука, 1995, с. 169-177.
11. В. Л. Вакс, Г.А. Домрачев, Ю.Л. Родыгин, Д.А. Селивановский, Е.В. Спивак. Диссоциация воды под СВЧ излучения. / Изв. ВУЗов. Радиофизика. 1994, т.37, №1.
12. В.Д. Шантарин, М.Ю. Земенкова. Кинетические особенности механохимической диссоциации воды. Нефть и газ, №6, 2016, с. 134-136.
13. Г.С. Аширбакаева. Исследование кинетических особенностей кластерообразования в бидистилляте воды. 13-ая Международная научно-практическая конференция «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири»2007.. Кемерово. ТомГУ.-с. 44-46.
14. Г.С. Аширбакаева. Проявление структуры воды в механических полях//Известия высших учебных заведений. Нефть и газ.- 2008.- №3.- с. 111-117.
15. А. Угай. Общая и неорганическая химия.- Москва: Высшая школа, 1997.-с.432-435.-527.
16. Ф.М. Канарев. Начала физхимии микромира. Краснодар. 2002. 320с.
17. Ф.М. Канарев. Энергетический баланс процессов синтеза молекул кислорода, водорода и воды. Электронная библиотека. Наука и техника, дата публикации 5 мая 2003.
18. Л.А. Юткин. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности .-Л.- Машиностроение. 1986.-253с.
19. Ю.С. Потапов, В.Е. Поплавский, И.Г. Калачев, Э.Е. Санчес. Теплопарогенераторы. Новая энергетика №1, с.1-3, 2005, С.-Петербург.
20. Ю.С. Потапов. Теплогенератор и устройство для нагрева жидкостей. Патент РФ № 2045715. 1993 г.

21. Ю.С. Потапов, С.Ю. Потапов. Энергия из воды и воздуха для сельского хозяйства и промышленности. К. 1999, с.87.
22. Ю.С. Потапов, Л.П. Фоминский. Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиций теории вращения. К. 2000, с.387.
23. В. Дудышев. Методы преобразования энергии электрогидравлического удара и кавитации жидкости в тепло и иные виды энергии. Новая энергетика. С.-Петербург. 2005, №1, с. 4-10.
24. В.Д. Дудышев. Методы и устройства радикальной экономии топлива. Журнал «Электрик», № 6-9, 2005, Киев, с. 7-9.
25. В.В. Дудышев. Методы и устройства радикальной экономии топлива- Журнал «Экология и промышленность России», январь 2006, с. 4-6.
26. В.Д. Дудышев. Новый метод преобразования энергии электрогидравлического удара – эффект Юткина в тепло и иные виды энергии. «Новая энергетика», №1, 2005, с.4-6.
27. В.Д. Дудышев. Способ преобразования энергии электрогидравлического удара в механическую энергию. Патент РФ №2157893.
28. В.Д. Дудышев. Сферический кавитационный электрогидроударный теплогенератор. Патент РФ на полезную модель №73453 от 12.11.2007.
29. В.Д. Дудышев. Электрогидроударное кавитационное устройство для обеззараживания и очистки воды. Патент РФ на полезную модель № 71739 от 23.11.2007.