

ABIUGENOUS ORGANIC MATTER IN THE SOLAR SYSTEM

G.S. Simonian, Candidate of Chemistry, Associate Professor
Yerevan State University, Armenia

Studies of the recent years have shown that the Universe is so diverse and unique, that in its vast spaces one can find more and more chemical reactions considered impossible in space before. Convincing evidence for the theory of inorganic origin of oil on Earth is the presence of carbon, including its organic forms, in the near space - in meteorites, Solar System planets, their satellites, where no biogenic substances are present. The temperature in the Solar System ranges from -38 K to 700 K. It was established that methane had been discovered in the atmosphere of planets of the Solar System - Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune and Pluto. It is shown that the satellite Titan has methane seas. On Pluto and its moons, as well as on the Neptune's satellite Triton methane is found in the solid state. It is shown that the organic substances are also formed at low temperatures.

Keywords: abiogenic oil, organic matter, biogenic matter, space, meteor, planet, moon, cryochemistry, reaction mechanism.

Conference participant,
National championship in scientific analytics,
Open European and Asian research analytics championship


АБИОГЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Симонян Г.С., канд. хим. наук, доцент
Ереванский государственный университет, Армения

Исследования последних лет показали, что Вселенная столь многообразна и уникальна, что в ее просторах могут происходить все больше химические реакции, прежде считавшиеся невозможными в космосе. Убедительной доказательной базой теории неорганического происхождения нефти на Земле является наличие углерода, в том числе органических его форм, в ближнем космосе - в метеоритах, планетах Солнечной системы и их спутниках, где нет биогенного вещества. Температура в Солнечной системе от -38 К до 700 К. Установлено, что в атмосфере планет Солнечной системы - Марса, Юпитера и Сатурна, Урана, Нептуна и Плутона обнаружен метан. Показано, что на спутнике Титан есть метановые моря, а на Плутоне и его спутниках и на спутнике Нептуна Тритон метан находится в твердом состоянии. Показано, что органические вещества образуются также при низких температурах.

Ключевые слова: абиогенная нефть, органическое вещество, биогенное вещество, космос, метеор, планета, спутник, криохимия, механизм реакции.

Участник конференции,
Национального первенства по научной аналитике,
Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:pmc.v0i8.1551>

Убедительной доказательной базой теории неорганического происхождения нефти на Земле является наличие углерода, в том числе органических его форм в межзвездном пространстве, туманностях и соседних галактиках, где нет биогенного вещества. В работе [1] показано, что в межзвездном облаке доказано наличие 200 различных молекул и частиц, большая часть которых имеет органическую природу и является составной частью нефти.

В этом обзоре основное внимание уделено на наличие и образование органических веществ в условиях Солнечной системы. Целью этой статьи является разъяснить, какие органические соединения идентифицированы в Солнечной системе (кроме Земли) и особенности космохимических реакций их образования в космических условиях.

Для полного понимания дальнейшего изложения надо дать определение и объяснение некоторых терминов [2].

В главном сочинении Николая Коперника «О вращении небесных сфер» (лат. De revolutionibus orbium coelestium), изданном в Нюрнберге в 1543 году, согласно Гелиоцентрической концепции Коперник утверждал,

что все планеты движутся по орбитам, центром которых является Солнце, и поэтому Солнце является центром мира.

Таким образом, Солнечная система - это планетная система, включающая в себя центральную звезду - Солнце - и все естественные космические объекты, вращающиеся вокруг Солнца. Она сформировалась путём гравитационного сжатия газопылевого облака примерно 4,57 млрд лет назад.

Известны девять больших планет, удаленных от центрального светила в следующем порядке: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон.

Планеты, подобные Земле и Луне, собственного света не имеют - освещаются исключительно солнечными лучами. Пять планет - Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн - благодаря своему яркому блеску известны людям с незапамятных времен.

По физическим характеристикам планеты четко делятся на две группы. Четыре ближайшие к Солнцу - Меркурий, Венера, Земля и Марс - называются планетами земной группы. Они сравнительно невелики, но их средняя плотность большая: примерно в 5 раз больше плотности

воды. Они состоят в основном из силикатов и металлов.

Далекое от Солнца - Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, - значительно массивнее планет земной группы и еще больше превосходят их по объему. В недрах этих планет вещество сильно сжато, тем не менее, их средняя плотность невелика, а у Сатурна даже меньше плотности воды.

Методом спектроскопии на его поверхности обнаружен замерзший метан. Это открытие свидетельствует о сходстве Плутона с крупными спутниками планет-гигантов. Некоторые исследователи склоняются к мысли, что Плутон - это «убежавший» спутник Нептуна.

В Солнечной системе существуют две области, заполненные малыми телами. Пояс астероидов, находящийся между Марсом и Юпитером, схож по составу с планетами земной группы, поскольку состоит из силикатов и металлов. За орбитой Нептуна располагаются транснептуновые объекты, состоящие из замёрзшей воды, аммиака и метана.

Метеоритом называется космическое тело размером до нескольких метров, летящее по орбите и попадающее в атмосферу Земли. Следует отметить, что метеориты совместно со своими родительскими телами - асте-

Табл. 1.

Планета	Расстояние от солнца, Мкм	Число спутников	Температура, К	Давление, атм.	Плотность, г/см ²
Меркурий	57.9	0	440	0	5.44
Венера	108.2	0	733	90	5.24
Земля	149.6	1	288	1	5.52
Марс	227.9	2	218	0.006	3.95
Юпитер	778.3	65	165	1	1.33
Сатурн	1427	62	134	1	0.68
Уран	2870	27	76	1	1.27
Нептун	4497	14	72	1	1.62
Плутон	5910	5	53	0.0001	2.07

роидами принадлежат к Солнечной системе [3].

Шесть планет из восьми и четыре карликовые планеты имеют естественные спутники (таблица 1). Каждая из внешних планет окружена кольцами пыли и других частиц.

Так, понятия «органические» и «биогенные» не тождественны [4, 5].

Биогенное вещество – вещество, представляющее собой остатки отмерших организмов и продукты жизнедеятельности и линьки живых организмов.

Органическими называют соединения углерода с другими элементами, включающие атомы водорода, кислорода, азота, серы, галогенов и других элементов.

Так, по определению шведского химика Берцелиуса, вещества, которые входят в состав живых организмов, называются органическими, а те, которые в состав живых организмов не входят, называются неорганическими. Опытами было доказано, что органические вещества ничем принципиально не отличаются от неорганических. Они не наделены никакой особой жизненной силой и, в прин-

ципе, могут быть синтезированы в лаборатории неорганическим путем, то есть путем, в котором никак не задействованы живые существа. Так, впервые Вёлер получил органическое вещество – мочевины путем упаривания водного раствора цианата аммония. Однако термин менять не стали. И сегодня различают органическую и неорганическую химию. Таким образом, органические соединения могут иметь как биогенное, так и абиогенное происхождение.

Углеводороды (УВ) – органические соединения, состоящие из атомов углерода и водорода. Углеводороды считаются базовыми соединениями органической химии, все остальные органические соединения рассматривают как их производные. Различают алифатические, или ациклические, в молекулах которых углеродные атомы образуют линейные или разветвленные «открытые» цепи (например, этан, изопрен), и циклические углеводороды, молекулы которых представляют собой циклы (кольца) из трех и более атомов углерода. Последние подразделяют на алициклические со-

единения (например, циклогексан) и ароматические соединения (например, бензол).

Впервые, в 1834 г. органическое вещество в составе метеоритов выделил Й. Берцелиус при анализе углистого хондрита Ала-ис. Химическими анализами было обнаружено присутствие в метеоритах твердых углеводородов, сложных соединений органики с серой и фосфором. С появлением современных точных аналитических методов, позволяющих улавливать самые незначительные концентрации углеводородов и определять их состав, сведения о содержании углеводородов в метеоритах увеличились во много раз.

Минимальная температура на Меркурии равна **90 К** а максимум, достигаемый в полдень на «горячих долготах» при нахождении планеты близ перигелия, – **700 К**. Атмосферы как таковой на Меркурии нет, он имеет экзосферу, состоящую из 42% кислорода, 29% натрия, 22% водорода, 6% гелия, 0,5% калия, с возможными небольшими включениями аргона, ксенона, криптона, неона, диоксида углерода, воды и азота.

Табл. 2.

Критические параметры некоторых веществ

Молекула	T _{пл.} , К	T _{кип.}	T _{т.}	P _г Па	T _{кр.}	P _к
N ₂	63	77	63.2	12000	126	34.6тор.
O ₂	55	90	64.4	146	165	50.8
CO ₂	216.4	194.5	217	450000	304	73
CO	68	81.5	68	15370	133	35.6
H ₂	14	20	13.9	7300	33.2	12.8
H ₂ O	273	373	273	647	647	215.7
SO ₂	197.5	263	198	15700	430	7.8
H ₂ S	191	213	187	23200	304	91.7
NH ₃	195	240	196	6080	405	115
CH ₄	91	111	91	11540	191	47.2
C ₂ H ₆	90	184	90.3	1.13	305	48

Атмосфера Венеры состоит из углекислого газа, небольшого количества азота и ещё меньшего – других веществ. Хотя процентное содержание азота там намного меньше, чем в атмосфере Земли (3,5 % против 78 %), его общая масса примерно вчетверо больше. Атмосфера Венеры, намного плотнее и горячее атмосферы Земли: её температура на среднем уровне поверхности составляет около 740 К, а давление – 93 бар.

В атмосфере Венеры есть и другие компоненты, но в очень малом количестве. Это диоксид серы (SO_2), водяной пар (H_2O), угарный газ (CO), инертные газы, хлороводород (HCl) и фтороводород (HF). Водорода в атмосфере Венеры относительно мало. Вероятно, большое количество водорода было рассеяно в космосе, а остальная часть связана, в основном, в составе серной кислоты и сероводорода. В верхних слоях атмосферы обнаружены сероводород (H_2S) и сернистый газ (SO_2), а также сульфид карбонила (O=C=S). Серная кислота образуется в верхней атмосфере посредством фотохимического воздействия Солнца на углекислый газ, сернистый газ и пары воды. Фотоны ультрафиолетового света с длиной волны меньше 169 нм могут фотодиссоциировать углекислый газ в угарный газ и атомарный кислород. Атомарный кислород весьма реакционноспособен, и когда он вступает в реакцию с сернистым газом, микрокомпонентом атмосферы Венеры, образуется серный газ, который может в свою очередь соединиться с парами воды, другим микрокомпонентом атмосферы. В результате этих реакций образуется серная кислота.

Атмосфера Марса состоит из углекислого газа (95%) с примесями азота (2.7%), аргона (1.6%), кислорода (0.13%) и других газов. Есть, в частности, и примесь водяного пара.

Из анализа снимков каньонов в долинах Маринера на Марсе, ученые из НАСА полагают, что в зависимости от сезона периодически проступает жидкая соленая вода. Орбитальная станция MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) обнаружила 41 участок, на котором подозревается существование спадающих со склонов потоков жидкой воды: темные линии появляются в

летний период и пропадают в зимний. Число таких потоков на каждом из участков размером 5,4 на 12,0 километра оценивается в тысячу. Источником соленой воды в летнее время ученые называют подповерхностные замороженные льды. Объем воды, который может приводить к образованию таких потоков, оценивается в 30-100 тысяч кубических метров. Долины Маринера в приэкваториальной части Марса представляют собой самый большой каньон в Солнечной системе. Его протяженность оценивается в 4,5 тысячи километров. С помощью станции MRO показано, что в южно-полярных слоистых отложениях льда находится погребенный CO_2 [6]. Установлены три различные субъединицы CO_2 льда, каждая из которых увенчана тонким (10-60 м) ограничительным слоем.

Данные работы марсохода Curiosity доказали, что в атмосфере Марса присутствует метан. Впервые следы метана в атмосфере Марса были зарегистрированы телескопом Канада – Франция – Гавайи, который находится на вершине вулкана Мауна-Кеа. Марсоход Curiosity провел на Марсе два земных года, и за это время его приборам около кратера Гала удалось не только подтвердить наличие метана на планете, но и зафиксировать резкое кратковременное повышение концентрации газа в атмосфере. Так, фоновый уровень атмосферного метана имеет средние значения $0,69 \pm 0,25$ частей на миллиард по объему. В четырех последовательных измерениях, охватывающих 60 марсианских дней, наблюдались повышенные уровни метана $7,2 \pm 2,1$ частей на миллиард. Подразумевается, что Марс эпизодически получает метан из дополнительного неизвестного источника. Специалисты утверждают, что данные Curiosity стали первым серьезным доказательством присутствия метана на Марсе [7]. Сейчас ученые планируют выяснить, откуда этот газ появился на планете. Мы полагаем, что метан на полюсах Марса погребен в толще льда в виде газогидрата. Большинство природных газов (CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , CO_2 , N_2 , H_2S , изобутан, и т. п.) образуют гидраты, которые существуют при определенных термобарических условиях [8]. Преобладающими при-

родными газовыми гидратами являются гидраты метана и диоксида углерода. При атмосферном давлении для устойчивости гидрата метана нужна температура около 193 К. Однако, метангидраты всё же могут довольно долго существовать в условиях низких давлений и при более высокой температуре, но обязательно отрицательной – в этом случае они находятся в метастабильном состоянии, их существование обеспечивает эффект самоконсервации – при разложении метангидраты покрываются ледяной коркой, что мешает дальнейшему разложению.

Атмосфера Юпитера делится на 4 уровня (приведены в порядке увеличения высоты): тропосфера, стратосфера, термосфера и экзосфера. В отличие от атмосферы Земли, атмосфера Юпитера не имеет мезосферы. На Юпитере нет твёрдой поверхности, и самый нижний уровень атмосферы – тропосфера – плавно переходит в водородный океан мантии. Чётких границ между жидкостью и газом не наблюдается, потому что температура и давление на этом уровне много выше критических точек для водорода и гелия. Водород становится сверхкритической жидкостью примерно при давлении в 12 бар. Атмосфера Юпитера преимущественно состоит из водорода и гелия. Другие элементы, такие как метан, аммиак, сероводород и вода, присутствуют в небольших количествах. Состав атмосферы подобен составу всей планеты в целом. Атмосфера содержит также немало простых соединений, например, воду, метан, сероводород, аммиак (NH_3) и фосфин (PH_3). Верхняя атмосфера Юпитера содержит малые относительные количества простых углеводородов: этана, ацетилена и диацетилена, которые формируются под воздействием солнечной ультрафиолетовой радиации и заряженных частиц, прибывающих из магнитосферы Юпитера. Сообщается, что на атмосфере Юпитера и Сатурна обнаружены метан и бензол [9].

Верхние слои атмосферы Сатурна состоят на 96,3 % из водорода (по объёму) и на 3,25 % – из гелия (по сравнению с 10 % в атмосфере Юпитера). Имеются примеси метана, аммиака, фосфина, этана и некоторых других

газов. Аммиачные облака в верхней части атмосферы мощнее юпитерианских. Облака нижней части атмосферы состоят из гидросульфида аммония (NH_4SH) или воды.

Основу атмосферы Урана составляют водород и гелий. Кроме того, в ней обнаружены следы метана и других углеводородов, а также облака из льда, твёрдого аммиака и водорода. Это самая холодная планетарная атмосфера Солнечной системы с минимальной температурой в 49 К. Полагают, что Уран имеет сложную слоистую структуру облаков, где вода составляет нижний слой, а метан — верхний. В отличие от Нептуна, недра Урана состоят в основном из льдов и горных пород. Кроме того, в верхних слоях Урана обнаружены следы этана (C_2H_6), метилацетилена ($\text{CH}_3\text{C}_2\text{H}$) и диацетилена ($\text{C}_2\text{HC}_2\text{H}$) [10]. Эти углеводороды, как предполагают, являются продуктом фотолиза метана солнечной ультрафиолетовой радиацией. Спектроскопия также обнаружила следы водяного пара, угарного и углекислого газов.

В верхних слоях атмосферы Нептуна обнаружен водород и гелий, которые составляют соответственно 80 и 19 % на данной высоте [11]. Также наблюдаются следы метана. При давлении между одним и пятью барями, формируются облака аммиака и сероводорода.

Изучение спектра Нептуна позволяет предполагать, что его более низкая стратосфера затуманена из-за конденсации продуктов ультрафиолетового фотолиза метана, таких как этан и ацетилен. В стратосфере также обнаружены следы циановодорода и угарного газа. Стратосфера Нептуна более тёплая, чем стратосфера Урана из-за более высокой концентрации углеводородов.

Атмосфера Плутона очень разрежена и состоит из газов, испаряющихся из поверхностного льда, благодаря низким температурам на поверхности, достигающим 50К. Это азот с примесью метана (около 0,25 %), есть также этан, ацетилен и СО (около 0,05-0,1%) [12]. Под действием жёсткого излучения из них образуются более сложные соединения (например, этан, этилен и ацетилен и т.д.), постепенно выпа-

дающие на поверхность. Вероятно, именно их частицы образуют лёгкую слоистую дымку на высотах до 150 км. Наличие атмосферных газов прослеживается как минимум до высоты 1670 км, а по некоторым непрямым данным — даже до 3000 км.

NASA опубликовала фотографии Плутона и Харона, сделанные аппаратами Ralph и Alice, размещенными на аппарате New Horizons. Снимки показывают ненастоящие цвета Плутона и его спутника — как пояснили в NASA. Разные цвета получены с помощью фильтров Ralph и Alice и обозначают различные вещества и соединения, из которых состоит поверхность планеты и ее спутника. Более темные участки говорят о содержании углеводородов и толинов.

В Солнечной системе, кроме Земли, только на Титане ученые обнаружили озера и моря. Эти водоемы на спутнике наполнены жидким метаном и этаном. Моря и озера образуются благодаря низким температурам на поверхности, достигающим 93,8 К [13].

Водоемы на Титане планетологи открыли при помощи орбитального аппарата Cassini, вращающегося вокруг Сатурна. Моря имеют в длину несколько сотен километров, их глубина достигает сотен метров. Они питаются множеством каналов, являющихся аналогами земных рек. В отличие от морей, озера не питаются реками и образуются, как предполагают исследователи, вследствие углеводородных дождей и поступления жидкости из недр [14].

Авторы статьи [15] оценили состав этих озер. Показано, что главные вещества озер — этан (C_2H_6) (~76-79 %), пропан (C_3H_8) (~7-8 %), метан (CH_4) (~5-10 %), водородный цианид (HCN) (~2-3 %), бутен (C_4H_8) (~1 %), бутан (C_4H_{10}) (~1 %) и ацетилен (C_2H_2) (~1 %). Расчетный состав озер тогда существенно отличается от того, что ожидалось от моделей, разработанных до исследования Титана космическим кораблем Cassini-Huygens. Углеводородный состав озер Титана (а таких титанов в космосе тьма) является прямым, безапелляционным аргументом в пользу абиогенного генезиса УВ. В работе [16] исследованы геоморфологические

особенности поверхности Титана, полученные зондом Huygens Европейского Космического Агентства. Показано, что некоторые структуры на Титане могут представлять собой криогенные газогидратные вулканы, геоморфологически сходные с грязевыми вулканами на Земле. В обоих случаях их основной движущей силой служит метан — жидкий на Титане, газообразный — на Земле. В качестве твердых поверхностей на Титане выступает водяной лед и газогидраты.

В работе [17] показано, что высокая относительная влажность метана в нижних слоях атмосферы Титана может быть сохранена путем выпаривания из озер, покрывающих только 0.002-0.02 всей поверхности. Доказано, что в условиях поверхности Титана, метан испаряется достаточно быстро, что береговые линии любого существующего озера потенциально могут мигрировать от несколько сотен метров до десятков километров в год.

Граница атмосферы Титана находится примерно в 10 раз выше, чем на Земле. Граница тропосферы располагается на высоте 35 км. До высоты 50 км простирается обширная тропопауза, где температура остаётся практически постоянной, а затем температура начинает расти. Атмосфера Титана состоит из азота на 98,4 % и примерно на 1,6 % из аргона и метана, которые преобладают в основном в верхних слоях, где их концентрация достигает 43 %. Имеются также этан, пропан, ацетилен, цианацетилен, метилацетилен, CO_2 , СО, гелий. Практически отсутствует свободный кислород [18]. В весеннее время в полярной стратосфере Титана наблюдается C_4N_2 , возникает из-за твердофазной фотохимической реакции $\text{HCN}-\text{HC}_3\text{N}$ на поверхности частиц льда [19].

Верхние слои атмосферы Титана сильно подвержены воздействию солнечного ветра, так как Титан не обладает существенным магнитным полем. Кроме того, она также подвержена действию космического излучения и солнечному облучению, под воздействием которых, в частности, ультрафиолета, молекулы азота и метана разлагаются на ионы или углеводородные радикалы [4, 5, 20]. Эти фрагменты, в свою очередь, образуют сложные ор-

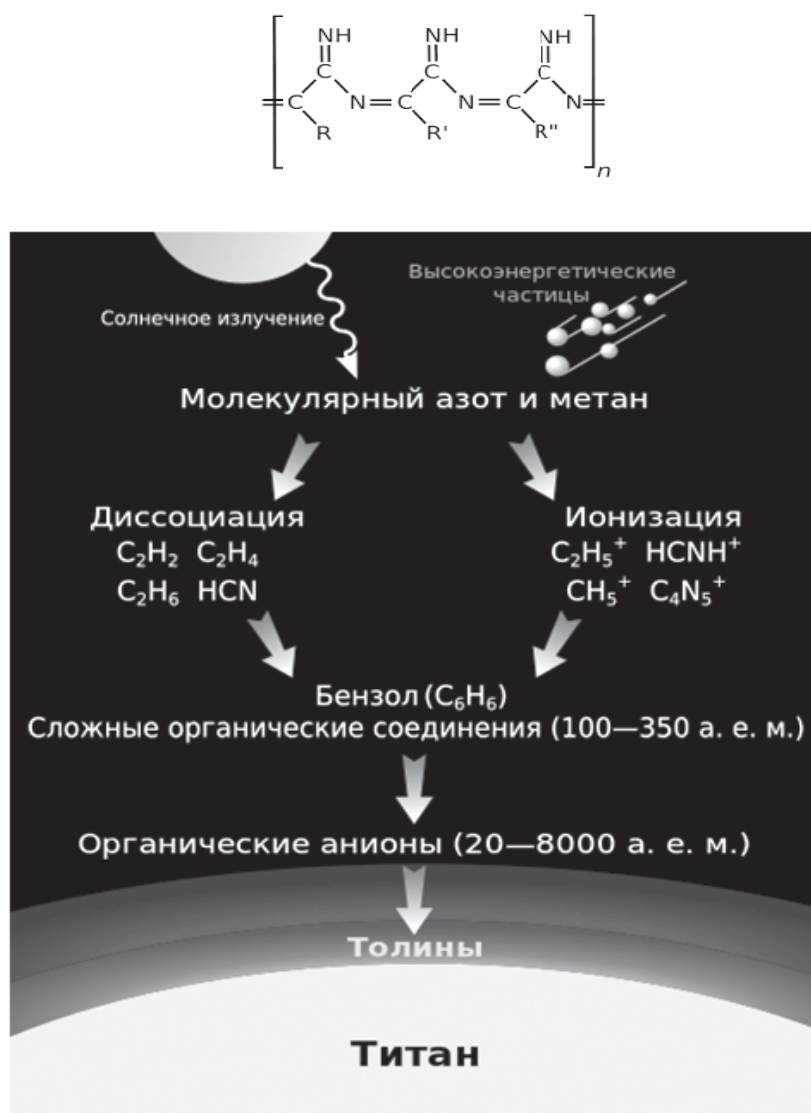


Рис. 1. Образование толинов в верхней атмосфере Титана на высоте ~ 1000 км

органические соединения азота или соединения углерода – толины, в том числе ароматические соединения (например, бензол). Также в верхних слоях атмосферы образуется полиин – полимер с сопряжённой тройной связью. Толины не образуются естественным образом на Земле на её современном этапе развития. Обычно обладают красновато-коричневым или коричнево-оранжевым оттенком. «Титановые толины» и «тритоновые толины» являются органическим веществом с высоким содержанием азота. Схема образования толинов приведена на рисунке 1.

Считается, что они представляют собой смесь различных органических сополимеров. Масса молекул толинов

в атмосфере Титана достигает 8000 а. е. м., имеет общую формулу $C_xH_yN_z$

Масса Тритона составляет 99,5 % от суммарной массы всех известных на данный момент спутников Нептуна. Таким образом, все остальные его спутники имеют очень незначительную массу. Действующие гейзеры Тритона выбрасывают вещество на несколько километров вверх. Спутник, предположительно, является самым холодным объектом в Солнечной системе из тех, что обладают геологической активностью. Температура на поверхности Тритона составляет в среднем 38 К. Это настолько холодная поверхность, что азот, вероятно, оседает на ней в виде инея или снега. Как и на Плутоне, на Трито-

не азотные льды покрывают около 55 % поверхности, 20-35 % приходится на водяной лёд и 10-25 % на сухой лёд. Также поверхность Тритона (в основном в южной полярной шапке) покрыта незначительным количеством замёрзших метана и угарного газа – 0,1 % и 0,05 % соответственно. Атмосфера Тритона состоит из азота: 99,9 % и метана: 0,1 % [21].

Южная полярная шапка из розового, жёлтого и белого материала занимает значительную часть южного полушария спутника. Этот материал состоит из азотного льда с включениями метана и монооксида углерода. Слабое ультрафиолетовое излучение от Солнца действует на метан, вызывая химические реакции, приводящие к появлению розовато-жёлтой субстанции, как толины.

Заключение

1. Установлено наличие органической формы углерода в ближнем космосе – в метеоритах, кометах, планетах Солнечной системы, их спутниках, где нет биогенного вещества.

2. Показано, что в метеоритах найдены нормальные и разветвленные алканы, с числом атомов углерода в цепи от C_{15} до C_{30} , циклоалканы, изопреноиды, пристан и фистан, алкены, ароматические углероды, алкилбензолы, нафталин, фенантрены, пирены, карбоновые кислоты, пиримидины, пурины, гунилмочевина, порфирины, аминокислоты.

3. Установлено, что в атмосфере комет и планет Солнечной системы – Марса, Юпитера и Сатурна, Урана, Нептуна и Плутона обнаружен метан и его гомологи.

4. Показано, что на спутнике Титан есть метановые моря, а на Плутоне и его спутниках, а также на спутнике Нептуна Тритон метан находится в твердом состоянии.

5. Температура в Солнечной системе от – 38 К до 700 К. Показано, что органические вещества образуются также при низких температурах.

References:

1. Simonyan G.S. Organicheskoye veshchestvo v mezhzvezdnoy srede [Organic matter in the interstellar medium]. Peer-reviewed materials digest (collective


monograph) published following the results of the CXXII International Research and Practice Conference and I stage of the Championship in Physics and Mathematics, Chemistry, Earth and Space Sciences (London, April 27 - May 6, 2016)., International Academy of Science and Higher Education. – London., IASHE, 2016., pp. 14-17.


2. Kononovich E.V., Moroz V.I. Obshchiy kurs astronomii Uchebnoye posobiye [The general course of astronomy. Textbook]. 2-nd ed., rev. - Moskva, Yeditorial, 2004. - 544 p.

3. Timofeyev D.N. Kontseptsiya sostava Zemli v svete zakonov yadernoy fiziki i khimii., Glubinnaya neft' [The concept of the Earth's structure in the light of the laws of nuclear physics and chemistry., Deep oil.]. – 2013., Vol.1 No. 12. pp. 1908-1921. Access mode: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-12-2013/4_Timofeyev_1-12-2013.pdf

4. Otroshchenko V.A., Alekseyev V.A., Ryabchuk V.K. Neravnovesnyye protsessy sinteza organicheskogo veshchestva v mezhzvezdnykh gazo-pylevykh oblakakh., Uspekhi biologicheskoy khimii [Nonequilibrium processes of organic matter synthesis in the interstellar gas and dust clouds., Advances of Biological Chemistry]. – 2002., Vol. 42., pp. 295-320.


5. Petrov A.A., Bal'yan X.V., Troshchenko A.T. Organicheskaya khimiya: Uchebnik dlya vuzov [Organic chemistry: textbook for high schools]., Ed. by. Stadnichuka M.D. - 5-th ed., rev. i ext. – St. Petersburg., Ivan Fedorov, 2002. - 624 p.

6. Bierson C.J., Phillips R.J., Smith I.B., Wood S.E., Putzig N.E., Nunes D., Byrne S. Stratigraphy and evolution of the buried CO₂ deposit in the Martian south polar cap., Geophysical Research Letters. – 2016., Vol. 43, Issue 9, pp. 4172-4179.  <https://doi.org/10.1002/2016gl068457>


7. Webster Ch.R., Mahaffy P.R., Atreya S.K., Flesch G.J., Mischna M.A. et.al. Mars methane detection and variability at Gale crater., Science. – 2015., Vol. 347, Issue 6220., pp. 415-417.  <https://doi.org/10.1126/science.1261713>


8. Dyadin YU.A., Gushchin A.L. Gazovyye Gidraty., Sorosovskiy

Obrazovatel'nyy Zhurnal [Gas Hydrates., Soros Educational Journal]. – 1998. No. 3., pp. 55-64.


9. Atreya S.K., Mahaffy P.R., Niemann H.B., Wong M.H., Owen T.C. Composition and origin of the atmosphere of Jupiter - an update, and implications for the extrasolar giant planets., Planetary and Space Science. – 2003., Vol. 51, Issue 2., pp. 105-112.  [https://doi.org/10.1016/s0032-0633\(02\)00144-7](https://doi.org/10.1016/s0032-0633(02)00144-7)


10. Elkins-Tanton L.T. Uranus, Neptune, Pluto, and the Outer Solar System. - New York., Chelsea House, 2006., P. 13., (The Solar System)., ISBN 0-8160-5197-6.

11. Hubbard W.B. Neptune's Deep Chemistry., Science. – 1997., Vol. 275 (5304), pp. 1279-1280., PMID 9064785. Provereno 2008-02-19.  <https://doi.org/10.1126/science.275.5304.1279>

12. Stern S.A., Bagenal F., Ennico K. et al. (2015). The Pluto system: Initial results from its exploration by New Horizons., Science. – 2015., Vol. 350 (6258).,  <https://doi.org/10.1126/science.350.6258.288-k>

13. ESA Cassini – Huygens First Science Results., Access mode: <http://huygens.esa.int/science/www/object/printfriendly.cfm?fobjectid=36370>


14. Cornet T., Cordier D., Le Bahers T., Bourgeois O., Fleurant C., Le Mouélic S., Altobelli N. Dissolution on Titan and on Earth: Toward the age of Titan's karstic landscapes., Journal of Geophysical Research. – 2015., Vol. 120 (6)., pp.1044-1074.  <https://doi.org/10.1002/2014je004738>


15. Cordier D., Mousis O., Lunine J.-I., Lavvas P. Vuitton V. An estimate of the chemical composition of Titan's lakes., Astrophys. – 2009., Vol. 707, No. 2., pp. 128-131.  <https://doi.org/10.1088/0004-637x/707/2/1128>

16. Alekseyeva V.A., Alekseyeva N.G. Kriogenyye gazogidratnyye vulkany na titane., tez. dokl. Vserossiyskoy konferentsii po glubinnoy nefti 4-oye KCh [Cryogenic gas hydrate volcanoes on Titan., Points of papers of the All-Russian Conference on deep oil, 4th CN].


17. Mitria G., Showman A.P., Lunine J.I., Lorenz R.D. Hydrocarbon lakes on Titan., Icarus. – 2007., Vol. 186.,

pp. 385-394.  <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2006.09.004>

18. Niemann H.B., Atreya S.K., Bauer S.J., Carignan G.R., Demick J.E., Frost R.L. The abundances of constituents of Titan's atmosphere from the GCMS instrument on the Huygens probe., Nature. – 2005., Vol. 438(7069)., pp. 779-784.  <https://doi.org/10.1038/nature04122>

19. Anderson C.M., Samuelson R.E., Yung Y.L., McLain J.L. Solid-state photochemistry as a formation mechanism for Titan's stratospheric C₄N₂ ice clouds., Geophysical Research Letters. – 2016., Vol. 43, Issue 9, pp. 3088-3094.  <https://doi.org/10.1002/2016gl067795>

20. Simonyan G.S. Endogennoye obrazovaniye naftidov v svete abiogennoy teorii obrazovaniya nefti., Nauchnoye obozreniye. Tekhnicheskoye nauki [Endogenous formation of naphthides in the light of the abiogenic theory of oil formation., Scientific Review. Technical sciences]. – 2016., No. 4., pp. 77-101.

21. Harold F. Levison, Luke Donnes. Comet Populations and Cometary Dynamics., Encyclopedia of the Solar System., Edited by Lucy Ann Adams McFadden, Lucy-Ann Adams, Paul Robert Weissman, Torrence V. Johnson. - 2nd ed. - Amsterdam; Boston., Academic Press, 2007., pp. 483-502., ISBN 0120885891.  <https://doi.org/10.1016/b978-012088589-3/50035-9>

Литература:

1. Симонян Г.С. Органическое вещество в межзвездной среде. Peer-reviewed materials digest (collective monograph) published following the results of the CXXII International Research and Practice Conference and I stage of the Championship in Physics and Mathematics, Chemistry, Earth and Space Sciences (London, April 27 - May 6, 2016)., International Academy of Science and Higher Education. – London., IASHE, 2016., pp. 14-17.

2. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии Учебное пособие. Изд. 2-е, испр. - М., Едиториал, 2004 г. - 544 с.

3. Тимофеев Д.Н. Концепция состава Земли в свете законов ядерной

физики и химии., Глубинная нефть.– 2013. – Т.1, No. 12. С. 1908-1921. Режим доступа: http://journal.deepoil.ru/images/stories/docs/DO-1-12-2013/4_Timofeyev_1-12-2013.pdf

4. Отроченко В.А., Алексеев В.А., Рябчук В.К. Неравновесные процессы синтеза органического вещества в межзвездных газо-пылевых облаках., Успехи биологической химии. – 2002., Т. 42., С. 295-320.

5. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия: Учебник для вузов Под ред. Стадничука М.Д. - 5-е изд., перераб. и доп. — СПб., Иван Федоров, 2002. - 624 с.

6. Bierson C.J., Phillips R.J., Smith I.B., Wood S.E., Putzig N.E., Nunes D., Byrne S. Stratigraphy and evolution of the buried CO₂ deposit in the Martian south polar cap//Geophysical Research Letters. – 2016., Vol. 43, Issue 9, pp. 4172-4179. [crossref https://doi.org/10.1002/2016gl068457](https://doi.org/10.1002/2016gl068457)

7. Webster Ch.R., Mahaffy P.R., Atreya S.K., Flesch G.J., Mischna M.A. et.al. Mars methane detection and variability at Gale crater., Science. – 2015., Vol. 347, Issue 6220., pp. 415-417. [crossref https://doi.org/10.1126/science.1261713](https://doi.org/10.1126/science.1261713)

8. Дядин Ю.А., Гушин А.Л. Газовые Гидраты., Соросовский Образовательный Журнал. – 1998. No. 3., С. 55-64.

9. Atreya S.K., Mahaffy P.R., Niemann H.B., Wong M.H., Owen T.C. Composition and origin of the atmosphere of Jupiter - an update, and implications for the extrasolar giant planets., Planetary and Space Science. – 2003., Vol. 51, Issue 2., pp. 105-112. [crossref https://doi.org/10.1016/s0032-0633\(02\)00144-7](https://doi.org/10.1016/s0032-0633(02)00144-7)

10. Elkins-Tanton L.T. Uranus, Neptune, Pluto, and the Outer Solar System. - New York., Chelsea House, 2006., P. 13., (The Solar System), ISBN 0-8160-5197-6.

11. Hubbard W.B. Neptune's Deep Chemistry., Science. – 1997., Vol. 275 (5304), pp. 1279-1280., PMID 9064785. Проверено 2008-02-19. [crossref https://doi.org/10.1126/science.275.5304.1279](https://doi.org/10.1126/science.275.5304.1279)

12. Stern S.A., Bagenal F., Ennico K. et al. (2015). The Pluto system: Initial results from its exploration by New Horizons., Science. – 2015., Vol. 350 (6258), [crossref https://doi.org/10.1126/science.350.6258.288-k](https://doi.org/10.1126/science.350.6258.288-k)

13. ESA Cassini – Huygens First Science Results., Access mode: <http://huygens.esa.int/science/www/object/printfriendly.cfm?objctid=36370>

14. Cornet T., Cordier D., Le Bahers T., Bourgeois O., Fleurant C., Le Mouélic S., Altobelli N. Dissolution on Titan and on Earth: Toward the age of Titan's karstic landscapes., Journal of

Geophysical Research. – 2015., Vol. 120 (6), pp.1044-1074. [crossref https://doi.org/10.1002/2014je004738](https://doi.org/10.1002/2014je004738)

15. Cordier D., Mousis O., Lunine J.-I., Lavvas P. Vuitton V. An estimate of the chemical composition of Titan's lakes., Astrophys. – 2009., Vol. 707, No. 2., pp. 128-131. [crossref https://doi.org/10.1088/0004-637x/707/2/1128](https://doi.org/10.1088/0004-637x/707/2/1128)

16. Алексеева В.А., Алексеева Н.Г. Криогенные газогидратные вулканы на титане., тез. докл. Всероссийской конференции по глубинной нефти 4-ое КЧ.

17. Mitria G., Showman A.P., Lunine J.I., Lorenz R.D. Hydrocarbon lakes on Titan., Icarus. – 2007., Vol. 186., pp. 385-394. [crossref https://doi.org/10.1016/j.icarus.2006.09.004](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2006.09.004)

18. Niemann H.B., Atreya S.K., Bauer S.J., Carignan G.R., Demick J.E., Frost R.L. The abundances of constituents of Titan's atmosphere from the GCMS instrument on the Huygens probe., Nature. – 2005., Vol. 438(7069), pp. 779-784. [crossref https://doi.org/10.1038/nature04122](https://doi.org/10.1038/nature04122)

19. Anderson C.M., Samuelson R.E., Yung Y.L., McLain J.L. Solid-state photochemistry as a formation mechanism for Titan's stratospheric C₄N₂ ice clouds., Geophysical Research Letters. – 2016., Vol. 43, Issue 9, pp. 3088-3094. [crossref https://doi.org/10.1002/2016gl06779520](https://doi.org/10.1002/2016gl06779520)

20. Симонян Г.С. Эндогенное образование нафтидов в свете абиогенной теории образования нефти., Научное обозрение. Технические науки. – 2016., No. 4., С. 77-101. [crossref https://doi.org/10.1002/2016gl067795](https://doi.org/10.1002/2016gl067795)

21. Harold F. Levison, Luke Donnes. Comet Populations and Cometary Dynamics., Encyclopedia of the Solar System., Edited by Lucy Ann Adams McFadden, Lucy-Ann Adams, Paul Robert Weissman, Torrence V. Johnson. - 2nd ed. - Amsterdam; Boston., Academic Press, 2007., pp. 483-502., ISBN 0120885891. [crossref https://doi.org/10.1016/b978-012088589-3/50035-9](https://doi.org/10.1016/b978-012088589-3/50035-9)

Information about author:

1. Geworg Simonian – Candidate of Chemistry, Associate Professor; Yerevan State University; address: Armenia, Yerevan city; e-mail: sim-gev@mail.ru

