

ВЗРЫВОПОДОБНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

Юрий Аркадьевич Николаев

Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 15

Павел Аркадьевич Фомин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры специальных устройств, инноватики и метрологии; Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 15, тел. (383)361-07-31, e-mail: kaf.suit@ssga.ru

Показано, что природа таких геофизических явлений, как озоновый слой, озоновые “дыры” и серебристые облака напрямую связаны с процессом самовоспламенения и цепного горения водорода в атмосфере, подобно тому, как это имеет место при взрыве облаков гремучей смеси. Это указывает на отсутствие прямой связи между деятельностью человека и образованием озоновых “дыр”.

Ключевые слова: атмосфера земли, горение водорода, цепное воспламенение, взрыв, озоновый слой, озоновая “дыра”, серебристые облака.

EXPLOSION-TYPE GEOPHYSICAL PHENOMENAS IN EARTH ATMOSPHERE

Yuriy A. Nikolaev

Lavrentiev Institute of Hydrodynamics SB RAS, 15, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia

Pavel A. Fomin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor of Department of Special Devices and Technologies; Lavrentiev Institute of Hydrodynamics SB RAS, 15, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, phone: (383)361-07-31, e-mail: kaf.suit@ssga.ru

It was shown that the nature of such geophysical phenomena as the ozone layer, ozone “holes” and silvery clouds are directly related to the process of self-ignition and chain combustion of hydrogen in the atmosphere, similar to what occurs in the explosion of explosive clouds. This indicates the absence of a direct relationship between human activities and the formation of ozone “holes”.

Key words: Earth’s atmosphere, hydrogen combustion, chain ignition, explosion, ozone layer, ozone “hole”, noctilucent clouds.

В статье показано, что формирование озонового слоя, озоновых “дыр” и серебристых облаков напрямую связано с процессом самовоспламенения и цепного горения водорода в атмосфере земли, подобно тому, как это имеет место при взрыве облаков гремучей смеси. Это указывает на отсутствие прямой связи

между деятельностью человека и образованием озонных “дыр”. При этом взрывную природу рассматриваемых явлений не следует буквально ассоциировать со взрывом или горением облака газовой смеси при нормальных условиях, поскольку рассматриваемые атмосферные процессы непрерывны, характеризуются огромными масштабами и происходят на больших высотах (и, соответственно, плотность сгораемого газа мала). Проведенное исследование основано на работе [1], при этом формула зависимости толщины озонного слоя от температуры и концентрации водорода у поверхности земли (см. ниже) является новой.

Исследован процесс горения водорода в атмосфере Земли. Аналитически решена одномерная система уравнений диффузии, теплопроводности и химической кинетики. Рассмотрены следующие реакции горения водорода: (1) $\text{H} + \text{O}_2 \rightarrow \text{OH} + \text{O}$; (2) $\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow \text{OH} + \text{H}$; (3) $\text{OH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{H}$; (4) $\text{H} + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{HO}_2 + \text{M}$. Реакция (1), как правило, при численном моделировании химических процессов в атмосфере, не рассматривается. На низких высотах ее влияние на процессы горения действительно пренебрежимо мало по сравнению с реакцией (4). Но, как установлено в работе, на высоте порядка 120 км расположен второй предел воспламенения, при котором скорости реакций (1) и (4) сравниваются. Выше скорость реакции (1) превышает скорость реакции (4), т.е. происходит цепное горение водорода. Реакции $\text{O} + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M}$ и $\text{O}_3 + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ рассматриваются в качестве возникновения и гибели озона. Фотохимические процессы в атмосфере в рамках проведенного исследования не рассматривались. Общая схема химических процессов в атмосфере, связанная с цепным горением водорода, представлена на рисунке. Отметим, что излагаемый подход не является замкнутым, поскольку, например, распределение температуры в атмосфере по высоте не вычислялось, а полагалось известным.

Получено, что в результате цепной химической реакции водород практически полностью сгорает на высотах 120–200 км. Выше его концентрация вследствие цепного горения уменьшается с высотой с той же скоростью, что и давление, т.е. намного быстрее, чем это можно было ожидать из известной барометрической формулы. Таким образом, горение является причиной сохранения водорода атмосферой.

Реакция (1) является настолько мощным источником атомарного кислорода, что формирование озонного слоя Земли можно объяснить химическими реакциями, без учета фотодиссоциации кислорода. Получено, что суммарное содержание озона в атмосфере пропорционально концентрации водорода на поверхности Земли и зависит от ее температуры: $\Delta \sim [\text{H}_2]_0(1 - T_0/400 \text{ K})$, где Δ – эффективная толщина озонного слоя (толщина слоя, состоящего из молекул озона, который находится при нормальных условиях, и в котором собраны все молекулы озона, распределенные в атмосфере по высоте), T_0 – температура поверхности Земли. Рассматриваемая формула объясняет широтное распределение толщины озонного слоя на поверхности земного шара. Кроме того, из фор-

мулы следует, что существование озонных “дыр” можно объяснить неоднородным распределением водорода на поверхности Земли, а не антропогенным воздействием человека на окружающую среду (фреоны). Основным источником водорода в атмосфере – окисление углеводородов, автомобильные и промышленные выбросы, сжигание биомассы. В свою очередь, рассматриваемые углеводороды формируются в природных влажных зонах (болота, пруды), рисовых чеках, вследствие биоферментации, промышленных выбросов и сгорания топлив. В то же время, практически нет источников водорода в Антарктиде, зонах обледенения и областях вечной мерзлоты зимой. Это и является причиной образования озонных “дыр” в таких областях. Озонный слой “дышит”: озонные “дыры”, например, могут образовываться весной и летом и исчезать зимой.

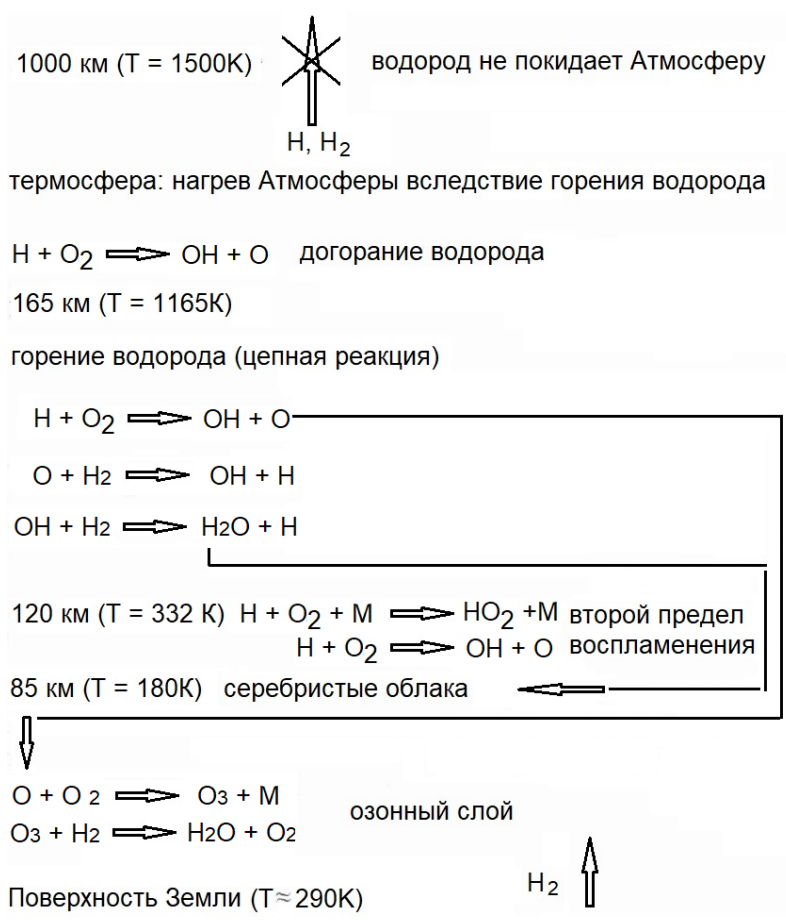


Схема процесса горения в атмосфере Земли

Одним из продуктов горения водорода в верхних слоях атмосферы являются пары воды, которые диффундируют вниз. На высотах порядка 85 км при флуктуационном понижении температуры образуются льдинки, количества которых достаточно для образования в сумерках серебристых облаков.

Как следует из проведенного исследования, озонные “дыры” не связаны с активностью человека. Поэтому к международным договорам, накладываю-

щим дорогостоящие ограничения на промышленное производство с целью “восстановления” озонового слоя (например, ограничение производства фреоносодержащих веществ) и, соответственно, влияющие на благосостояние развивающихся стран, необходимо относиться более критично.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ю.А. Николаев, П.А. Фомин. О природе серебристых облаков и озонового слоя Земли. Физика горения и взрыва, 1997, 33, 4, с. 3-13.

© Ю. А. Николаев, П. А. Фомин, 2019