

**Семинар Института глобального климата и экологии
Росгидромета и РАН (ИГКЭ)**

30 мая 2016 года

Комментарий **к.ф.-м.н. Криволуцкого Алексея Александровича** (Центральная аэрологическая обсерватория Росгидромета - ЦАО).
к докладу **д.ф.-м.н. Гинзбурга Александра Самуиловича** (Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН) **«Парниковый и антипарниковый эффекты в планетных атмосферах»**.

Уважаемые коллеги!

Поскольку я не знал заранее содержание доклада Александра Самуиловича, то подготовил материал под некоторым условным названием «Сравнительные характеристики планет земной группы».

Переходя к докладу Александра Самуиловича, могу сказать, что идея сравнить атмосферные процессы планет земной группы продуктивна. Здесь мы, во-первых, в чистом виде можем наблюдать и изучать роль углекислого газа (Венера, Марс) в качестве преобладающей компоненты атмосферы. К этой компоненте земной атмосферы приковано, как мы знаем, пристальное внимание, и, возможно, некоторые наши представления нужно будет пересмотреть после получения новых данных об атмосферах планет.

Второе актуальное для нас явление – пыльные бури на Марсе. Представляется, что эту планету можно рассматривать в качестве земного «полигона», если так можно выразиться. Детальные наблюдения, возможно, помогли бы сделать определенные заключения о климатических последствиях обогащения атмосферы CO_2 . Этого, на мой взгляд, и хотел докладчик. Можно только приветствовать такой подход, который расширяет поле наших знаний о процессах в атмосферах.

Что мне еще хочется выделить из результатов, полученных автором совместно с Г.С. Голицыным: сильное увеличение содержания метана в атмосфере Земли в прошлом в некоторые промежутки времени. Этот результат расширяет, на мой взгляд, поле исследований, связанных с вариациями парниковых газов на Земле. Было бы хорошо, если бы это направление получило продолжение.

Хотел бы выразить благодарность автору за очень интересный и полезный доклад и отметить, что доклад Александра Самуиловича Гинзбурга во многом основан на фундаментальных результатах, полученных в Институте физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН на протяжении многих лет. Ре-

зультаты этих исследований не только не устарели, но приобрели чрезвычайную актуальность в последнее время в связи наблюдаемым потеплением климата Земли.

Теперь кратко остановлюсь на материале, который я подготовил. Этот материал состоит из двух частей. Первая часть – информация о космических миссиях к Луне, Марсу и Венере (слайды 3-14).

Всего на март 2016 года было запущено 226 аппаратов (включая пролётные миссии):

- к [Меркурию](#) — 2
- к [Венере](#) — 33
- к [Луне](#) — 97 [АМС](#) + 9 [пилотируемых кораблей](#)
- к [Марсу](#) — 46
- к [Юпитеру](#) — 9
- к [Сатурну](#) — 4
- к [Урану](#) — 1
- к [Нептуну](#) — 1
- к [Плутону](#) — 1
- к [Церере](#) — 1
- к [астероидам](#) и [кометам](#) — 24

Завершённые миссии

[Маринер-4 1964 год](#). Первое исследование Марса с пролётной траектории, первые снимки другой планеты с близкого расстояния.

[Маринер-6](#) и [Маринер-7 1969 год](#). Исследование Марса с пролётной траектории. Первое исследование состава атмосферы с применением спектроскопических методик и определение температуры поверхности по измерениям инфракрасного излучения. Получение снимков поверхности.

[Маринер-9 1971 год](#). Первый искусственный спутник Марса, первое картографирование поверхности.

[Марс-2 1971 год](#). Искусственный спутник Марса и первая попытка мягкой посадки автоматической марсианской станции с помощью спускаемого аппарата (неудачная).

[Марс-3 1971 год](#). Искусственный спутник Марса; первая мягкая посадка на Марсе, первая автоматическая марсианская станция (неудачная, передача данных со станции прекратилась вскоре после посадки).

[Марс-4 1974 год](#). Исследование Марса с пролётной траектории (неудачная, не удалось вывести на орбиту искусственного спутника Марса).

[Марс-5 1974 год.](#) Искусственный спутник Марса (частично удачная, время работы спутника около двух недель).

[Марс-6 1974 год.](#) Облёт Марса и попытка мягкой посадки автоматической марсианской станции с помощью спускаемого аппарата (неудачная, в непосредственной близости к поверхности Марса потеряна связь), первые прямые измерения состава атмосферы, давления и температуры во время снижения спускаемого аппарата на парашюте.

[Марс-7 1974 год.](#) Облёт Марса и попытка мягкой посадки автоматической марсианской станции с помощью спускаемого аппарата (неудачная, спускаемый аппарат пролетел мимо Марса).

[Викинг-1 1976 год.](#) Искусственный спутник Марса и первая работающая автоматическая марсианская станция; первые снимки, переданные с поверхности Марса, первые непосредственные исследования атмосферы и грунта, первые эксперименты по поиску жизни на Марсе.

[Викинг-2 1976 год.](#) Искусственный спутник Марса и автоматическая марсианская станция; снимки, переданные с поверхности Марса, непосредственные исследования атмосферы и грунта, эксперименты по поиску жизни на Марсе.

[Фобос-2 1988 год.](#) Искусственный спутник Марса (потеряна связь перед попыткой посадки спускаемого аппарата на Фобос).

[Mars Global Surveyor 1996 год.](#) Искусственный спутник Марса (время работы 1996-2004 гг.).

[Mars Pathfinder 1997 год.](#) Автоматическая марсианская станция и первый марсоход [Соджонер](#) (время работы 4 июля 1997 года - 27 сентября 1997 года).

[Спирит 2004 год.](#) Марсоход (время работы 4 января 2004 года - 22 марта 2010 года).

[Phoenix 2007 год.](#) Автоматическая марсианская станция. Первая автоматическая марсианская станция в полярном районе.(время работы 25 мая 2008 года - 2 ноября 2008 года).

Неудавшиеся миссии

[Марс 1960А 1960 СССР](#) Авария ракеты-носителя.

[Марс 1960Б](#) 1960 СССР Авария ракеты-носителя.

[Марс 1962А 1962 СССР](#) Не сработала разгонная ступень.

[Марс-1](#) 1962 СССР Утеряна связь.

[Марс 1962В](#) 1962 СССР Не сработала разгонная ступень.

[Маринер-3 1964 США](#) Не отделился головной обтекатель.

[Зонд-2](#) 1964 СССР Не попал в район Марса.

[Марс 1969А 1969](#) СССР Авария ракеты-носителя.

[Марс 1969В](#) 1969 СССР Авария ракеты-носителя.

[Маринер-8 1971](#) США Авария ракеты-носителя.

[Космос-419](#) 1971 СССР Не сработала разгонная ступень.

[АМС «Фобос-1» 1988](#) СССР Утеряна связь.

[АМС «Фобос-2»](#) 1988 СССР Выведен на орбиту вокруг Марса. Утеряна связь.

[Mars Observer 1992](#) США Утеряна связь.

[«Марс-96» 1996 Россия](#) Не сработала [разгонная ступень](#).

[Нодзоми 1998 Япония](#) Не удалось вывести на орбиту вокруг Марса.

[Mars Climate Orbiter 1999](#) США Авария при попытке вывода на орбиту вокруг Марса.

[Mars Polar Lander](#) 1999 США/Россия Авария при посадке.

[Deep Space 2](#) 1999 США Утеряна связь после входа в атмосферу.

[Бигль-2](#) (посадочный модуль [Марс-экспресс](#)) 2003.

[ЕКА](#) Неполное развертывание панелей солнечных батарей после посадки.

[Фобос-Грунт](#) 2011 Россия.

Отказ бортового вычислительного комплекса; Не включилась [разгонная ступень](#).

[Инхо-1](#) 2011 Китай. Должен был быть доставлен в миссии [Фобос-Грунт](#).

Текущие миссии

[Марс Одиссей](#) (с 24 октября 2001 года);

[Марс-экспресс](#) (с 25 декабря 2003 года);

[Марсианский разведывательный спутник](#) (с 10 марта 2006 года);

[MAVEN](#) (с 22 сентября 2014 года);

[Мангальян](#) (с 24 сентября 2014 г) Индия.

На поверхности планеты работают [марсоходы](#)

«[Оппортьюнити](#)» (с 25 января 2004 года) США;

«[Кьюриосити](#)» ([Mars Science Laboratory](#)) (с 6 августа 2012 года) США.

Таким образом, на мой взгляд, человечество продемонстрировало (и продолжает демонстрировать) мощный натиск на тайны планет солнечной системы, который не смогли остановить неудачи.

Несмотря на то, что многое можно сейчас найти в интернете, хочу привести краткий **список литературы**, который мне помог при подготовке сообщения:

1. Golitsyn G.S. A similarity approach to the general circulation of planetary atmospheres, *Icarus*, 13, 1-24, 1970.
2. Р. Гуди, Дж. Уолкер. Атмосферы. М.: Мир, 1975, 184 с.
3. Дж. Чемберлен. Теория планетных атмосфер. М.: Мир, 1981.
4. В.А. Краснопольский. Фотохимия атмосферы Марса и Венеры. М.: Наука, 1982.
5. М.Я. Маров, А.В. Колесниченко. Введение в планетную астрономию. М.: Наука, 1987.
6. А.Е. Криволуцкий. М.: Голубая планета. Мысль, 1984.
7. O.I. Korablev, Planetary atmospheres, p. 222-239, 2015. In: Russian National Report. Meteorology and Atmospheric Sciences 2011-2014. М.: MAKS Press, 272 p., 2015.

Далее хочу немного рассказать об одной работе, выполненной в нашей Лаборатории химии и динамики атмосферы, которой я руковожу в ЦАО (слайды 16-37). Эта работа связана с фотохимией атмосферы Марса. В лаборатории выполнен цикл работ по фотохимическому отклику озоносферы на воздействие солнечных протонных вспышек.

На слайде 16 показана протонная активность Солнца в 23-ем цикле его активности, полученная на основе спутниковых измерений потоков солнечных протонов с различными энергиями на орбите Земли. Высокие пики на этом графике – сильные протонные вспышки.

В ряде теоретических работ было показано, что при торможении солнечных протонов в полярной атмосфере «нарабатываются» дополнительные атомы азота и радикала ОН (**слайд 17**). Атом азота далее конвертируется в молекулу окиси азота (NO). Далее происходит разрушение озона в следующих каталитических циклах (**слайд 18**).

При наличии фотохимической модели воздействие протонов на химический состав полярной атмосферы можно моделировать. Для реализации численного сценария (вспышка 14 июля 2000 г.) была использована трехмерная фотохимическая модель CHARM, созданная в нашей лаборатории. **На слайде 19** кратко представлены параметры модели.

На слайдах 20, 21 представлены результаты расчетов (изменения в содержания озона (%)) над северной (полярный день) и южной (полярная ночь) полярными областями. Видно (**слайд 20**), что озон сильно разрушен в присутствии солнечной радиации, но быстро восстанавливается после воздействия вспышки. Над южной полярной областью разрушение слабее, но эффект носит более длительный характер (озон восстановится после окончания полярной ночи).

Была создана одномерная фотохимическая модель атмосферы Марса (**слайды 23, 24**). На следующих слайдах (**25, 26, 27**) представлены вертикальные профили некоторых компонент, которые неплохо согласуются с расчетами по другим (зарубежным) моделям. На **слайде 28** изображены рассчитанные распределения скорости ионизации атмосферы Марса в предположении, что на Марс попал поток частиц, такой же, как и на Землю.

Поскольку эффективности образования нейтральных частиц на Марсе неизвестна, была предложена простая схема (**слайд 29**), приводящая к образованию атомов кислорода.

На слайдах 30, 31, 32, 33, 34 приведены изменения некоторых компонент, обусловленные предложенным механизмом. Видно, что изменения малы по сравнению с ситуацией в земной атмосфере. Вероятно, следует более детально описывать механизм воздействия, привлекая другие химические реакции, описывающие ионосферу Марса.

На слайде 35 изображено реальное расположение Земли и Марса в день вспышки 14 июля 2000 г. Видно, что наше предположение о том, что поток частиц, попавших на Землю, попал и на Марс, оказалось неверным. На **слайде 36** видно, что ситуации были более сходны в момент другой протонной вспышки на Солнце – 28 октября 2003 года, когда Земля и Марс находились в одном секторе.

Созданная фотохимическая модель атмосферы Марса может быть использована, для оценки изменений в атмосфере Марса, вызванных изменением потока УФ радиации в годовом ходе и в цикле активности Солнца.

Спасибо за внимание.