

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ

23.11.2013

ДВА РЕЖИМА ЦИРКУЛЯЦИИ ВЕНЕРИАНСКОЙ АТМОСФЕРЫ

Численное моделирование атмосферы Венеры открыло возможные связи между разными режимами её циркуляции. **Александр Родин**, доцент Московского физико-технического института и старший научный сотрудник Института космических исследований РАН, и его коллеги **Игорь Мингалёв** и **Константин Орлов** из Полярного геофизического института РАН (г. Апатиты Мурманской обл.) использовали новую модель, чтобы понять, как связаны два режима движения венерианской атмосферы на разных высотах: суперротация и подсолнечное-антисолнечное течение. Результаты работы были представлены на Четвёртом московском международном симпозиуме по исследованиям Солнечной системы.

Венеру недаром прозвали «планетой бурь» — нижний слой её атмосферы от поверхности до облачного слоя (65–75 км) вовлечён в гигантский вихрь, «обнимающий» всю планету от экватора примерно до 70 градусов северной и южной широт. Это движение получило название «зональная суперротация». У полюсов на этой высоте начинаются другие режимы, в частности, наиболее яркая черта полярной атмосферы — гигантские вихри сложной структуры. А если посмотреть выше, то над мезопаузой (90–95 км) господствует другое движение: подсолнечно-антисолнечное, от областей, на которые светит Солнце, атмосферные потоки переносятся на ночную сторону планеты.

По словам **Александра Родина**, заместителя руководителя лаборатории инфракрасной спектроскопии планетных атмосфер высокого разрешения МФТИ и старшего научного сотрудника ИКИ РАН, хотя существующие модели венерианской атмосферы довольно хорошо разработаны, до сих пор при помощи численного моделирования не удавалось одновременно воспроизвести как суперротацию, так и подсолнечно-антисолнечную циркуляцию. Поэтому нельзя было понять, как один вид движения переходит в другой. Иными словами, моделирование двух зон происходило раздельно. Но на реальной планете процессы, происходящие в атмосфере, связаны, и если не учитывать один, то вряд ли можно правильно понять второй.

Численное моделирование в планетных исследованиях — попытка соединить наше понимание физики (как работает атмосферная «машина») и данные реальных наблюдений. В идеале на «выходе» модели мы должны получить результаты, похожие на действительность. Но и несовпадения с реальной картиной очень важны: они указывают на неучтённые или неисследованные явления и могут подсказать направление поиска.

Александр Родин и его коллеги: **Игорь Мингалёв** и **Константин Орлов** из Полярного геофизического института РАН — провели численное моделирование венерианской атмосферной циркуляции, взяв за основу разработанную в ПГИ модель атмосферы, построенную на полной системе уравнений газовой динамики, которые определяют, как будут развиваться атмосферные процессы, в первую очередь скорость и направление ветра, на высотах до 120 км над поверхностью.

На основе этих уравнений и введённых начальных параметров модель «живет» самостоятельно. Немногие параметры, который пришлось добавлять в неё «вручную»: как атмосфера «перерабатывает» солнечное тепло и под каким углом падает солнечный свет на

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ

23.11.2013

планету.

Уже первая «прогонка» дала хороший результат: режим суперротации, будучи единожды «запущенным», очень быстро вышел в самоподдерживающееся состояние. Однако далее оказалось, что он распространяется и выше, в ту область, где на реальной планете господствуют другие движения. Чтобы исправить это, исследователи добавили в модель дополнительные условия в полярных областях: они предположили, что здесь атмосфера будет нагреваться чуть сильнее выше облаков и охлаждаться в самом облачном слое.

Полученный в итоге результат — то, как меняются скорость и направление ветра с высотой и широтой (рис.1), хорошо согласуется и с предыдущими симуляциями, и с реальными наблюдениями: суперротация «затихает» выше 70 км, давая возможность развиваться

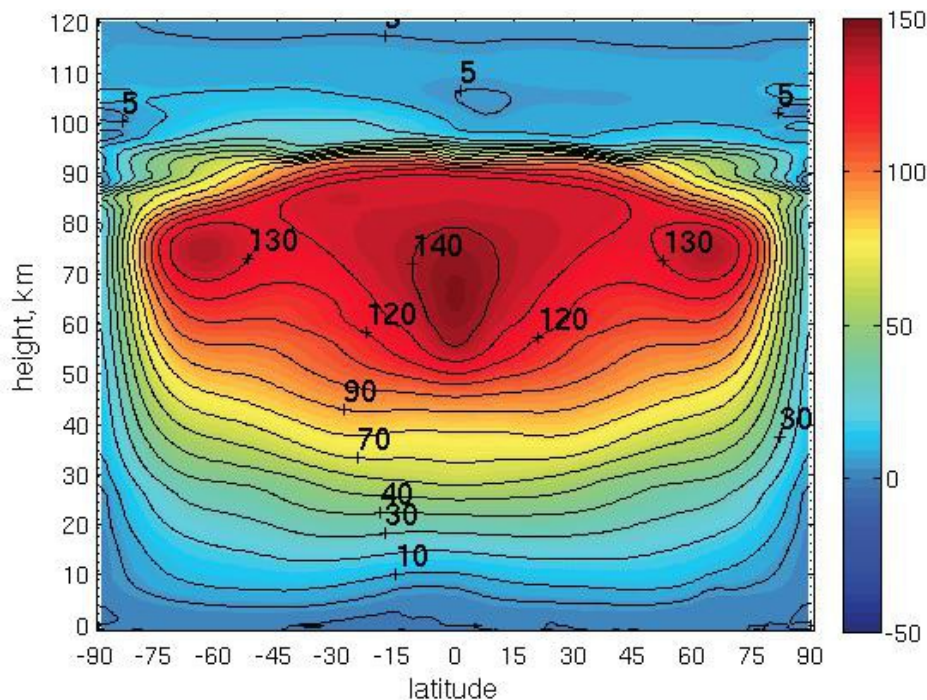


Рис. 1. Диаграмма, показывающая среднее значение скорости ветра (м/с) в зависимости от широты (по горизонтали) и высоты (по вертикали), полученное в ходе численного моделирования

подсолнечно-антисолнечному режиму выше 90 км.

Модель также показала, что в полярных областях планеты начинаются движения атмосферы, связанные с полярным вихрем. В некоторых местах на высотах 60–70 км модель показывает нисходящие потоки, что соответствует и наблюдательным данным.

Наконец, что особенно интересно — введённые дополнительные поправки на нагрев и охлаждение привели к тому, что уровень облачного слоя на полюсах в модели понизился, а на высоте 85–95 км появилась температурная инверсия — именно так, как наблюдается в реальности.

Но насколько обоснованны эти дополнительные поправки? Как объясняет Александр Родин, для них есть причины. Поскольку солнечный свет плохо проникает через плотный облачный слой, особенно на полюсах, то газ в этой области действительно может охлаждаться. С механизмом нагрева выше облаков всё не так ясно. Одно из предположений — атмосфера на этих высотах почти прозрачна, и в полярных широтах почти всегда освещена Солнцем, а потому

ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СООБЩЕНИЕ ПРЕСС-СЛУЖБЫ

23.11.2013

эффективно нагревается. Но, возможно, в данном случае работают и другие механизмы.

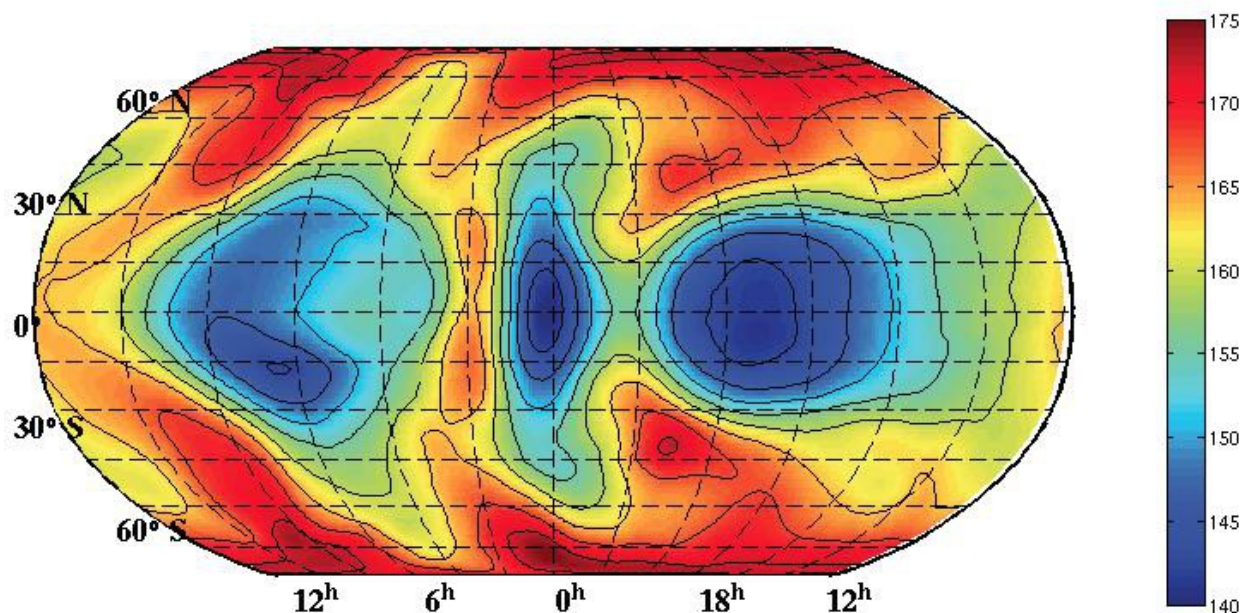


Рис. 2. Средняя температура атмосферы Венеры на высоте 95 км (кельвины). Средний меридиан соответствует полуденной стороне планеты. Результаты численного моделирования

Что же можно предположить о венерианской атмосфере, исходя из моделирования? На температурных картах (рис.2), полученных исследователями, видно, что на высоте 95 км теплые и холодные «пятна» чередуются определённым образом, напоминая механизм теплового «прилива», связанный с нагревом атмосферы под Солнцем. Возможно, именно он помогает поддерживать суперротацию. Также стало понятно, что переходный слой (70–90 км) между режимами суперротации и движениям в верхней атмосфере очень сложен и состоит из множества волн и вихрей разных масштабов. Это очень важно для интерпретации данных о составе атмосферы, так как эти вихри переносят многие её малые составляющие.

Кроме этого, модель позволяет предположить, что важная роль в стабильности переходной области между двумя режимами принадлежит процессам в полярных областях. Но для более ясного понимания необходимо дальнейшее моделирование, в том числе с лучшим пространственным разрешением.