

Климатическое моделирование: состояние и перспективыК.А. Статников¹, Г.М. Крученицкий^{1,2}¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория» Росгидромета

Проанализировано современное состояние моделирования долговременных изменений в состоянии климатической системы Земли. Показано, что традиционные подходы к построению климатических моделей содержат, по меньшей мере, три класса практически неустраняемых трудностей. Первый класс – это принципиальные трудности, к которым относится, например, отсутствие единственности решения у входящего во все упомянутые модели уравнения глобальной циркуляции, представляющего собой уравнение Навье – Стокса во вращающейся системе координат. Отсутствие единственности решения такого уравнения с неизбежностью следует из самого факта существования явления турбулентности. Принципиальные ограничения на время предсказания эволюции атмосферы, вытекающие из этого обстоятельства, детально проанализированы в авторитетном учебнике [1]. Второй класс – это трудности, условно названные нами информационными. Они обусловлены недостаточностью информации о реальном состоянии атмосферы и ее эволюции: временная и пространственная отсутствие эквидистантности отсчетов даже для основных метеорологических параметров, отрывочность сведений о полях концентрации малых газовых составляющих атмосферы (МГСА), значительные погрешности в определении констант газофазных и гетерофазных реакций и их зависимостей от температуры и давления и т.д. Ошибочность ряда решений об антропогенной природе тех или иных климатических изменений, обусловленных этими причинами, обоснована в работах [2,3]. И, наконец, технические трудности, обусловлены закрытостью и обширностью по объему кодов, реализующих современные климатические модели. Опыт разработки современных операционных систем, имеющих сравнимые объемы кода, показывает, что для устранения большинства ошибок требуются многие сотни миллионы человеко-часов тестирования, что не менее, чем на пять порядков превышает реальный отладочный ресурс климатических моделей. Естественно, возникает вопрос об альтернативе подходам, применяемым ныне при моделировании климатических процессов. В качестве такой альтернативы нами выбрано создание модели, содержащей малое число параметров и базирующейся на фундаментальных физических соображениях: в первую очередь законе сохранения энергии. Первые результаты такого подхода изложены в работе [4]. Этот подход прежде

всего требует информации о глобально представительных данных, таких как альbedo, интегральное содержание МГСА и т.д. Эти данные могут быть получены только методами дистанционного зондирования Земли из космоса. В работе проанализированы ряды таких спутниковых наблюдений, обнаружены долгопериодные изменения в них и на основе предложенной энергобалансовой модели глобальной температуры получены спектры ее сезонной и долговременной изменчивости. Выполнена диагностика причин долговременной изменчивости и установлена их связь с внешними, в первую очередь астрономическими факторами, формирующими долгопериодные колебания глобальной температуры. Эти результаты с необходимой точностью совпадают с данными прямых измерений и объясняют существование таких известных климатологам фактов, как период климатического благоприятствования и малый ледниковый период, а также полностью подтверждают экспертную оценку Президиума РАН о полном отсутствии научного обоснования Киотского протокола, выданную по запросу Президента РФ.

Рассмотрены перспективы развития энергобалансовых моделей, в частности принципы и алгоритмы перехода от моделирования сезонной и долговременной изменчивости глобальной температуры к зональным температурным характеристикам. Важно, что этот переход может быть осуществлен с сохранением свойства единственности для решения модельной системы обыкновенных дифференциальных уравнений и возможности качественного анализа поведения решения от параметров модели.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 13-05-01036.

Литература

1. Арнольд В.И. Математические методы классической механики. М.: Наука, 1979. – С. 307-308.
2. Крученицкий Г.М. Глобальная температура: потенциальная точность измерения, стохастические возмущения и долговременные изменения. – Оптика атмосферы и океана. – 2007. – т. 20, №12. – С. 1064- 1070.
3. Звягинцев А.М., Зув В.В., Крученицкий Г.М., Скоробогатый Т.В. О вкладе гетерофазных процессов в формирование весенней озоновой аномалии в Антарктиде. – Исследования Земли из космоса. – 2002. – № 3. – С. 29-34
4. Дворецкая И.В., Крученицкий Г.М., Матвиенко Г.Г., Станевич И.И. Астрономические факторы в долговременной эволюции климата Земли. – Оптика атмосферы и океан. – 2014. – т. 27, № 2. – С. 139- 149.