

Оптимизация параметров углеродного цикла в модели деятельного слоя TerM

Научный руководитель – Степаненко Виктор Михайлович

Покровская Арина Ивановна

Студент (бакалавр)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Географический факультет, Кафедра метеорологии и климатологии, Москва, Россия

E-mail: aipokrovskaya@mail.ru

Глобальные численные гидродинамические модели являются в настоящее время наиболее мощным инструментом исследования климата. Основными направлениями, по которым сегодня происходит совершенствование климатических моделей, являются повышение пространственного разрешения и совершенствование физических параметризаций процессов подсеточных масштабов. Важное место в описании подсеточных процессов занимает взаимодействие атмосферы с сушей. Деятельный слой почвы представляет собой тонкий приповерхностный горизонт почвы, характеризующийся наиболее интенсивным процессом тепло- и влагообмена с атмосферой. В пределах данного слоя происходят основные вариации температуры и влажности почвы, определяющие энергетический и водный режим на границе "атмосфера-почва", а также интенсивность биогеохимических процессов.

Модель деятельного слоя суши ИВМ РАН-МГУ (TerM) является автономной веткой модели Земной системы ИВМ РАН [1][2]. Описание основных процессов на границе атмосферы и почвы строится на системе уравнений тепло- и влагопереноса. Блок углеродного цикла построен на концепции углеродных пулов, которые рассматриваются как масса органического углерода в определенной форме в экосистеме. Всего выделяется 3 пула: углерод в растительности, почве и антропогенный пул (процессы вырубки и антропогенной эрозии почв). Общий объем CO_2 , поступающий в атмосферу, является результирующим между поглощением CO_2 растениями во время фотосинтеза, выделением в процессе дыхания и разложения органического вещества микроорганизмами, а также потоком углерода вследствие землепользования. Описание биохимических процессов в почве и растениях строится на параметрических уравнениях. Значения параметров варьируются в зависимости от типа растительности и экосистемных особенностей. Для повышения качества результатов моделирования потоков углерода необходима калибровка параметров и оптимизация самой модели.

В данной работе используются данные и результаты моделирования для станции FLUXNET Федоровское на период 1998–2014 гг. Для калибровки были предварительно выбраны параметры из уравнений углеродного цикла. В силу ограниченности вычислительных мощностей был проведен анализ на чувствительность модели к изменениям параметров. Для анализа использовался метод FAST, основанный на алгоритме разложения Фурье, который отличается высокой вычислительной эффективностью [4]. Для наиболее значимых параметров применялся метод оптимизации ROPE (RObust Parameter Estimation) [3]. В качестве метрики использовался коэффициент эффективности Нэша-Сатклиффа.

С учетом откалиброванных параметров качество модели по воспроизведению потоков углерода, явного и скрытого тепла улучшилось. Верификация результатов модели проводилась при сравнении с данными пульсационных измерений на станции Федоровское.

Таким образом, была доказана эффективность применения метода оптимизации ROPE для калибровки блока углеродного цикла в модели деятельного слоя. Опыт успешного применения алгоритмов калибровки может быть широко применен в гидрологических и климатических моделях.

Источники и литература

- 1) Володин Е. М. и др. Математическое моделирование Земной системы // М.: МАКС Пресс. – 2016
- 2) Stepanenko V., et al. Land surface scheme TerM: the model formulation, code architecture and applications. Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2024;39(6): 363-377. <https://doi.org/10.1515/rnam-2024-0031>
- 3) Bárdossy, András & Singh, Shailesh. (2008). Robust estimation of hydrological model parameters. Hydrology and Earth System Sciences. 12. 10.5194/hessd-5-1641-2008.
- 4) Saltelli, Andrea & Tarantola, Stefano & Chan, K.. (2012). A Quantitative Model-Independent Method for Global Sensitivity Analysis of Model Output. Technometrics. 41. 10.1080/00401706.1999.10485594.