

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ «PLANET SIMULATOR» ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИВА ДАННЫХ СЦЕНАРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В РАМКАХ ЭО ПЛАТФОРМЫ «КЛИМАТ»

Мартынова Ю.В.⁴, Окладников И.Г.^{1,2}, Титов А.Г.^{1,2}, Гордов Е.П.^{1,2,3}

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск

²Томский филиал Института вычислительных технологий СО РАН, г. Томск

³Томский государственный университет, г. Томск

⁴Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, г. Новосибирск.

E-mail: FoxyJ13@gmail.com

Аннотация. Построение глобальных полей климатических проекций для различных параметров необходимо для оценки силы влияния будущих климатических изменений на климатическую систему в целом и на ее составляющие в отдельности. Для получения глобальных полей проекций необходимо использовать глобальные модели климатической системы. Адаптированная модель «Planet Simulator» представляет собой программный комплекс, состоящий из конвертера сценарных данных CO₂, самой глобальной крупномасштабной модели «Planet Simulator», односценарного обработчика результатов моделирования и архивного обработчика результатов сценарного моделирования. Для предоставления пользователю возможности использования для своих исследований модели «Planet Simulator» без предварительной ее установки и настройки мы осуществили интеграцию модели в ЭО Платформы «Климат».

Ключевые слова: Платформа «Климат», интеграция модели, моделирование, архив данных, данные моделирования.

1. Введение

Анализ показал [1-7], что современная информационно-вычислительная инфраструктура для работы с пространственно-привязанными данными должна основываться на комбинированном использовании потенциала веб- и ГИС-технологий. Это обусловлено тем, что при использовании классических ГИС-технологий требуются мощные вычислительные ресурсы, а также распределенный доступ к огромным архивам данных, что далеко не всегда имеется на рабочем месте конечного пользователя. Таким образом, структурированная геоинформационная Интернет-система является эффективной и наиболее целесообразной платформой [8]. Преимущества использования Веб-ГИС технологий заключаются в следующем: теоретическая независимость от веб-браузеров и операционных систем; возможность комбинированного использования географически распределенных источников данных в случае совместимых проекций, масштабов и качества данных;

возможность совместного использования централизованных хранилищ данных; автоматическая установка и обновление версий приложения.

Архитектура программно-аппаратной платформы «Климат», связывает структурированные архивы пространственно-привязанных геофизических данных, снабженные соответствующими метаданными; вычислительное ядро на стороне сервера, представляющее собой набор независимых модулей; веб-портал на стороне сервера, реализующий логику веб-приложений, связь с картографическими веб-сервисами, и обеспечивающий работу с хранилищем метаданных; и графический интерфейс пользователя на стороне клиента. Для создания возможности получения по заданным климатическим сценариям полей характеристик в информационно-вычислительную инфраструктуру ЭО Платформы мы интегрировали глобальную крупномасштабную модель климатической системы промежуточной сложности «Planet Simulator» (Рисунок 1).

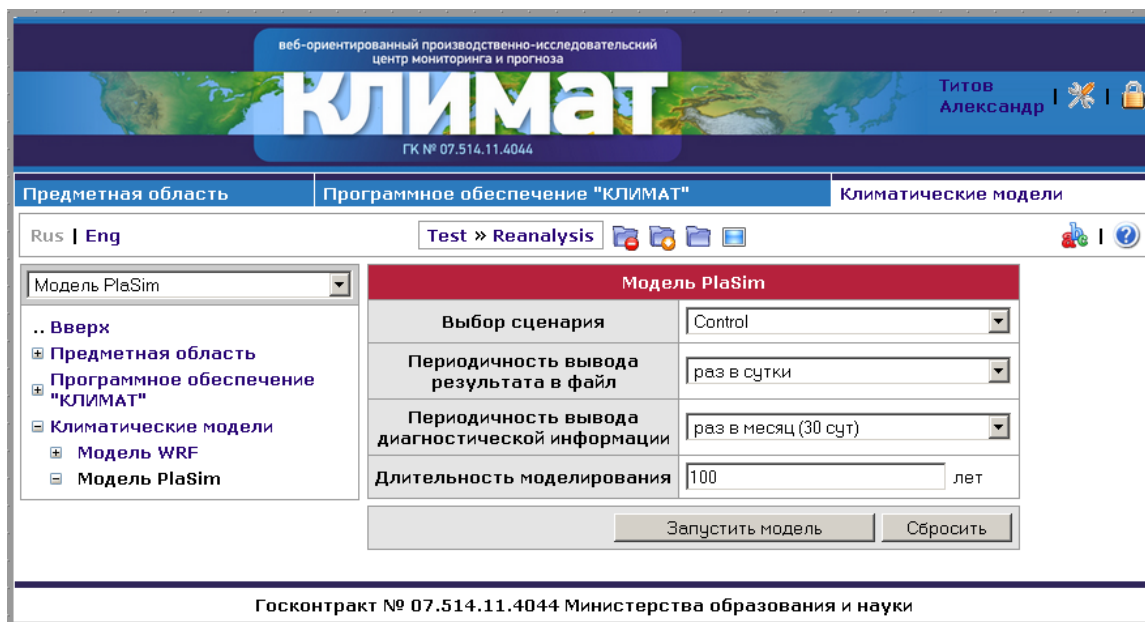


Рис. 1. Форма для запуска модели «Planet Simulator».

Исследование климатических изменений — это одна из важнейших фундаментальных проблем современной науки, имеющая в тоже время множество прикладных аспектов. Согласно оценкам МГЭИК за последние десятилетия климат Земли значительно изменился [9]. Проблемы воспроизведения и прогноза изменений климата, в отличие от классических проблем физики, имеют одну отличительную особенность: они не допускают прямого физического эксперимента. Более того, в силу специфических особенностей климатической системы (атмосфера и океан есть тонкие пленки), адекватные лабораторные эксперименты практически не реализуемы. Для детального изучения реальной климатической системы имеется лишь ограниченный набор характеристик за последние несколько десятков лет, когда ЭФТЖ, т. 7, 2012

проводились достаточно полные натурные измерения. Поэтому, главным средством изучения климатической системы и протекающих в ней геофизических процессов, является математическое (численное) моделирование. Построение глобальных полей климатических проекций для различных параметров необходимо для оценки силы влияния будущих климатических изменений на климатическую систему в целом и на ее составляющие в отдельности. Для получения глобальных полей проекций необходимо использовать глобальные модели климатической системы. Одной из таких моделей является глобальная крупномасштабная модель климатической системы промежуточной сложности «Planet Simulator» [10].

2. Интеграция и адаптация модели

Наряду с уже имеющейся возможностью в «Planet Simulator» моделирования в условиях постоянной концентрации CO_2 в атмосфере для формирования архива создана возможность моделирования в условиях меняющейся согласно сценарию его концентрации, для чего в исходный код модели добавлена возможность ежегодного изменения концентрации CO_2 на основе заданных в отдельном файле данных.

Адаптированная модель представляет собой программный комплекс, состоящий из конвертера сценарных данных CO_2 , самой глобальной крупномасштабной модели «Planet Simulator», односценарного обработчика результатов моделирования и архивного обработчика результатов сценарного моделирования. Все составляющие программного комплекса написаны на языке программирования FORTRAN-90. Адаптированная модель осуществляет выбор значений концентрации углекислого газа для периода с 2000 по 2100 год и их запись в файл прямого доступа в формате удобном для дальнейшего чтения самой моделью «Planet Simulator», сценарное моделирование, постобработку результатов моделирования. Постобработка возможна в двух вариантах: односценарная постобработка — разделение по переменным бинарного файла с результатами моделирования, создаваемого в процессе работы модели, так, чтобы один файл содержал значение одной переменной по всем рассчитываемым измерениям за весь период моделирования; архивная постобработка — создание архива из отдельных бинарных файлов с результатами сценарного моделирования, путем разделения этих файлов по переменным аналогично односценарной постобработки с тем отличием, что каждый создаваемый файл содержит значения параметра по всем рассматриваемым сценариям.

Функциональное назначение интегрированной в ЭО Платформы модели «Planet Simulator» — выполнение вычислений для выбранного набора значений концентрации ЭФТЖ, т. 7, 2012

углекислого газа для периода с 2000 по 2100 годы (сценарного моделирования) и их сохранение в распределенном архиве.

3. Формирование архива

Мы использовали 9 сценариев: один контрольный, при котором концентрация углекислого газа была постоянна и составляла 360 ppm на протяжении всего моделирования, четыре климатических сценария SRES (A1B, A2, B1, B2) [11] и четыре сценария RCP (RCP8.5, RCP6.0, RCP4.5, RCP3-PD) [12]. Проведя моделирование для каждого сценария, мы получили глобальные поля, т. е. поля, охватывающие всю планету. Горизонтальное пространственное разрешение при моделировании составляло $5.6^\circ \times 5.6^\circ$, вертикальное разрешение — 5 σ -уровней в атмосфере (от 0.9 до 0.1 с шагом 0.2) и 5 уровне в почве (глубина 0.4 м, 0.8 м, 1.6 м, 3.2 м, 6.4 м). Моделирование проводилось с шагом по времени 30 минут. Длительность моделирования составляла 100 лет (с 2000 по 2100 гг). Результатом моделирования являются 47 двумерных и трехмерных полей, которые записывались в файл один раз в сутки. После проведения моделирования для приведения результатов к унифицированному формату, используемому в рамках Платформы, полученные девять файлов-результатов (девять климатических сценариев, один сценарий — один файл-результат) были переформатированы. В качестве унифицированного формата данных был выбран формат NetCDF, являющийся международным стандартом хранения метеорологических и климатических данных (соглашение COARDS – http://ferret.wrc.noaa.gov/noaa_coop/coop_cdf_profile.html), а также данных моделирования. После процедуры унификации были получены 47 файлов, каждый из которых содержит среднесуточные поля для одного параметра за весь период моделирования по всем девяти сценариям, а также информацию о размерности поля, вертикальные и горизонтальные координаты. Далее файлы были сохранены в архиве, который затем был подключен к веб-ГИС системе. Таким образом, пользователю была предоставлена возможность выполнения анализа возможных в будущем климатических изменений, используя интегрированные в платформу вычислительные модули, без предварительного запуска модели (Рисунок 2).

4. Заключение

Глобальная крупномасштабная модель климатической системы промежуточной сложности «Planet Simulator», хоть и проста в эксплуатации, тем не менее требует определенных затрат времени и сил на ее установку и настройку. Осуществив интеграцию ЭФТЖ, т. 7, 2012

модели в ЭО Платформы «Климат», мы предоставили пользователю возможность использовать для своих исследований модель «Planet Simulator» без необходимости предварительной установки и настройки. Созданный архив климатических проекций позволит пользователю проводить анализ возможных будущих климатических изменений быстрее, чем если бы ему пришлось предварительно самостоятельно проводить моделирования согласно климатическим сценариям.

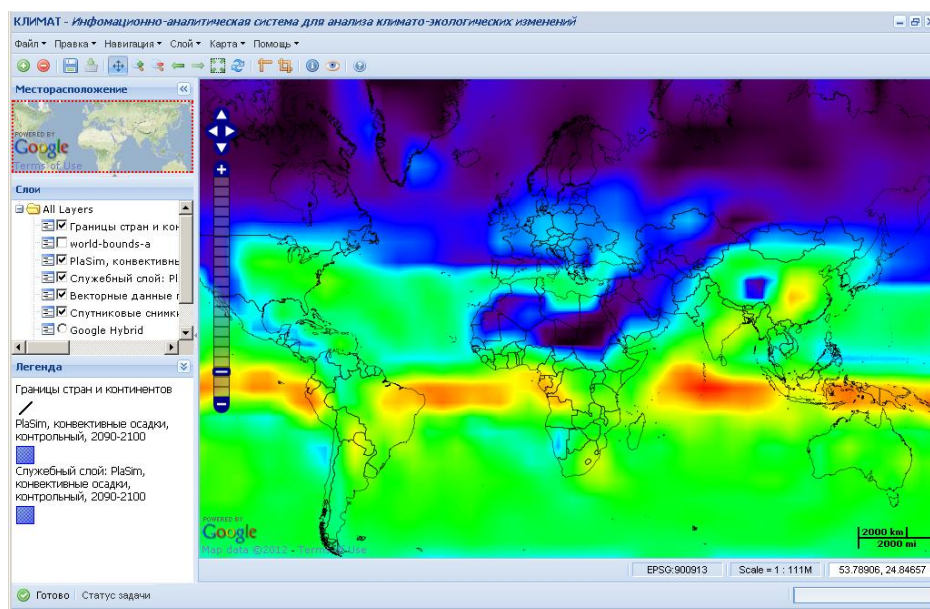


Рис. 2. Пример изображения поля, полученного при помощи модели «Planet Simulator» в ЭО Платформы «Климат»: средние за 10 лет (2090-2100 гг.) конвективные осадки, контрольный сценарий.

Работа была частично поддержана Министерством образования и науки РФ (госконтракт 07.514.11.4044), проектами № IV.31.1.5, № IV.31.2.7, проектами РФФИ (№№ 10-07-00547а, 11-05-01190а), интеграционными проектами СО РАН № 69, 140 и 131.

Литература

1. Frans J. M. van der Wel. Spatial data infrastructure for meteorological and climatic data. // Meteorol. Appl.–2005.– V.12.–P.7-8.–DOI:10.1017/S1350482704001471.
2. Gupta, A., Marciano, R., Zaslavsky, I., Baru, C., Integrating GIS and Imagery through XML-Based Information Mediation. // Integrated Spatial Databases: Digital Images and GIS. Lecture Notes in Computer Science(Eds. Agouris, P. and Stefanidis, A.).–1999.–1737pp.
3. Dragicevic, S., Balram, S., Lewis, J., 2000. The role of Web GIS tools in the environmental modeling and decision-making process. // Abstracts of reports at 4th International Conference on

- Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4): Problems, Prospects and Research Needs. Banff, Alberta, Canada.–2000.– September 2-8.
4. Peng, Z-R and Tsou, M-H., Internet GIS // Distributed Geographic Information Systems for the Internet and Wireless Networks.–New York: John Wiley & Sons.–2003.
 5. Vatsavai, Ranga Raju, Thomas E. Burk, B. Tyler Wilson, Shashi Shekhar. A Web-based routing and spatial analysis system for regional natural resource analysis and mapping. // Abstracts of reports at the 8th ACM int. symp. on Advances in geographic information systems. Washington, D.C., US.–2000.–P. 95-101.
 6. Якубайлик О.Э. Геоинформационный Интернет-портал. // Вычислительные технологии.– 2007.–Т.12.–Спец. Выпуск 3.–С.116-125.
 7. Гордов Е.П., Окладников И.Г., Титов А.Г., Богомолов В.Ю., Шульгина Т.М., Генина Е.Ю. Геоинформационная веб-система для исследования региональных природно-климатических изменений и первые результаты ее использования // Оптика атмосферы и океана.– 2012.– Т.25. – № 2. – С. 137-143.
 8. Шапарев Н. Я., Кадочников А. А., Гостева А. А., Якубайлик О. Э. Проблемы реализации геоинформационной интернет-системы природно-ресурсной тематики // Тр. науч. конф. «Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф. Проблемы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».–Красноярск: ИВМ СО РАН.–2003.–Т.1.–С. 244-250.
 9. IPCC. Fourth Assessment Report / Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon S.D., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M., Miller H.L. (eds.). Cambridge, United Kingdom: New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007.– 996 P.
 10. Fraedrich K., Jansen H., Kirk E., Luksch U., Lunkeit F. The Planet Simulator: Towards a user friendly model // Meteorol. Z.– 2005.– V.14.– No 3.– 299 – 304.
 11. МГЭИК: 2000. Специальный доклад МГЭИК. Сценарии выбросов.
 12. Meinshausen M., Smith S., et al. The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their extension from 1765 to 2500 // Climatic Change.– 2011.– Special Issue on RCPs.