

Variation of Siberian vegetation cover in the XXI in JSBACH model output

(1,2) Yu.V.Martynova, (1,2) V.N. Krupchatnikov

(1) Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Russia, Tomsk, Academichesky ave., 10/3, <http://imces.ru>

(2) Siberian Regional Hydrometeorological Research Institute, Novosibirsk, Russia, Sovetskaya str. 30, <http://sibnigmi.ru>

E-mail: FoxyJ13@gmail.com, vkрупchatnikov@yandex.ru

Siberia is a “hot spot”, that is, local changes in a given territory can cause global climatic and ecosystem changes. The territory of Siberia is covered by extensive forest cover, which can have a significant effect on the concentration of carbon dioxide in the atmosphere. This influence can be significant not only within the region under consideration, but also can have a global response. In the context of global climate change, we need to know what kind of land surface changes are possible for the territory. It is important to understand, for example, how greenhouse gas fluxes or land cover types can be changed. This knowledge will provide an opportunity to assess for different regions the risks associated with such kind of changes and will allow to develop the most effective ways of adapting the population, industry and agriculture to this changes.

Estimation of the response of the Siberian vegetation cover to climatic changes was carried out using the JSBACH land-surface model developed at the Max-Planck Institute for Meteorology (MPI-M). This model simulates the behavior of various surface characteristics (such as greenhouse gas fluxes from the surface to atmosphere, the distribution of various types of vegetation, etc.) depending on the external atmospheric conditions.

To specify the atmospheric conditions required for the JSBACH surface model to work, the fields preliminarily taught by the global large-scale model of intermediate complexity PLASIM and the model of the climatic system INMCM4 were used. Variation of the climatic conditions was carried out through the climate scenario RCP 8.5, according to which the concentration of carbon dioxide in the atmosphere increases with the simulation from 296 ppm to 936 ppm.

A comprehensive analysis of carbon stocks and fluxes in managed Siberian forests is needed to quantify their role in the production of biomass and mitigate the effects of climate change. The next aim is to quantify, using modeling framework for Siberia, the main C fluxes as affected by land-use changes, natural disturbances and forest management and to assess the impact of specific harvest and afforestation scenarios on the mitigation potential of the Siberia forest sector.

This work is partially supported by RSF #16-19-10257.

Вариация растительного покрова Сибири в XXI веке по данным модели JSBACH

(1,2) Мартынова Ю.В., (1,2) Крупчатников В.Н.

(1) Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия, пр. Академический 10/3, <http://imces.ru>

(2) Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Новосибирск, Россия, ул. Советская 30, <http://sibnigmi.ru>

E-mail: FoxyJ13@gmail.com, vkрупчатnikov@yandex.ru

Выявлено, что территория Сибири является т. н. «горячим пятном» [1], т. е. локальные изменения на данной территории могут вызвать глобальные климатические и экосистемные изменения. Кроме того, на территории Сибири сосредоточено большое количество лесной растительности, которая может оказывать существенное влияние на концентрацию углекислого газа в атмосфере. Это влияние может быть существенно не только в рамках рассматриваемого региона, но и может иметь глобальный отклик. В условиях глобальных климатических изменений важно понимать, какие изменения возможны для данной территории: как могут измениться потоки энергии и парниковых газов, границы распространения растительности и типов поверхности. Знания такого рода обеспечат возможность оценки рисков, связанных с изменением климатических особенностей данного региона, и позволят разработать наиболее эффективные способы адаптации населения, промышленности и сельского хозяйства к прогнозируемым изменениям.

Исследования отклика растительного покрова Сибири на климатические изменения проводились с помощью модели поверхности JSBACH, разработанной в Институте Макса-Планка по метеорологии (MPI-M) [2, 3]. Эта модель позволяет рассчитать поведение различных характеристик поверхности (таких как потоки парниковых газов с поверхности, распределение различных типов растительности и т. д.) в зависимости от задаваемых извне атмосферных условий.

Для задания атмосферных условий, необходимых для работы модели поверхности JSBACH, были использованы поля, предварительно полученные с помощью глобальной крупномасштабной модели промежуточной сложности PLASIM [4]. Задание изменения климатических условий осуществлялось посредством климатического сценария RCP 8.5 [5], согласно которому концентрация углекислого газа в атмосфере растет с ходе моделирования от 296 ppm до 936 ppm (Рисунок 1).

При заданном росте концентрации углекислого газа с 296 ppm до 936 ppm (относительное увеличение в ~2.36 раза) результаты моделирования глобальной крупномасштабной модели промежуточной сложности PLASIM демонстрируют рост средней за период минимальной и максимальной суточной температуры. По северу рассматриваемой территории разница достигает 8°C. Получено небольшое увеличение средней за период интенсивности выпадения осадков на большей части территории Сибири, и небольшое уменьшение - вдоль южной границы региона. Удельная влажность на поверхности при увеличении антропогенной нагрузки увеличивается по всей территории. Скорость ветра на севере Восточной Сибири и Дальнем Востоке увеличивается на 0.3-0.6 м/с и уменьшается и уменьшается на остальной части территории на 0.3-1.2 м/с. Радиационные параметры в результате роста глобальной концентрации углекислого газа в атмосфере изменились следующим образом: произошло увеличение нисходящей длинноволновой радиации на поверхности и уменьшение баланса солнечной радиации на поверхности при безоблачном небе всюду по рассматриваемой территории, а нисходящая коротковолновая радиация на поверхности увеличилась на юго-западе Сибири, и уменьшилась на остальной территории.

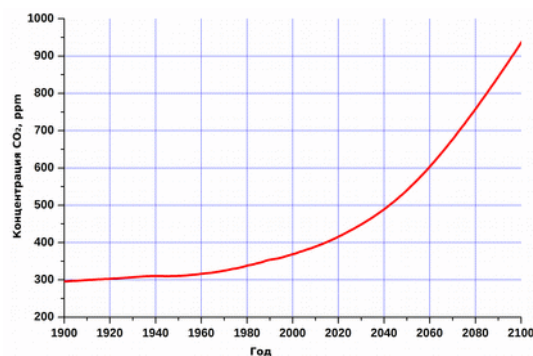
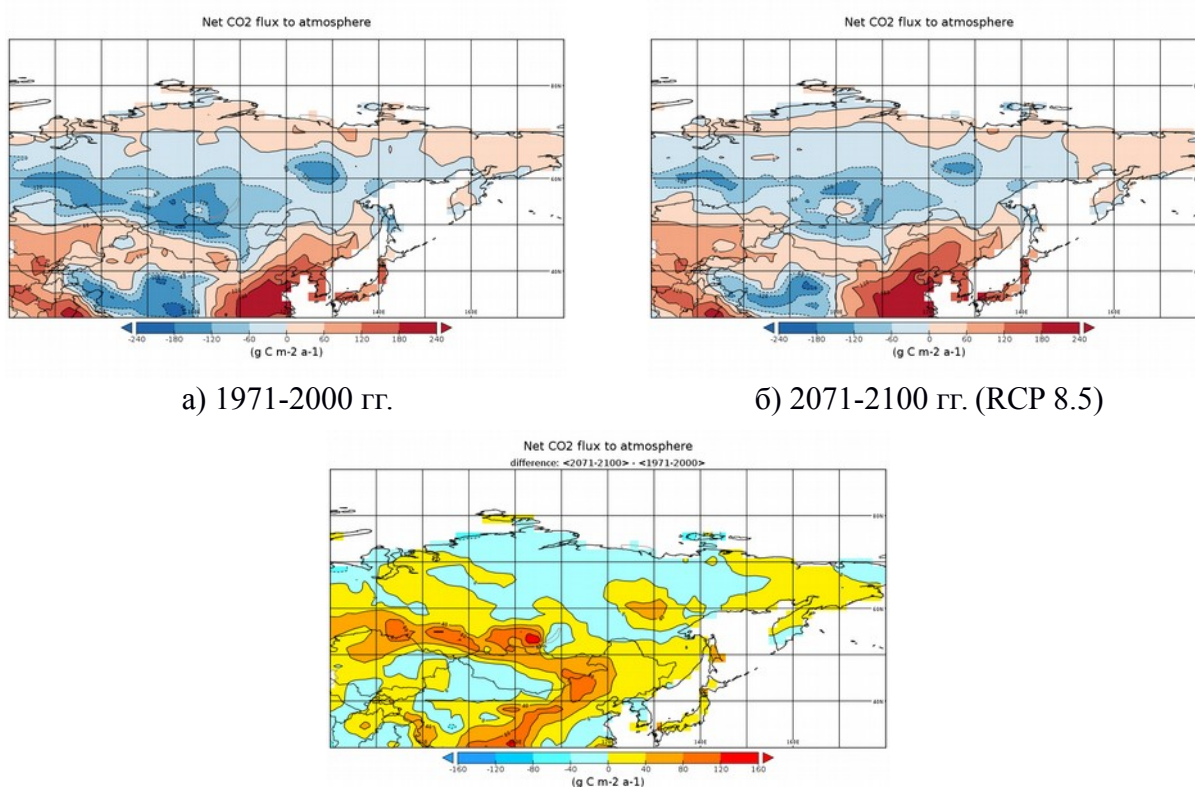


Рисунок 1. Концентрация углекислого газа в атмосфере, RCP 8.5, 1901-2100 гг.

Сравнение исторического периода (1971-2000 гг.) и сценарного периода (2071-2100 гг.) показало, что при росте антропогенной нагрузки основные изменения потоков углекислого газа в атмосферу следует ожидать вдоль южной границы России (рисунок 2). Кроме того, изменения потоков CO_2 , демонстрируемые приведенными на рисунках 2 и 3 картами, указывают на смещение растительных зон на север территории России. На рисунке 3 приведено пространственное распределение общей первичной продукции (NPP) для двух рассматриваемых периодов и их разница. Показано увеличение NPP на большей части территории России за исключением ее южной границы. При рассмотрении изменения NPP отдельно для разных типов растительности было выявлено, что основной вклад вносит лесная растительность внетропических широт.

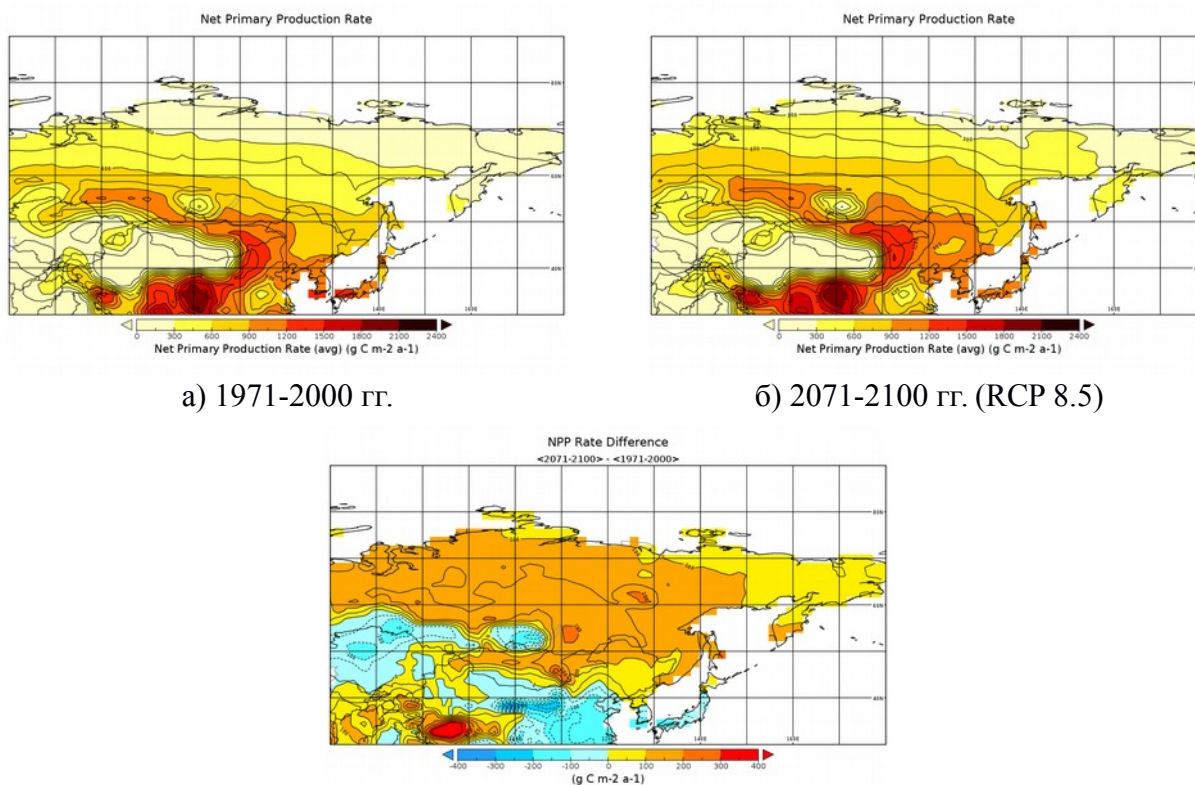


а) 1971-2000 гг.

б) 2071-2100 гг. (RCP 8.5)

в) разница между периодами 2071-2100 гг. и 1971-2000 гг.

Рисунок 2. Общий поток CO_2 в атмосферу по результатам моделирования JSBACH на основе атмосферных полей, полученных с помощью PLASIM.



а) 1971-2000 гг.

б) 2071-2100 гг. (RCP 8.5)

в) разница между периодами 2071-2100 гг. и 1971-2000 гг.

Рисунок 3. NPP по результатам моделирования JSBACH на основе атмосферных полей, полученных с помощью PLASIM.

В данном исследовании для задания атмосферных условий для расчета были использованы результаты моделирования INMCM4 [6]. Было проведено сопоставление интенсивности вносимых атмосферных возмущений и отклика характеристик поверхности, в частности растительного покрова и потоков углекислого газа, полученных на основе разных наборов атмосферных данных. В результате сопоставления были получены схожие результаты.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 16-19-10257.

1. Allen M.R., Barros V.R., Broome J., Cramer W., Christ R., Church J.A., Clarke L., Dahe Q., Dasgupta P., Dubash N.K., Edenhofer O. 2014. IPCC fifth assessment synthesis report-climate change 2014 synthesis report.
2. Raddatz T. J. et al.: Will the tropical land biosphere dominate the climate - carbon cycle feedback during the twenty-first century? // *Climate Dynamics*, 2007, V. 29, P. 565-574. doi: 10.1007/s00382-007-0247-8.
3. Reick, C., Raddatz, T., Brovkin, V. & Gayler, V. Representation of natural and anthropogenic land cover change in MPI-ESM. // *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 2013, V. 5, P. 459-482, doi:10.1002/jame.20022.
4. Fraedrich K., Jansen H., Kirk E., Luksch U., and Lunkeit F. The Planet Simulator: Towards a user friendly model // *Meteorol. Zeitschrift*, 2005, V. 14, P. 299-304.
5. Moss R. et al. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. // *Nature*, 2010, V. 463(7282), P. 747-756. doi: 10.1038/nature08823.
6. Володин Е.М., Дианский Н.А., Гусев А.В. 2010. Воспроизведение современного климата с помощью совместной модели общей циркуляции атмосферы и океана INMCM 4.0. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*, т. 46. №4, с. 448-466.