

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЦЕНАРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КЛИМАТОГЕННЫХ СУКЦЕССИЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА РОССИИ НА ОСНОВЕ РЕГИОНАЛЬНО АДАПТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ SEVER

Хвостиков С.А.<sup>1</sup>, Барталев С.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт Космических исследований РАН, Москва, Россия*  
[khvostikov@d902.iki.rssi.ru](mailto:khvostikov@d902.iki.rssi.ru)

**Аннотация:** Глобальная модель динамики растительного покрова SEVER была адаптирована для более точного воспроизведения пространственного распределения растительности на территории России. Полученные на ее основе прогнозы показывают значительное изменение ареалов обитания основных типов растительности России при различных климатических сценариях.

Глобальные динамические модели растительности (DGVM – Dynamic Global Vegetation Models) позволяют воспроизводить изменения характеристик растительности на больших территориях с учетом их взаимосвязи с климатическими трендами. Эти модели часто используются в составе моделей геосистемы для прогнозирования изменения климата.

Адекватность модельных прогнозов зависит, в том числе, и от точности задания значений параметров модели. Определение значений параметров требует использования большого объема данных реальных наблюдений за процессами в растительности при различных условиях на этапе построения и настройки моделей. Многолетние архивы спутниковых данных могут предоставить необходимую для настройки моделей информацию на больших территориях. В данной работе продукты спутникового картографирования были использованы для параметризации модели с целью увеличения ее способности воспроизводить пространственное распределение растительного покрова России. Подробно модель, данные и процесс параметризации описаны в работе (Барталев и др., 2017).

Подход к параметризации глобальной модели растительности на основе карт растительного покрова России был опробован на примере модели SEVER (Venevsky, Maksyutov, 2007). Она моделирует процессы в десяти функциональных типах растительности, включая хвойные и лиственные леса бореальной, умеренной и тропической климатических зон и травянистую растительность на уровне клеток с пространственным разрешением  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  по широте и долготе. В ее основе лежит модель LPJ (Sitch et al., 2003) с улучшенным блоком моделирования природных пожаров и возможностью использования ежедневных климатических данных.

Для моделирования использовались климатические данные NCEP (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>) за 1957-2006 годы, интерполированные до пространственного разрешения  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ . Данные о концентрации  $\text{CO}_2$  и почве получены из тех же источников, что и в модели LPJ (Sitch et al., 2003). Качество работы модели оценивалось по степени схожести модельного распределения типов растительности с картой растительного покрова России (Барталев и др., 2011).

Настройка модели SEVER осуществлялась в два этапа. На первом этапе на основе визуального сравнения спутниковых и модельных данных были выявлены проблемы моделирования пространственного распределения растительности. Затем была проведена модификация модели, направленная на улучшение ее качества, а именно доработаны алгоритмы учета конкуренции за свет между видами, имитации тундровых экосистем и коррекции высотного градиента температуры воздуха.

На втором этапе выполнена формальная оптимизация параметров модели с целью максимизации критерия схожести модельных и спутниковых оценок пространственного распределения типов растительности. Критерий схожести был основан на значениях корреляции доли типов растительности в каждой клетке регулярной сетки модели. По результатам настройки значение критерия качества увеличилось на 60% на первом этапе и

еще на 36% на втором, значения корреляции для каждого типа растительности существенно возросли.

Прогнозирование изменения растительности России на ближайшее столетие осуществлялось для четырех сценариев изменения концентрации парниковых газов в атмосфере, предложенных МГЭИК - RCP 2.6-8.5. Прогноз изменения климата для всех четырех сценариев был получен по данным модели земной системы HadGEM2-ES (Jones et al., 2011).

Результаты прогнозирования показывают, что для всех сценариев характерно существенное уменьшение площади хвойных вечнозеленых бореальных лесов России и менее значимое уменьшение площади бореальных широколиственных и лиственных лесов (рисунок 1). Эти леса будут преимущественно заменены широколиственными листопадными лесами умеренного пояса, а также, в меньшей степени, травянистыми типами растительности.

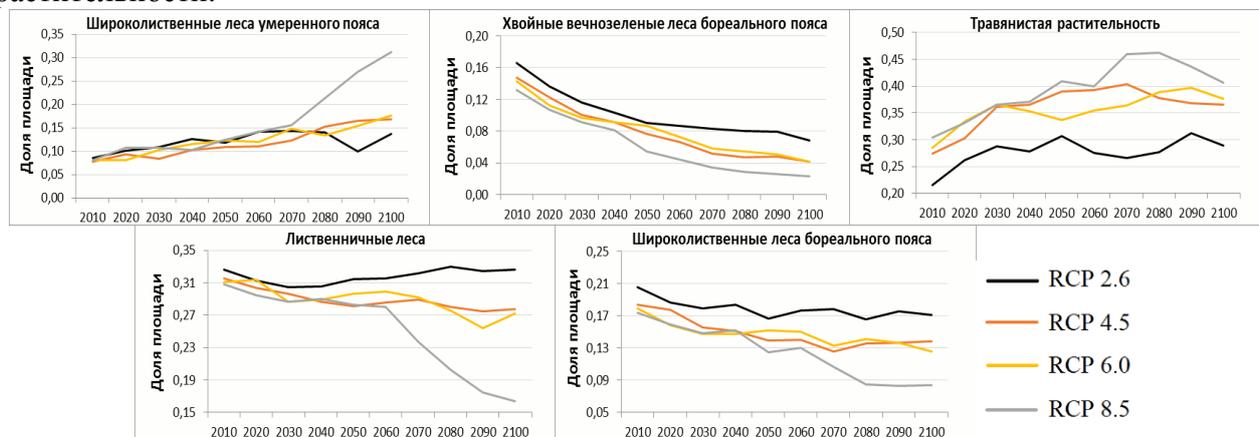


Рисунок 1 – Динамика доли площади основных типов растительности относительно площади территории России для разных сценариев изменения климата

Отдельно стоит выделить прогноз для наиболее пессимистичного сценария изменения климата - RCP 8,5. В соответствии с этим прогнозом к концу текущего столетия может наблюдаться почти двукратное уменьшение площади лиственных и листопадных лесов бореального пояса, более чем двукратное уменьшение площади занимаемой ценными хвойными вечнозелеными породами. Стоит отметить, что модель воспроизводит динамику растительного покрова на основе моделирования усредненных индивидов каждого типа растительности, равномерно распределенных в клетке моделирования. В связи с этим можно предположить, что модель переоценивает скорость смены типов лесного покрова по мере изменения климата России.

## Литература

- Барталев С.А., Егоров В.А., Ершов Д.В., Исаев А.С., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Уваров И.А. Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 8. № 4. С. 285-302.
- Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России // М.: ИКИ РАН, 2017. 208 с.
- Jones C. D. et al. The HadGEM2-ES implementation of CMIP5 centennial simulations // Geo-scientific Model Development. 2011. V. 4. № 3. P. 543-570.
- Sitch S, Smith B, Prentice I, Arneth A, Bondeau A, Cramer W, et al. (2003) Evaluation of ecosystem dynamics, plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model // Global Change Biology. 2003. V. 9. № 2. P. 161-185.
- Venevsky S., Maksyutov S. SEVER: A modification of the LPJ global dynamic vegetation model for daily time step and parallel computation // Environmental Modelling & Software. 2007. V. 22. № 1. P. 104-109.