

INTERANNUAL VARIABILITY OF UNDERLYING SURFACE ALBEDO AT THE SOUTHERN PART OF WEST SIBERIA IN 2000-2016

Dmitriy A. Prokopov¹, Anatoly A. Lagutin^{1,2}, Karina N. Boyko¹

¹Altai State University, Barnaul, Russia

²Institute of Computational Technologies SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract

We analyze the interannual variability of underlying surface albedo in the southern part of Western Siberia in summer period at the 2000-2016. Data from the MODIS spectroradiometer aboard Terra and Aqua satellites are the informational basis of the study. It is shown that the observed, almost neutral, trend of shortwave albedo of grassland vegetation under growth of atmospheric CO₂ content is due to climate change in the region.

Keywords: albedo, trend, West Siberia, climate, MODIS/Terra-Aqua

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ АЛЬБЕДО ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В 2000-2016 ГОДАХ

Прокопов Д.А.⁽¹⁾, Лагутин А.А.⁽¹⁾⁽²⁾, Бойко К.А.⁽¹⁾

¹ Алтайский государственный университет, Барнаул

² Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

Анализируется межгодовая изменчивость альbedo подстилающей поверхности юга Западной Сибири в летний период 2000-2016 гг. Информационной основой исследования являются данные спектрорадиометра MODIS спутников Terra и Aqua. Показано, что установленный практически нейтральный тренд коротковолнового альbedo растительного покрова при росте содержания CO₂ в атмосфере обусловлен климатическими изменениями, происходящими в регионе.

Ключевые слова: альbedo, тренд, Западная Сибирь, климат, MODIS/Terra-Aqua.

Введение. Наземные наблюдения и спутниковые данные показывают, что глобальные климатические изменения оказывают влияние на характеристики растительного покрова. Так, например, в [1] для 1982-2009 гг. установлен рост листового индекса LAI на почти половине территории Земли, занятой растительным покровом. В этой работе показано, что в среднем по планете 70% этого роста LAI может быть объяснено ростом содержания CO₂ в атмосфере и его стоком. Другими основными факторами, приводящими к росту LAI, являются увеличение содержания азота в подстилающей поверхности (ПП) (9%), изменение локального климата (8%), а также изменение структуры растительного покрова ПП (4%). В [1] также отмечается, что рост стока CO₂ определяет положительный тренд LAI, в основном, в тропической зоне (см. также [2,3]). В средних и высоких широтах Северного полушария поведение растительного покрова в значительной степени связано с изменением характеристик регионального климата – температурой, осадками, количеством поглощенной ПП энергией [1,4-6].

В данной работе мы рассматриваем воздействие глобальных климатических изменений на характеристики растительного покрова Алтайского края. Актуальность этого исследования обусловлена тем, что по данным [1] для 1982-2009 гг. и дополнительному анализу авторов настоящей работы тренд LAI лесной растительности в последние 15 лет является отрицательным. В связи с тем, что возможной причиной такого поведения растительности является изменение локального климата, в данной работе анализируется поведение альbedo растительного покрова – характеристики, определяющей количество поглощенной ПП энергии и направленность ряда биофизических процессов в системе «растительный покров – почва». Обсуждается скорость изменения (тренд) средних значений плоского и сферического альbedo лесной и луговой растительности на территории Алтайского края в летний период июнь-август 2000-2016 гг., полученных по данным спектрорадиометра MODIS спутников Terra и Aqua (см. [7,8]). Показано, что установленный практически нейтральный тренд коротковолнового альbedo при росте CO₂ в атмосфере обусловлен климатическими изменениями, происходящими в регионе.

Спутниковые данные. Период повторения орбит спутника Terra и Aqua составляет 16 дней. В каждый цикл поверхность Земли наблюдается спектрорадиометром MODIS спутников Terra и Aqua при различных углах. Откорректированные на атмосферные эффекты данные MODIS позволяют восстановить двунаправленный коэффициент отражения и, затем, альbedo ПП (см. [9-11]). Создаваемый ежедневно по данным последних 16 дней продукт MCD43A3 включает значения плоского и сферического альbedo ПП с пространственным разрешением 500 м в 10 зонах спектра. Эти спектральные диапазоны и используемые в работе обозначения показаны в таблице.

Анализ проведен для зон территории Алтайского края тайлов h22v03 и h23v03, которые по данным продукта MCD12Q1 [12] имеют типы ПП 1-5 (лес) и 10 (луговая растительность). Рис. 1 иллюстрирует пространственное распределение этих типов растительности на территории края.

Спектральные диапазоны MODIS, для которых имеются данные в продукте MCD43A3.

Обозначение	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5
Диапазон спектра (нм)	620-670	841-876	459-479	545-565	1230-1250
Обозначение	Band 6	Band 7	Vis	Nir	SW
Диапазон спектра (нм)	1628-1652	2105-2155	300-700	700-5000	300-5000

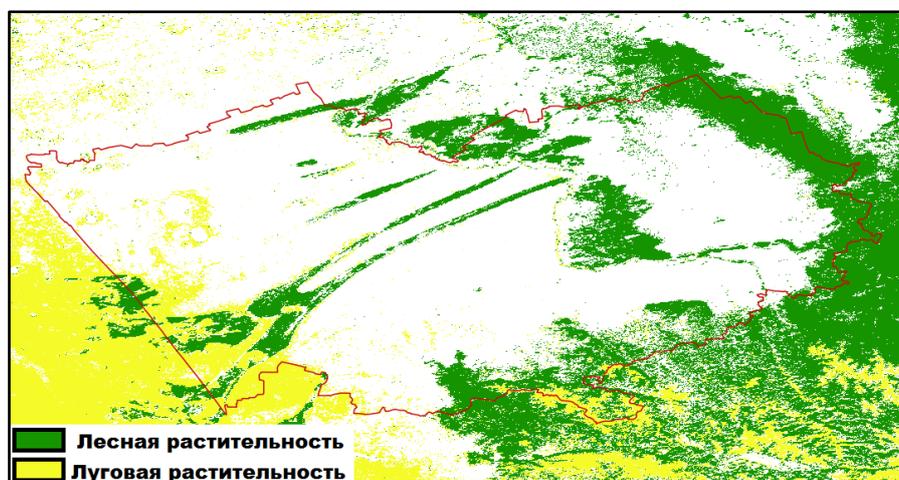


Рис. 1. Пространственное распределение типов ПП 1-5 (лес) и 10 (луговая растительность) на территории Алтайского края в 2013 г.

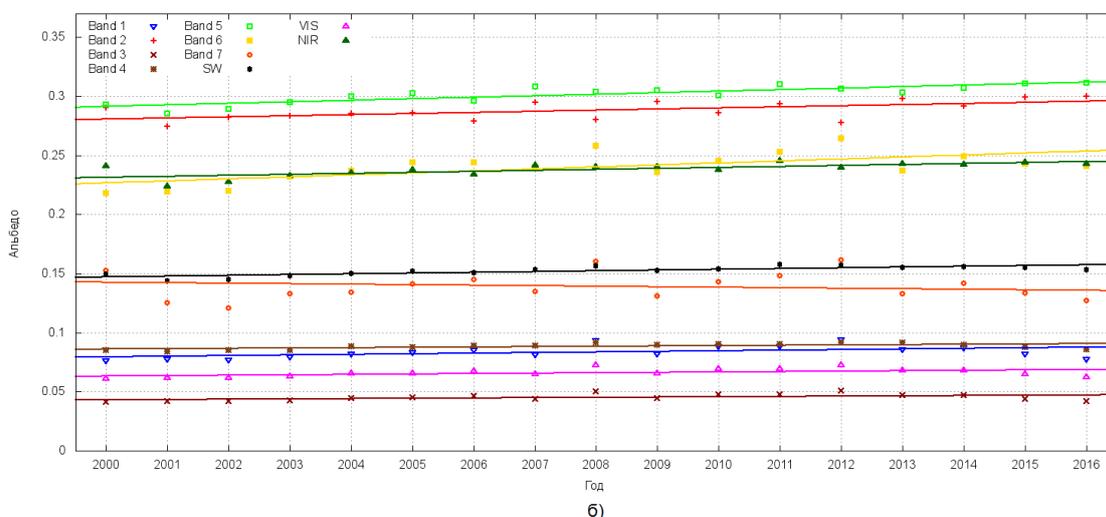
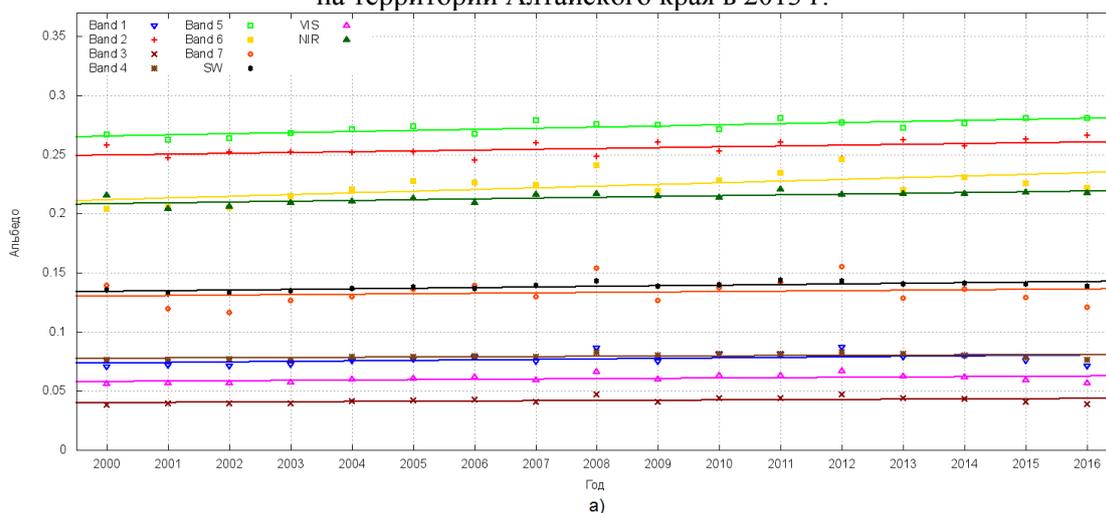


Рис. 2. Тренды плоского (а) и сферического (б) альbedo луговой растительности в каналах 1-7 MODIS, а также в видимом (VIS), ближнем инфракрасном (NIR) и коротковолновом (SW) диапазонах в 2000-2016 гг.

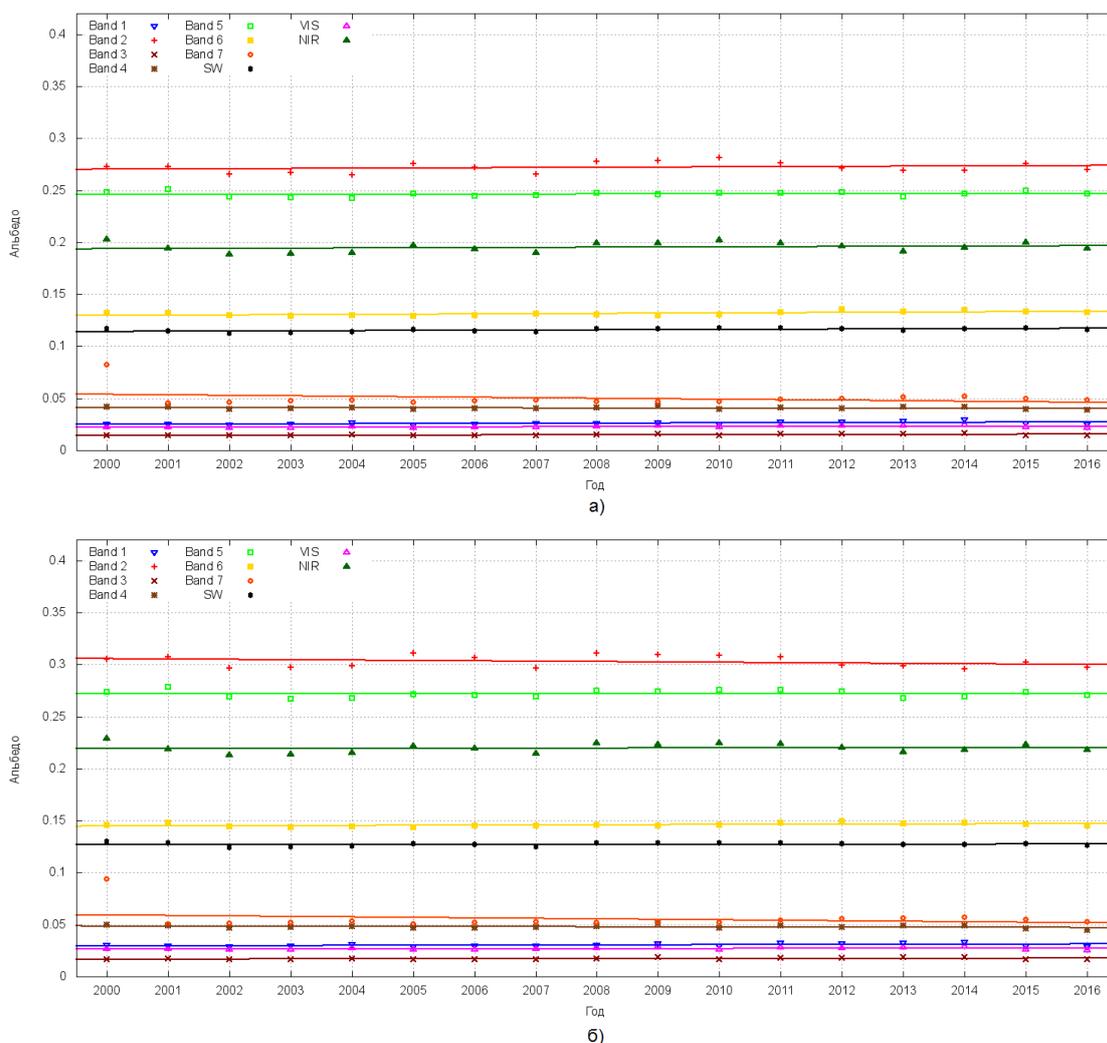


Рис. 3. Тренды плоского (а) и сферического (б) альbedo лесной растительности в каналах 1-7 MODIS, а также в видимом (VIS), ближнем инфракрасном (NIR) и коротковолновом (SW) диапазонах в 2000-2016 гг.

Результаты и выводы. Характер поведения плоского и сферического альbedo луговой и лесной растительности Алтайского края в десяти спектральных каналах для летнего периода 2000-2016 гг. показан на рисунках 2 и 3. Нетрудно видеть, что в коротковолновом диапазоне тренды альbedo практически равны нулю. Незначительный рост альbedo наблюдается в каналах 2, 5, 6 для луговой растительности и в каналах 1, 3, 6 – для лесной.

Совместный анализ данных по альbedo, листовому индексу растительного покрова LAI и эвапотранспирации показал, что причиной установленного нейтрального тренда альbedo растительности является изменение климата региона – рост температуры воздуха, уменьшение осадков и влажности почвы. Несмотря на рост содержания CO₂ в атмосфере эти климатические изменения не приводят к росту первичной продукции, листового индекса и, следовательно, к изменению альbedo.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Zhu Z., Piao S., Myneni R.B. et al. Greening of the Earth and its drivers // Nat. Clim. Change. 2016. Vol. 6. P. 791-795.
- [2] Sitch S., Friedlingstein P., Gruber N. et al. Recent trends and drivers of regional sources and sinks of carbon dioxide // Biogeosciences. 2015. Vol. 12. P. 653-679.
- [3] Marshall M., Okuto E., Kang Y. et al. Global assessment of Vegetation Index and Phenology Lab (VIP) and Global Inventory Modeling and Mapping Studies (GIMMS) version 3 products // Biogeosciences. 2016. Vol. 13. P. 625-639.

- [4] Li Y., Zhao M., Motesharrei S. et al. Local cooling and warming effects of forests based on satellite observations // *Nat. Commun.* 2015. 6:6603. doi: 10.1038/ncomms7603.
- [5] Forzieri G., Alkama R., Miralles D.G., Cescatti A. Satellites reveal contrasting responses of regional climate to the widespread greening of Earth // *Science*. 2017. Vol. 356. P. 1180-1184.
- [6] Bright R.M., Zhao K., Jackson R.B., Cherubini F. Quantifying surface albedo and other direct biogeophysical climate forcings of forestry activities // *Glob. Change Biol.* 2015. Vol. 21. P. 3246-3266.
- [7] Salomonson V.V., Barnes W.L., Maymon P.W. et al. MODIS: Advanced facility instrument for studies of the Earth as a system // *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 1989. Vol. 27. P. 145-153.
- [8] Лагутин А.А., Никулин Ю.А., Жуков А.П. и др. Математические технологии оперативного регионального спутникового мониторинга характеристик атмосферы и подстилающей поверхности. Ч. 1. MODIS // *Вычислительные технологии*. 2007. № 12. С. 67-89.
- [9] Lucht, W., Schaaf, C. B., Strahler, A. H. An algorithm for the retrieval of albedo from space using semiempirical BRDF models // *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2000. Vol. 38. P. 977-998.
- [10] Schaaf C.B., Gao F., Strahler A.H. et al. First operational BRDF, albedo nadir reflectance products from MODIS // *Remote Sens. Environ.* 2002. Vol. 83. P. 135-148.
- [11] Лагутин А.А., Никулин Ю.А., Шамаков И.А. и др. Восстановление характеристик подстилающей поверхности Сибирского региона по данным спектрорадиометра MODIS // *Вычислительные технологии*. 2006. Т. 11, часть 1. С. 61-71.
- [12] Friedl, M. A., Sulla-Menashe, D., Tan, B., et al. MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets // *Remote Sens. Environ.* 2010. Vol. 114. P. 168-182.