

SATELLITE MONITORING OF THE SNOW COVER ON THE ALTAI KRAI TERRITORY IN 2017

Olga V. Drobysheva¹, Andrey P. Zhukov¹, Anatoly A. Lagutin^{1,2}, Vladimir V. Sinitsin¹

¹Altai State University, Barnaul, Russia

²Institute of Computational Technologies SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract

The dynamics of the snow cover melting has been studied using daily data of the MODIS spectroradiometer aboard the Terra satellite on the Altai Krai territory in 2017. The dates of the beginning and the end of the snow cover melting are determined. The hypothesis that 2001 is a climatic year-analogue of 2017 is tested.

Keywords: snow cover, temporary variability, Altai territory, MODIS spectroradiometer, Terra satellite

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ В 2017 ГОДУ

Дробышева О.В.⁽¹⁾, Жуков А.П.⁽¹⁾, Лагутин А.А.⁽¹⁾⁽²⁾, Сеницин В.В.⁽¹⁾

¹ Алтайский государственный университет, Барнаул

² Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

С использованием ежедневных данных спектрорадиометра MODIS спутника Terra исследована динамика схода снежного покрова в Алтайском крае в 2017 году. Определены даты начала и окончания схода покрова. Проведена проверка гипотезы о том, что 2001 год является климатическим годом-аналогом 2017 года.

Ключевые слова: снежный покров, временная изменчивость, Алтайский край, спектрорадиометр MODIS, спутник Terra.

Введение. Высокие отражательные свойства снега делают снежный покров важной компонентой глобальной климатической системы. Он влияет на физические, химические и биологические процессы на многих пространственных масштабах, имеет важный народно-хозяйственный и социальный эффекты.

Снежный покров является ключевым элементом в мониторинге и прогнозировании паводковой обстановки, так как в виде снега атмосферные осадки питают поверхностные и грунтовые воды, режим которых в значительной мере зависит от распределения снежного покрова, его физических свойств и характера снеготаяния. Оказывая влияние на температурный и водный режим почв, снежный покров сам становится мощным климатообразующим фактором.

Целью работы является исследование пространственно-временной изменчивости снежного покрова на Юге Западной Сибири. Информационной основой работы являлись ежедневные данные спектрорадиометра MODIS спутника Terra [1,2]. 36 каналов спектрорадиометра покрывают диапазон спектра электромагнитного излучения примерно от 0,4 до 14 мкм. Четыре канала (1, 2, 4, 6) MODIS из видимого и ближнего ИК-диапазонов позволяют проводить мониторинг снежного покрова в зонах, свободных от облачности.

Алгоритм восстановления структуры снежного покрова. Алгоритм определения пикселей сцены, покрытых снегом, базируется на четырёх пороговых критериях [3-7]. Они основаны на различии спектральных коэффициентов отражений снега и других элементов подстилающей поверхности (воды, растительности, почвы) в диапазоне волн (0,5-2,5) мкм. Как можно увидеть на рис. 1, коэффициент отражения снега очень высок в видимой части спектра ($\lambda \sim 0,5 - 0,6$ мкм) и практически равен нулю в ИК-диапазоне ($\lambda \sim 1,5-1,6$ мкм). Вместе с тем, коэффициенты отражения водных поверхностей в этом диапазоне длин волн не превышают 10%.

Критерии мониторинга снежного покрова в зонах сцены, свободных от облачности, представлены в таблице. Первый критерий определяется значением нормализованного индекса снега $NDSI = (R4 - R6) / (R4 + R6)$, где $R4, R6$ – измеряемые MODIS коэффициенты яркости системы «атмосфера + подстилающая поверхность Земли» в 4 и 6 каналах, соответственно.

Ранее установлено [6], что для пикселя, закрытого снегом на 50 и более процентов, $NDSI \geq 0,4$. Для исключения водных поверхностей из числа пикселей, которые могут иметь $NDSI$ в том же диапазоне, что и снег, в [6,7] вводится второй критерий. Для пикселя, покрытого снегом, коэффициент отражения во втором канале $R2$ должен быть больше 0,11. Для пикселей, включающих заснеженные лесные массивы, значение $NDSI$ может быть меньше 0,4. Поэтому для мониторинга лесных массивов вводится третий критерий, который вместе с нормализованным индексом снега $NDSI$ использует и вегетационный индекс $NDVI$. Именно с помощью этого критерия можно корректно учесть влияние лесных массивов на отражательные характе-

ристики подстилающей поверхности при мониторинге снежного покрова. Четвертый критерий исключает из рассмотрения пиксели без снега, для которых также возможны значения $NDSI \geq 0,4$.

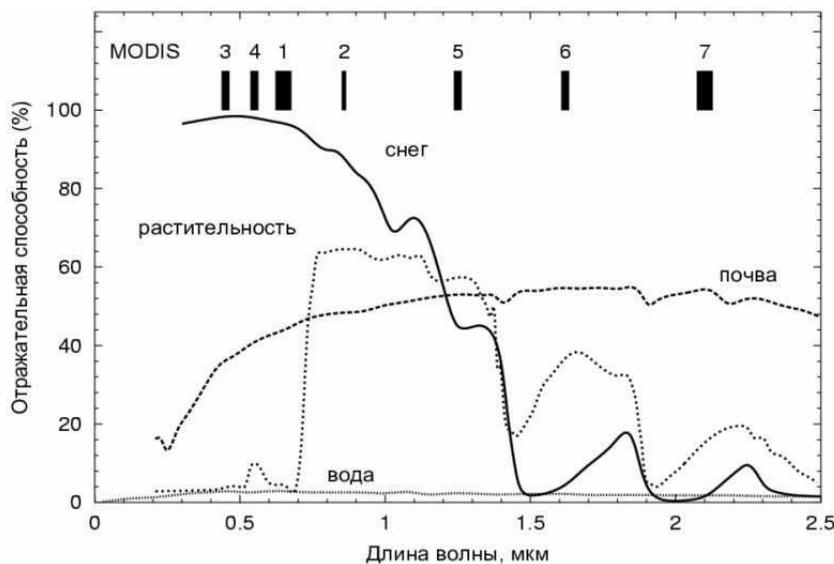


Рис. 1. Отражательная способность снега, воды, почвы, растительности (по данным [5]) и положение каналов (1-7) MODIS.

Критерии мониторинга снежного покрова по данным MODIS [6-8].

Номер	Название
1	$NDSI = (R4 - R6)/(R4 + R6) \geq 0,4$
2	$R2 > 0,11$
3	$0,05 \leq NDSI \leq 0,4$ и $NDVI = (R2 - R1)/(R2 + R1) \in D$
4	$R4 \geq 0,1$

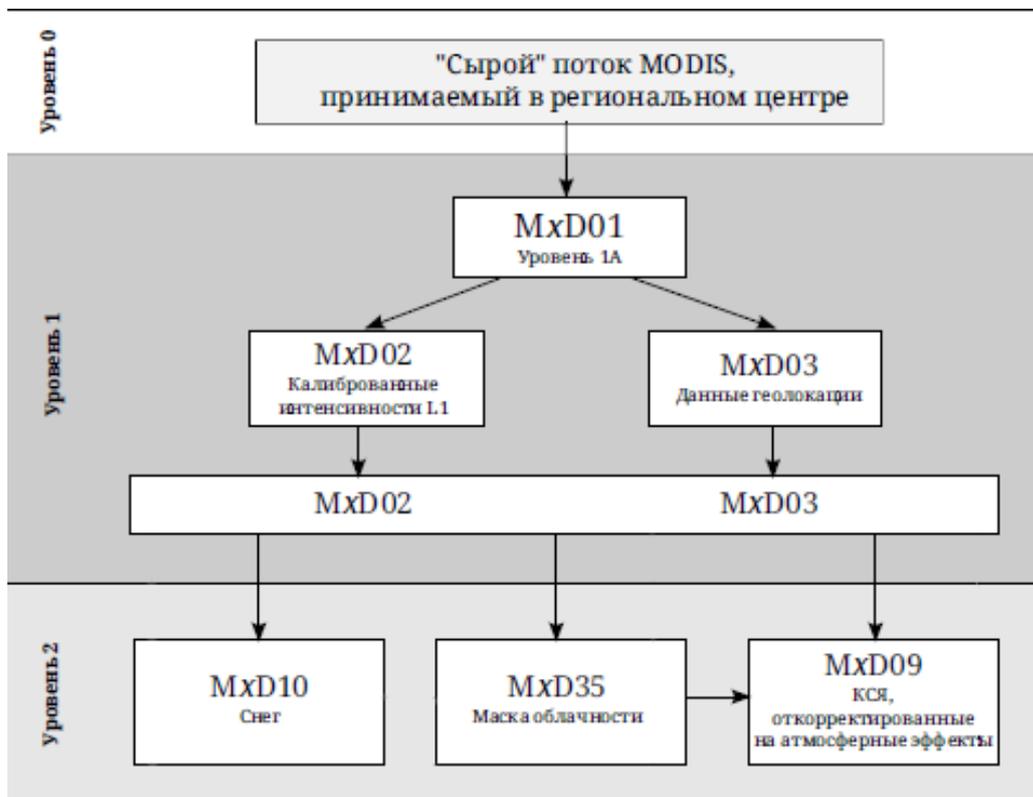


Рис. 2. Последовательность обработки данных MODIS.

Результаты. Для решения задач работы использовался продукт MOD10L2, создаваемый ежедневно в лаборатории космического мониторинга и вычислительных технологий Алтайского государственного университета и Института вычислительных технологий СО РАН по оперативным данным спектрорадиометра MODIS спутника Terra. Этот продукт содержит информацию о пикселях сцены, закрытых облачным покровом, а также о наличии снега в свободных от облаков пикселях с разрешением 500 м в надире. На рисунке 2 показана последовательность обработки данных MODIS.

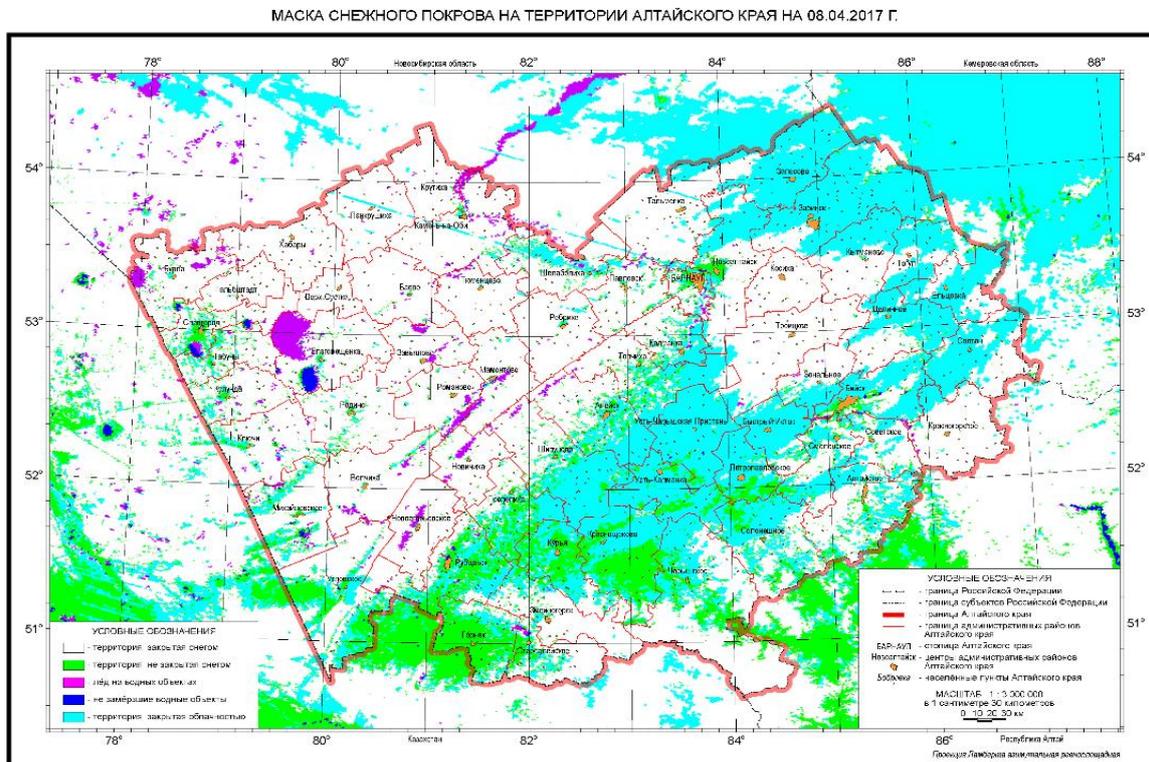


Рис. 3. Структура снежного покрова на территории Алтайского края 8 апреля 2017 г.

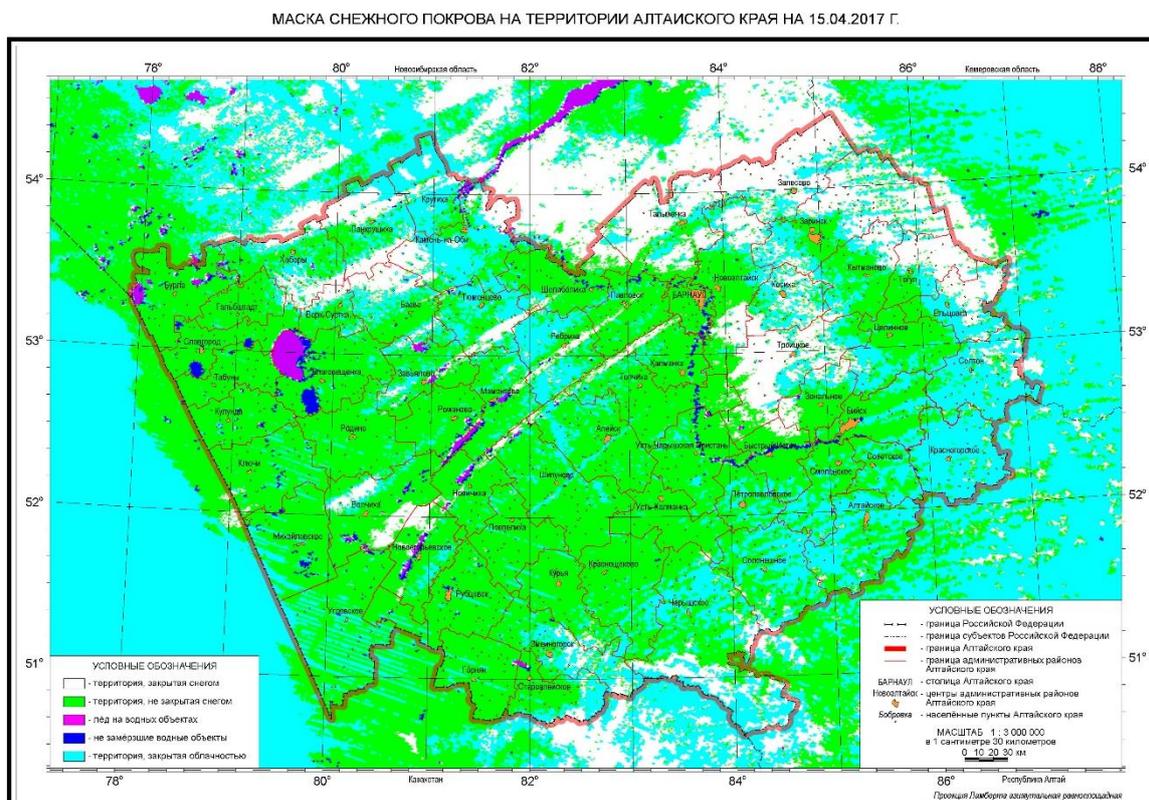


Рис. 4. Структура снежного покрова на территории Алтайского края 15 апреля 2017 г.

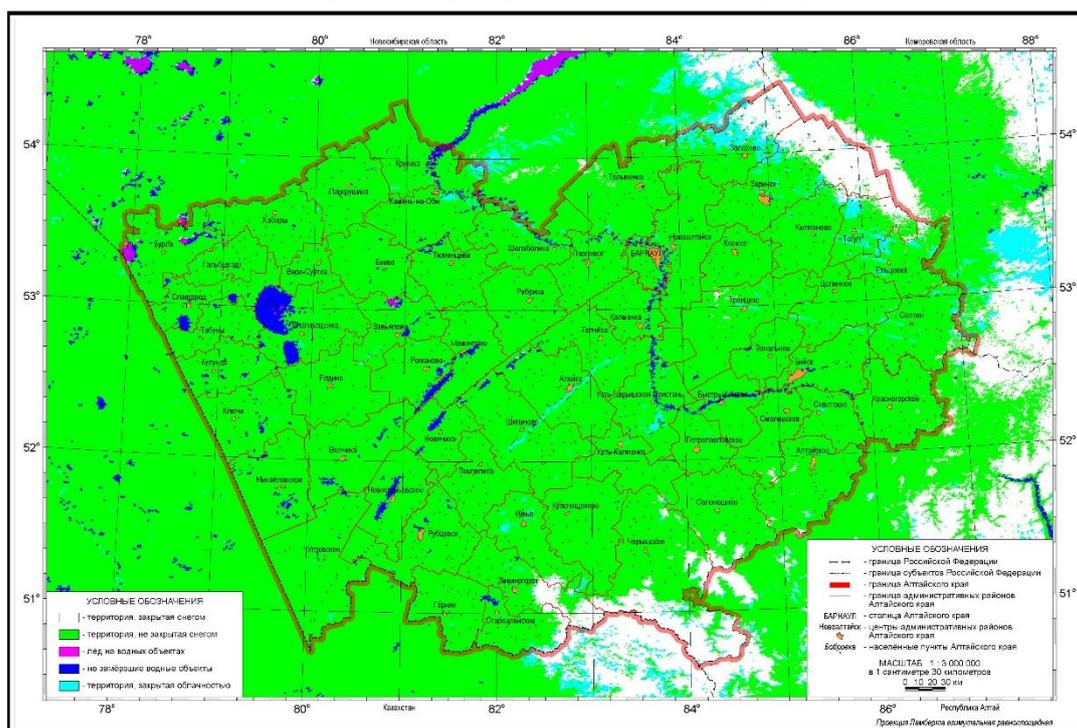


Рис. 5. Структура снежного покрова на территории Алтайского края 21 апреля 2017 г.

На рисунках 3-5 в качестве примера показана структура снежного покрова на территории Алтайского края, полученная по данным MOD10L2 на 8, 15 и 21 апреля 2017 г.

Выводы. Анализ ежедневных данных MODIS/Terra за период 25 марта - 23 апреля 2017 г., а также архивных данных за такой же период 2001 г., приводит к следующим выводам.

1. Активный сход снежного покрова на территории Алтайского края начался 4 апреля 2017 г. К 23 апреля территория края была практически свободна от снега.
2. Более медленный сход покрова в северо-западной части края в 2017 г. обусловлен существенно большими снеготпасами в этой зоне.
3. Проведена проверка гипотезы о том, что 2001 год можно рассматривать годом-аналогом 2017-го. Установлено, что скорости таяния снега в 2001 и в 2017 годах были близки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Solomonson V.V., Toll D.L. The moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS - N) facility instrument // Adv. Space Res. 1991. Vol. 11, P. 231-236.
- [2] Barnes W.L., Pagano T.S., Solomonson V.V. Prelaunch characteristics of the moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) on EOS AM-1 // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 1998. Vol. 36, P. 1088-1100.
- [3] Hall D.K., Riggs G.A., Solomonson V.V. Development of methods for mapping global snow cover using moderate resolution imaging spectroradiometer data // Remote Sens. Environ. 1995. Vol. 54, P. 127-140.
- [4] Hall D.K., Foster J.L., Verbyla D.L. et al. Assessment of snow-cover mapping accuracy in a variety of vegetation – cover densities in central Alaska // Remote Sens. Environ. 1998. Vol. 66. P. 129-137.
- [5] Klein A.G., Hall D.K., Riggs G.A. Improving snow cover mapping in forests through the use of a canopy reflectance model // Hydrol. Process. 1998. Vol. 12, P. 1723-1744.
- [6] Hall D.K., Riggs G.A., Solomonson V.V. et.al. Algorithm theoretical basis document (ATBD) for the MODIS snow and sea ice-mapping algorithms // NASA EOS-MODIS Doc. 2001. 55 p.
- [7] Hall D.K., Riggs G.A., Solomonson V.V. et.al. MODIS snow-cover products // Remote Sens. Environ. 2002. Vol. 83, P. 181-194.
- [8] Hall D.K., Riggs G.A. Accuracy assessment of the MODIS snow products // Hydrol. Process. 2007. Vol. 21, P. 1534-1547.