

ИЗМЕНЕНИЕ ГРАНИЦЫ РОСТА ДЕРЕВЬЕВ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА В ЛЕСОТУНДРЕ

Ракитянская Н.М., Урбан М., Шмуллиус К.
научный руководитель доктор биол. наук Харук В.И.
Сибирский федеральный университет

Цель работы. Картирование изменений в структуре растительности на выборочных тестовых участках переходной зоны тайга-тундра (т.е. миграции деревьев и кустарников в зону тундры).

Актуальность. Территория Арктики является регионом с наибольшими изменениями климата (Grace 2002; Moritz et al. 2002; Nelson 2003). Значения температуры последнего столетия на территории Арктики никогда не были такими высокими с 1800 года (Moritz et al. 2002). Увеличение температуры способствует интенсификации вегетационной активности, что приводит к изменению структуры растительности и изменению фенологической динамики (Hinzman et al. 2004; Myneni et al. 1997). Эмиссия парниковых газов, таких как метан и углекислый газ, имеет большое значение для климатической системы (ACIA 2004; Anisimov and Reneva 2006; Kaplan and New 2006; Nelson 2003; Smith et al. 2009).

В ходе последних исследований выявлены изменения в структуре растительности на территории Сибири (D. Blok et al. 2010), Аляски (K. Tape, Sturm, and Racine 2006). Интенсификация вегетационной активности и модификация структуры растительности влияет на динамику вечной мерзлоты и на климатическую систему территории Арктики.

Материалы и методология. В ходе исследования были использованы данные высокого разрешения RapidEye для летних месяцев 2011-2012 гг., а также данные Landsat MSS для 1973 г. В таблице 1 приведены использованные снимки.

Таблица 1. Данные RapidEye и Landsat MSS, использованные в работе

Регион	Тип снимков	ID	Дата
Таймыр	RapidEye	2012-07-22T061155_RE5	2012-07-22
		2012-09-01T063247_RE2	2012-09-01
	Landsat MSS	LM11590081973207AAA05	1973-07-26
		LM11590091973207AAA05	1973-07-26
Ямал	RapidEye	2011-06-23T074359_RE1	2011-06-23
		2011-06-23T072420_RE2	2011-06-23
		2011-06-24T072237_RE3	2011-06-24
		2011-09-11T074055_RE5	2011-09-11
	Landsat MSS	LM11740131973222AAA05	1973-08-10
		LM1170013_01319730824	1973-08-24
		LM11700141973236AAA05	1973-08-24

Анализ изменений структуры растительности произведен с помощью сравнения исторических снимков Landsat MSS 1973г. и снимков RapidEye 2011 и 2012 гг. Блок-схема обработки данных изображена на рисунке 1. В данной работе была использована объектно-ориентированная сегментация и классификация с учителем (метод ближайшего соседа). Набор выборки для классификации снимков был произведен с помощью снимков высокого разрешения Google Earth. После экспорта результатов классификации на них была наложена регулярная сетка (fishnet) с разрешением 5 км, для извлечения

процентного содержания древесной растительности для каждой клетки. Данный метод позволяет сохранять пространственное разрешение классификации.

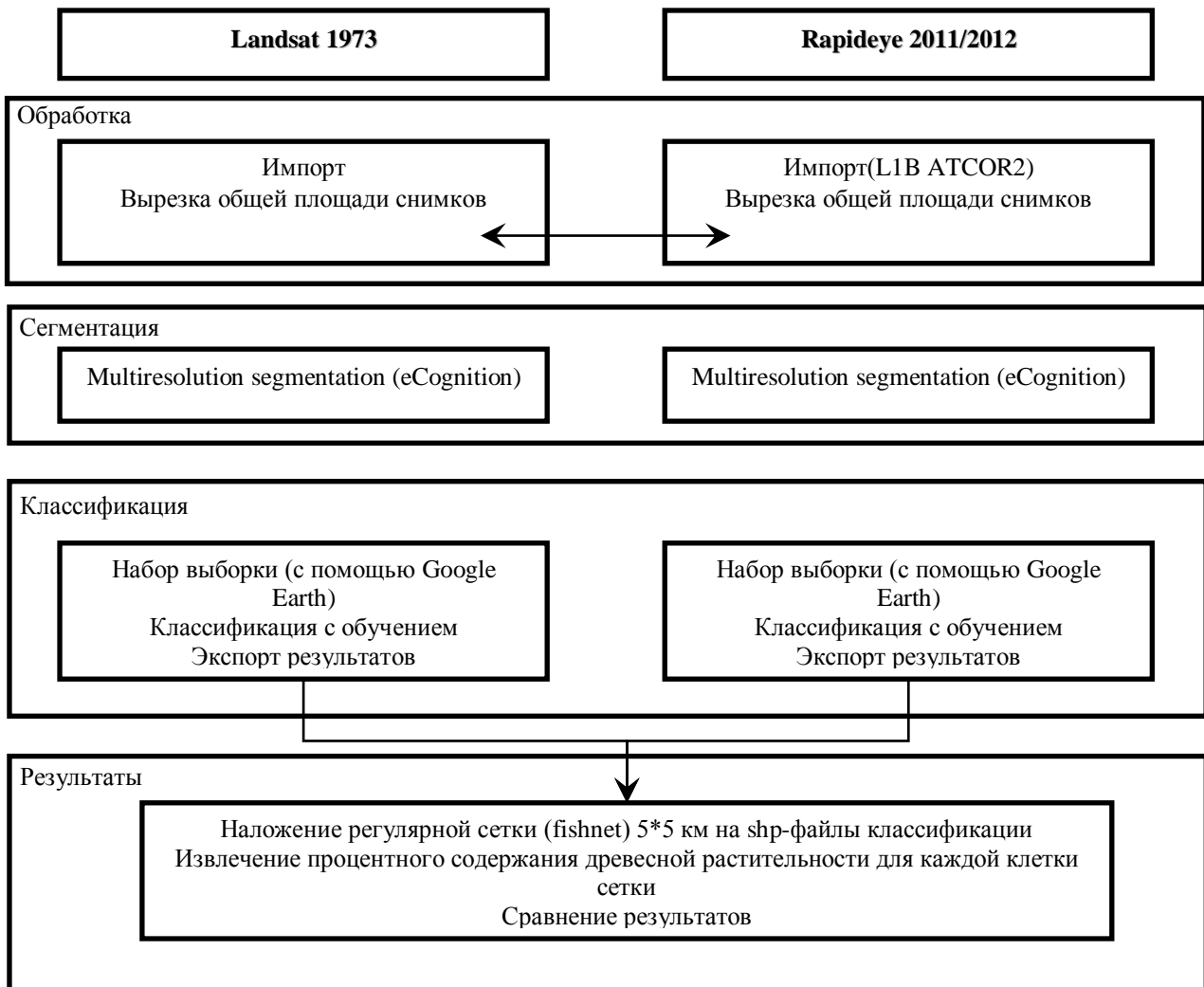


Рисунок 1 – Блок-схема идентификации изменений структуры растительности с помощью снимков Landsat MSS и RapidEye

Данные RapidEye предоставлены Германским центром авиации и космонавтики DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt). Для снимков RapidEye была произведена атмосферная коррекция с помощью ATCOR2.

Территория исследования. Исследования структуры растительности верхней границы леса были произведены для выборочных участков двух полуостровов – Тазовского и Таймыра.

Тазовский полуостров – полуостров на севере Западно-Сибирской равнины, между Обской губой на западе и Тазовской губой на востоке. Растительность – мохово-лишайниковая и кустарниковая тундра. Поверхность покрыта многочисленными озерами и болотами. Имеются месторождения газа.

Территория Таймыра относится к зоне постоянной многолетней мерзлоты. Климат континентальный, территория покрыта многочисленными термокарстовыми озерами.

Результаты. На рисунке 2 представлены результаты классификации растительности для 1973 и 2012 гг. Линия границы леса (Walker et al, 2005) изображена голубым цветом. Плотность древесной растительности для участков южнее границы леса составила более 60%. Территория на одном из снимков Landsat MSS был частично

покрыта облаками и льдом. На территории севернее границы роста обнаружены отдельные участки древесной растительности небольшой площади. При сравнении результатов классификации 1973 и 2012 гг. обнаружено увеличение площади древесной растительности. Высокая плотность древесной растительности заметна для классификации снимков RapidEye. Также было выявлено увеличение площади покрытия древесной растительности для самой северной части снимка.

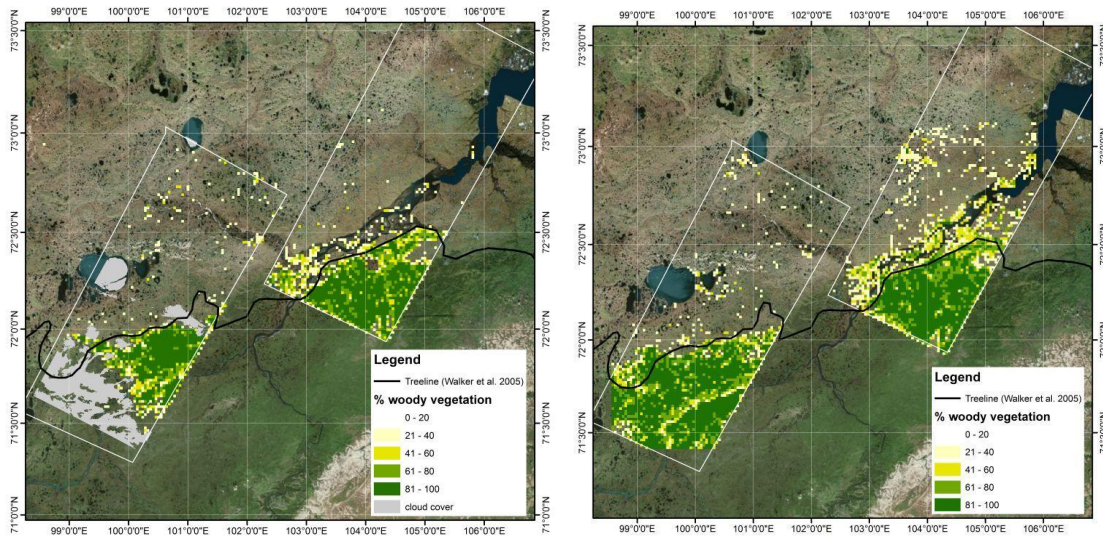


Рисунок 2 – Процент покрытия древесной растительностью – изменения между 1973 (Landsat MSS – слева). Граница роста деревьев изображена черной линией Walker et al. (2005)

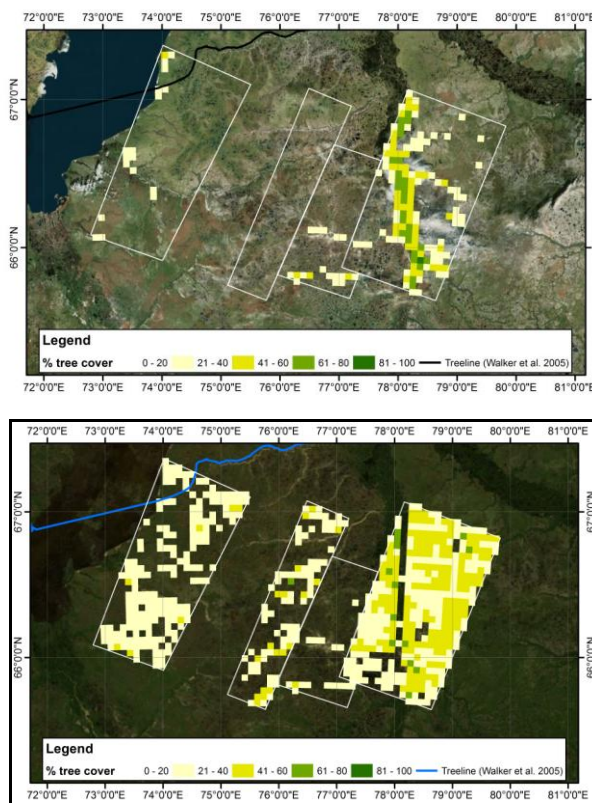


Рисунок 3 – Процент покрытия древесной растительностью – изменения между 1973 (Landsat MSS – сверху) и 2011 (RapidEye – снизу). Граница роста деревьев изображена черной линией Walker et al. (2005).

Результаты анализа изменений структуры растительности для участка Тазовского полуострова изображены на рисунке 3. Результаты показывают интенсификацию роста древесной растительности для классов 20-40% и 40-60% в период с 1973 по 2011 гг. Наибольшие изменения в структуре растительности обнаружены для восточной части исследуемой территории.

Настоящая работа демонстрирует лишь предварительные результаты, поскольку требуется валидация классификации и отсутствуют какие-либо данные полевых исследований. Тем не менее, существуют исследования, показывающие подобную динамику в структуре растительности на данной территории исследования, вызванные изменениями климата (Grace 2002; Moritz et al. 2002; Nelson 2003, Hinzman et al. 2004; Myneni et al. 1997).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ACIA (Arctic Climate Impact Assessment), 2004. Impacts of a warming arctic. Cambridge University Press.
- 2 Anisimov, O. A. & S. S. Reneva, 2006. Permafrost and changing climate: the Russian perspective. - *Ambio* 35, 4. 169–175.
- Blok, D., M. Heijmans, G. Schaepman-Strub, V. Kononov, T. C. Maximov, F. Berendse. 2010. Shrub expansion may reduce summer permafrost thaw in Siberian tundra. - *Global Change Biology* 16, 4. 1296–1305.
- 3 Remote sensing of vegetation and land-cover change in Arctic Tundra Ecosystems. - *Remote Sensing of Environment* 89. 281–308.
- 4 Kaplan, J. O. & M. New. 2006. Arctic climate change with a 2 °C global warming: Timing, climate patterns and vegetation change. - *Climatic Change* 79, 3-4. 213–241.
- 5 Moritz, R. E, C. M. Bitz & E. J. Steig. 2002. Dynamics of recent climate change in the Arctic. - *Science* 297, 5586. 1497–1502.
- 6 Myneni, R. B., C. D. Keeling, C. J. Tucker, G. Asrar & R. R. Nemani. 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. - *Nature* 386, 698–702.
- 7 Nelson, F. E. 2003. (Un)frozen in time. - *Science* 299, 5613. 1673–1675.
- 8 Post, E., T. R. Christensen, B. Elberling, A. D. Fox & O. Gilg. 2012.
- 9 Ecological Dynamics Across the Arctic Associated with Recent Climate Change. - *Science* 325. 1355 - 1358.
- 10 Smith, S., F. E. Nelson, V. E. Romanovsky, J. Brown, G. D. Clow, R. G. Barry, T. Zhang, H. H. Christiansen, M. Monteduro & R. Sessa. 2009.