

Технологии дистанционного зондирования в исследовании свойств растительных сообществ бассейна р. Новая Нерута

В.В. Елсаков, С.Н. Плюснин, В.М. Щанов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
167610 г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28
E-mail: elsakov@ib.komisc.ru

В работе представлены результаты исследований тундровых фитоценозов бассейна р Новая Нерута (Ненецкий автономный округ, Государственный заповедник «Ненецкий»). Использование технологий дистанционного зондирования позволило оценить особенности пространственного распределения доминирующих растительных сообществ, изменение их количественных характеристик в течении вегетационного сезона (индексы NDVI, LWCI), динамику экологических параметров (температура подстилающей поверхности °C). Комбинированное использование индексов NDVI и LWCI позволило распределить исследованные сообщества в группы, определяющиеся условиями увлажнения и запасом биомассы, что в дальнейшем может быть использовано для составления рядов сукцессионных смен.

Введение

Территории бассейнов рек Новая Нерута и Ячей, расположенные на северо-западе Большеземельской тундры, слабо затронуты хозяйственной деятельностью и относятся к государственному заповеднику «Ненецкий» (Ненецкий автономный округ). Южно-тундровые ландшафты района представлены аллювиальными аккумулятивными плоскими заболоченными равнинами с многочисленными термокарстовыми и старичными озерами [1]. Растительные ресурсы водораздельных пространств используются под пастбищные угодья оленеводческим хозяйством «Харп». Большая часть территории имеет избыточное увлажнение, за исключением юго-востока срединной части дельты, где выделяется крупный тундровый останец – ур. Мыс Мадаганырд.

Цель настоящей работы состояла в оценке возможностей использования технологий дистанционного зондирования применительно изучения вариабельности хронологических и хронологических экологических параметров растительных сообществ района.

Материалы и методы

Данные дистанционного зондирования Landsat TM (05.07.1996, 08.08.1988, 09.09.1985) были использованы для выявления особенностей пространственной приуроченности растительных сообществ, наблюдениями за изменениями площадей растительных контуров. Вычисления значений температуры поверхности (°C) проведено по значениям яркостных характеристик шестого канала в соответствии с общепринятой методикой [2], расчет нормализованного вегетационного индекса (NDVI) и индекса содержания влаги в листьях (LWCI) проведено по формулам:

$$NDVI = \frac{[NIR] - [R]}{[NIR] + [R]} \quad (1),$$

$$LWCI = -\ln\left(1 - \frac{[NIR] - [MIR_1]}{255}\right) \quad (2),$$

где NIR – значение отражения в ближней инфракрасной области спектра, R - в красной области, MIR₁ – средней инфракрасной области спектра. Полевые геоботанические и флористические исследования проведены в середине июля 2002 г.

Результаты

Разнообразие растительного покрова территории исследований определяется неоднородностью ландшафтов и форм представленного микрорельефа (табл.1). Из зональных типов растительных сообществ отмечены кустарниковые (ивняковые и ерниковые), кустарничковые и лишайниковые тундры, травяно-моховые и луговинные тундры. Интразональные сообщества представлены ивняками, плоскобугристыми болотами, лугами и обводненными травянистыми зарослями. Наибольшую площадь на представленной территории имели травяно-моховые тундры (24.9%), ивняки (16.7%) и луговые сообщества (16.5%). В меньшей степени на территории представлены кустарниковые (10.3%) и кустарничковые тундры (5.6%). Около трети территории представлено водными, прибрежно-водными и болотными сообществами: водоемы (9.5%), болота (11.3%). Из представленных на территории девяти групп растительных сообществ на классифицированных изображениях Landsat 7 ETM+ выделены шесть классов земной поверхности, соответствующие положению в элементарных ландшафтах: водные поверхности, заболоченные участки (верховые и грядово-мочажинные болотные комплексы), травяно-моховые тундры, пойменные и нивальные луга, ивняки, кустарниково-моховые и кустарничково-лишайниковые тундры. Несмотря на то, что между временем съемки отмечены незначительные межгодовые температурные вариации (рис.1), значительные интервалы между датами съемки (5 июля, 8 августа, 9 сентября) позволяют рассматривать их для оценки разносезонных зависимостей. Для выделенных классов отмечены различия температурного режима подстилающей поверхности в начале, середине и конце вегетационного периода (табл.2). Наибольшие средние значения температур отмечены на водораздельных участках, верхних, частях склонов, с кустарничково-лишайниковыми и кустарниково-моховыми тундрами. Среди растительных сообществ наименьшие значения показателя отмечены в пределах болотных массивов.

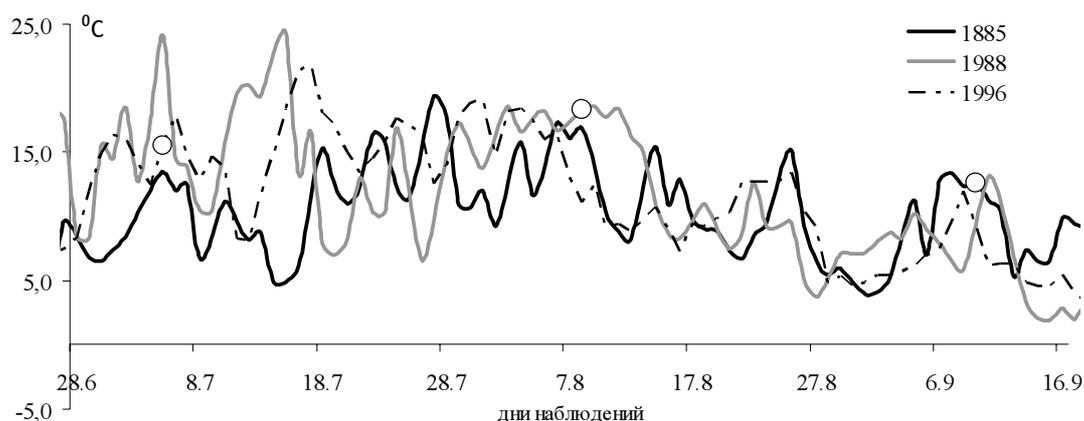


Рис. 1. Динамика среднесуточной температуры в районе исследований по данным м.ст. Нарьян-Мар с 28.6 по 17.9 (по: www.meteo.ru). Точками обозначены дни съемки

Таблица 2. Средние значения температуры подстилающей поверхности (°C) для выделенных классов земной поверхности по данным шестого канала Landsat TM

Классы поверхности:	Дата съемки		
	05.07.1996	08.08.1988	09.09.1985
1. Водные поверхности	11.2	13.8	5.8
2. Заболоченные участки	12.4	15.8	6.8
3. Травяно-моховые тундры	12.7	16.1	7.2
4. Пойменные и нивальные луга	14.8	18.9	8.1
5. Ивняки моховые	13.4	15.8	7.3
6. Кустарниково-моховые тундры	15.7	20.1	8.5
7. Кустарничково-лишайниковые тундры	16.3	20.8	8.6

Таблица 1. Характеристика доминирующих растительных сообществ бассейна р. Новая Нерута

Типы сообществ	Приуроченность	Сосудистые растения		Лишайники		Характерные представители мхов
		Число видов	Характерные представители	Число видов	Характерные представители	
Ерниковые тундры	Пологие склоны	13	<i>B.nana</i> , часто в смеси с <i>Salix glauca</i> , <i>S. phylicifolia</i> . Большое обилие кустарничков (багульник, брусника, голубика, водяника), чем травянистых (морозка, дерен шведский, осоки, злаки).	19	Обычны рода <i>Peltigera</i> , <i>Nephroma</i> , эпифиты сем. <i>Parmeliaceae</i> . На сухих участках <i>Cladonia arbuscula</i> , <i>C. rangiferina</i> , <i>Cetraria islandica</i> , <i>Stereocaulon paschale</i>	Представители р. <i>Hylocomium</i> , <i>Pleurozium</i> , <i>Drepanocladus</i>
Ивняковые тундры	Пологие склоны, плоские участки	53	Кустарниковый ярус: <i>Salix glauca</i> , <i>S. lanata</i> , <i>S. phylicifolia</i> , <i>S. lapponum</i> , <i>S. hastata</i> , с примесью <i>B.nana</i> . Травянистый ярус: морозка, злаки р. <i>Calamagrostis</i> , <i>Festuca</i> и <i>Poa</i> , <i>Carex arctisibirica</i> , виды р. <i>Pedicularis</i> .	26	Часто пельтигеры (<i>Peltigera aphthosa</i> , <i>P. leucophlebia</i> , <i>P. polydactylon</i> , <i>P. praetextata</i>), нефромы (<i>Nephroma arcticum</i> , <i>N. bellum</i> , <i>N. expallidum</i>), лобария <i>Lobaria linita</i> , эпифитные лишайники сем. пармелиевых (<i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Parmelia sulcata</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> , <i>P. hyperopta</i>)	Доминируют зеленые мхи – <i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Hylocomium splendens</i> , <i>Drepanocladus sp.</i>
Кустарничковые тундры	Возвышенности	16	Обильны <i>Empetrum hermaphroditum</i> , <i>Arctous alpina</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>Loiseleuria procumbens</i> , <i>Ledum decumbens</i> .	33	Представители р. <i>Cladonia</i> (<i>C. amaurocraea</i> , <i>C. arbuscula</i> , <i>C. gracilis</i> , <i>C. rangiferina</i> , <i>C. stygia</i> , <i>C. uncialis</i>), цетрарии (<i>Cetraria islandica</i> , <i>Flavocetraria nivalis</i> , <i>F. cucullata</i>) и сем. пармелиевых (<i>Alectoria ochroleuca</i> , <i>A. nigricans</i> , <i>Bryocaulon divergens</i> , <i>Bryoria nitidula</i>).	Часть виды р. <i>Dicranum</i> и <i>Polytrichum</i> , <i>Aulacomnium turgidum</i> .
Лишайниковые тундры		11		25		
Моховые тундры	Понижения, нивальные экотопы	27	Наиболее постоянны осоки и пушицы, морозка и эрикоидные кустарнички	22	Лишайники не играют значительной роли (<i>Cladonia estocyna</i> , <i>C. macroceras</i> , <i>C. stygia</i> , <i>Arctocetraria andrejevii</i> , <i>Cetraria islandica</i> , <i>Cetrariella delisei</i> , <i>Stereocaulon alpinum</i> , <i>S. rivulorum</i>).	доминируют: <i>Dicranum</i> , <i>Polytrichum</i> , <i>Hylocomium splendens</i> , <i>Pleurozium schreberi</i>
Ивняки	Берега рек и ручьев, ложбины стока	55	В кустарниковом ярусе <i>S. viminalis</i> , <i>S. glauca</i> , <i>S. phylicifolia</i> . Среди трав обычны виды разнотравья - <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Rubus arcticus</i> , <i>Ranunculus repens</i> , <i>Pedicularis lapponica</i> и <i>P. palustris</i> , <i>Veronica longifolia</i> , <i>Myosotis palustri</i> , <i>Viccia cracca</i> и <i>V. sepium</i> и: <i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Calamagrostis neglecta</i> , <i>Festuca rubra</i> , <i>Poa pratensis</i>	3	эпифитные лишайник: <i>Melanelia olivacea</i> , <i>M. septentrionalis</i> , <i>Parmelia sulcata</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> , <i>P. hyperopta</i> , <i>Physcia aipolia</i>	мхи родов <i>Campylium</i> , <i>Drepanocladus</i> , <i>Mnium</i> , <i>Pseudobryum</i>
Верховые болота	Бугристые и грядово-мочажинные комплексы	18	Осоки, пушицы, водяника, морозка, подбел, голубика, брусника, клюква	17	<i>Cladonia</i> , <i>Cetraria</i> s.lat. на буграх	<i>Dicranum</i> , <i>Sphagnum</i>
Низинные болота	Зарастающие водоемы, депрессии	27	Осоки, пушица, злаки, сабельник, калужница	3		<i>Campylium</i> , <i>Drepanocladus</i> , <i>Sphagnum</i> , <i>Hypnum</i>
Луга	Пойменные участки	37	Злаки, сложноцветные, лотиковые, крестоцветные, астрагалы	-	-	-

Участки растительного покрова различались и средними значениями индексов *LWCI* и *NDVI* (табл.3). Наибольшие значения индекса *LWCI*, связанного с содержанием влаги [3, 4, 5], в целом отмечены для сообществ с гигрофильной растительностью в начале вегетационного периода - болот, лугов, травяно-моховых тундр и ивняков. Доминирование мезофильной растительности (к примеру, в кустарниковых тундрах) приводит к росту значения показателя. Наиболее низкие значения признака отмечены в сообществах кустарничковых и лишайниковых тундр.

Таблица 3. Средние значения рассчитанных индексов *NDVI* и *LWCI* для классов подстилающей поверхности по данным Landsat TM

Классы *	<i>NDVI</i>			<i>LWCI</i>		
	05.07.1996	08.08.1988	09.09.1985	05.07.1996	08.08.1988	09.09.1985
1	-0.23	-0.14	-0.07	-0.015	0.041	0.002
2	0.06	0.12	0.13	-0.065	0.014	-0.007
3	0.18	0.25	0.20	-0.089	-0.010	-0.006
4	0.31	0.27	0.21	-0.083	-0.031	-0.022
5	0.26	0.34	0.25	-0.063	0.024	0.005
6	0.37	0.25	0.22	-0.046	-0.080	-0.027
7	0.31	0.16	0.18	-0.037	-0.129	-0.040

- названия классов соответствуют таковым, представленным в табл.2.

Значения *NDVI* варьировали в пределах отдельных фитоценозов неоднозначно, что с одной стороны определялось доминированием в них растений различных жизненных форм (сосудистых, мхов, лишайников), с другой – накоплением в течение вегетационного периода запаса биомассы доминирующими в кустарниковом ярусе сосудистыми растениями (*B.nana*, *Salix* sp.). Наибольшими значениями *NDVI* среди тундровых фитоценозов в период максимального развития растительности характеризуются ивняки (0.30-0.50), несколько меньшие значения индекса соответствуют кустарниковым и луговинным тундрам и крупнотравным лугам (0.20-0.35), у мелкотравных лугов и травяно-моховых тундр значения показателя лежат в диапазоне от 0.10 до 0.25. Наименьшей надземной фитомассой и значениями *NDVI* (от 0 до 0.20) характеризуются болотные сообщества и кустарничково-лишайниковые тундры.

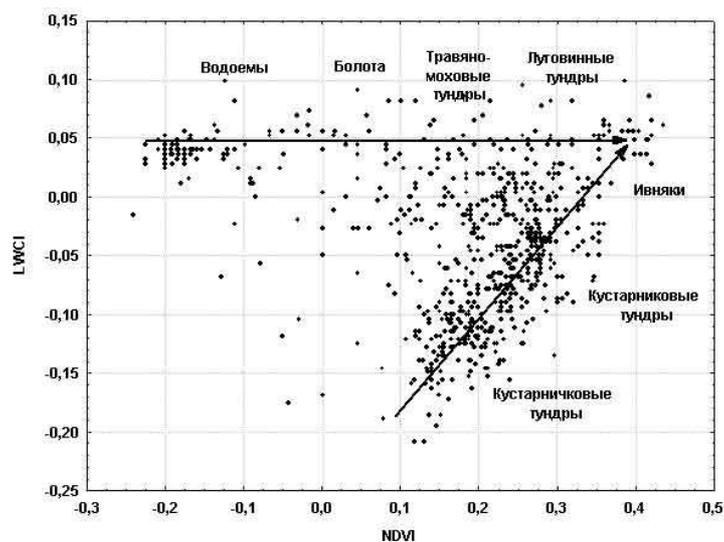


Рис. 2. Распределение классов земной поверхности в пространстве значений индексов *NDVI* и *LWCI*. Данные Landsat TM (08.08.1988)

Комбинированное использование индексов *NDVI* и *LWCI* позволяет распределить исследованные сообщества в группы, определяющиеся условиями увлажнения и запасом биомассы (Рис.2). Первый ряд соответствует более сухим местообитаниям, приуроченным к возвышенностям (кустарничковые тундры, кустарниковые тундры, ивняки). Кустарниковые тундры и ивняки представляют собой климаксовые сообщества в подзоне южных тундр, где расположен обследованный район. Второй ряд сообществ приурочен к влажным местообитаниям, занимающим понижения в рельефе (прибрежно-водная растительность, болотные массивы, травяно-моховые тундры, луговинные тундры).

Литература

1. Легенда к ландшафтной карте СССР. 1987. М. 339 с.
2. *Chander G., Markham B.* 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges // *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*. Vol. 41, No. 11. Pp. 2674-2677.
3. *Hunt E.R., Barrett N.R., Nobel P.S.* 1987. Measurement of Leaf Relative Water Content by Infrared Reflectance // *Remote Sens. of Environ.* № 22. Pp.429-435.
4. *Hunt E.R., Barrett N.R.* 1989. Detection of Changes in Leaf Water Content Using Near- and Middle-Infrared Reflectances // *Remote Sens. of Environ.* №30. Pp. 43-54 .
5. *Sato H.P., Tateishi R.* 2004. Land cover classification in SE Asia using near and short wave infrared bands // *Int. J. Remote sensing*. Vol. 25. No. 14. Pp. 2821-2832.