

## Спутниковые методы в анализе изменений запаса лишайников в растительных сообществах заповедника «Пасвию»



Владимир Елсаков,  
Заведующий Лабораторией  
компьютерных систем, технологий и  
моделирования Отдела флоры и  
растительности Севера Института  
биологии Коми НЦ УрО РАН,  
г. Сыктывкар

Vladimir Elsakov,  
Manager of Computer Systems,  
Technologies and Modeling  
Laboratory, Northern Flora and  
Vegetation Department, Institute  
of Biology, Komi SC UrO RAS,  
Syktyvkar

В настоящее время данные спутниковых съёмок являются одним из наиболее важных информационных источников, используемых при характеристике пространственно-временных закономерностей распределения структурных и функциональных параметров естественных и имеющих особую экологическую значимость природных экосистем. Оптические свойства растительных сообществ (фитоценозов) во многом определяются суммарным накоплением пигментов надземной зелёной фитомассы растений разных жизненных форм и их соотношением в фитоценозе. Диапазоны электромагнитного спектра съёмки в области 0.45-1.75 мкм используются как индикаторы при выделении контуров разных растительных сообществ (для их классификации), количественной оценке сезонного развития растений и анализе продуктивности фитоценозов, выявлении интенсивности и направленности естественных смен растительности или её деградации.

Несмотря на незначительный запас пигментов, накапливаемых в надземных частях (талломах) лишайников, их оптические свойства также могут быть использованы для анализа прироста либо деградации лишайникового покрова по

спутниковым изображениям. К примеру, суммарное содержание хлорофиллов *a* и *b* в талломах лишайника кладония оленья *Cladonia rangiferina* варьирует в пределах 0.4±0.03 мг/г сухой массы, кладония звёздчатая *Cladonia stellaris* – 0.35±0.028 мг/г сухой массы. Для сравнения: в сосудистых растениях содержание показателя значительно выше и достигает 5.10±0.24 мг/г сухой массы (листья карликовой березы *Betula nana*), 5.34±0.3 (осока водяная *Carex aquatilis*) (Головки и др., 2007). Поэтому проективный запас пигментов лишайниковых фитоценозов низкий, спектры отражения приближены к лишённым растительности почвам и грунтам, и даже для участков с максимально сформированными лишайниковыми матами (с массой до 1.5-1.8 кг/м<sup>2</sup>) показатель запаса хлорофилла не превышает 0.48±0.69 г/м<sup>2</sup>. Любое изменение характеристик структуры напочвенного покрова, связанное с ростом участия в фитоценозе сосудистых растений или деградацией лишайникового покрова, достаточно отчетливо регистрируется на спутниковых изображениях (рис. 1).

С целью анализа нагрузки, оказываемой несанкционированным выпасом оленей норвежских хозяйств на экосистемы российской части долины реки Паз, была разработана и построена модель распределения запасов лишайников по данным полевых измерений 2014 г. (n=42, 14 модельных фитоценозов) и спектральным характеристикам спутниковых изображений (рис.2). Отмечено (Short, 2011), что точных согласий между данными спутниковых съёмок и инструментальными измерениями полностью достичь не удаётся, т.к. полевые наблюдения представляют собой преимущественно точечные измерения, в то время как материалы спутниковых измерений имеют площадной характер. Анализ полученных результатов показал, что показатели запаса лишайников достаточно близки для величин, ранее отмеченных у лишайниковых фитоценозов территории Среднего Урала (Печоро-Ильчский

заповедник). Максимальные величины запаса в лишайниковых фитоценозах модельных участков заповедника «Пасвию» варьировали в пределах 280÷1573 г/м<sup>2</sup>. Ранее отмечено (Эктова, 2004), что запас массы лишайников разных родов в зависимости от стадий пастбищной трансформации в сообществах горных тундр Полярного Урала варьировал от 300 г/м<sup>2</sup> (вне выпаса) до 40 г/м<sup>2</sup> (сильно нарушенные). Для территории Среднего Урала (Печоро-Ильчский заповедник) максимальные величины запаса составили 1870÷670 г/м<sup>2</sup>. Максимальный запас лишайников малонарушенных участков лесотундровой зоны на территории бассейна р. Фома-Ю (граница Республики Коми и Ненецкого автономного округа) варьировал в диапазоне 1990÷1100 м<sup>2</sup> в осоково-лишайниковом и 1560÷1642 г/м<sup>2</sup> в ерниково-мохово-лишайниковом сообществах.

Другими словами, в настоящее время запас лишайников в напочвенном покрове долины реки, включая заповедник «Пасвию», характеризуется как слабо затронутый нагрузкой выпаса. Суммарный запас лишайников для территории всего заповедника оценен в 7.7 тыс. тонн. В среднем олень съедает в сутки кормовую смесь в количестве 5.35 кг воздушно-сухой массы (Сыроватский, 2000), поэтому лишайниковые сообщества долины реки Паз представляют собой достаточно привлекательные с точки зрения норвежских оленеводов пастбищные территории, оптимальные для зимнего выпаса, защищенные от влияния хищников и браконьеров пограничным режимом. Однако особая природоохранная ценность территории заповедника состоит еще и в том, что на ней выявлены лишайники, внесенные в Красные книги Мурманской области (2014) и Российской Федерации (2008): артония винная, хенотека зеленоватая, хенотека грациознейшая, феофисция округлая, бриория Фремонта, коллема короткоспоровая и другие.

Сравнительный анализ раз-  
ногодовых спутниковых изоб-

ражений участков заповедника «Пасвию» (1984-2014 гг.) показал, что на большей части территории наблюдается слабый положительный прирост фитомассы лишайников. Это характеризует территорию заповедника как малонарушенную, позволяет констатировать превышение прироста лишайников над потребляемой небольшими группами оленей фитомассой.

Проведённые исследования свидетельствуют о том, что лишайниковый покров заповедника и ближайших окрестностей находится в мало нарушенном состоянии, отмечен его положительный прирост. На норвежской стороне изменения проявляются в большей степени, наблюдается тренд сокращения фитомассы. В дальнейшем важно не допустить такой трансформации напочвенного покрова на российском участке долины, для чего необходимо обмениваться информацией с норвежской стороной, разработать совместную программу по снижению пастбищного пресса оленей в долине реки, рационально использовать ресурсы растительного покрова, сохранить редкие и нуждающиеся в охране виды растений и лишайников по обе стороны границы. Поскольку запасы лишайников на норвежском берегу реки Паз подвержены существенным изменениям под влиянием пресса со стороны оленеводческих хозяйств, актуально направить усилия на исследование и сохранение незатронутых хозяйственной деятельностью участков, их мониторинг на российском берегу. Остается актуальным и внесение изменений в межправительственные соглашения с учетом современной ситуации, с целью сохранения экологического баланса в общем природном регионе Пасвик-Инари, включая территорию Трёхстороннего парка, расположенного на севере Зелёного пояса Фенноскандии, как части Арктики.

### Литература:

Головки Т.К., Табаленкова Г.Н., Дымова О.В. Пигментный комплекс растений Приполярного Урала // Ботанический журнал, 2007. Т. 92. №1. С.



1732-1740.

Красная книга Мурманской области. Издание 2-е. / Отв. ред. Константинова Н.А. и др. Кемерово: Азия-принт, 2014. 584 с.

Красная книга Российской Федерации. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

Морозова Л.М., Магомедова М.А., Эктова С.Н., Дьяченко А.П., Князев М.С. Растительный покров и растительные ресурсы Полярного Урала. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2006. 796 с.

Сыроватский Д.И. Экономика и организация оленеводческого производства. 2000. 408 с.

Фадеева М.А. Лишайники (лихенизированные грибы) // Летопись природы заповедника «Пасвик» Кн. 15. (2008). Апатиты: Кольский НЦ РАН, 2011. С. 106-108.

Эктова С.Н. Изменение разнообразия и фитоценоотической роли лишайников в горных тундрах Полярного Урала под воздействием выпаса северных оленей. Автореф. на соиск. уч. ст. к.б.н. Екатеринбург: 2004. С. 14.

Johansen B., Tømmervik H., Bjerke J.W., Karlsen S.R. Vegetation and ecosystem transformation on Finnmarksvidda, Northern Norway, due to reindeer grazing pressure // Materials of The 13th International Circumpolar Remote Sensing Symposium. Reykjavik, 7-12 September 2014.

Short N., Brisco B., Couture N., Pollard W., Murnaghan K., Budkewitsch P.A. comparison of TerraSAR-X, RADARSAT-2 and ALOS-PALSAR interferometry for monitoring permafrost environments, case study from Herschel Island, Canada // Remote Sensing of Environment. 115 (2011) Pp. 3491–3506.

Short N., Brisco B., Couture N., Pollard W., Murnaghan K., Budkewitsch P.A. comparison of TerraSAR-X, RADARSAT-2 and ALOS-PALSAR interferometry for monitoring permafrost environments, case study from Herschel Island, Canada // Remote Sensing of Environment. 115 (2011) Pp. 3491–3506.

Short N., Brisco B., Couture N., Pollard W., Murnaghan K., Budkewitsch P.A. comparison of TerraSAR-X, RADARSAT-2 and ALOS-PALSAR interferometry for monitoring permafrost environments, case study from Herschel Island, Canada // Remote Sensing of Environment. 115 (2011) Pp. 3491–3506.

## Satellite methods in analysis of lichen resources changes in vegetation communities of the Reserve Zapovednik Pasvik

Presently satellite survey data are among the most important information sources used for description of spatial and temporal principles of distribution of structural and functional parameters of natural and particularly ecologically important ecosystems. Optical properties of vegetation communities (phytocenoses) are largely determined by the total accumulation of pigments of the above-ground green biomass of different life-forms plants and their ratio in the community. The ranges of electromagnetic survey spectrum within 0.45-1.75 μm are used as indicators to highlight various vegetation communities shapes (for their classification), quantitative evaluation of seasonal development of plants and analysis of phytocenosis productivity, determination of intensity and trends of natural changes of vegetation or its degradation.

In spite of insignificant amount of pigments accumulated in the above-ground parts (thallomes) of lichens, their optical properties also may be used for analysis of buildup or degradation of the lichen cover in satellite images. For example, the total content of chlorophyll *a* and *b* in thalluses of lichen *Cladonia rangiferina* varies within 0.4±0.03 mg/g of dry weight, *Cladonia stellaris* – 0.35±0.028 mg/g of dry weight. For comparison, in vascular plants this value is considerably higher and reaches as much as 5.10±0.24 mg/g of dry weight (leaves of dwarf birch *Betula nana*), 5.34±0.3 (water sedge *Carex aquatilis*) (Golovko et al., 2007). This is why the projective reserve of pigments in lichen communities is low, and even in the areas with the maximum es-

tablished lichen mats (with weight up to 1.5-1.8 kg/m<sup>2</sup>) the chlorophyll reserve does not exceed 0.48±0.69 g/m<sup>2</sup>. Any change in the properties of the above-ground cover structure associated with increase of vascular plants participation in the community or degradation of the lichen cover is reflected in the satellite images quite clearly (fig. 1).

To analyze the load imposed by unauthorized Norwegian reindeer's grazing on ecosystems of the Russian part of the Pasvik River valley, a model of lichen reserves distribution was developed and built according to field study data of 2014 (n=42, 14 model plant communities) and spectral properties of satellite images (fig. 2). It has been noted (Short, 2011) that precise accordance between satellite images and instrumental measurements are not fully achievable because field studies usually provide spot measurements while satellite measurement data cover the whole area. The analysis of obtained results has shown that the figures of lichen reserves are close enough for the values found earlier for lichen communities in the territory of Central Urals (Pechoro-Ilychsky Reserve). The maximum values of lichen reserves in phytocenoses in the modeled areas of Zapovednik Pasvik Reserve varied 280±1573 g/m<sup>2</sup>. It was mentioned earlier (Ektova, 2004) that depending on the phase of pasture formation the reserves of different genii lichens in the Polar Urals mountain tundra communities varied 300 g/m<sup>2</sup> (outside grazing areas) down to 40 g/m<sup>2</sup> (severely damaged). For the territory of Central Urals (Pechoro-Ilychsky Reserve) the maximum reserves values

amounted to 1870±670 g/m<sup>2</sup>. The maximum lichen reserves of virgin areas of forest tundra in the territory of the Foma-Yu River basin (the border between the Komi Republic and Nenets Autonomous Okrug) varied within 1990±1100 m<sup>2</sup> in sedge-lichen communities and 1560±1642 g/m<sup>2</sup> in bushy-mossy-lichen communities.

In other words, presently the lichen reserves in the above-ground cover in the river valley including Zapovednik Pasvik Reserve are described as little-impacted by grazing load. The total lichen reserves of the whole Reserve territory are estimated 7.7 thousand tons. On an average, a reindeer eats 5.34kg of air-dry food mass (Syrovatsky, 2000), that is why the lichen communities in the Pasvik River valley are quite attractive pasture areas for the Norwegian reindeer herders, best suited for winter grazing, protected from predators' impact and from poaching by the border security regime. However, the Reserve territory is also especially valuable because red-listed lichens (Red List of Murmansk Region (2014) and Red List of the Russian Federation (2008)) are found there: *Arthonia vinosa*, *Chaenotheca chlorella*, *Chaenotheca gracillima*, *Phaeophytia orbicularis*, *Bryoria fremontii*, *Collema curtisporum* and others.

Comparative analysis of satellite images of Zapovednik Pasvik areas in different years (1984-2014) shows low positive buildup of lichens' phytomass observed in a larger part of the territory. This describes the Reserve territory as virginal and gives reason to acknowledge the lichens buildup exceeding the

phytomass consumed by small groups of reindeer. The intensity of lichens' annual buildup in different communities is estimated 2.4-10% of the total reserves and amounts, on an average, to 5% (Morozova et al., 2006). Comparative analysis of the territory adjacent to the Reserve on the Norwegian side shows that these phytocenoses are subject to grazing in a larger degree; the lichen buildup there is less intensive, and in certain areas a negative trend of phytomass changes is observed.

The performed study shows that the lichen cover is virginal in the Reserve and its vicinity; positive buildup is observed. On the Norwegian side the changes are more notable and a decreasing trend is observed in the phytomass. It is important to prevent such transformation of the above-ground cover on the Russian side of the valley in future; for this purpose information exchange with the Norwegian partners is important, as well as development of a joint program for reduction of reindeer pasturing load on the river valley, rational use of the ground cover resource, and conservation of rare or endangered species of plants and lichens on the both sides of the border. As the lichen resources on the Norwegian side of the Pasvik River are subject to considerable pressure from reindeer herding enterprises, efforts should be focused on research and conservation of the areas not impacted by economic activities, and their monitoring on the Russian side.

Amendments to the intergovernmental agreement remain to be an important issue taking into consideration the current situation, to maintain the ecological

balance generally in the natural area Pasvik-Inari, including the Trilateral Park in the North of Green Belt of Fennoscandia as a part of the Arctic.

Reference list  
T.K.Golovko,

G.N.Tabalenkova, O.V. Dymova Pigment complex of vegetation in the Circumpolar Urals //Botanical Journal, 2007. V. 92. №11. p. 1732-1740.

Red List of Murmansk Region. 2<sup>nd</sup> edition. / Executive Editor N.A. Konstantinova et al.,

Kemerovo: Azia-print, 2014. 584 p.

Red List of the Russian Federation. M.: Partnership of scientific publications KMK, 2008. 855 p.

L.M. Morozova, M.A. Magomedova, S.N. Ektova, A.P. Dyachenko, M.S. Knyazev. Vegetation cover and vegetation resources of the Polar Urals. – Ekaterinburg: Uralsky University Publishing House, 2006. 796p.

D.I. Syrovatsky. Economy and organization of a reindeer herding enterprise. 2000. 408 p.

M.A. Fadeeva. Lichens

(lichenized fungi) // Chronicles of the nature of Zapovednik Pasvik, Volume 15. (2008). Apatity: Kola Science Center, RAS, 2011. P. 106-108.

S.N. Ektova Changes of diversity and role of lichens in phytocenosis in mountain tundras of the Polar Urals under the influence of reindeer grazing. Author's abstract of post-graduate thesis. Ekaterinburg: 2004. P. 14.

Johansen B., Tømmervik H., Bjerke J.W., Karlsen S.R. Vegetation and ecosystem transformation on

Finnmarksvidda, Northern Norway, due to reindeer grazing pressure // Materials of The 13th International Circumpolar Remote Sensing Symposium. Reykjavik, 7-12 September 2014.

Short N., Brisco B., Couture N., Pollard W., Murnaghan K., Budkewitsch P.A. comparison of TerraSAR-X, RADARSAT-2 and ALOS-PALSAR interferometry for monitoring permafrost environments, case study from Herschel Island, Canada // Remote Sensing of Environment. 115 (2011) Pp. 3491–3506.

## Международная методика расчета ущерба от выпаса оленей



Наталья Кравченко,  
Начальник отдела землеустройства северных территорий и оценки ООО «Мурманское землеустроительное проектно-изыскательское предприятие»

Natalia Kravchenko,  
Head of Northern Territories Land Planning and Evaluation Department LLC Murmansk Land Planning Engineering and Survey Enterprise

На протяжении ряда лет норвежские домашние олени не санкционированно заходят на территорию России вдоль реки Паз, чтобы насытиться богатыми ягельными кормами. В результате этого страдает растительность долины реки, а олениводы получают прибыль от продажи экологически чистого мяса.

Государственный природный заповедник «Пасвик» озабочен проблемой присутствия оленей в связи с рисками потери биоразнообразия и лишайникового покрова, поэтому поставил перед нашим предприятием задачу разработать методику расчетов платы за пребывание домашних форм северных оленей на российской стороне.

В ходе выполнения работы были собраны и систематизированы материалы об использовании территории домашними

северными оленями и проанализировано межгосударственное законодательство в части урегулирования вопроса об определении компенсационных выплат за использование под несанкционированный выпас домашних форм северных оленей.

Согласно существующему Договору от 1949 г. и Соглашению от 1977 г. между Правительством Советского Союза и Королевства Норвегии пограничные службы России и Норвегии в течение короткого срока после обнаружения обязаны вернуть оленей их владельцам, при условии возмещения причиненного материального ущерба.

Однако процедура определения величины причиненного ущерба международным соглашением не регламентирована. Чтобы решить данный вопрос необходимо внести изменения в существующие международные соглашения, для чего следует разработать методику расчетов платы за пребывание домашних форм северных оленей на российской стороне, включая особо охраняемые природные территории.

Проанализировав межгосударственное и законодательство Российской Федерации в части урегулировании вопроса об определении компенсационных выплат за использование под несанкционированный выпас домашних северных оленей, было обнаружено несколько механизмов расчетов компенсационных выплат.

Однако процедура определения величины причиненного ущерба международным согла-

шением не регламентирована. Чтобы решить данный вопрос необходимо внести изменения в существующие международные соглашения, для чего следует разработать методику расчетов платы за пребывание домашних форм северных оленей на российской стороне, включая особо охраняемые природные территории.

Проанализировав межгосударственное и законодательство Российской Федерации в части урегулировании вопроса об определении компенсационных выплат за использование под несанкционированный выпас домашних северных оленей, было обнаружено несколько механизмов расчетов компенсационных выплат.

Норвежско-шведское отношение в данном вопросе регулируется Положением о тарифах платы выпаса. Плата за выпас составляет £5,65 за оленя без учета продолжительности нахождения в Норвегии и £2,20 за каждый день, когда олени оставались в Норвегии. Если пребывание не прекращается в течение 14 дней после уведомления, плата, начиная с пятнадцатого дня после получения сообщения, составляет £4,25 за день. Ставки взносов индексируются в соответствии с 4 пунктом параграфа 52, Конвенции от 09.02.1972 года №1 между Норвегией и Швецией.

Выпас оленей на границе Финляндии и России определяется Соглашением между Правительством Союза Советских Социалистических Республик и Правительством Финляндской Республики об оленях, согласно которому сторона, на террито-

рию которой перешли олени, имеет право потребовать в качестве компенсации за их незаконное пребывание на чужой территории 5% стоимости подсчитанных оленей. Стоимость оленей определяется на основании цен на оленей, действовавших на вгорулю половину ноября в стране, которой принадлежат олени. Компетентные власти ежегодно в декабре должны обмениваться информацией об этих ценах.

Согласно Закону об оленях заборак между Норвегией и Финляндией, в случае перехода финских оленей в Норвегию норвежское правительство вправе требовать возмещения убытков из-за незаконного пребывания финских оленей в сумме не более 5% от стоимости подсчитанных животных. Если по истечении 20 дней после уведомления олени будут все еще находиться на чужой территории, то эта ситуация рассматривается как новое нарушение границы оленями.

В России, согласно Приказу Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 01 августа 2011 г. N 658 «Об утверждении такс для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования» на особо охраняемых природных территориях федерального значения и их охранных зонах величина размера вреда увеличивается втрое. Это национальный рос-