

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В СЕВЕРОТАЁЖНЫХ ЛЕСАХ**

Обеспечение экологической безопасности лесов обеспечиваются на основе данных комплексного мониторинга лесов: лесопатологический мониторинг; мониторинг воспроизводства лесов; радиационно-экологический мониторинг; мониторинг пожарной опасности в лесах и лесных пожаров. По результатам анализа таких данных принимаются управленческие решения, позволяющие предотвратить снижение экологической устойчивости лесных насаждений, сохранить их полезные свойства в соответствии с целевым назначением лесов [1].

Оценка лесовосстановления одна из актуальных на сегодня задач. Спутниковый мониторинг позволяет оценивать восстановление непокрытых лесом площадей для перевода их в лесопокрытую площадь при успешном лесовосстановлении и для назначения рубок ухода в дальнейшем. Оценка лесовосстановления на этих участках возможна при помощи спектральных индексов.

Мониторинг лесовосстановления дистанционными методами является сложной задачей. Сложность мониторинга воспроизводства лесов заключается в том, что спектральные значения производных индексов за год растут незначительно, а также из-за факторов, влияющих на значения индексов в различные периоды вегетации и погодных условий периода съемки. Кроме того, следует рассмотреть оценочные критерии отнесения к успешному воспроизводству лесов. В правилах лесовосстановления [2] приведены критерии и требования к количеству жизнеспособного подроста и молодняка в тыс. штук на 1 га в зависимости от древесной породы и групп типов леса. В среднем среднее число жизнеспособного подроста должно быть свыше 1200 шт на 1 га. Таким образом, необходимы методы дистанционного мониторинга, обеспечивающие точность определения оценочных критериев.

Используются различные методы дистанционного мониторинга для оценки лесовосстановления. В результате проведения литературного анализа методы обработки и сбора информации сгруппированы следующим образом: 1) Статистические методы (FRI, FVC, fNDVI, TasseledCap); [3, 4] 2) Использование спектральных вегетационных индексов, а также использование разновременных спектральных индексов (NDVI, SWVI, LAI, NBR); [5, 6] 3) Использование съемки в радиарном диапазоне.[7]

Общим для всех первых двух групп является выполнение предварительной обработки и перевод значений яркости пикселей в отражение солнечной энергии и выполнения атмосферной коррекции с целью устранения влияния атмосферы на значения снимка. Третья группа использует радарный диапазон волн, на которых атмосфера не оказывает влияние и облачность для данной длины волн не является преградой. Однако для данного диапазона длины волн существенным является влажность почвы, что также должно быть откорректировано.

Первые две группы индексов используют для анализа снимки в оптическом диапазоне, например, спутников Landsat, Sentinel 2. Съемка с указанных космических аппаратов находится в бесплатном доступе. Данные методы позволяют вести мониторинг в течении 20-25 лет после выявления нарушений в лесу в виде вырубки, пожара, ветровала, но после данного периода значения индекса достигают значений спелого леса. Радарные снимки в L-диапазоне позволяют вести мониторинг лесовосстановления до 60 лет после выявления нарушений, но радарные снимки имеют значительную стоимость.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Панфилов А.В. Экологические основы устойчивого лесопользования России Доклад на заседании Федерального экологического совета [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mnr.gov.ru/activities/detail.php?ID=138090&print=Y>.
2. Правила лесовосстановления [Электронный ресурс]: утв. приказом Федерального Агентства лесного хозяйства от 29.06.2016 № 375. – Режим доступа: <http://www.rosleshoz.gov.ru> (дата обращения 15.01.2018).
3. José Pablo Solans Vilaa; Paulo Barbosa. Post-fire vegetation regrowth detection in the Deiva Marina region (Liguria-Italy) using Landsat TM and ETM+ data. *Ecological Modelling*. 2010, 210, 75–84.
4. Ryan J. Frazier; Nicholas C. Coops; Michael A. Wulder Boreal Shield forest disturbance and recovery trends using Landsat time series. *Remote Sensing Environment*, 2015, 170, 317-327
5. Thuan Chua; Xulin Guoa; Kazuo Takeda. Long-Term Satellite Detection of Post-Fire Vegetation Trends in Boreal Forests of China. *Remote Sensing*. 2013, 5, 6938-6957.
6. Thuan Chua; Xulin Guoa; Kazuo Takeda. Remote sensing approach to detect post-fire vegetation regrowth in Siberian boreal larch forest. *Ecological Indicator*. 2016, 62, 32-46
7. Mihai Tanase, Juan de la Riva, Maurizio Santoro, Fernando Pérez-Cabello, Eric Kasischke. Sensitivity of SAR data to post-fire forest regrowth in Mediterranean and boreal forests. *Remote Sensing of Environment*. 2011, 115, 2075-2085.