ТРУДЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

www.journal.spb-niilh.ru
ISSN 2079-6080

DOI: 10.21178/2079–6080.2025.3.146
УДК 630*5:528.85:630*9

Возможности выявления еловых насаждений, поврежденных короедом-типографом, на материалах космической съемки Sentinel-2 (на примере Лисинской части учебно-опытного лесничества Ленинградской области)

© Д.М. Черниховский, А.С. Алексеев, Л.С. Ветров, М.О. Гурьянов

The possibility of identifying spruce stands damaged by bark beetles based on Sentinel-2 satellite imagery (on the example of the Lisinsky experimental forestry enterprise of the Leningrad region)

D.M. Chernikhovskii, A.S. Alekseev, L.S. Vetrov, M.O. Gurjanov (Saint Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov)

The study is devoted to the search for methodological approaches to the identification and mapping of spruce stands damaged by bark beetle using Sentinel-2 multi-zone satellite imagery. The objects of the study were spruce stands of different groups of sanitary conditions in the Tosnensky and Gatchinsky districts of the Leningrad region. The objects of the study included 30 permanent sample plots based on the ICP-Forests methodology (healthy and weakened forest stands); 3 sites of mass reproduction of stem pests (shrinking and dead forest stands); 41 mature and overripe spruce stands damaged by bark beetle (severely weakened forest stands). Fragments of cloudless multi-zone satellite images from Sentinel-2 were selected as remote sensing data. Based on them, the brightness of a spectral channels and vegetation indices were determined. A number of statistical analysis operations were performed to identify and evaluate differences between the characteristics of forest stands at different stages of damage. It has been established that differences between groups of categories of spruce stands can be determined based on the NDVI and SWVI indices. Healthy and dead stands differ in average index values. To identify severely weakened stands, it is possible to use the results of the analysis of pixel-by-pixel index values. Information about the pixel-by-pixel distribution of vegetation index values allows you to

obtain additional information about the state of forest stands. If the pixel-by-pixel distribution of vegetation index values deviates from the normal one, their average value will be shifted towards positive (positive asymmetry) or negative (negative asymmetry) index values, respectively, towards the best or worst vegetation condition categories. It was found that for the NDVI and SWVI indices, the proximity of the pixel-by-pixel distribution to the normal is typical for healthy and weakened stands. For severely weakened plantings, there is a deviation of the pixel-by-pixel distribution of vegetation index values from normal, mainly with negative asymmetry. The sites of mass reproduction of stem pests are characterized by average index values and high variation coefficients.

Keywords: Norway spruce, bark beetle-typographer, damage to forest stands, satellite images, Sentinel-2, vegetation indexes, analysis of variance, pixel-by-pixel analysis, normal distribution

Возможности выявления еловых насаждений, поврежденных короедом-типографом, на материалах космической съемки Sentinel-2 (на примере Лисинской части учебно-опытного лесничества Ленинградской области)

Д.М. Черниховский, А.С. Алексеев, Л.С. Ветров, М.О. Гурьянов

Исследование посвящено поиску методических подходов к выявлению и картированию еловых насаждений, поврежденных короедом-типографом с применением материалов многозональной космической съемки Sentinel-2. Объектами исследования являлись ельники разных групп санитарного состояния на территории Тосненского и Гатчинского районов Ленинградской области. Работы по сбору информации проводились на 30 постоянных пунктах учета, заложенных по методике ICP-Forests (здоровые и ослабленные насаждения); 3 участках в очагах массового размножения стволовых вредителей (усыхающие и погибшие); 41 лесотаксационном выделе спелых и перестойных ельников, поврежденных короедом (сильно ослабленные). Материалами дистанционного зондирования служили фрагменты безоблачных многозональных космических снимков Sentinel-2. На их основе выполнялось определение яркостей ряда спектральных каналов и расчет вегетационных индексов. Для выявления и оценки различий между характеристиками насаждений разных стадий повреждения проводился статистический анализ. Установлено, что различия между группами категорий состояния ельников могут определяться на основе индексов NDVI и SWVI. Здоровые и погибшие древостои отличаются средними значениями индексов. Для выявления сильно ослабленных возможно использование результатов попиксельного анализа. В случае отклонения распределения значений вегетационных индексов от нормального, их среднее будет смещено в сторону положительных (положительная асимметрия) или отрицательных (отрицательная асимметрия) величин, соответственно в сторону лучших или худших категорий состояния растительности. Установлено, что для индексов NDVI и SWVI близость распределения к нормальному характерна для здоровых и ослабленных насаждений. Для сильно ослабленных древостоев отмечается отклонение распределения от нормального, преимущественно с отрицательной асимметрией. Очаги повреждения отличаются средними значениями индексов и высокими значениями коэффициентов вариации.

Ключевые слова: ель обыкновенная, короед-типограф, повреждение насаждений, космические снимки, Sentinel-2, вегетационные индексы, дисперсионный анализ, попиксельный анализ, нормальное распределение

Черниховский Дмитрий Михайлович – профессор кафедры лесной таксации, лесоустройства и геоинформационных систем, доцент, доктор с.-х. наук

E-mail: cherndm2006@yandex.ru; ORCID: 0000–0002–6375–3080; SPIN-код: 2189–1988

Алексеев Александр Сергеевич – заведующий кафедрой лесной таксации, лесоустройства и геоинформационных систем, профессор, доктор географических наук

E-mail: a_s_alekseev@mail.ru; ORCID: 0000–0001–8795–2888; SPIN-код: 8115–9103

Ветров Леонид Степанович – доцент кафедры лесной таксации, лесоустройства и геоинформационных систем, доцент, кандидат с.-х. наук

Гурьянов Михаил Олегович – доцент кафедры лесной таксации, лесоустройства и геоинформационных систем, кандидат с.-х. наук; ORCID: 0000–0003–3028–2881; SPIN-код: 2801–5477

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова»

194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5, литера У

Телефон: +7 (812) 217–92–46